

**УДК 681.518.3**

**ББК 39.56**

## **РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ 4-D НАВИГАЦИИ**

**Александр Сергеевич Будков,  
аспирант<sup>1</sup>, очное отделение, 4 курс, М70-406-17,  
инженер-конструктор 2 категории<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет);**

**<sup>2</sup>Филиал ПАО «Корпорация «Иркут» «Центр комплексирования»  
Москва, Россия**

**ASBUdkov@gmail.com**

**Евгений Сергеевич Неретин<sup>1,2</sup>**

**кандидат технических наук, доцент**

**<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования «Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)»;**

**<sup>2</sup>Филиал ПАО «Корпорация «Иркут» «Центр комплексирования»  
Москва, Россия**

**e.s.neretin@mai.ru**

Работа посвящена анализу проблем при выполнении маршрутов четырёхмерной навигации в гражданской авиации, а также разработке архитектуры системы поддержки принятия решения для упрощения процессов выполнения процедур при производстве полётов в чрезвычайных ситуациях.

Разработанная архитектура позволяет обеспечить экипаж необходимой информацией в условиях сложной метеорологической обстановки, а также конфликтных ситуациях с другими участниками воздушного движения.

**Ключевые слова:** гражданский самолёт, интегрированная модульная авионика, система самолётовождения, четырёхмерная навигация, система поддержки принятия решения.

## **DEVELOPMENT OF DECISION SUPPORT SYSTEM ARCHITECTURE FOR SOLVING A 4-D NAVIGATION PROBLEM**

**Alexander Sergeevich Budkov**

**4th year postgraduate student <sup>1</sup>, M7O-406-17,**

**2 category engineer <sup>2</sup>**

**<sup>1</sup> Moscow Aviation Institute (National Research University);**

**<sup>2</sup> Integration Center branch of Irkut Corporation**

**Moscow, Russia**

**ASBudkov@gmail.ru**

**Evgeny Sergeevich Neretin <sup>1,2</sup>**

**Candidate of Technical Sciences, Associate Professor**

**<sup>1</sup> Moscow Aviation Institute (National Research University)**

**<sup>2</sup> Integration Center branch of Irkut Corporation**

**Moscow, Russia**

**e.s.neretin@mai.ru**

The work is devoted to the analysis of problems in performing the four-dimensional routes, as well as the development of the architecture of a decision support system for simplified procedures of flying in emergency situations during the flight. The developed architecture allows the crew to be provided with the necessary information for decision making in instrument meteorological conditions as well as in conflict situations with other air traffic participants.

**Key words:** Civil aircraft, integrated modular avionics, flight management system, 4-D navigation, decision support system.

### **Анализ проблем при полётах по маршрутам 4-D навигации**

За последние десятилетия в аэронавигационной инфраструктуре был реализован ряд определённых усовершенствований, однако значительная часть глобальной аэронавигационной системы все еще ограничена рамками концептуальных подходов, которые появились в XX столетии. Эти унаследованные из прошлого аэронавигационные возможности ограничивают пропускную способность воздушного пространства.

Для решения этих проблем необходима всесторонне согласованная глобальная аэронавигационная система, в основе которой лежат современные, основанные на характеристиках процедуры и технологии.

В результате с целью осуществления возможности реализации глобальной согласованной аэронавигационной системы был разработан план, в котором определены основные направления развития и этапы внедрения необходимых технологий для всех участников системы в виде так называемой методики блочной модернизации авиационной системы.

Для достижения поставленной мировым сообществом цели требуется модернизация не только наземной аэронавигационной инфраструктуры, но и модернизация существующих комплексов бортового оборудования. Одной из основных бортовых систем, осуществляющих пролет воздушного судна (ВС) по заданному маршруту является система самолетовождения. Именно она в первую очередь должна быть способна поддерживать полёты по четырёхмерным траекториям.

Но, в то же время, постоянный рост функционала бортовых систем приводит к необходимости анализа экипажем большего количества информации, что усложняет процесс принятия решения в любой чрезвычайной ситуации.

Таким образом, предлагаемая система поддержки принятия решения

[Будков, 2019, с. 665] подразумевает её интеграцию в состав бортовой системы самолётовождения в виде отдельного модуля программного обеспечения. Также разработанная архитектура системы для решения проблем четырехмерной навигации подразумевает модернизацию и адаптацию текущих алгоритмов поиска оптимального маршрута, что позволит в свою очередь проводить постоянный траекторный анализ, осуществлять поиск наилучшего решения для каждой конкретной ситуации.

Система, обеспечивающая поддержку четырехмерных траекторий должна быть устойчива к внешним возмущениям [Иванов, 2019, с. 675], приводящим к изменениям маршрута, таким как: сложные метеоусловия вдоль участков маршрута или конфликтные ситуации с другими воздушными судами. Система должна максимально упрощать процесс принятия решения и обеспечивать экипаж максимально полной необходимой информацией.

В таких ситуациях на сегодняшний день весь груз ответственности принятия решения, а также ведение и контроль каждого воздушного судна ложится на диспетчера. В условиях высокой загруженности воздушного пространства такие ситуации в лучшем случае будут приводить к нарушению целостности управления четырёхмерными траекториями [Лунев, 2017, с. 1–26] каждого участника воздушного движения, а в худшем случае возможны катастрофические ситуации.

В связи с этим, с целью снижения нагрузки как на экипаж, так и на диспетчеров разработана архитектура системы поддержки принятия решения, обеспечивающая различные стратегии и варианты решения проблем, возникающих при полётах по маршрутам четырёхмерной навигации.

### **Разработка архитектуры системы поддержки принятия решения**

Целью работы является разработка архитектуры системы поддержки принятия решения для решения задач четырёхмерной навигации с применением концепции интегрированной модульной авионики (ИМА) [Поляков, 2018. с. 1–21] для современных и перспективных гражданских ВС транспортной категории.

В состав разработанной архитектуры входят:

- экспертная система решения проблем 4-D навигации;
- модуль оптимизации траектории движения, осуществляющий поиск оптимального маршрута по различным критериям оптимизации;
- модуль анализа состояния воздушного судна, анализирующий состояние самолетных систем, необходимых для безопасного выполнения маршрутного задания.

Все три компонента являются программными приложениями, дополняющими архитектуру современных систем самолётовождения. Все приложения располагаются на центральном вычислителе авионики ВС.

Ключевым компонентом системы является экспертная система. На основе информации от модуля оптимизации, модуля анализа состояния ВС, а также других самолётных систем по внутренним алгоритмам определяет возможные варианты решения и выдает эту информацию на индикатор, на котором находится человеко-машинный интерфейс (ЧМИ) системы. Отображаемая на ЧМИ информация содержит допустимые варианты изменения параметров плана полёта для решения возникшей проблемы.

Современные системы самолётовождения уже решают задачу поиска оптимального маршрута по критериям минимизации затрачиваемого топлива и затрачиваемого времени. Но для решения задачи четырёхмерной навигации этого не достаточно. Для того чтобы обеспечить экипаж вариацией допустимых решений, требуется решать задачу поиска оптимального маршрута сразу по нескольким критериям:

- 1) минимизация разницы между заданным временем прибытия в точку и расчетным временем прибытия;
- 2) минимизация затрачиваемого топлива;
- 3) минимизация затрачиваемого времени;
- 4) минимизация топлива/времени.

Особенность системы заключается в том, что параллельно просчитываются сразу все четыре задачи по разным критериям, а затем каждое

решение выдаётся в экспертную систему.

Разработанная архитектура системы поддержки принятия решения с применением концепции ИМА представлена на рисунке 1.

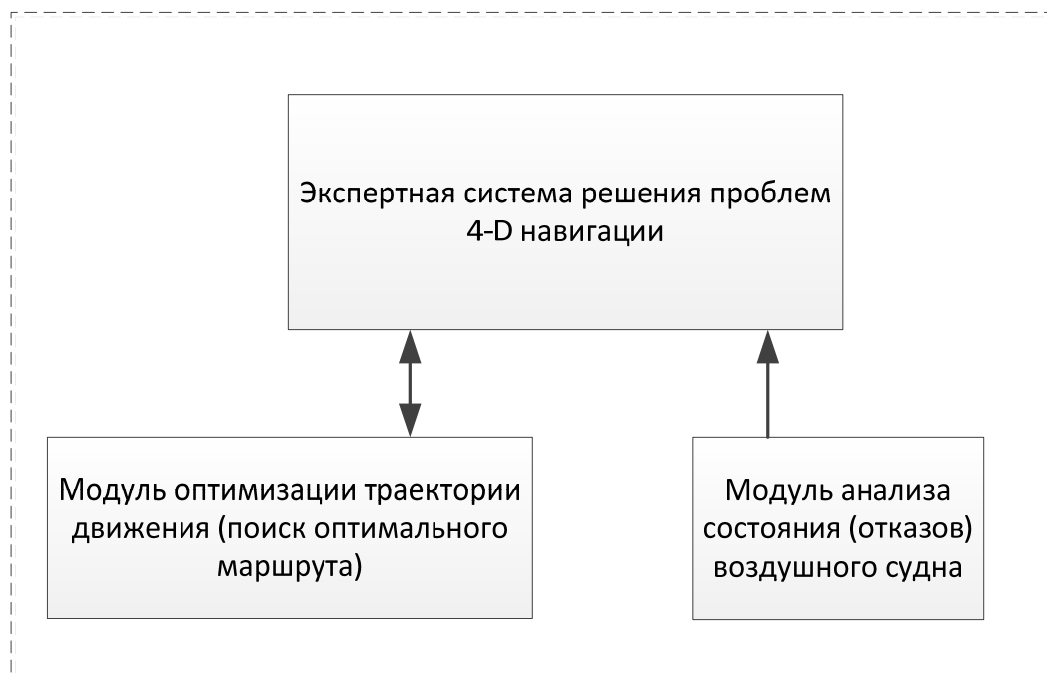


Рисунок 1 – Разработанная архитектура системы поддержки принятия решения

### **Заключение**

Разработанная архитектура системы направлена в первую очередь на то, чтобы снизить нагрузку на экипаж и снять груз ответственности принятия решения при возникновении чрезвычайных ситуаций в процессе выполнения маршрутов четырехмерной навигации.

Данная архитектура системы содержит минимально необходимый набор модулей, которые обеспечивают полноту необходимой для расчета и формирования стратегий информации.

### **Библиографический список**

1. Будков А. С. Система поддержки принятия решения для решения задачи 4-D навигации // Гагаринские чтения – 2019: сборник тезисов докладов. М.: МАИ, 2019. С. 665.

2. *Иванов А. С.* Анализ состояния внедрения в России концепции навигации, основанной на характеристиках / А. С. Иванов, А. А. Киреев // Гагаринские чтения – 2019: сборник тезисов докладов. М.: МАИ, 2019. С. 675.

3. *Лунев Е. М.* Разработка и исследование модели траекторного управления самолётом при полёте по маршрутам четырёхмерной зональной навигации / Е. М. Лунев, Е. С. Неретин, А. С. Будков // Труды МАИ. 2017. № 95. – URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=84531> (дата обращения: 11.11.2019)

4. *Поляков В. Б.* Архитектура перспективных комплексов управления бортовым оборудованием / В. Б. Поляков, Е. С. Неретин, А. С. Иванов, А. С. Будков, С. А. Дяченко, С. О. Дудкин // Труды МАИ. 2018. № 100. – URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=93459> (дата обращения: 11.11.2019)

## References

1. *Budkov A. S.* Decision support system for solving the 4-D navigation problem // Gagarin Science Conference – 2019: Abstracts: М.; МАИ, 2019.– p. 665.

2. *Ivanov A. S., Kireev A. A.* Analysis of the implementation status of the concept of navigation based on characteristics in Russia // Gagarin Science Conference – 2019: Abstracts: М.; МАИ, 2019.– p. 675.

3. *Lunev E. M.* Development and study of aircraft trajectory control model while flying en-route of four-dimensional area navigation / E. M. Lunev, E. S. Neretin, A. S. Budkov // Trudy MAI. – М.: МАИ, 2017. – № 95. – Available at: <http://trudymai.ru/published.php?ID=84531>.

4. *Polyakov V. B.* Architecture of prospective onboard equipment control complexes / Polyakov V. B., Neretin E. S., Ivanov A. S., Budkov A. S., Dyachenko S. A., Dudkin S. O. // Trudy MAI. – М.: МАИ, 2018. – № 100 – Available at: <http://trudymai.ru/published.php?ID=93459>.