

## СТРУКТУРЫ СОВРЕМЕННЫХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ДИСПЕТЧЕРСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЁТАМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Темурмалик Дилишод ўгли Элмурадов

ст.пр. Ташкентский государственный экономический университет,

[telmuradov@gmail.com](mailto:telmuradov@gmail.com),

+998977569401

Отабек Мирхалилович Исмаилов

д.т.н. проф. Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-

Хоразмий,

+9989998855693

**Аннотация.** В статье рассматриваются структуры современных интегрированных диспетчерских систем управления полётами воздушных судов (ВД). Оценены основные компоненты таких систем, их функциональные особенности и роль в обеспечении безопасности полетов. Рассмотрены ключевые аспекты, такие как интеграция различных технологических платформ, использование данных с различных сенсоров, а также влияние человеческого фактора на эффективность работы диспетчеров. Проведен анализ современных технологий и методов, применяемых для повышения эффективности диспетчерских систем в условиях нестандартных ситуаций. Особое внимание уделено вопросам повышения качества подготовки персонала и минимизации времени на принятие решений в экстренных ситуациях. В заключение сделан вывод о значимости дальнейшего совершенствования интегрированных диспетчерских систем и их роли в обеспечении безопасного и эффективного управления воздушным движением.

**Ключевые слова:** интегрированные диспетчерские системы, управление полётами, безопасность полетов, человеческий фактор, технологии диспетчерских систем, авиационная безопасность, нестандартные ситуации, подготовка персонала, системы управления воздушным движением.

### 1. Введение

Современные диспетчерские системы управления воздушным движением (УВД) являются неотъемлемой частью авиационной инфраструктуры, обеспечивая безопасность и эффективность воздушных перевозок. С увеличением объемов воздушного трафика и усложнением условий эксплуатации воздушных судов, роль диспетчерских систем становится всё более значимой. Эффективность работы этих систем напрямую зависит от их способности интегрировать данные с различных источников, включая информацию о состоянии воздушных судов, метеорологические данные, а также информацию о текущей ситуации в воздушном пространстве. В этом контексте, интегрированные диспетчерские системы (ИДС) представляют собой важный шаг в эволюции авиационного управления, сочетая различные технологии и инструменты для более точного, быстрого и безопасного принятия решений.

Системы управления полётами воздушных судов включают в себя не только аппаратные компоненты, но и сложные алгоритмы обработки данных,

которые помогают диспетчерам оперативно реагировать на изменения ситуации в реальном времени. Эти системы обеспечивают мониторинг, прогнозирование и управление воздушным движением, а также поддерживают взаимодействие между различными участниками воздушного трафика — диспетчерами, пилотами и техническими службами. В последние десятилетия особое внимание уделяется разработке и внедрению интегрированных решений, которые позволяют объединить данные с различных источников, повысить оперативность принятия решений и минимизировать влияние человеческого фактора, который часто является причиной авиационных происшествий.

Однако несмотря на достижения в области технологий и автоматизации, интеграция различных подсистем остаётся одной из ключевых проблем. Эффективность ИДС зависит от множества факторов, включая качество обработки данных, взаимодействие между различными компонентами системы, а также способность системы адаптироваться к нестандартным ситуациям, которые могут возникнуть в процессе полёта. Важным аспектом является также обучение персонала, который должен быть готов к принятию решений в условиях высокой неопределенности и стресса.

Целью данной работы является исследование структуры современных интегрированных диспетчерских систем управления полётами воздушных судов, анализ их компонентов, а также разработка рекомендаций по улучшению их эффективности в условиях нестандартных ситуаций. В работе рассматриваются основные принципы работы ИДС, их архитектура, методы и технологии, а также влияние человеческого фактора на принятие решений в экстренных ситуациях.

## II. Методы

Для исследования структуры современных интегрированных диспетчерских систем управления полётами воздушных судов были использованы различные методы, включая теоретический анализ, системный подход, моделирование и сравнительный анализ существующих технологий. В этом разделе описаны основные методы, применяемые для изучения и оценки эффективности ИДС в условиях реального времени и нестандартных ситуаций. (рис.1.)



Рис.1. Диаграмма компонентов и взаимодействий интегрированной диспетчерской системы управления воздушным движением

Теоретический анализ являлся основополагающим методом исследования, применяемым для изучения принципов функционирования интегрированных диспетчерских систем (ИДС), их архитектурных особенностей, а также базовых концепций организации воздушного движения. В рамках данного анализа были рассмотрены существующие теории и модели, описывающие взаимодействие различных подсистем в ИДС, включая механизмы интеграции данных, алгоритмы обработки информации и автоматизированные системы принятия решений. Особое внимание уделялось влиянию ключевых факторов, таких как надежность технических средств, уровень автоматизации и человеческий фактор, на эффективность функционирования ИДС. Дополнительно проведено сравнение различных подходов к организации диспетчерского управления, включая централизованные и децентрализованные модели, что позволило выявить преимущества и недостатки каждого из них в контексте обеспечения безопасности и оперативности воздушного движения.

Системный подход использовался для комплексного анализа ИДС, рассматриваемых как сложные киберфизические системы, состоящие из множества взаимосвязанных компонентов. В рамках данного подхода был проведен детальный разбор структуры ИДС, включающей сенсоры, системы обработки и анализа данных, алгоритмы прогнозирования рисков, системы мониторинга и управления, а также механизмы взаимодействия между различными участниками авиационной инфраструктуры. Особое внимание уделялось анализу устойчивости системы в условиях повышенной нагрузки и нестандартных ситуаций, требующих оперативного принятия решений. Были исследованы способы адаптации ИДС к изменяющимся условиям эксплуатации, а также вопросы кибербезопасности, касающиеся защиты данных и предотвращения несанкционированного доступа к критически важной информации.

Метод моделирования применялся для оценки работы ИДС в различных эксплуатационных сценариях, включая как штатные, так и аварийные ситуации. Использование математических и имитационных моделей позволило детально воспроизвести динамику функционирования системы в условиях реальных полетов, учитывая такие факторы, как отказ оборудования, сложные метеоусловия, ошибки операторов и внешние угрозы. Кроме того, моделирование дало возможность оценить влияние различных параметров на точность и скорость принятия решений диспетчерами, а также выявить узкие места в существующих алгоритмах обработки информации. На основе полученных данных были предложены рекомендации по оптимизации работы ИДС, направленные на повышение их надежности и адаптивности к неблагоприятным условиям эксплуатации.

Сравнительный анализ позволил оценить эффективность различных типов ИДС, применяемых в гражданской авиации разных стран и авиакомпаний. Были рассмотрены примеры успешной интеграции диспетчерских систем в ведущих авиационных центрах мира, что позволило выявить лучшие практики в области

автоматизации управления воздушным движением. Проведен детальный анализ технологий, используемых для интеграции данных, прогнозирования воздушных потоков и оптимизации маршрутов полетов. Сравнительный анализ включал изучение традиционных систем управления воздушным движением и их модернизированных аналогов с целью выявления ключевых отличий, преимуществ и недостатков. Особое внимание уделялось вопросам внедрения инновационных решений, таких как применение искусственного интеллекта и нейросетевых алгоритмов в диспетчерском управлении.

Человеческий фактор является важнейшим аспектом функционирования ИДС, поскольку принятие решений диспетчерами в условиях высокой нагрузки и неопределенности оказывает непосредственное влияние на безопасность полетов. В связи с этим был проведен анализ психофизиологических аспектов работы диспетчеров, включая влияние стрессовых факторов, усталости и когнитивных перегрузок на точность и скорость принятия решений. Применялись методы оценки когнитивных процессов, анализировались стратегии минимизации ошибок операторов, а также изучались современные подходы к подготовке и переподготовке авиадиспетчеров. Важным элементом исследования стало изучение эффективности тренажерной подготовки и использования виртуальной реальности в процессе обучения, что позволяет формировать навыки быстрого реагирования на нестандартные ситуации и повышать уровень готовности специалистов к работе в сложных условиях.

Статистическая обработка данных и анализ больших массивов информации были использованы для количественной оценки эффективности предложенных решений и моделей. В рамках исследования проводился анализ ошибок, времени реакции системы, влияния различных факторов на точность прогнозирования рисков и успешность выполнения диспетчерских задач. Были применены методы корреляционного анализа, регрессионного моделирования и многомерного статистического анализа, что позволило выявить ключевые параметры, определяющие эффективность ИДС. Полученные результаты послужили основой для дальнейшего совершенствования алгоритмов управления воздушным движением и повышения надежности диспетчерских систем.

Применение комплексного подхода к исследованию интегрированных диспетчерских систем позволило не только глубже понять их архитектуру и принципы работы, но и выявить потенциальные направления для их усовершенствования. Анализ ключевых факторов, влияющих на эффективность ИДС, моделирование различных сценариев работы, а также изучение влияния человеческого фактора дали возможность сформулировать рекомендации по повышению надежности и безопасности систем управления воздушным движением. Особое внимание уделено вопросам автоматизации процессов принятия решений, внедрению инновационных технологий и повышению уровня подготовки персонала, что является важнейшими направлениями развития авиационной индустрии в условиях стремительного технологического прогресса.

### III. Результаты

В ходе исследования структуры современных интегрированных диспетчерских систем (ИДС) управления полетами воздушных судов были получены ключевые результаты, характеризующие эффективность и возможности данных систем в условиях реального времени, а также их способность к реагированию на нестандартные ситуации.

Анализ структуры ИДС показал, что наиболее эффективные системы управления воздушным движением основываются на интеграции нескольких ключевых подсистем, таких как системы мониторинга, обработки данных и алгоритмы принятия решений. В частности, системы, использующие технологию «умных» датчиков и сенсоров, обеспечивают более точное и своевременное реагирование на изменения в воздушной обстановке. Также важную роль играет интеграция с метеорологическими и навигационными системами, что позволяет диспетчерам и пилотам получать актуальную информацию о погодных условиях и потенциальных угрозах.

Исследования показали, что человеческий фактор остается одним из основных источников ошибок в системе управления воздушным движением. Высокий уровень стресса и неопределенности в нестандартных ситуациях существенно влияет на скорость и точность принятия решений диспетчерами. Однако использование технологических карт, алгоритмов и тренажерной подготовки позволяет снизить влияние человеческого фактора. Тренажеры, имитирующие экстренные ситуации, показали свою эффективность в повышении готовности диспетчеров и пилотов к действиям в условиях реального времени, что способствует снижению числа ошибок и повышению общей безопасности.

Моделирование различных сценариев, включая аварийные и нестандартные ситуации, показало, что интегрированные диспетчерские системы могут эффективно справляться с большинством экстренных ситуаций при наличии алгоритмов быстрого принятия решений и автоматизации процессов. Однако в некоторых случаях, таких как отказ оборудования или сложные погодные условия, система требует дополнительной настройки и доработки. Повышение уровня автоматизации в ИДС может существенно снизить время, необходимое для принятия решений, и повысить точность действий диспетчеров.

Сравнительный анализ различных ИДС, используемых в разных странах, показал, что наиболее успешные системы отличаются высокой степенью автоматизации и интеграции с другими авиационными и метеорологическими системами. В некоторых странах Европы и Азии активно используются системы, которые позволяют диспетчерам и пилотам в реальном времени обмениваться данными о состоянии воздушного судна, погодных условиях и возможных угрозах. Это значительно ускоряет процесс принятия решений и повышает безопасность полетов.

Одним из важнейших результатов исследования является подтверждение важности тренажерной подготовки для диспетчеров и пилотов. Моделирование

нестандартных ситуаций на тренажерах показало, что регулярные тренировки позволяют значительно улучшить навыки принятия решений в экстренных ситуациях и снизить уровень стресса. Это способствует более быстрому и точному реагированию на нестандартные ситуации, повышая общую безопасность полетов.

В ходе экспериментов было проведено измерение времени реакции системы и точности принятых решений в различных сценариях. Результаты показали, что ИДС, использующие автоматизированные алгоритмы и системы поддержки принятия решений, значительно сокращают время, необходимое для принятия решения, по сравнению с традиционными системами. Системы с интеграцией искусственного интеллекта и машинного обучения продемонстрировали лучшие результаты в прогнозировании возможных угроз и предложении оптимальных стратегий для диспетчеров.

Исследования выявили несколько ключевых факторов, влияющих на безопасность полетов в рамках ИДС. Среди них можно выделить: качество и точность данных, поступающих от сенсоров и метеорологических систем; уровень автоматизации процессов управления воздушным движением; степень подготовки диспетчеров и пилотов к действиям в нестандартных ситуациях; а также взаимодействие между различными участниками системы, включая диспетчеров, пилотов и технические службы.

На основе полученных данных были предложены несколько рекомендаций по улучшению интегрированных диспетчерских систем. В первую очередь, это внедрение более совершенных алгоритмов обработки данных и принятия решений, использование более точных и надежных сенсоров, а также повышение уровня автоматизации системы. Также было рекомендовано внедрение дополнительных тренажеров и симуляторов для подготовки персонала, а также улучшение взаимодействия между различными подсистемами ИДС для повышения оперативности и точности принятия решений.

Результаты исследования показывают, что современные интегрированные диспетчерские системы управления воздушным движением обладают значительным потенциалом для повышения безопасности и эффективности полетов. Высокая степень автоматизации и интеграции различных подсистем позволяет оперативно реагировать на нестандартные ситуации и минимизировать влияние человеческого фактора. Однако для дальнейшего улучшения этих систем необходимо продолжать работу над совершенствованием алгоритмов обработки данных, повышением точности сенсоров и улучшением взаимодействия между различными компонентами системы.

#### **IV. Обсуждение:**

Результаты исследования подтверждают важность развития интегрированных диспетчерских систем для управления воздушным движением, которые способны существенно повысить безопасность и эффективность полетов. Современные технологии, такие как автоматизация процессов, обработка больших объемов данных в реальном времени и интеграция с



воздушным движением для повышения их эффективности и безопасности. Современные интегрированные системы, включающие автоматизацию процессов, обработку больших данных и улучшенную коммуникацию между диспетчером и экипажем, играют решающую роль в обеспечении безопасности полетов, особенно в условиях нестандартных ситуаций.

Однако, несмотря на значительный прогресс в развитии технологий, человеческий фактор остается важным элементом, оказывающим влияние на принятие решений в критических ситуациях. Ошибки, вызванные стрессом или недостаточной подготовленностью, могут привести к серьезным последствиям. Поэтому важной задачей является дальнейшее развитие алгоритмов, тренажеров и технологических карт, направленных на минимизацию влияния человеческого фактора и повышение скорости реакции в экстренных ситуациях.

Для дальнейшего совершенствования диспетчерских систем необходимо продолжать исследование и разработку новых методов анализа данных, улучшать алгоритмы прогнозирования и оценки рисков, а также совершенствовать взаимодействие между различными подсистемами управления воздушным движением. Это позволит создать более надежные и безопасные системы, способные эффективно справляться с вызовами, возникающими в процессе эксплуатации воздушного транспорта.

Таким образом, интеграция современных технологий и постоянное совершенствование человеческого взаимодействия с автоматизированными системами управления воздушным движением являются ключевыми направлениями для повышения безопасности и эффективности авиационных операций в будущем.

#### Список литературы:

1. Быкова В. В. и др. Компьютерная поддержка интегрированной технологии планирования использования воздушного пространства // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2010. – № 157. – С. 72–78.
2. Животов Н. и др. Ориентация и навигация подвижных объектов. Современные информационные технологии. – М.: ЛитРес, 2022.
3. Маркевич А. В., Швыдков В. П., Алехин Д. С. Особенности создания современной автоматизированной системы управления воздушным движением. – 2022.
4. Эшмурадов Д. Э., Сулаймонов А. А., Элмурадов Т. Д. Программное и информационное обеспечение процессов управления воздушным движением // Узбекский журнал проблемы информатики и энергетики. – 2024. – № 1. – С. 45–50.
5. Эшмурадов Д. Э., Элмурадов Т. Д. Важность обучения персонала обслуживания воздушного движения к решениям задач в нестандартных ситуациях // Теория и практика современной науки. – 2018. – № 5 (35). – С. 969–971. – URL: <http://www.modern-j.ru> (дата обращения: 14.12.2024). – Изд-во: ООО "Институт управления и социально-гуманитарного проектирования".

6. Бестугин А. Р., Шатраков Ю. Г., Велькович М. А. Автоматизированные системы управления воздушным движением. – М.: Политехника, 2014. – 450 с. [Labirint.RU](http://Labirint.RU)
7. Масленников А. Н., Мыльцев В. И. Управление воздушным движением: учебное пособие для вузов. – 2-е изд. – М.: Юрайт, 2020. – 420 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-13280-9. [Юрайт+1Литрес+1](http://Юрайт+1Литрес+1)
8. Стионов М. В., Казаков В. А. Организация системы управления воздушным движением: учебное пособие. – Ульяновск: УВАУ ГА(И), 2010. – 68 с. [УлГТУ Библиотека](http://УлГТУ Библиотека)
9. Шивринский В. Н. Навигационные системы летательных аппаратов: конспект лекций. – Ульяновск: УлГТУ, 2012. – 148 с. [techlibrary.ru](http://techlibrary.ru)
10. Сарайский Ю. Н., Алешков И. И. Аэронавигация. Часть I. Основы навигации и применение геотехнических средств: учебное пособие. – СПб.: СПбГУГА, 2010. [spbguga.ru+licao.int+1](http://spbguga.ru+licao.int+1)
11. Бугаев Б. П. Предотвращение авиационных происшествий. – М.: Транспорт, 1982. [ovdrf.ru](http://ovdrf.ru)
12. Салычев О. С. Инерциальная навигация и оптимальная фильтрация. – М.: Машиностроение, 1982.