

Конкурсная работа
«Авиастроитель года»
по итогам 2021 года
в номинации
«Лучший инновационный проект»

**КОМПЛЕКС БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ САМОЛЁТА
НОРМАЛЬНОЙ КАТЕГОРИИ**

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение..... | 3 |
| 1 Назначение комплекса бортового оборудования..... | 5 |
| 2 Описание комплекса бортового оборудования | 5 |
| 3 Инновационные аппаратные решения..... | 7 |
| 3.1 Многофункциональный индикатор..... | 7 |
| 3.2 Многофункциональный пульт управления | 8 |
| 3.3 Интегрированная курсовертикаль | 10 |
| 3.4 Индикатор на лобовом стекле..... | 11 |
| 3.5 Блок интегрированной авионики..... | 12 |
| 3.6 Самолётное переговорное устройство | 13 |
| 4 Функциональные инновационные решения | 14 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 16 |

Введение

Государственной программой Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности» предусматривается создание научно-технического задела, обеспечивающего мировое лидерство Российской Федерации в авиационных технологиях, разработка отечественной конкурентоспособной продукции и формирование глобально конкурентоспособных отраслей авиационного приборостроения и агрегатостроения мирового уровня.

Для создания научно-технического задела в области бортового оборудования для гражданских самолётов нормальной категории выбрано несколько наиболее актуальных направлений:

- разработка инновационных конструктивно-технических решений;
- разработка инновационных функциональных возможностей.

В комплексе бортового оборудования гражданского самолёта нормальной категории впервые в России, реализованы следующие инновационные конструктивно-технические решения:

- широкоформатный многофункциональный индикатор с разрешением Full HD и отношением сторон экрана 16:9. Это позволяет наиболее эргономичным образом представить пилотажно-навигационную информацию, в том числе и синтезированную закабинную обстановку, на режимах посадки с большим скольжением самолёта;

- клавиатура из мягкого силикона в сочетании с высокоресурсными мембранными кнопками для широкоформатного многофункционального индикатора и пультов управления. Данное техническое решение является простым в изготовлении и обладает низкой стоимостью, хорошими эргономическими характеристиками, устойчива к воздействию низких температур и авиационных горюче-смазочных материалов;

- интегрированная сенсорная матрица проекционно-емкостного типа для многофункционального пульта управления. Данное решение открывает возможность применения сенсорных технологий в отечественной авиации за счет разработки программного обеспечения контроллера в соответствии с требованиями КТ-178С;

- интегрированная курсовертикаль с расширенными функциональными возможностями за счет комплексной обработки разнородной информации в обособленных контурах;

- потолочный индикатор на лобовом стекле разработанный в соответствии с требованиями КТ-8055;

- блок интегрированной авионики в котором реализована технология программно-определяемого радио, применение которой позволяет снизить стоимость и массогабаритные характеристики бортового радиотехнического оборудования с одновременным обеспечением более высокой надежности;

– самолётное переговорное устройство с голосовым управлением функциями бортового оборудования и расширенными мультимедийными возможностями.

В комплексе бортового оборудования гражданского самолёта нормальной категории впервые в России, реализованы следующие инновационные функциональные возможности:

- автоматическое завершение полёта и возврат на аэродром посадки при потере дееспособности экипажа;
- голосовое управление функциями КБО;
- управление мультимедийным контентом;
- автоматическая активация микрофонов членов экипажа и пассажиров (функция VOX);
- синтезированное видение в сочетании с индикацией района аэродрома, одиночных и линейных искусственных препятствий;
- индикация прогнозной пространственной метеорологической информации по эшелонам полёта;
- адаптивное под этап полёта и масштаб электронной карты представление топографической и аэронавигационной информации;
- списание магнитной девиации в полете за счет комплексной обработки информации для более точного определения магнитного курса в условиях широкого диапазона углового положения самолёта и воздействия электромагнитного поля, создаваемого самолётными системами;
- процедура адаптивной оптимизации параметров полёта, которая обеспечивает уточнение в процессе эксплуатации параметров двигателя и самолёта для более точного решения задачи прогнозирования параметров самолетовождения и оптимизации траектории полёта;
- разработаны уникальные форматы хранения топографической, аэронавигационной информации, информации о препятствиях и района аэродрома;
- реализован рациональный (с точки зрения минимизации вычислительных затрат) механизм отображения графической информации.

В результате НИР в ФАУ «ГосНИИАС» был создан Комплекс бортового оборудования (КБО) самолёта нормальной категории, который разрабатывался в соответствии требованиями и рекомендациями нормативной базы гражданской авиации в рамках ряда научно-исследовательских работ Минпромторга РФ с 2015 по 2021 годы с целью разработки и внедрения инновационных технологий. Все представленные инновационные решения реализованы в макетных образцах, а ряд из них успешно внедрены на предприятиях авиационной промышленности.

1 Назначение комплекса бортового оборудования

Комплекс бортового оборудования предназначен для установки на самолётах нормальной категории для выполнения полётов по правилам полётов по приборам в ручном, совмещенном, автоматическом и директорном режимах по установленным маршрутам, воздушным трассам и местным воздушным линиям.

2 Описание комплекса бортового оборудования

В КБО самолёта нормальной категории входят следующие компоненты:

- интегрированная система резервных приборов – 1 шт.;
- широкоформатный многофункциональный индикатор – 1 шт.;
- пульт управления индикаторами – 2 шт.;
- многофункциональный пульт управления – 2 шт.;
- интегрированная курсоверткаль с аэротрическим модулем и датчиком магнитного поля – 2 шт.;
- интегрированный блок авионики – 1 шт.;
- радиодальномер – 1 шт.;
- самолётное переговорное устройство – 2 шт.;
- пульт управления автопилотом – 2 шт.;
- индикатор на лобовом стекле – 1 шт.;
- удалённый концентратор данных – 2 шт.;
- аварийный радиомаяк – 1 шт.;
- бортовой регистратор – 1 шт.

КБО обеспечивает эксплуатацию самолета:

- в автоматическом и директорном режимах управления в аэродромной воздушной зоне с выполнением стандартных процедур вылета и прибытия;
- в воздушном пространстве, где действуют навигационные спецификации RNAV10/RNP10, B-RNAV/RNAV5, RNAV2, RNAV1, P-RNAV, RNP4, RNP2, RNP1, с выполнением норм вертикального эшелонирования;
- при неточном заходе на посадку методом зональной навигации, основанной на глобальной спутниковой навигационной системе, в соответствии с требованиями навигационной спецификации RNP APCH до минимумов APV: LNAV/VNAV (Baro-VNAV) и LP/LPV (в зоне действия SBAS);
- при неточном заходе на посадку по оборудованию системы посадки и приводным радиостанциям, по угломерной и дальномерной системам VOR и DME;
- в автоматическом режиме при точном заходе на посадку по CAT I на аэродромы, оборудованные инструментальной системой посадки ILS или GLS;
- при выполнении ухода на второй круг;
- при возврате на аэродром посадки или полете на запасной аэродром.

КБО построен на основе сетевой архитектуры. Узлами бортовой сети КБО являются:

- многофункциональные индикаторы;
- многофункциональные пульта управления;
- самолётные переговорные устройства;
- блоки интегрированной авионики;
- удалённый концентратор данных.

В качестве операционной системы применяется отечественная операционная система реального времени JetOS с уровнем гарантии проектирования DAL A.

Взаимодействие между узлами КБО осуществляется по Ethernet-подобному интерфейсу (IEEE 802.3) на скорости 10 Мбит/с.

Связное и радионавигационное оборудование включается в архитектуру через её узловые элементы.

Интегрированные курсовертикали взаимодействуют с многофункциональными индикаторами и интегрированными блоками авионики по интерфейсам ARINC429.

Общесамолётные системы взаимодействуют с КБО через удалённые концентраторы данных посредством аналоговых, цифровых и дискретных интерфейсов.

Внешний вид КБО представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид комплекса бортового оборудования

В качестве инновационных особенностей представлены перспективные аппаратные решения компонентов КБО и передовые функциональные возможности.

3 Инновационные аппаратные решения

3.1 Многофункциональный индикатор

Многофункциональный индикатор предназначен для планирования полетного задания, вычисления текущих параметров самолетовождения и представления экипажу пилотажно-навигационной, директорной, сигнальной и другой информации.

В многофункциональном индикаторе **впервые в России** в КБО гражданского воздушного судна (ВС) применена ЖК-матрица с разрешением Full HD с отношением сторон экрана 16:9. Данные характеристики позволяют наиболее эргономичным образом представить синтезированную закабинную обстановку на режимах посадки с большим скольжением самолета.

Обеспечение высокой яркости изображения до 1300 Кд/м^2 позволяет применять индикатор в условиях солнечной засветки в кабине самолета. В тоже время в конструкции индикатора применены современные технические решения, обеспечивающие эффективный отвод тепла от индикатора с тонкостенной конструкцией корпуса.

Для обеспечения работы индикатора в ночных условиях реализованы уникальные алгоритмы автоматической регулировки яркости ЖК-матрицы в условиях низкого уровня освещения. Данная функция путем предварительной настройки значений весовых коэффициентов позволяет реализовывать различные характеристики яркости под требования конкретного оператора.

Конструктивно в индикаторе защитное стекло приклеено к поляриду ЖК-дисплея. Оптическое соединение устраняет воздушный промежуток между двумя отражающими поверхностями стекла и дисплея, что позволяет существенно сократить коэффициент зеркального отражения до 0,4% и менее. На защитное стекло приклеен защитный антиотражающий светофильтр и тонкоплёночный нагреватель, что позволяет эксплуатировать индикатор в широком диапазоне температур от минус 40 до плюс 85 градусов.

В целях упрощения изготовления и снижения стоимости **впервые в России** в индикаторе применена клавиатура, отлитая из мягкого силикона, в сочетании с высокоресурсными мембранными кнопками. Данная клавиатура обладает хорошими эргономическими характеристиками, устойчива к авиационным горюче-смазочным материалам и имеет расширенный температурный диапазон эксплуатации.

Внешний вид индикатора представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Внешний вид многофункционального индикатора

3.2 Многофункциональный пульт управления

Многофункциональный пульт управления предназначен для управления полётными заданиями (создание, редактирование, активация), управления, конфигурации и проведения технического обслуживания КБО.

Многофункциональный пульт управления обеспечивает управление и индикацию следующих функций:

- управления бортовыми базами данных;
- технического обслуживания;
- наблюдения;
- самолетовождения;
- навигации;
- связи.

Внешний вид многофункционального пульта управления представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Внешний вид многофункционального пульта управления

Для данного многофункционального пульта **впервые в России** была разработана интегрированная сенсорная матрица проекционно-емкостного типа, адаптированная под гражданскую авиацию. Данная матрица выполнена на основе защитного стекла, в конструкцию которого интегрированы слои нагревателя, антибликового покрытия и металлической сетки сенсорного экрана. Слой нагревателя обеспечивает термоподготовку ЖК матрицы индикатора, что позволяет существенно расширить температурный диапазон применения в области отрицательных температур. Антибликовый слой обеспечивает уменьшение бликов и паразитных засветок для увеличения контраста ЖК индикатора. Защитное стекло обеспечивает механическую защиту ЖК матрицы.

Внешний вид макетного образца ёмкостного сенсорного экрана приведен на рисунке 4.

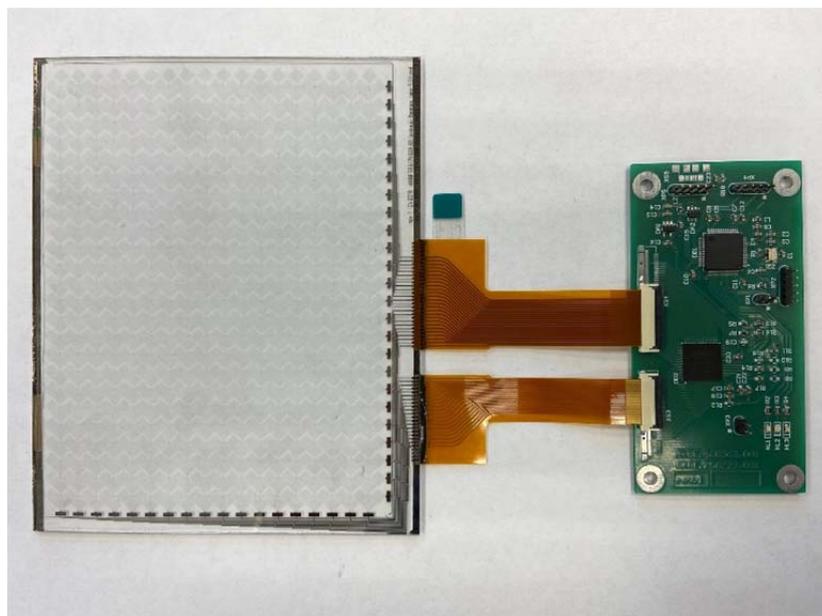


Рисунок 4 – Внешний вид макетного образца ёмкостного сенсорного экрана

Преимуществами разработанного сенсорного экрана являются:

- возможность применять данную технологию в отечественной авиации за счет открытого программного обеспечения контроллера и сертифицировать его в соответствии с требованиями КТ-178С;
- расширенный диапазон температурных применений экранов от -40°C за счет применения элементной базы в промышленном исполнении;
- улучшенные эргономические характеристики экрана за счет применения специальных антибликовых покрытий и интеграции в сенсорную матрицу токопроводящего слоя для осуществления термоподготовки;
- локализация производства авиационных сенсорных экранов ёмкостного проекционного типа в Российской Федерации.

3.3 Интегрированная курсовертикаль

Требования к интегрированной курсовертикали сформированы на основе технической спецификации TSO-C201 и стандарта DO-334 (категории А-2 и Н-2).

Особенностью программной и аппаратной реализации является возможность обособления контуров, сертифицируемых по DAL В и DAL С.

В интегрированной курсовертикали реализованы обособленные контура. Первый контур реализует определение только углового положения. Он содержит программное обеспечение бесплатформенной курсовертикали, предполагающее сертификацию по DAL В. Во втором контуре реализован гибридный режим и режим курсовоздушного счисления с коррекцией по информации от радионавигационных средств, что позволяет проводить сертификацию по DAL С.

На рисунке 5 представлен внешний вид интегрированной курсовертикали.

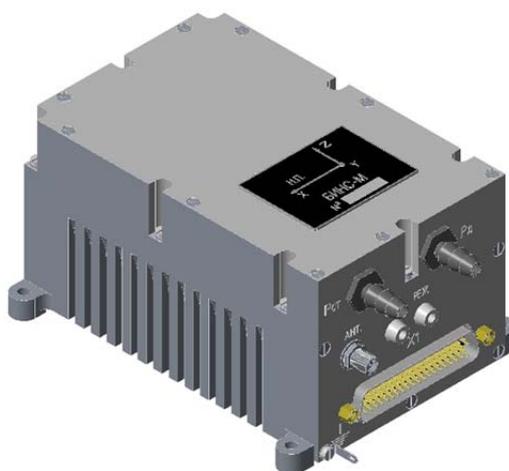


Рисунок 5 – Внешний вид интегрированной курсовертикали

Особенностями применённых в интегрированной курсовертикали алгоритмов комплексной обработки являются:

- учёт выноса антенны приёмника спутниковой навигационной системы относительно блока курсовертикали;
- включение погрешностей масштабных коэффициентов акселерометров и гироскопов в вектор оцениваемых параметров;
- учёт задержки выходной информации приёмника спутниковой навигационной системы;
- выполнение оценки погрешностей аэрометрических датчиков и расчет параметров ветра;
- оценка погрешностей магнитного датчика, включая магнитную девиацию.

3.4 Индикатор на лобовом стекле

Потолочный индикатор на лобовом стекле позволяет предоставлять экипажу пилотажную и навигационную информацию, не отвлекая его внимание на ответственных этапах полёта, таких как взлёт и посадка. Кроме того, на индикаторе на лобовом стекле отображается синтезированное или улучшенное изображение земной поверхности, взлётно-посадочные полосы аэропорта, препятствия и представляющие опасность другие воздушные суда, находящиеся в воздухе и на земле.

Потолочный индикатор на лобовом стекле является **первым в России** образцом, выполненным в такой конструкции для гражданской авиации. Его характеристики полностью удовлетворяют требованиям КТ-8055, а некоторые из них их превосходят.

Для снижения стоимости индикатора конструкция коллиматорной головки выполнена по диоптрийной схеме с двумя комбинерами. Коллиматорная головка имеет поворотный механизм, позволяющий использовать индикатор на лобовом стекле в условиях ограниченного пространства кабины пилотов.

В индикаторе применяется жидкокристаллический формирователь изображения на основе матрицы высокого разрешения со светодиодной подсветкой на высокоэффективных светодиодах. С помощью применения современных решений в индикаторе удалось добиться высококачественного изображения с разрешением 1280×1024 при яркости изображения 35000 Кд/м^2 .

Внешний вид индикатора на лобовом стекле представлен на рисунке 6.

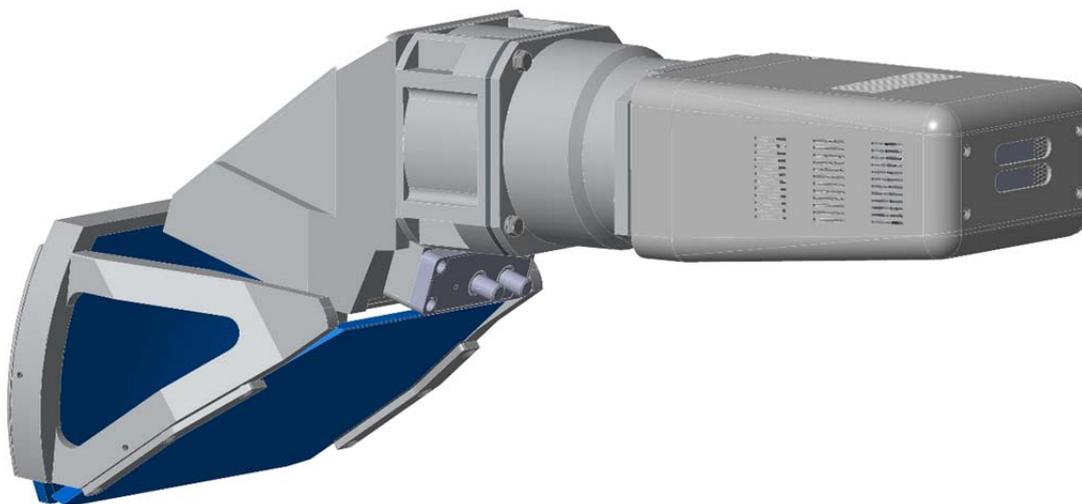


Рисунок 6 – Внешний вид индикатора на лобовом стекле

3.5 Блок интегрированной авионики

При разработке блока интегрированной авионики **впервые в России** применена технология программно-определяемого радио (software-defined radio – SDR) для бортового радиотехнического оборудования гражданских самолётов. Данная технология позволяет с помощью программного обеспечения устанавливать или изменять рабочие радиочастотные параметры, такие как диапазон частот, тип модуляции или выходную мощность, за исключением изменения рабочих параметров, предварительно установленными согласно требуемым спецификациям.

Блок интегрированной авионики предназначен для выполнения функций:

- приёма сигналов отклонения от курсового и глиссадного маяков инструментальной системы посадки;
- определения азимутального угла от маяка системы VOR;
- определения КУР автоматического радиокompаса;
- определения текущих навигационных параметров на основании данных глобальных навигационных спутниковых систем с функциями автономного контроля целостности, обнаружения и исключения отказов, в том числе, с использованием космических и наземных функциональных дополнений;
- приёма в УКВ-диапазоне от локальной корректирующей станции информации для спутникового навигационного приёмника, данных системы GBAS (блок идентификационных данных ЛККС), данных для выполнения конечного этапа захода на посадку (FAS), параметров прогнозируемых готовностей источников дальности;
- ведения связи в УКВ-диапазоне, в том числе, на аварийной частоте;
- приёма и передачи данных по каналу VDL-2;
- приёма сигналов маркерных маяков;

- ответчика ВОРЛ в режимах A/C/S;
- АЗН-В 1090 ES In/Out;
- раннего предупреждения о близости земли;
- предупреждения о критических режимах;
- автоматического управления полётом.

Внешний вид блока интегрированной авионики представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Внешний вид блока интегрированной авионики

Применение технологии SDR позволило получить следующие преимущества:

- снижение стоимости;
- сокращение массогабаритных характеристик;
- лучшая повторяемость и стабильность характеристик;
- упрощение разработки интерфейсов;
- уменьшение массы кабельной сети.

3.6 Самолётное переговорное устройство

Впервые в России специально для самолётов нормальной категории в рамках создания данного КБО разработано инновационное самолётное переговорное устройство. В данном устройстве **впервые в России** реализованы функции голосового управления КБО и пространственного звука, а также широкий набор мультимедийных возможностей для повышения комфорта пассажиров.

Самолётное переговорное устройство предназначено для обеспечения (совместно с авиагарнитурами и громкоговорителями) внутренней телефонной связи между всеми членами летного экипажа и выхода на внешнюю двухстороннюю радиосвязь через бортовые радиостанции, внутренней телефонной связи пассажиров между собой и с членами летного экипажа, оповещения пассажиров членами летного экипажа и бортпроводниками, прослушивания членами летного экипажа радионавигационных и специальных сигналов, передачи данных на аппаратуру регистрации переговоров, трансляцию мультимедийного аудио потока пассажирам в развлекательных целях, голосового управления функциями КБО.

Внешний вид основного блока самолётного переговорного устройства представлен на рисунке 8.



Рисунок 8 – Внешний вид основного блока самолётного переговорного устройства

Ключевыми особенностями самолетного переговорного устройства являются:

- дистанционное управление от сенсорных многофункциональных пультов управления;
- поддержка 6–7 абонентов, включая возможность воспроизведения мультимедийного контента для пассажиров, а также выхода их на внешнюю телефонную (спутниковую/ сотовую) связь;
- открытая архитектура;
- цифровые сетевые интерфейсы;
- функция VOX;
- активное шумоподавление;
- 3D (пространственный) звук;
- голосовое управление функциями КБО;
- беспроводный киберзащищённый интерфейс.

4 Функциональные инновационные решения

В КБО реализованы ряд функций с инновационными решениями:

2) управление полётом – формирование сигналов автоматического управления самолётом по тангажу, курсу и крену, обеспечение автоматической стабилизации высоты и автоматического захода на посадку, а также обеспечение директорного управления. При разработке функции применены следующие инновационные решения:

- режим автоматического завершения полёта и возврата на аэродром посадки при потере дееспособности экипажа;

3) управление связью – взаимодействие с радиосвязным оборудованием и оборудованием цифровой связи для обеспечения речевой связи с пунктами УВД и приёма-передачи данных по цифровым каналам связи, обеспечение и управление внутренней связи в кабине самолёта. При разработке функции применены следующие инновационные решения:

- голосовое управление функциями КБО;
- управление мультимедийным контентом;
- автоматическая активация микрофонов членов экипажа и пассажиров (функция VOX);

4) индикация, сигнализация и взаимодействие с экипажем – индикация пилотажно-навигационных и других параметров на электронных индикаторах и пультах, звуковая сигнализация, обработка введённой экипажем информации управления с пультов. При разработке функции применены следующие инновационные решения:

- синтезированное видение с отображением не только синтезированной поверхности Земли, но и с индикацией района аэродрома в соответствии с ARINC-816, одиночных и линейных искусственных препятствий;
- индикация прогнозной пространственной метеорологической информации по эшелонам полёта, обеспечивающая представление экипажу метеорологической информации не только по аэродрому или трассе, но и для всей электронной карты с масштабом, определённым экипажем;
- адаптивное под этап полёта и масштаб электронной карты представление топографической и аэронавигационной информации;

5) навигация и самолётовождение – определение текущего местоположения самолета, построение плана полёта, формирование траектории полёта с учетом задач оптимизации, управление траекторией в горизонтальной и вертикальной плоскости. При разработке функции применены следующие инновационные решения:

- процедура списания магнитной девиации в полете за счет комплексной обработки информации, обеспечивающая более точное определение магнитного курса в условиях широкого диапазона углового положения самолета и воздействия электромагнитного поля, создаваемого самолетными системами;
- определение текущего местоположения самолета, его скорости и угловой ориентации с использованием инерциальных датчиков низкой точности при отсутствии информации от спутниковой навигационной системы;

- контроль достоверности данных инструментальной системы посадки при её необнаруженном отказе за счет комплексной обработки информации;
 - процедура адаптивной оптимизации параметров полёта – обеспечивает уточнение в процессе эксплуатации параметров двигателя и самолёта для более точного решения задачи прогнозирования параметров самолетовождения и оптимизации траектории полета;
 - возможность предварительного просмотра процедур вылета, захода на посадку и посадки при планировании полётного задания;
- б) управление бортовыми данными – сервисная функция, обеспечивающая хранение бортовых баз данных, их обновление и использование другими функциями. При разработке функции применены следующие инновационные решения:
- разработаны уникальные форматы хранения топографической, аэронавигационной информации, информации о препятствиях и района аэродрома;
 - реализован рациональный (с точки зрения минимизации вычислительных затрат) механизм отображения графической информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Созданный в ФАУ «ГосНИИАС» Комплекс бортового оборудования для самолёта нормальной категории является научно-технологическим заделом высокой степени готовности к внедрению в промышленное производство. Освоение данного научно-технологического задела отечественной авиационной промышленностью может стать большим шагом в решении задачи по обеспечению мирового лидерства Российской Федерации в авиационных технологиях, разработке отечественной конкурентоспособной продукции и формированию глобально конкурентоспособных отраслей авиационного приборостроения и агрегатостроения мирового уровня.