



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ
АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)**

ФАКУЛЬТЕТ Авиационных систем и комплексов

КАФЕДРА Основ радиотехники и защиты информации

Направление подготовки Аэронавигация и эксплуатация авиационной и
(код и наименование направления подготовки)
ракетно-космической техники

Направленность Навигация и управление воздушным движением
(наименование направленности)

НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема Интеллектуальная подсистема поддержки принятия решения
диспетчерами управления воздушным движением

Обучающийся:

Данченко Дарья Андреевна
(Ф.И.О.)


(Подпись)

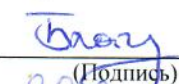
Научный руководитель:

к.т.н., доцент, Антонов А.А.
(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)

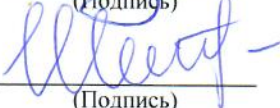

(Подпись)

Рецензенты:

к.т.н., доцент, Благодарящев И.В.
(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)


(Подпись)

к.т.н., с.н.с, Шмидт П.Е.
(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)


(Подпись)

Работа допущена к защите:

Заведующий кафедрой

к.т.н, доцент, Петров В.И.
(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)


(Подпись)

МОСКВА 2023

Актуальность научно квалификационной работы (НКР).

В настоящее время в единой системе организации воздушного движения (ЕС ОрВД) проводится комплекс мероприятий по созданию укрупненных центров управления воздушным движением (УВД).

Проводимые работы в рамках модернизации предусматривают проведение комплекса мероприятий по совершенствованию и развитию системы организации воздушного движения. Развитие новых технологий, а так же накопленный опыт по разработке автоматических систем управления позволяют существенно расширить возможности автоматизации систем организации воздушным движением (ОрВД), систем управления воздушным движением (УВД) и определить основные пути развития их средств интеллектуальной поддержки.

Наибольшее внимание уделяется задачам обеспечения надежности и эффективности оперативно-диспетчерского управления в сложной системе, что связано, в частности, с внедрением автоматизированных систем принятия решений, осуществляющих интеллектуальную поддержку оперативно-диспетчерского персонала в особых условиях, при возникновении аварийных и других конфликтных ситуаций.

В сложной системе управления воздушным движением (УВД) задачи оперативно-диспетчерского управления и обслуживания движения воздушных судов (ВС) на разных этапах полета решаются наземными диспетчерскими пунктами УВД. Потенциально конфликтные ситуации, дальнейшее развитие которых грозит столкновением или недопустимым сближением ВС, являются типичными для УВД и решаются диспетчером районного центра. Задачи принятия решения по обеспечению безопасных пространственно-временных траекторий полета ВС в ГЖС относятся к числу наиболее важных задач диспетчерского персонала, вносят значительный вклад в общую временную загруженность диспетчера и оценку сложности

УВД. По мнению разных авторов автоматизация процессов обнаружения ПКС и принятия решений способствует удовлетворению таких актуальных потребностей, как: снижение опасности столкновений, особенно, в сложной воздушной обстановке при высокой интенсивности и плотности воздушного движения; повышение экономичности за счет предупреждения неоправданных вмешательств диспетчера и выбора наиболее рациональных схем движения ВС; снижение загруженности диспетчерского персонала, как следствие, - повышение пропускной способности системы УВД и возможность более эффективной организации воздушного пространства.

Практическое внедрение интеллектуальных АС УВД сопряжено с трудностями разработки моделей и алгоритмов принятия решений в ПКС в условиях неопределенности информации о состоянии внешней среды, объекта управления и его реакциях на управляющие воздействия, многовариантности решений, сложности траекторий разрешения конфликтов, а также трудностями интеграции разработанного программного обеспечения в комплекс средств УВД. Другие трудности связаны с определением места и роли интеллектуальных АС в процессе УВД, организацией взаимодействия диспетчера и системы при принятии решений. Преобладающее в ИКАО представление о системах управления с высокой степенью автоматизации базируется на основополагающем принципе о приоритете человека в процессе принятия решений. В соответствии с этим принципом интеллектуальная АС должна быть такой, чтобы логика ее решений была понятна человеку, а человек должен обладать необходимым уровнем подготовленности для работы с АС и принятия эффективных решений.

Под комплексным понятием качества решения проблемной динамической ситуации на ВС в полете, в рамках данной работы, кроме его оптимальности по заданному критерию с учетом ограничений, понимается его своевременность.

Объектом исследования является система диспетчерского управления воздушным движением и информационного обеспечения, являющаяся неотъемлемой частью авиатранспортной системы гражданской авиации.

Предмет исследования - способы автоматизации процесса поддержки принятия решения при диспетчерском управлении.

Цель работы — повышение качества принимаемых решений при диспетчерском управлении с целью обеспечения безопасности полетов. Сокращение времени поиска вариантов решения задач диспетчерского управления при решении задач управления в реальном режиме времени.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

- 1) анализ проблем принятия решений в системе диспетчерского управления воздушным движением;
- 2) разработка концептуальной модели интеллектуальной ситуационной системы поддержки принятия решений;
- 3) разработка способов автоматизированного определения оптимального по выбранному критерию решения в задачах диспетчерского управления воздушным движением.

Методы исследования, применяемые в работе - системный анализ, решение задач линейного и динамического программирования, теория множеств, теория ситуационного управления.

Научная новизна работы состоит в том, что в ней:

- 1) разработана концептуальная модель подсистемы поддержки принятия решений диспетчером управления воздушным движением;
- 2) разработана структурно-логическая модель подсистемы поддержки принятия решений диспетчером управления воздушным движением
- 3) Разработан метод моделирования принятия решений в потенциально конфликтных ситуациях, возникающих при управлении

динамическими объектами, на основе преобразований примеров решений.

4) Разработаны модели, алгоритмы, критерии и способы автоматизированного формирования примеров решений и ситуаций для моделирования принятия решений.

Практическая значимость работы заключается в том, что ее результаты позволяют:

1) сократить временные затраты на принятие решений диспетчерами управления воздушного движения;

2) сократить временные затраты на поиск оптимального решения в задачах диспетчерского управления воздушным движением.

Научно-квалификационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения.

В первом разделе рассматривается проблема принятия решений в системах управления авиатранспорта. Проводится анализ достижений в автоматизации процессов поддержки принятия решений в авиационных системах управления реального времени. Рассмотрены цели функционирования подсистем управления в авиатранспортной системе, включающие в себя:

1) Предоставление консультаций и информации экипажам, чтобы обеспечить безопасное и эффективное выполнение полетов.

2) Обеспечение оптимального эшелонирования полетов ВС, которые выполняют полеты по приборам.

3) Предотвращение столкновений ВС между собой и с другими материальными объектами в воздухе, а также столкновений с препятствиями на площадке маневрирования аэродрома.

4) Регулирование воздушного движения и обеспечение его экономичности.

Основной целью функционирования управления рейсами АК является организация безопасной и экономичной эксплуатации ВС АК. Для достижения этих целей система диспетчерского управления рейсами АК использует различные методы и технологии, такие как автоматическая система управления полетами, система планирования полетов, система мониторинга полетов и другие.

Проводится анализ противоречия целей подсистем управления в авиатранспортной системе. Подсистемы управления воздушным транспортом стремятся обеспечить безопасность полетов и эффективность экономических ресурсов, но часто эти цели могут конфликтовать между собой, чтобы достичь баланса между ними, каждая подсистема управления авиатранспортной системы решает уникальную комбинацию задач, учитывая аспекты безопасности и экономичности. Для достижения баланса между экономической эффективностью и безопасностью полетов, подсистемы управления авиатранспортной системы должны работать совместно и оптимизировать свои задачи, учитывая различные факторы, такие как трафик, метеоусловия и доступность аэропортов. Непрерывное совершенствование технологий и методов управления также необходимо для обеспечения безопасности и эффективности воздушного транспорта.

Проводится анализ поиска и принятия решения при управлении в авиатранспортной системе на основе опосредованной информации. Для успешного управления в авиатранспортной системе необходимо иметь информацию о фактическом состоянии системы управления. Если лицо, принимающее решение не обладает достаточной информацией о системе управления, то принятое им решение может быть неверным и ухудшить ситуацию. Во избежание данных ситуаций, в системах управления необходимо обеспечить постоянную или периодическую ситуационную

осведомленность лица, принимающего решение о состоянии системы управления. Ситуационная осведомленность представляет собой информацию о сочетании параметров, которые характеризуют состояние системы управления в определенный момент времени. Для обеспечения постоянной ситуационной осведомленности лица, принимающего решения о состоянии системы управления, используются различные средства и системы, такие как дисплеи ситуационной информации, автоматические системы оповещения, а также системы управления информацией. Эти системы помогают лицу, принимающему решение получать актуальную информацию о состоянии системы управления и принимать эффективные решения в любой ситуации.

$$S_{ij} = \{ \langle t_j, p_{ij} \rangle | i = 1, 2, \dots, M \},$$

где S_{ij} - ситуация i -го типа в СУ, t_j - j -й момент времени, p_{ij} - множество значений параметров, определяющих ситуацию i -го типа в j -й момент времени, M - общее количество p_i .

Под ситуационным управлением понимается принятие и реализация решений на основе информации о ситуации в период принятия решения.

Проведен анализ поиска и принятия решений в системах управления в реальном времени. Для решения задач принятия решений в реальном времени предлагается использовать средства автоматизации поиска вариантов и поддержки принятия решений диспетчера в выбранных системах управления. Взаимосвязь проблем управления в этих системах позволяет искать единые способы их решения. Один из таких подходов - создание подсистемы поддержки диспетчерского управления рейсами авиакомпании.

Подсистема поддержки диспетчерского управления играет важную роль в решении задач управления в авиационной технике. Эта система позволяет автоматизировать поиск и выбор оптимальных решений, что

особенно важно в ситуациях, когда протекающие процессы быстро меняются, а время на принятие решения ограничено. Таким образом, подсистема поддержки диспетчерского управления позволяет полетному диспетчеру быстро получать информацию о текущей ситуации в системе управления и выбирать оптимальные решения, основываясь на знаниях, которые хранятся в базе знаний подсистемы поддержки. Это упрощает процесс управления и помогает избежать ошибок, которые могут привести к серьезным последствиям в авиационной технике.

Во втором разделе осуществляется разработка концептуальной модели подсистемы поддержки диспетчерского управления. Выполнен анализ структуры, содержания и взаимодействия процедур и операций диспетчерского управления с использованием методов процессного моделирования.

Полученные результаты в данном разделе позволяют сформулировать следующие выводы:

- 1) Для обеспечения безопасности полетов необходима четкая регламентация процедур и операций всех видов управления и обеспечения полетов.
- 2) Использование средств автоматизации принятия решения целесообразно для поддержки диспетчерского управления и решения следующих задач диспетчерского управления рейсами авиакомпании:
 - Поддержка принятия решений ЛПР по выбору а/п посадки и оперативному перепланированию маршрута полета в результате отказов на борту ВС, а также при возникновении других ограничений, не позволяющих выполнить перевозку по запланированному маршруту
 - Поддержка принятия решений при опасном сближении ВС и оперативному перепланированию маршрута полета.

В третьем разделе произведена разработка структуры подсистемы поддержки диспетчерского управления и разработка методов оптимизации задач, решаемых подсистемой поддержки.

Структура подсистемы поддержки диспетчерского управления включает в себя следующие основные модули подсистемы:

- модуль оценки оптимальности найденных решений;
- модуль вычисления расстояний между аэропортами;

В данном разделе рассмотрена реализация подсистемы поддержки принятия решений диспетчерского управления в части расчета вариантов маршрутов. В подсистеме осуществляется поддержка принятия решений при расчете по различным критериям оптимальности, включая минимизацию времени, минимизацию себестоимости, минимизацию дистанции.

Для решения задач оптимизации применяются различные методы оптимизации, включая алгоритм Дейкстры, алгоритм линейного программирования и алгоритм математического программирования с одним критерием.

В результате подсистема осуществляет расчет оптимального варианта маршрута на основе выбранного критерия оптимальности.

В четвертом разделе описана реализация модели подсистемы поддержки принятия решения диспетчерами управления воздушным движением и разработан перечень параметров для строкового описания ситуаций в интеллектуальной подсистеме.

Предложен способ формального представления ситуационной информации и способ формального представления решения конфликтных ситуаций с использованием базы знаний интеллектуальной системы поддержки принятия решений при диспетчерском управлении.

В данном разделе описано обеспечение автоматизации группы операций диспетчера управления воздушным движением:

- выбор а/д посадки и оперативное перепланирование маршрута полета в результате отказов на борту ВС, а также при критических изменениях в аэронавигационной, метеорологической и политической обстановке в районе полетов, не позволяющих выполнить рейс по плану
- оперативное перепланирование маршрута при сближении ВС.

Разработан способ оптимизации расчета вариантов маршрута с использованием алгоритма Дейкстры и задач динамического программирования по различным критериям оптимизации.

Основные результаты научно-квалификационной работы сводятся к следующему:

В работе проведен анализ проблем управления и принятия решений диспетчером на примере следующих подсистем:

- непосредственное выполнение полета.
- непосредственное управление воздушным движением;
- полетное диспетчерское управление рейсами авиакомпании.

Разработана концептуальная и структурно-логическая модель подсистемы поддержки принятия решений.

Предложены способы отбора решений в условиях полной и неполной информации с оценкой оптимальности решений диспетчерского управления.

Полученные результаты позволяют сформулировать следующие выводы:

- 1) Процессы управления в рассмотренных подсистемах авиатранспортной системы имеют схожие особенности, позволяющие отнести эти подсистемы к одной группе динамических систем управления в

реальном времени. Принятие решений выполняется в условиях взаимного противоречия целей функционирования системы управления и необходимости постоянного поиска лицом, принимающим решения компромисса между взаимоисключающими и ограничивающими факторами с учетом динамически меняющейся информации о ситуации в системе управления.

2) Предложенная в данной работе реализация подсистемы поддержки принятия решений диспетчерами управления воздушным движением позволяет решить проблему информационной перегрузки диспетчера и повысить качество принимаемых решений.