

На правах рукописи



БЕНЬЯМИНОВА ПОЛИНА ИГОРЕВНА

**МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПЕРСОНАЛА В
ПОЛИЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ АВИАПРЕДПРИЯТИЯ**

Специальность 2.9.6. – Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники

автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва 2026

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА) на кафедре «Безопасности полетов и жизнедеятельности».

Научный руководитель:

Доктор технических наук, профессор кафедры
«Безопасности полетов и жизнедеятельности»
ФГБОУ ВО МГТУ ГА
Феоктистова Оксана Геннадьевна

Официальные оппоненты:

Доктор экономических наук, кандидат технических наук, заместитель генерального директора по стратегическому развитию ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»

Клочков Владислав Валерьевич

Кандидат технических наук, главный специалист департамента эксплуатационно-технической документации ПАО «Яковлев - Филиал региональные самолёты»

Толстых Сергей Александрович

Ведущая организация:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

Защита состоится «03» июня 2026 г. года в 15.00 часов на заседании диссертационного совета 42.2.001.01 на базе ФГБОУ ВО МГТУ ГА по адресу: 125993, г. Москва, Кронштадтский бульвар, 20.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА) и на сайте www.mstuca.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 2026 г.

Ученый секретарь диссертационного совета 42.2.001.01
доктор технических наук, профессор



В. М. Самойленко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Гражданская авиация играет важную роль в перевозке пассажиров и грузов по всему миру и представляет собой полиэргатическую систему - сложную, многоуровневую структуру, в которой взаимодействуют разнородные элементы и ресурсы для достижения общей цели по безопасной и эффективной перевозке пассажиров и грузов.

Производственные процессы, связанные с организацией перевозки пассажиров воздушным транспортом, сопряжены с различными рисками. Воздействие техносферных опасностей является практически неизбежным сопутствующим фактором, возникающим в ходе работы на авиационных предприятиях (АП).

В качестве таких факторов могут рассматриваться: запыленность и загазованность воздуха, шум, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения, повышенные или пониженные параметры атмосферного воздуха (температуры, влажности, подвижности воздуха, давления), недостаточное и неправильное освещение, монотонность деятельности, тяжелый физический труд и др.

Из выше описанных вредных физических факторов, шум сильнее всего воздействует на организм персонала, оказывает влияние на его работоспособность, а также может стать причиной возникновения производственных травм.

В процессе мониторинга и управления производственными процессами полиэргатической системы авиапредприятия необходимо опираться на системный подход, полагая, что все объекты и процессы, связанные с сохранением и улучшением характеристик системы производственной безопасности под воздействием различных эксплуатационных факторов, следует рассматривать как единую систему. Составными элементами системы мониторинга и управления являются процессы контроля, оценки и управления состоянием производственной системы в комплексе

Анализ структуры профессиональной патологии в России в зависимости от воздействующего вредного производственного фактора показал, что на первом месте находятся те заболевания, которые напрямую связаны с влиянием физических факторов на здоровье сотрудников предприятий, в 2022 году доля которых соответственно составила 47%. Данный показатель на 5% выше аналогичного за 2021 год (42%) и на 0,5% выше показателя за 2013 год (46,5%). Стоит подчеркнуть, что численность работников авиапредприятий гражданской авиации составляет по последним данным порядка 84 тысяч человек, из которых заняты на работах с вредными и (или) опасными условиями труда – 54,6% и из них находятся под воздействием повышенного уровня шума – 20,6 %.

Среди причин, которые влияют на превышения безопасных уровней физических факторов, в том числе и шумового воздействия на рабочих местах необходимо отметить недостатки в области управления безопасностью персонала, а именно: несовершенство технологических процессов; неудовлетворительная организация производственного контроля; недостаточная ответственность работодателей и руководителей производств за состоянием условий и охраны труда; отсутствие систематизированного подхода к прогнозированию и минимизации профессиональных рисков.

Следовательно, разработка нового метода управления безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия является актуальной проблемой, имеющей важное практическое значение для обеспечения безопасности труда персонала на АП.

Степень разработанности вопроса. Защита персонала от воздействия вредных и опасных факторов на АП является важной задачей, данными вопросами занимаются различные организации такие как, Всемирная организация здравоохранения, Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации, Московский государственный университет гражданской авиации и ряд других.

Данные организации, а также труды таких ученых, как: Белов П.Г.; Мельников Б.Н.,

Феоктистова О.Г., Николайкин Н.И., Наумова Т.В., Монахова С.В. и др. внесли значительный вклад в решение вопросов по защите персонала от такого рода воздействий.

В 21 веке наблюдается стремительное развитие техногенной среды. Этот процесс сопровождается возникновением множества звуков в различных диапазонах, среди которых особое место занимает шум. Вопросом уменьшения негативного шумового воздействия на человека занимаются на протяжении многих лет большое количество отечественных и зарубежных ученых, в числе которых: Андреева-Галанина Е.Ц., Алексеев С.В., Велижанина К.А., Готлиб Я.Г., Измеров Н.Ф., Кацнельсон М.У., Квитка Е.В., Клюкин И.И., Карл Д. Крайтер, Мунин А.Г., Орлова Т.А., Орловская Э.П., Осипов Г.Л., Прокопенко Л.В., Сагалович Б.М., Скучик Е., Суворов Г.А., Р. Тэйлор, Тюрина Н.В., Шешегов П.М. и др. Их исследования, посвящённые проблеме шумового загрязнения, представляют собой значительный вклад в изучение этого вопроса и являются ценным ресурсом, способствующим дальнейшему развитию этой области.

Решение проблемы воздействия вредных и опасных факторов на персонал аэропортов заключалось преимущественно через организационно-технические меры и средства индивидуальной защиты (СИЗ), а подходы, связанные с мониторингом и проактивным управлением, остаются мало изученными, что подтверждает актуальность выбранного направления исследования.

Не смотря на подтвержденный факт постепенного снижения количества людей с впервые зафиксированными профессиональными заболеваниями, их общее число всё также является достаточно большим. Кроме этого, на данный момент существует крайне малое количество методов, позволяющих оценивать различное негативное воздействие источников опасностей на сотрудников авиапредприятий, что приводит к трудностям при проведении количественной оценки производственной безопасности. Одним из распространенных факторов негативного воздействия является шум. Документы и методы, разработанные для оценки шумового воздействия и загрязнения, в последние десятилетия прошли процедуру изменений в сторону признания данного типа негативного воздействия менее опасным за счет большого количества разногласий в регламентирующих документах и «размывания» норм предельно допустимого уровня (ПДУ), что крайне негативно сказывается на конечных потребителях, персонале и людях, находящихся в непосредственной близости от источников шума.

В настоящее время в научных исследованиях недостаточно разработаны методы, которые позволили бы оценить уровень воздействия различных источников опасностей, на персонал авиапредприятий при организации перевозки пассажиров воздушным транспортом.

Указанные выше недостатки определили цель и задачи данного исследования.

Целью диссертационной работы является решение научной задачи разработки метода управления безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия.

Метод управления безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия включает в себя:

1. математическую модель управления безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия;
2. метод ранжирования задач управления безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия;
3. модель управления акустической безопасностью персонал в полиэргатической системе авиапредприятия;
4. критерии оценки риска при обеспечении акустической безопасности авиапредприятия.

Задачи исследования:

1. Анализ особенностей воздействия производственных факторов на сотрудников авиапредприятий при организации перевозки пассажиров.
2. Анализ нормативно-правового регулирования производственной безопасности при организации пассажирских перевозок воздушным транспортом (ВТ).

3. Разработка математической модели управления безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия.

4. Разработка метода ранжирования задач управления безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия.

5. Разработка критериев оценки риска при обеспечении акустической безопасности авиапредприятия.

6. Проведение оценки и разработка рекомендаций по уменьшению акустической нагрузки на сотрудников авиапредприятий при организации перевозки пассажиров.

Объект исследования: система управления безопасностью авиапредприятия как компонент полиэргатической системы.

Предмет исследования: методы, механизмы и инструменты управления безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия.

Методология и методы диссертационного исследования. Методология исследования основана на трудах зарубежных и российских ученых, занимающихся вопросами безопасности персонала при воздействии вредных и опасных факторов. В ходе работы были изучены нормативные акты, различные теории и методики, зарубежный и отечественный опыт. Особое внимание уделено анализу данных научно-практических конференций и публикаций, касающихся мониторинга и оценки условий труда персонала при организации перевозки пассажиров воздушным транспортом.

В процессе проведения исследования в работе использовались следующие методы: системный анализ данных, теория множеств, алгебра логики, моделирование, структурный анализ, экспертные оценки, теории принятия решений, метод анализа иерархий.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в том, что были разработаны рекомендации по обеспечению акустической безопасности на авиапредприятии, предложен метод управления безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия, который позволяет систематизировать и структурировать процессы по обеспечению безопасности персонала на авиапредприятии посредством проактивного подхода. Разработанный метод может стать частью мониторинга производственной безопасности на авиапредприятиях и использоваться при разработке нормативных актов по техносферной безопасности.

Научная новизна исследования состоит в следующем:

1. Разработана математическая модель управления безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия.

2. Разработан метод ранжирования задач управления безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия.

3. Разработана модель управления акустической безопасностью персонал в полиэргатической системе авиапредприятия.

4. Разработаны критерии оценки риска при обеспечении акустической безопасности авиапредприятия.

5. Проведена оценка акустической безопасности на авиапредприятии с использованием метода анализа иерархий.

6. Предложены рекомендации по уменьшению акустической нагрузки на сотрудников авиапредприятий при организации перевозки пассажиров.

Достоверность результатов проведенных исследований подтверждается сравнением со статистическими данными, непротиворечивостью разработанного метода с ранее полученными результатами других исследований по данной тематике, а также соответствием существующей практике управления безопасностью персонала и оценки негативного воздействия техносферных опасностей на сотрудников авиационных предприятий.

Положения, выносимые на защиту:

1. Математическая модель управления безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия.

2. Метод ранжирования задач управления безопасностью персонала в

полиэргатической системе авиапредприятия.

3. Модель управления акустической безопасностью персонал в полиэргатической системе авиапредприятия.

4. Критерии оценки риска при обеспечении акустической безопасности авиапредприятия.

5. Оценка акустической безопасности на авиапредприятии с использованием метода анализа иерархий.

6. Рекомендации по обеспечению акустической безопасности авиапредприятия.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, состоит в том, что автором была сформулирована актуальная научно-техническая задача, разработана математическая модель, метод ранжирования задач управления безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия, модель управления акустической безопасностью персонал в полиэргатической системе авиапредприятия, критерии оценки риска при обеспечении акустической безопасности авиапредприятия, была проведена оценка акустической безопасности на авиапредприятии с использованием метода анализа иерархий и предложены рекомендации по обеспечению акустической безопасности авиапредприятия. Совместно с научным руководителем обсуждала научные задачи, формулировки положений, выносимых на защиту, выводов по работе, а также участвовала в подготовке статей.

Апробация результатов исследований и публикации. Основные результаты докладывались, обсуждались и получили положительную оценку на: XIV Международной научно-технической конференция «Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества», посвященной 100-летию отечественной гражданской авиации 18-19 мая 2023 г.; Международной научно-теоретической конференции «Наука. Техника. Человек: исторические, мировоззренческие и методологические проблемы», посвященной Всемирному дню философии, 2021, 2022 гг.; Международной молодежной научной конференции XLVII Гагаринские чтения 2021 г.; на научно-технических семинарах кафедры «Безопасность полетов и жизнедеятельности» (БПиЖД) МГТУ ГА, а также было занято 1 место в конкурсе научно-исследовательских работ студентов, курсантов и молодых ученых учебных заведений гражданской авиации в номинации «Обеспечение безопасности полетов и техносферная безопасность» 2024 г., и 2 место в конкурсе научно-исследовательских работ студентов, курсантов и молодых ученых учебных заведений гражданской авиации, посвященном 100-летию со дня создания отечественной гражданской авиации, в номинации «Обеспечение безопасности полетов и техносферная безопасность» 2023 г.

Основные результаты диссертационной работы изложены в опубликованных работах автора, список публикаций включает в себя 7 научных работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК.

Реализация результатов. Основные результаты диссертационной работы внедрены в учебном процессе МГТУ ГА.

Структура и объём диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, четырёх глав с выводами по каждой из них, заключения, списка литературы, приложения. Общий объём работы вместе с приложениями составляет 168 страниц. Основная часть включает 136 страниц, 56 рисунков и 41 таблицу. Список литературы содержит 103 наименования. Общий объём приложений составляет 6 страниц и включает 1 приложение.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования и дается общая характеристика работы, а именно определяется цель исследования, задачи, полученные результаты, их новизна и практическое применение.

В первой главе проведен анализ пассажирооборота различных видов транспорта и основных производственных показателей гражданской авиации. Проведен анализ структуры службы организации перевозок на воздушном транспорте и выделены основные факторы

опасности, которые присутствуют при выполнении трудового процесса.

Рассмотрены основные статистические данные о состоянии условий труда, производственных травмах и профессиональных заболеваниях в России, а в частности в области гражданской авиации, анализ показал преобладание воздействия шумового фактора на сотрудников авиапредприятий.

В 2022 году структура профессиональных заболеваний, вызванных воздействием производственных физических факторов, выглядела следующим образом:

- заболевания, связанные с производственным шумом — 56,07%;
- случаи вибрационной болезни — 42,64%.

Рассмотрено воздействие акустического шума на организм человека и отмечены работы ученых, которые внесли значительный вклад в исследовании воздействия шума на авиационный персонал.

В ходе анализа выявлено, что необходимо дальнейшее изучение и разработка мероприятий по защите работников гражданской авиации от воздействия вредных и опасных факторов, столь сильный интерес к данной теме обусловлен в первую очередь тем, что происходят перебои в работе некоторых служб, во-вторых требуются дополнительные финансовые средства для компенсации профзаболеваний, необходимого медицинского обслуживания и др., все это создает дополнительную нагрузку на авиапредприятия.

Во второй главе проанализировано нормативно-правовое регулирование обеспечения безопасности персонала при организации пассажирских перевозок воздушным транспортом.

При анализе изменений, которые происходили в гигиеническом нормировании на протяжении более двадцати лет, были отмечены некоторые несоответствия содержательной части новых документов нормативно-правового регулирования акустической безопасности. Так СанПиН 1.2.3685-21 отменил целый ряд санитарных правил, при этом некоторые изменения, а именно отсутствие нормирования предельно допустимых уровней звукового давления, уровней звука и эквивалентных уровней звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест внесли неоднозначность в понимание нового документа.

Показано отсутствие согласованности между санитарными правилами, национальными и межгосударственными стандартами при проведении оценки неблагоприятного воздействия шума на сотрудников аэровокзального комплекса; стандарты должны содержать ссылки на требования санитарных норм. Эти условия не соблюдены в ГОСТ 12.1.003-2014.

Допустимые уровни авиационного шума в СанПиН 1.2.3685-21 и предельные уровни авиационного шума по ГОСТ 22283-2014 различаются между собой на 10 дБА.

Предлагается при разработке новых редакций нормативных документов для гармонизации действий между санитарными правилами, национальными и межгосударственными стандартами снова ввести предельно допустимого уровня звука и эквивалентных уровней звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест. Также следует установить конкретные числовые значения предельно допустимых уровней звукового давления для персонала, осуществляющего свою деятельность в рамках аэровокзального комплекса.

Рассмотрены основные методы измерения шумового воздействия на персонал, отмечено, что реализация перечисленных стратегий в полном объеме ГОСТ ISO 9612 не позволяет получить величину, которую можно было бы сравнивать с действующим гигиеническим нормативом.

Рассмотрены основные методы оценки безопасности персонала при организации пассажирских перевозок, согласно приказу Минтруда от 29.10.2021 №776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда», основными процессами по охране труда были выделены специальная оценка условий труда (СОУТ) и оценка профессиональных рисков (ОПР).

В соответствии с нормативными требованиями СОУТ осуществляется с периодичностью один раз в пять лет либо в внеплановом порядке, если есть какие-то

основания, перечисленные в ФЗ от 28.12.2013 N 426 (ред. от 24.07.2023) «О специальной оценке условий труда». Периодичность проведения ОНР нормативно не закреплена. Также в отличие от СОУТ в процессе ОНР нет конкретных требований к методике проведения ОНР, нет утвержденных форм, нет требований к экспертам, нет требований к комиссии. Стоит подчеркнуть, в ходе анализа методов, представленных в приказе Минтруда № 926, было выявлено, что матричный метод является единственным методом, который позволяет оценить уровень профессиональных рисков.

В третьей главе был реализован новый подход к построению модели для системы управления безопасностью персонала в полиэнергетической системе авиапредприятия.

В процессе мониторинга и управления производственными процессами авиапредприятий необходимо опираться на системный подход, полагая, что все объекты и процессы, связанные с сохранением и улучшением характеристик системы производственной безопасности под воздействием различных эксплуатационных факторов, следует рассматривать как единую систему.

В ходе подготовительного этапа по созданию этой системы для разработки эффективных управленческих решений необходимо использовать модели, которые отражают все аспекты работы системы и взаимосвязи между её элементами. Данным требованиям удовлетворяет иерархическая система математического моделирования объектов различных уровней абстрагирования. Моделирование процесса восстановления включает в себя создание модели, которая описывает взаимосвязь между элементами системы. Производственные процессы могут быть представлены как изменение состояния системы под воздействием всевозможных факторов, которые могут влиять на различные свойства системы и её отношения с другими элементами.

Теоретические положения, которые изложены выше, реализованы в математической модели системы управления безопасностью персонала и восстановления характеристик, которые были утрачены под воздействием различных эксплуатационных факторов. Данная модель использует аппарат абстрактной алгебры – теорию множеств. Исходная система считается качественной, если все её элементы и связи между ними соответствуют требованиям. Каждый элемент такой системы описывается своим квалиметрическим показателем качества a_i : $a_1, \dots, a_2, \dots, a_j, \dots, a_n$

Объединение \cap совокупности n квалиметрических показателей качества в множество A следует рассматривать в качестве модели элемента производственной системы в терминах алгебры множеств. Мощность этого объединения равна количеству единичных показателей, определённых в различных документах (например, санитарных нормах и правилах):

$$A = \bigcup_{i=1}^n a_i \quad (1)$$

При этом: A - множество, которое объединяет показатели качества a_i ,

При эксплуатации системы на a_i влияют различные эксплуатационные факторы b_j , которые изменяют единичные показатели качества на величину δa_i :

$$A/\Delta A = \bigcup_{i=1}^n (a_i/\delta a_i) \quad (2)$$

A комплексное воздействие эксплуатационных факторов на элемент производственной системы можно описать как их объединение:

$$B = \bigcup_{j=1}^m b_j \quad (3)$$

Изменение показателей качества на величину δa_i является функцией f : эксплуатационных факторов и времени их воздействия на элемент производственной системы:

$$f: \left(\bigcup_{j=1}^m b_j, \tau \right) \rightarrow \bigcup_{i=1}^n a_i / \delta a_i \quad (4)$$

Для обеспечения безопасной эксплуатации исследуемой системы задаются предельные отклонения параметров:

$$A/\Delta A = \bigcup_{i=1}^n (a_i / \delta a_i \max) \quad (5)$$

Для соблюдения условий безопасной эксплуатации с учетом требований производственной безопасности и учитывая (5), будет:

$$(A/\Delta A \max) > \bigcup_{i=1}^n f: \left(\bigcup_{j=1}^m b_j, \tau \right) \quad (6)$$

Условие (6) проверяется в реальном времени при мониторинге безопасности персонала на авиапредприятии:

$$(A/\Delta A \max) > (A/\Delta A) \quad (7)$$

Если условие (7) не выполняется, эксплуатацию системы следует прекратить. Затем необходимо провести работы по выявлению опасных факторов, оценке рисков и восстановлению безопасного состояния системы для выполнения трудовых функций. С точки зрения моделирования в терминологии теории множеств данный процесс эквивалентен выражению (2).

Обнаружение факторов риска помогает найти характеристики системы, нуждающиеся в восстановлении, а также определить степень их отличия от характеристик, соответствующих благоприятной производственной среде. Это позволяет разработать процесс восстановления, его параметры и режимы:

$$\bigcup_{i=1}^n (\delta a_i) = \left(\bigcup_{i=1}^n (a_i / \delta a_i) \right) / \left(\bigcup_{i=1}^n a_i \right) \quad (8)$$

Для обеспечения безопасности персонала в авиационной отрасли нормами устанавливаются предельные значения отклонения параметров от начальных:

$$\bigcup_{i=1}^n (\delta a_i) \max \max \quad (9)$$

В случае превышения предельных характеристик принимаются экстренные меры, которые могут включать в себя и прекращение эксплуатации данной системы. Если отклонение от нормы не превышает предельных значений, реализуется комплекс мер по восстановлению параметров, утраченных в процессе эксплуатации.

Условие прекращения эксплуатации системы:

$$\bigcup_{i=1}^n (\delta a_i) \geq \bigcup_{i=1}^n (\delta a_i) \max \max \quad (10)$$

Условие восстановления параметров системы:

$$\bigcup_{i=1}^n (\delta a_i) \max \max \geq \bigcup_{i=1}^n (\delta a_i) \quad (11)$$

При восстановлении характеристик системы производственной безопасности должно происходить преобразование из состояния «опасного» объекта (2) в состояние «безопасного» (1); совокупность множеств (2) и (1) позволяет моделировать данный переход в терминах алгебры множеств:

В диссертационной работе была разработана и представлена функциональная и математическая модель управления безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия.

Модель обеспечивает замкнутый цикл управления безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия: сбор данных о вредных и опасных факторах, анализ отклонений, принятие мер, контроль результатов, возврат к норме.

Главной целью управления является обеспечение желаемого конечного состояния системы. С использованием разработанной математической модели возможно управление различными компонентами производственной системы авиапредприятия, а именно потоками (материальными, финансовыми, кадровыми), производственными процессами, рабочими местами. Предложенные управляющие воздействия позволяют обеспечить приемлемый уровень производственной безопасности.

Достоверность разработанной математической модели управления безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия подтверждается статистическими данными.

Разработан метод ранжирования задач управления безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия, который показывает эффективность проводимых мероприятий на предприятии, а также может являться составной частью мониторинга производственной безопасности на предприятиях.

Можно представить уравнение существования (состояния) системы управления безопасностью персонала для авиапредприятий посредством обобщенного квалитетического показателя Θ :

$$\Theta = v_1 + v_2 + \dots + v_i + \dots + v_N = \sum v_i \text{ (от } i = 1 \text{ до } N) \quad (18)$$

где v_i - составляющая показателя состояния;

N – мощность множества индивидуальных переменных i .

Если преобразовать (1) путем деления обеих частей на Θ , получим:

$$1 = \sum \xi_i \text{ (от } i = 1 \text{ до } N) \quad (19)$$

где ξ_i - относительная составляющая показателя состояния.

ξ_i - это функция ряда факторов: (a, b, c, ...):

$$\xi_1 = f(a_f, b_f, c_f, \dots), \xi_2 = \varphi(a_\varphi, b_\varphi, c_\varphi, \dots), \dots \xi_N = \psi(a_\psi, b_\psi, c_\psi, \dots) \quad (20)$$

Можно представить (19) в виде:

$$1 = f(a_f, b_f, c_f, \dots) + \varphi(a_\varphi, b_\varphi, c_\varphi, \dots) + \dots + \psi(a_\psi, b_\psi, c_\psi, \dots) \quad (21)$$

Компоненты функциональных зависимостей (20) и уравнения (21) должны отвечать требованиям международных стандартов в области охраны труда ISO 45001 и их российских аналогов ГОСТ Р ИСО 45001-2020, что в свою очередь определяется через логические операции:

$$1 = \xi_1 \& \xi_2 \dots \& \xi_i \& \dots \& \xi_{N-1} \& \xi_N \quad (22)$$

где: $\xi_i = 1$, доказательство истинности данного утверждения (может определяться, как экспертная оценка); $\&$ - конъюнкция.

$\Theta = 1$ (соответствие стандарту ИСО-45001).

Можно сформулировать ряд утверждений, которые согласуются с условиями логической операции (22) и представлены в полном объеме в диссертации:

$\xi_1 = 1$ - на авиапредприятии имеется документально оформленная политика в области обеспечения производственной безопасности; $\xi_2 = 1$ - на авиапредприятии имеется официально утвержденная советом директоров политика в области обеспечения производственной безопасности; $\xi_3 = 1$ - политика определяет ключевые направления деятельности авиапредприятия, связанные с защитой сотрудников от воздействия опасных и вредных факторов; ... $\xi_{17} = 1$ - предупреждение производственных травм и ущерба здоровью сотрудников авиапредприятий; $\xi_{18} = 1$ - снижение профессиональных рисков в области охраны труда; $\xi_{19} = 1$ - влияние на совершенствование системы управления производственной безопасностью путем проведения оценки результативности ее функционирования; $\xi_{20} = 1$ - повышение культуры безопасности на авиапредприятии.

Мощность множества пропозициональных переменных может быть увеличена или уменьшена в зависимости от вида деятельности предприятия.

При анализе результатов, которые выражаются посредством квалиметрических показателей в области обеспечения производственной безопасности авиапредприятия, более прогрессивным подходом является оценка эффективности политики производственной политики путем использования выражения (21), так как в результате можно сравнить полученные значения с установленными нормами, а также отследить изменения, сравнивая с данными предыдущего периода, к примеру:

$f(a_f, b_f, c_f, \dots)$ - количество несчастных случаев на производстве;

$\varphi(a_\varphi, b_\varphi, c_\varphi, \dots)$ - количество профессиональных заболеваний от воздействия вредных и опасных факторов;

$\psi(a_\psi, b_\psi, c_\psi, \dots)$ - производительность труда.

Также могут быть использованы и результаты экспертных оценок по качеству обеспечения безопасности персонала; документы, описывающие производственные процессы на предприятии и влияющие на производственную среду; текущие методы и процедуры управления производственной средой на предприятии.

Дальнейшее направление работ по совершенствованию системы управления безопасностью персонала состоит в определении функциональных слагаемых уравнения (22), например:

$f(a_f, b_f, c_f, \dots)$; $\varphi(a_\varphi, b_\varphi, c_\varphi, \dots)$; ..., $\psi(a_\psi, b_\psi, c_\psi, \dots)$ и других.

В результате проведенных мероприятий аргумент a_f изменится на величину δa_f , то f изменится на δf , тогда:

$$F_1 = f - \delta f = f\{(a_f - \delta a_f), b_f, c_f, \dots\} \quad (23)$$

Аналогично (23), выражение (18) можно преобразовать следующим образом:

$$(\Theta - \delta v_1) = (v_1 - \delta v_1) + v_2 + \dots + v_i + \dots + v_N \quad (24)$$

Разделив правую и левую части уравнения (24) на величину $(\Theta - \delta v_1)$, получим:

$$1 = f\{(a_f - \delta a_f), b_f, c_f, \dots\} + \varphi_1 + \psi_1 \quad (25)$$

При анализе уравнений (21) и (25) следует отметить, что изменение одного из элементов уравнения (21) в результате предпринятых мер по улучшению ситуации на величину δv_1 приводит к изменению доли других составляющих. Это свидетельствует о том, что задача повышения безопасности производства смещается в сторону других аспектов.

Разработанный подход помогает систематизировать задачи и определить наиболее важные направления работы для обеспечения безопасности персонала на авиапредприятии.

Практическая значимость данного подхода состоит в том, что предложенная метод ранжирования задач может быть использована руководителями и специалистами по охране труда для улучшения управления безопасностью персонала на конкретных предприятиях, что позволит оптимизировать распределение ограниченных ресурсов и сконцентрировать усилия на наиболее важных мероприятиях, обеспечивающих снижение рисков для здоровья работников.

В соответствии с выражением (14) восстановление характеристик элемента системы - это процесс, который включает в себя различные операции, процессы и режимы. Из этого множества выбираются определенные процессы, которые восстанавливают конкретные элементы и устраняют конкретные производственные несоответствия. Это можно выразить как множество Φ , которое требует изучения возможности аналитической интерпретации. Полученный подход продемонстрирован на примере создания модели управления акустической безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия.

Исследование процесса обеспечения безопасности персонала на авиапредприятии демонстрирует, что он включает в себя взаимодействие трех ключевых множеств элементов системы восстановления, а именно:

1. объекта производства А;
2. субъекта производства Н;
3. технологической системы Р.

В процессе разработки технологии происходит объединение выше перечисленных элементов в рамках описания технологического процесса. Для этого используется единое пространство свойств F , которое включает в себя множества отдельных свойств $\{F_1, F_2, \dots, F_n\}$.

В данное пространство F входят свойства каждого элемента производственной системы А, Н, Р, а именно $F(A), F(H), F(P)$:

$$F=(F(A), F(H), F(P)) \forall (F(A), F(H), F(P) \subseteq F) \quad (26)$$

В процессе создания технологических процессов применяются также модели, описывающие взаимодействие компонентов производственной системы вида:

$$[T \times H], [T \times \Pi], [T \times R], [\Pi \times H], [\Pi \times R], [H \times O], [T \times L], [\Pi \times L] \quad (27)$$

Данные модели отражают следующие свойства (табл. 1)

Таблица 1 - Взаимодействие компонентов производственной системы

Модель	Описание
$[T \times H]$	способность выполнения технологических операторов отдельными исполнителями.
$[T \times \Pi]$	потребность в средствах технологического оснащения для выполнения отдельных технологических операторов.
$[\Pi \times H]$	возможность использования средств технологического оснащения отдельными исполнителями.
$[T \times R]$	потребность в ресурсном обеспечении.
$[\Pi \times R]$	
$[H \times O]$	связь исполнителя с требованиями безопасности труда.
$[T \times L]$	взаимосвязь технологических операторов с требованиями производственной безопасности.
$[\Pi \times L]$	взаимосвязь технологического оснащения с требованиями производственной безопасности.

Описанная модель представлена на рис.1.

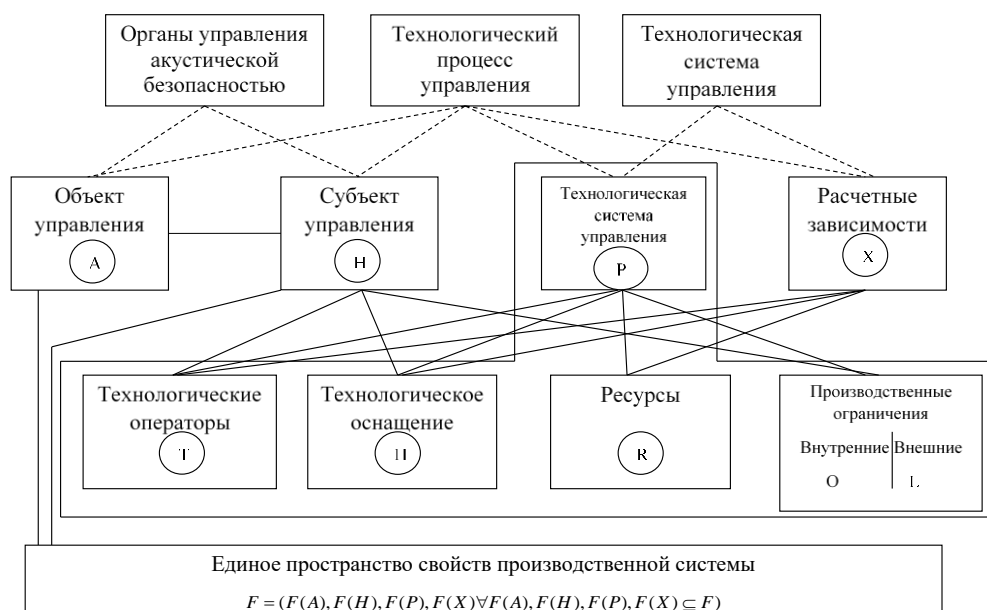


Рисунок 1 - Модель управления акустической безопасностью персонала в полиэнергетической системе авиапредприятия

Данная система математического моделирования применяется для определения необходимого состава восстанавливаемых свойств элементов по обеспечению производственной безопасности. Важно подчеркнуть, что модель производственной системы учитывает ограничения, связанные с безопасностью.

В соответствии с изменениями в Трудовом кодексе, вступившими в силу 1 марта 2022 года, статья 214 вводит новую обязанность для работодателей: систематически выявлять опасности и профессиональные риски на рабочем месте, а также анализировать и оценивать их, что остается также актуальным и в последней редакции ТК РФ.

В настоящее время оценка и управление профессиональными рисками являются неотъемлемой частью системы управления охраной труда.

Целью применения риск-ориентированного подхода в СУОТ на авиапредприятии является переход от реактивного подхода к проактивному, что позволяет минимизировать вероятность возникновения несчастных случаев и создать более безопасную рабочую среду.

Проведенный анализ методов оценки производственных рисков на авиапредприятии позволяет сделать следующие выводы, для эффективного управления рисками в сфере производственной безопасности необходим комплексный подход, включающий различные методы оценки и анализа. Наиболее подходящими являются качественные методы (такие как «дерево отказов», «дерево событий», матрица «вероятность-последствия»). В ходе исследования был применен метод анализа «дерева происшествий и дерева событий» и разработаны «дерево происшествий и дерево событий» для определенного события.

В ходе исследования был применен метод анализа «дерева происшествий и дерева событий» и разработаны «дерево происшествий и дерево событий» для определенного события в соответствии с методами, предложенными П.Г. Беловым. Также в соответствии с ГОСТ Р 58771-2019 было построено дерево отказов «развитие нейросенсорной тугоухости у работника». Процесс анализа дерева отказов состоит в выявлении условий, достаточных и необходимых для возникновения или не возникновения головного события. Модель дает большое число сочетаний исходных событий, которые будут приводить в совокупности к развитию нейросенсорной тугоухости.

Одним из наиболее распространенных методов в практике оценки профессиональных рисков был выделен матричный метод. Его можно применять на различных уровнях – от оценки рисков всей организации до анализа конкретного оборудования или технологического

процесса.

Детализированная методика матричного метода описана в п. 4.2.1. Приказа Минтруда № 926, на основе приложений 11-15 данного приказа были разработаны критерии оценки риска при обеспечении акустической безопасности авиапредприятия, в которых описаны вероятности наступления опасного события и тяжести его возможных последствий.

При оценке рисков их уровень определяется как сочетание вероятности и тяжести.

Вероятность возникновения несчастного случая на производстве или профессионального заболевания оценивается по 5-балльной шкале экспертами. Оценка производится в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Оценка вероятности возникновения несчастного случая на авиапредприятии или профессионального заболевания

Вероятность наступления	Описание вероятности
5 – почти наверняка	Вероятность события очень высока
4 – вероятно	Событие достаточно вероятно
3 – может быть	Вероятность наступления события оценивается как 50 на 50
2 – маловероятно	Скорее всего, не произойдет – маловероятно, что событие произойдет
1 – очень редко	Крайне маловероятно. Возможно получение травмы при преднамеренном нарушении требований охраны труда

Переход от крайне высокой вероятности к незначительной зависит от того, является ли опасность частью повседневной работы сотрудника или нет, а также от наличия защитных барьеров, которые могут снизить риск воздействия негативных факторов на работников авиапредприятия.

Для оценки тяжести последствий возникновения несчастного случая на авиапредприятии или профессионального заболевания по 5-балльной шкале, а также для экспертной оценки используется таблица 3, в которой представлена оценка тяжести последствий для персонала и окружающей среды/экологии.

Таблица 3 – Оценка тяжести последствий возникновения несчастного случая на авиапредприятии или профессионального заболевания

Тяжесть	Персонал	Окружающая среда/ экология
5 – катастрофическая	Травма, повлекшая смерть работника (работников). Хроническое профессиональное заболевание со стойкой утратой профессиональной трудоспособности (установлена утрата трудоспособности от 70 % до 100 %, в том числе с установлением группы инвалидности по трудоспособности)	Критическое превышение допустимых нормативов по отходам, шуму, выбросам (в том числе продуктов сгорания, аварийных выбросов и т.д.), сбросам. Долгосрочный экологический ущерб.
4 – значительная	Длительное расстройство здоровья работника с временной потерей трудоспособности от 30 до 60 дней, стойкая утрата трудоспособности (от 40% до 60%).	Значительное превышение допустимых нормативов по отходам, шуму, выбросам, сбросам. Среднесрочный экологический ущерб (1-5 лет).

Продолжение таблицы 3

3 – средняя	Легкий несчастный случай. Проявляются начальные признаки профессионального заболевания после 15 лет работы и более, стойкая утрата трудоспособности (от 10% до 30%).	Умеренное превышение допустимых нормативов по отходам, шуму, выбросам, сбросам. Кратковременный (менее 1 года). Умеренное негативное влияние на жизнь и здоровье населения
2 - низкая	Травма с необходимостью обращения за медицинской помощью с потерей трудоспособности не более 3 дней.	Незначительное превышение допустимых нормативов по отходам, шуму, выбросам и сбросам. Минимальное негативное влияние на жизнь и здоровье населения
1 – незначительная	Пострадавшему не требуется оказание медицинской помощи.	Нормативы не превышаются. Негативное влияние на жизнь и здоровье населения, окружающую среду отсутствует

Уровень профессиональных рисков определяется путём умножения двух показателей (табл.4): оценки тяжести (от 1 до 5) и оценки вероятности (от 1 до 5).

Таблица 4 – Матрица оценки рисков

			Вероятность наступления				
			<5%	5-30%	30-60%	60-80%	>80%
			Очень редко	Маловероятно	Может быть	Вероятно	Почти наверняка
Тяжесть последствий		Балл	1	2	3	4	5
	Катастрофическая	5	5	10	15	20	25
	Значительная	4	4	8	12	16	20
	Средняя	3	3	6	9	12	15
	Низкая	2	2	4	6	8	10
Незначительная	1	1	2	3	4	5	

Меры по управлению профессиональными рисками необходимо выбирать в зависимости от уровня риска согласно таблице 5.

Таблица 5 – Меры по управлению профессиональными рисками

Зона риска	Требуемые меры
Зона низкого риска	Дополнительных мероприятий по управлению рисками не требуется.
Зона среднего риска	Необходима разработка дополнительных мероприятий по улучшению условий труда и охране здоровья сотрудников, а также снижению профессиональных рисков.
Зона высокого риска	Временная приостановка деятельности до внедрения мер, которые снизят уровень профессиональных рисков до безопасного уровня.

При организации перевозок воздушным транспортом на персонал воздействуют различные факторы опасности, одним из них является «повышенный уровень шума, ультра- и инфразвука при работе силовых установок самолетов». В диссертационной работе приведена оценка последствий от воздействия длительного шума на сотрудников службы организации перевозок на воздушном транспорте с использованием разработанных критериев.

Применение данных методов требует наличия квалифицированных специалистов, владеющих соответствующими знаниями и навыками. Это обуславливает необходимость регулярного обучения и повышения компетенций сотрудников, вовлеченных в оценку рисков. Результаты оценки рисков должны интегрироваться в общую систему управления безопасностью персонала авиапредприятия. Это предполагает разработку плана мероприятий по минимизации и контролю выявленных рисков. Регулярная оценка рисков позволяет работодателю эффективно управлять профессиональными рисками, обеспечивая более безопасные и здоровые условия труда для работников.

В четвёртой главе рассмотрены основные группы методов по защите от акустических колебаний.

Применен метод анализа иерархий для оценки акустической безопасности на авиапредприятии. В рамках поставленной задачи был разработан программно-аналитический комплекс, который позволяет проводить сравнительный анализ решений с точки зрения их качества.

В ходе исследования было рассмотрено три уровня иерархий. Верхний уровень иерархии, в котором сосредоточена основная цель использования программно-аналитического комплекса - оценка системы обеспечения акустической безопасности. Нижний уровень иерархии, в котором представлены различные альтернативы, три варианта предприятий. Промежуточные уровни иерархии включают комплексные и единичные показатели качества системы, обеспечивающие структурированное и детализированное рассмотрение исследуемых объектов.

Были рассмотрены три варианта авиапредприятий, предприятие А делало упор на технические решения, а именно на внедрение физических барьеров и материалов, поглощающих шум; предприятие В на нормативное регулирование; предприятие С применяло проактивный подход, направленный на прогнозирование рисков и мониторинг.

В качестве критериев были выбраны:

1. существование документально оформленной политики в области обеспечения акустической безопасности;
2. предусмотрена возможность внесения изменений в политику;
3. наличие отдельных разделов по акустической безопасности в локальных нормативных актах по охране труда;
4. снижение числа рабочих мест с вредными условиями труда по шуму;
5. наличие методики идентификации и ранжирования акустических рисков;
6. доля сотрудников, прошедших обучение по безопасности труда, в том числе и по акустической безопасности;
7. сокращение количества аудиооповещений без потери информативности;
8. повышение информационной осведомленности в терминале аэропорта с использованием новых цифровых решений (приложение, информационные терминалы, обновленные табло);
9. принятие предупреждающих мер по уменьшению ущерба здоровью сотрудников авиапредприятий;
10. наличие реестра рисков в области охраны труда, в том числе и по акустической безопасности.

Результаты оценки по методу анализа иерархий представлены в виде программно-аналитического комплекса на рисунках 2-5.

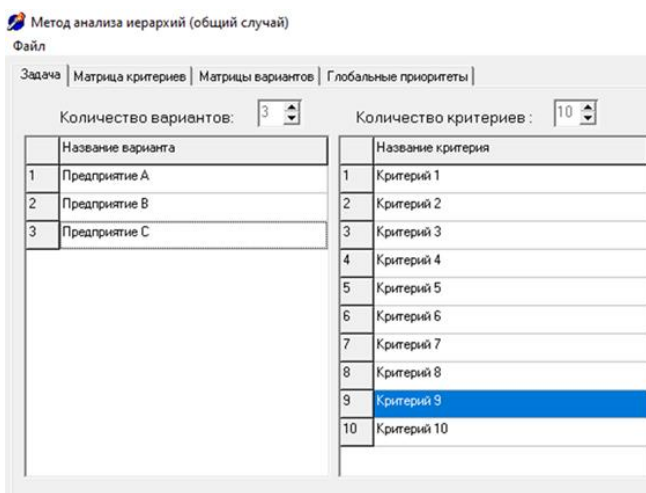


Рисунок 2 – Программа реализации метода анализа иерархий окно - Задача



Рисунок 3 – Программа реализации метода анализа иерархий окно – Матрица критериев

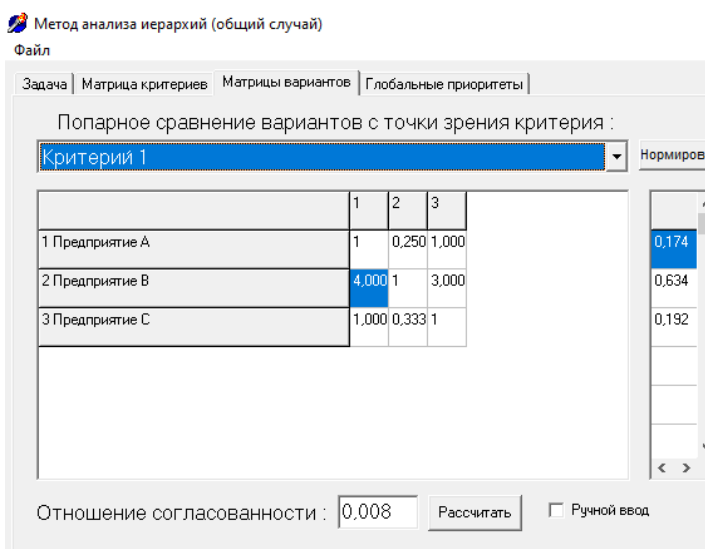


Рисунок 4 – Программа реализации метода анализа иерархий окно – Матрица вариантов по Критерию 1

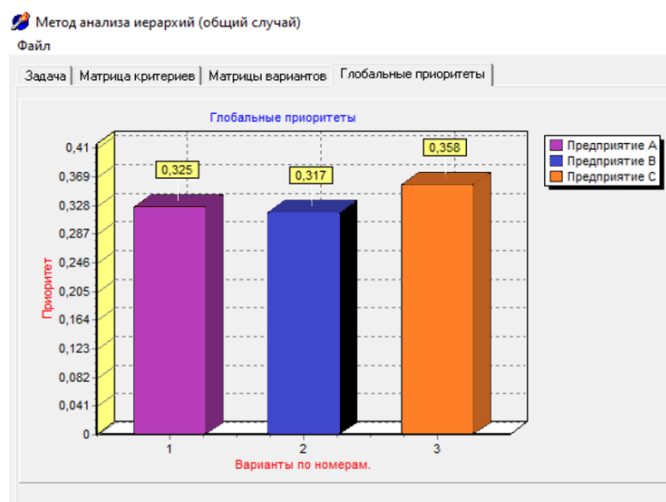


Рисунок 5 – Программа реализации метода анализа иерархий окно – Глобальные приоритеты

В рамках поставленной задачи была проведена оценка системы обеспечения акустической безопасности, для этого были рассмотрены три варианта авиапредприятий, по результатам расчетов (рисунок 5) предприятие С, которое внедрило в свою деятельность проактивный подход имеет более качественную систему по обеспечению акустической безопасности.

Предложены рекомендации по обеспечению акустической безопасности авиапредприятия.

В мировой практике все больше возрастает популярность концепции «Тихого аэропорта», которая является современным методом снижения шумового воздействия на персонал и пассажиров аэропорта. Новые варианты реализации концепции «Тихий аэропорт», стоит отметить небольшое количество исследований в данной области, что дает возможность для дальнейшего развития. Одним из направлений усовершенствования данной концепции является применения растений в качестве звукопоглотителей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования поставленная цель была достигнута: предложены научно обоснованные решения, имеющие существенное значение для решения актуальной научной задачи разработки метода управления безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия, который позволяет систематизировать и структурировать процессы по обеспечению безопасности персонала на авиапредприятии посредством проактивного подхода.

Данный метод может стать частью мониторинга производственной безопасности на авиапредприятиях и использоваться при разработке нормативных актов по техносферной безопасности.

Получены, следующие результаты:

1) В ходе анализа установлено, что решение проблемы воздействия вредных и опасных факторов на персонал аэропортов заключалось преимущественно через организационно-технические меры и средства индивидуальной защиты (СИЗ), а подходы, связанные с мониторингом и проактивным управлением, остаются мало изученными.

2) Проанализировано нормативно-правовое регулирование производственной безопасности при организации пассажирских перевозок воздушным транспортом. При анализе изменений, которые происходили в гигиеническом нормировании на протяжении более двадцати лет, были отмечены несоответствия содержательной части новых документов нормативно-правового регулирования акустической безопасности.

3) Показано отсутствие согласованности между санитарными правилами, национальными и межгосударственными стандартами при проведении оценки неблагоприятного воздействия шума на сотрудников аэровокзального комплекса.

4) Разработана математическая модель управления безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия. С использованием разработанной математической модели возможно управление различными компонентами производственной системы авиапредприятия, а именно потоками (материальными, финансовыми, кадровыми), производственными процессами, рабочими местами. Предложенные управляющие воздействия позволяют обеспечить приемлемый уровень производственной безопасности.

5) Разработан метод ранжирования задач управления безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия, который показывает эффективность проводимых мероприятий на предприятии, а также может являться составной частью мониторинга производственной безопасности на предприятиях.

6) Разработана модель управления акустической безопасностью персонала в полиэргатической системе авиапредприятия. Данная модель используется в целях определения необходимого состава восстанавливаемых свойств элементов по обеспечению производственной безопасности, определения состава и последовательности технологических операторов, выбора средств технологического оснащения, определения исполнителей, выбора расчетных зависимостей и расчета параметров технологического процесса.

7) Разработаны критерии оценки риска при обеспечении акустической безопасности авиапредприятия. Для эффективного управления рисками в сфере производственной безопасности необходим комплексный подход, включающий различные методы оценки и анализа. Наиболее подходящими являются качественные методы (такие как «дерево отказов», «дерево событий», матрица «вероятность-последствия»). Применение данных методов требует наличия квалифицированных специалистов, владеющих соответствующими знаниями и навыками. Это обуславливает необходимость регулярного обучения и повышения компетенций сотрудников, вовлеченных в оценку рисков.

8) Проведена оценка акустической безопасности на авиапредприятии с использованием метода анализа иерархий. Установлено, что авиапредприятие, которое внедрило в свою деятельность проактивный подход имеет более качественную систему по обеспечению акустической безопасности.

9) Предложены рекомендации по обеспечению акустической безопасности авиапредприятия.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

Научные публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки РФ для опубликования основных научных результатов диссертаций:

1. **Benyaminova P. I.** Model of the process safety management system at an airline / P. I. Benyaminova, O. G. Feoktistova // Civil Aviation High Technologies. – 2024. – Vol. 27, No. 1. – P. 18-27. – DOI 10.26467/2079-0619-2024-27-1-18-27.

2. **Беньямина П. И.** Анализ методов оценки рисков в области производственной безопасности на авиапредприятии / П. И. Беньямина, О. Г. Феоктистова // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. – 2024. – № 3. – С. 45-58. – DOI 10.51955/2312-1327_2024_3_45.

3. **Беньямина П. И.** Нормативно-правовое регулирование акустической безопасности при организации пассажирских перевозок воздушным транспортом (публикуется в рамках реализации молодежной политики научного вестника ГосНИИ га) / П. И. Беньямина, О. Г. Феоктистова // Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2023. – № 43. – С. 156-164.

Публикации в других изданиях

1. **Беньямина П. И.** Нормативно-правовое обеспечение акустической безопасности персонала аэропорта / П. И. Беньямина, О. Г. Феоктистова // Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества: Сборник тезисов докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию отечественной гражданской авиации, Москва, 18–19 мая 2023 года. – Москва: ИД Академии имени Н. Е. Жуковского, 2023. – С. 159-160.

2. **Беньямина П. И.** Алгоритм управления производственной безопасностью на авиапредприятии / П. И. Беньямина // International Journal of Advanced Studies in Computer Engineering. – 2023. – № 2. – С. 25-30. – EDN AXIDSK.

3. **Беньямина П. И.** Концепция «Тихого аэропорта» и методы снижения шумового загрязнения / П. И. Беньямина, О. Г. Феоктистова // Наука. Техника. Человек: исторические, мировоззренческие и методологические проблемы. – 2022. – Т. 1, № 12. – С. 382-386.

4. **Беньямина П. И.** Влияние шума на авиационный персонал и пассажиров / П. И. Беньямина // Наука. Техника. Человек: исторические, мировоззренческие и методологические проблемы: Межвузовский сборник научных работ, Москва, 18 ноября 2021 года. Том Выпуск 11. – Москва: Московский государственный технический университет гражданской авиации, 2021.

Соискатель

Беньямина П.И.