

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора
Скрыпника Олега Николаевича

на диссертационную работу Торосьяна Анатолия Анатольевича
«МЕТОД ДИНАМИЧЕСКОЙ КОРРЕКТИРОВКИ НОРМАТИВОВ
ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕКТОРОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ
ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНОЙ НЕЧЁТКОЙ
МОДЕЛИ», представленной на соискание учёной степени кандидата
технических наук по научной специальности

2.9.6. Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники

Актуальность темы диссертационного исследования

Диссертационная работа Торосьяна А.А. посвящена решению актуальной научной задачи разработки метода динамической корректировки нормативов пропускной способности секторов обслуживания воздушного движения на основе гибридной нечёткой модели, что позволяет отнести научное содержание диссертации к п.9 «Аэронавигационное обеспечение полётов, закономерности процессов навигации, управления движением отдельных воздушных судов и их потоков», и п.10 «Совершенствование методов использования воздушного пространства, средств радиосвязи, навигации и наблюдения для решения задач управления воздушным движением» паспорта научной специальности 2.9.6. Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники.

Актуальность выбранной темы определяется возрастающей сложностью воздушной обстановки, ростом требований к предсказуемости и эффективности аэронавигационного обслуживания, а также необходимостью более полного учёта факторов, влияющих на фактическую загрузку секторов обслуживания воздушного движения (ОВД).

В контексте положений Глобального аэронавигационного плана ИКАО пропускная способность выступает одним из ключевых показателей эффективности аэронавигационной системы, связанным с безопасностью полётов, предсказуемостью и эффективным использованием воздушного пространства.

Действующие нормативные подходы по определению пропускной способности диспетчерских пунктов и секторов ОВД обеспечивают формирование базовых значений, необходимых для планирования и регламентирования деятельности органов ОВД. Вместе с тем в оперативной обстановке фактическая способность к безопасному обслуживанию воздушного движения секторов ОВД определяется не только числом воздушных судов (ВС), но и структурой их потоков, потенциальной конфликтностью, наличием вертикальной динамики ВС, ограничениями использования воздушного пространства, метеорологическими условиями и степенью доступности рабочего объёма секторов ОВД.

Следовательно, обращение автора к задаче динамической корректировки нормативной пропускной способности на основе учета

указанных факторов является своевременным и научно обоснованным. Предложенная работа соответствует современным направлениям развития системы организации воздушного движения, связанным с переходом от статических нормативных оценок к более гибким, интерпретируемым и адаптируемым методам поддержки принятия решений.

Оценка содержания работы

Диссертация имеет логичную и завершённую структуру. Работа включает введение, четыре главы, заключение, список сокращений и условных обозначений, список литературы и приложения.

Во введении обоснована актуальность исследования, сформулированы объект, предмет, цель и задачи, определены научная новизна, теоретическая и практическая значимость, а также положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен анализ современного состояния проблемы нормирования пропускной способности в системах организации воздушного движения. Автором рассмотрены отечественные и зарубежные подходы к оценке пропускной способности, документы ИКАО, EUROCONTROL и FAA, а также методы, связанные с оценкой рабочей нагрузки диспетчера управления воздушным движением и структурной сложности воздушной обстановки. Достаточно аргументированно показано, что действующие нормативные подходы сохраняют значение как основа планирования, однако нуждаются в дополнении оперативным корректирующим контуром.

Во второй главе разработан метод динамической корректировки пропускной способности секторов ОВД на основе гибридной нечёткой модели. Существенным достоинством работы является выбор интерпретируемого аппарата нечёткого вывода Мамдани, позволяющего формализовать экспертные представления о состояниях сектора ОВД и обеспечить объяснимость результата. Автором обоснован вектор входных переменных модели, включающий относительный объём воздушного движения, индекс структурной сложности воздушной обстановки и коэффициент доступности воздушного пространства.

Автором предложена база продукционных правил, охватывающая основные сочетания входных состояний, обоснована логика формирования коэффициента динамической коррекции нормативной пропускной способности, а также показана роль консервативной логики безопасности при критическом снижении доступности воздушного пространства.

В третьей главе выполнена программная реализация метода, проведено численное моделирование и исследованы поверхности решений. Особое значение имеет разработанный метод расчёта индекса структурной сложности воздушной обстановки на основе прогнозируемых потенциально конфликтных ситуаций, их геометрии, длительности и вертикальной динамики ВС. Автором предложена процедура экспертной калибровки весовых коэффициентов, что повышает прикладную обоснованность полученных результатов.

Отдельным результатом является методика расчёта коэффициента доступности воздушного пространства на основе горизонтально-вертикальной сеточной дискретизации сектора ОВД. Данный подход позволяет перейти от качественного указания на наличие ограничений к количественной оценке доли доступного рабочего объёма воздушного пространства.

В четвёртой главе представлены результаты расчётной апробации, экспертной оценки и параметрической адаптации нечёткой модели. Апробация выполнена на обезличенных сценариях для секторов РДЦ Санкт-Петербург. Выполнено сопоставление результатов модели с согласованной экспертной классификацией, а также разработан подход к дальнейшей адаптации функций принадлежности.

В заключении представлены основные результаты, полученные в диссертационной работе, направления для их применения, сформулированы направления дальнейших исследований.

Автореферат диссертации соответствует ее содержанию.

Научная новизна, обоснованность и достоверность результатов

Научная новизна диссертационного исследования заключается в разработке метода динамической корректировки нормативной пропускной способности секторов ОВД, основанного на совместном учёте относительного объёма воздушного движения, структурной сложности воздушной обстановки и доступности воздушного пространства в рамках интерпретируемой нечёткой модели.

К наиболее значимым результатам, определяющим научную новизну работы, следует отнести следующие положения:

- предложен новый подход к динамической корректировке пропускной способности секторов ОВД;

- введён коэффициент коррекции нормативной пропускной способности секторов ОВД;

- разработан метод количественной оценки структурной сложности воздушной обстановки на основе прогнозируемых потенциально конфликтных ситуаций, формируемых средствами среднесрочного обнаружения конфликтов MTCD;

- разработан метод учёта ограничений воздушного пространства на основе коэффициента доступности воздушного пространства, позволяющий формализовать влияние погодных, режимных и иных ограничений на пропускную способность секторов ОВД в рамках единой модели корректировки пропускной способности.

Обоснованность и достоверность результатов подтверждаются корректным использованием апробированного математического аппарата нечётких множеств, теории графов, методов математической статистики и регрессионного анализа, результатами экспертного оценивания, численным моделированием, расчётной апробацией на сценариях РДЦ Санкт-Петербург,

а также публикацией основных результатов исследования и регистрацией программ для ЭВМ.

Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость диссертационной работы состоит в развитии научно-методических основ оценки пропускной способности секторов ОВД за счёт формализации влияния текущей воздушной обстановки на допустимую загрузку сектора. Предложенная методика и полученная на ее основе модель позволяет связать нормативную пропускную способность с динамически изменяющимися факторами, характеризующими состояние воздушного движения, его структуру и доступность воздушного пространства.

Практическая значимость результатов заключается в возможности применения разработанного метода в составе систем поддержки принятия решений для старших диспетчеров и руководителей полётов, при анализе сценариев изменения воздушной обстановки, оценке последствий ограничений воздушного пространства и планировании допустимой загрузки секторов ОВД. Наличие программного прототипа повышает прикладную ценность полученных результатов.

Замечания по работе

1. Не ясно, каким образом согласуется различие в динамической пропускной способности соседних секторов ОВД при переходе ВС из сектора с большей в сектор с меньшей пропускной способностью.
2. Недостаточно обоснован выбор трапецеидальных и треугольных функций принадлежности на рис.2.1, их физическая интерпретация изложена недостаточно полно (физический смысл участков нарастания и спада, пересечение областей).
3. В работе показана предпочтительность интерпретируемой модели Мамдани, однако сравнительный анализ с нейро-нечёткими и иными адаптивными моделями проведен недостаточно развёрнуто, особенно в части пределов их допустимого применения в задачах, связанных с обеспечением безопасности полётов.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, её научной новизны, теоретической и практической значимости.

Заключение

Диссертация Торосяна Анатолия Анатольевича является завершённой научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная для гражданской авиации научная задача разработки метода динамической корректировки нормативной пропускной способности секторов обслуживания воздушного движения на основе гибридной нечёткой модели.

Полученные автором результаты имеют научную новизну, теоретическую и практическую значимость, достаточно обоснованы и соответствуют требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, работа соответствует «Положению о порядке присуждения

дело правовой работы
Л. В. Бурдаков