

**УДК 681.518.3**

**ББК 39.56**

**АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ ИНДИКАЦИИ НА ЛОБОВОМ СТЕКЛЕ  
ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГРАЖДАНСКИХ САМОЛЁТОВ**

**Сергей Александрович Дяченко**

**аспирант<sup>1</sup>, очное отделение, 2 курс, М7О-206А-18,  
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> Общество с ограниченной ответственностью  
«ОАК-Центр комплексирования»**

**Москва, Россия**

**dyachenkosergey33@yandex.ru**

**Валентин Александрович Чуфирин**

**студент<sup>1</sup>, очное отделение, 4 курс, М7О-407С-16,  
техник-конструктор<sup>2</sup>**

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

**<sup>2</sup> Общество с ограниченной ответственностью  
«ОАК-Центр комплексирования»**

**Москва, Россия**

**chufirinvalentin@yandex.ru**

**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>Общество с ограниченной ответственностью «ОАК-Центр комплексирования»**

**Москва, Россия**

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

В статье представлен проведённый анализ принципов проектирования комплексов авионики, а также современных систем отображения информации в кабине экипажа. Разработана архитектура системы индикации на лобовом стекле для перспективных гражданских самолётов транспортной категории на базе концепции интегрированной модульной авионики. Применённый подход позволяет сократить временные затраты на разработку, испытания и сертификацию борта, а также существенно снизить стоимость эксплуатации воздушного судна и его массогабаритные характеристики.

**Ключевые слова:** гражданский самолёт, интегрированная модульная авионика, системы отображения информации, системы технического видения, индикатор на лобовом стекле.

## **ARCHITECTURE OF THE HEAD-UP DISPLAY SYSTEM FOR ADVANCED CIVIL AIRPLANES**

**Sergey Aleksandrovich Dyachenko**

**2<sup>nd</sup> year postgraduate student<sup>1</sup>**

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

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

**<sup>2</sup> Limited liability company «UAC-Integration Center»**

**Moscow, Russia**

**dyachenkosergey33@yandex.ru**

**Valentin Aleksandrovich Chufirin**

**4<sup>th</sup> year student<sup>1</sup>**

**design technician<sup>2</sup>**

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

**<sup>2</sup> Limited liability company «UAC-Integration Center»**

**Moscow, Russia**

**chufirinvalentin@yandex.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> Limited liability company «UAC-Integration Center»**

**Moscow, Russia**

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

The paper presents the analysis of design principles for avionic complexes as well as for modern systems of indication in the cockpit. The authors developed the architecture of the head-up display system for advanced civil transport airplanes based on the concept of integrated module avionics. The applied approach allows shortening the time spent for development, tests and certification of an airplane as well as reducing the cost of aircraft operation and its weight and size.

**Key words:** civil airplane, integrated module avionics, information presentation systems, systems of technical imaging, head-up display.

### **Обзор типов архитектур авионики**

На сегодняшний день основными тенденциями при проектировании авионики является существенное расширение функционала комплекса бортового оборудования (КБО) при сохранении массогабаритных характеристик, а также увеличение безопасности полёта. Достижение данных целей возможно за счёт применения современных подходов при

проектировании авионики, позволяющих достичь большей степени интеграции КБО.

На текущем этапе развития авиации существуют следующие концепции проектирования авионики:

- автономная;
- федеративная;
- интегрированная модульная.

Автономная архитектура представляет совокупность «самодостаточных» систем и приборов, выполняющих локальные функции и практически не взаимодействующих друг с другом. Каждая система или прибор состоит из собственного набора датчиков, измерителей, преобразователей и индикаторов и предназначена для измерения и индикации нескольких полётных параметров. С применением автономного подхода разработаны следующие воздушные суда (ВС): Ту-104, Ил-14, Ил-18 и др. Данная концепция имела широкое распространение на начальном этапе развития бортового радиоэлектронного оборудования и практически не реализуется на современных самолётах.

Рост количества и сложности функций бортового оборудования потребовали увеличения степени интеграции КБО по сравнению с описанным ранее принципом. Объединение автономных систем, выполняющих подобные функции, позволило сократить количество вычислителей до одного на каждую скомпонованную систему, что легло в основу федеративной архитектуры. К числу самолётов, разработанных в соответствии с данной концепцией, относятся Ту-204, Ил-96, Boeing-737 и т. д. Использование концепции позволяет сократить количество вычислителей до одного на каждую скомпонованную систему, что влечёт за собой уменьшение массогабаритных характеристик ВС. Однако применение федеративного подхода не обеспечивает гибкость наращивания функционала и модификации КБО [Кучерявый, 2016, с. 434-444], поскольку интеграция новых систем влечёт увеличение массы и габаритов авионики.

Указанных недостатков федеративного подхода лишена концепция интегрированной модульной авионики (ИМА), предполагающая использование открытой сетевой архитектуры и общей аппаратной платформы для вычислительных ресурсов. Функции самолётного оборудования выполняют программные приложения под управлением операционной системы реального времени [Федосов, 2015, с. 66; Поляков, 2018, с. 2]. С применением данной концепции проектируются современные и перспективные ВС: Boeing 787, MC-21, CRJ929 и др. Значительными достоинствами ИМА являются возможность наращивания функционала КБО при сохранении массогабаритных характеристик, сокращение времени разработки, сертификации и испытаний борта, отсутствие необходимости в сертификации всего программного обеспечения компонента при внесении изменений только в одно из приложений, а также снижение эксплуатационной стоимости ВС.

### **Обзор современных систем отображения информации**

Достоинства концепции ИМА позволяют интегрировать в состав КБО большее количество самолётных систем, к которым, в частности, относятся системы отображения информации.

На сегодняшний день основными средствами индикации в кабине экипажа, использующимися в гражданской авиации, служат:

- традиционные многофункциональные индикаторы, расположенные на приборной панели;
- индикаторы на лобовом стекле (ИЛС).

ИЛС проецирует символьную и графическую информацию на специальный практически прозрачный экран – комбайнёр – который размещается между глазами пилота и остеклением кабины экипажа.

В настоящее время существует несколько разновидностей ИЛС, различающихся типом оптической системы:

- рефракторный;
- катадиоптрический;
- волноводный.

ИЛС рефракторного и катадиоптрического типа имеют схожую структуру и принцип действия. Данные ИЛС состоят из оптической системы, высокояркостного проектора и комбайнёра. Система объединена в единый корпус, располагаемый над головой пилота. Главным отличием данных ИЛС является форма комбайнёра: рефракторный обладает плоским комбайнёром, а катадиоптрический – искривлённым (параболическим).

Перспективный волноводный ИЛС имеет принципиальные отличия в конструкции относительно ранее указанных типов. Данный тип ИЛС не имеет проектора, потолочная часть реализована в виде компактного моноблока [Bigler, 2018, p. 2007-2009], что позволяет существенно уменьшить массогабаритные характеристики системы.

Совместно с указанными средствами используются системы технического видения (СТВ), которые позволяют повысить уровень ситуационной осведомлённости экипажа относительно закабинной обстановки в сложных метеоусловиях.

В частности, применяются следующие типы СТВ:

- системы улучшенного видения (СУВ), формирующие изображение закабинной обстановки, получаемое от бортовых инфракрасных камер;
- системы синтетического видения (ССВ), синтезирующие трёхмерную модель закабинного пространства на основе баз данных подстилающей поверхности, препятствий и объектов аэродромной инфраструктуры.
- системы комбинированного видения, объединяющие сенсорное и синтезированное изображения от СУВ и ССВ соответственно в единый формат.

ИЛС и СТВ являются опциональными, однако всё чаще интегрируются в состав КБО гражданских самолётов, поскольку обеспечивают снижение нагрузки на экипаж и увеличение скорости принятия решения в условиях критической ситуации. Кроме того, применение ИЛС позволяет повысить ситуационную осведомлённость экипажа [Moir, 2013, p. 470-474].

Комбинация ИЛС и СУВ, называемая системой увеличения дальности видения (СУДВ), при установке на борту позволяет продолжить заход на

посадку в условиях низкой видимости закабинного пространства, т. е. обеспечивает эксплуатационное преимущество в части снижения высоты принятия решения (ВПР). Наличие СУДВ на борту ВС позволяет снизить ВПР до 100 футов [DO-315B, 2011, p. 51-52].

### **Разработка архитектуры системы индикации на лобовом стекле**

Целью работы являлась разработка архитектуры системы индикации на лобовом стекле с применением концепции ИМА для современных и перспективных гражданских ВС транспортной категории.

В состав разработанной архитектуры входят:

- ИЛС волноводного типа;
- центральный бортовой вычислитель, выдающий данные от бортовых систем, необходимые для формирования формата индикации;
- индикаторный вычислитель, который принимает и обрабатывает информацию, поступающую от центрального вычислителя, а также формирует результирующий формат в виде комбинации слоёв символьной пилотажно-навигационной информации и изображений от СТВ;
- датчики внешней освещённости, считывающие показания о текущем уровне освещённости окружающей среды;
- СУВ;
- ССВ;
- бортовой сервер данных, содержащий базы данных подстилающей поверхности, препятствий и объектов аэродромной инфраструктуры для ССВ;
- пульт управления, позволяющий регулировать параметры изображения формата ИЛС (в частности, яркость).

Основными компонентами разработанной архитектуры являются приложения ИЛС и ССВ, расположенные в индикаторном вычислителе. Приложение ССВ выполняет функцию генерации трёхмерной модели закабинной обстановки на основе информации от бортового сервера данных. Приложение ИЛС генерирует слой символьной информации, комбинирует его с

изображениями от ССВ и / или СУВ и выдаёт результирующий формат в генератор изображения.

Информация от центрального бортового вычислителя и бортового сервера данных поступает в индикаторный вычислитель по шине ARINC 664. Полученная информация хранится в приложениях ИЛС и ССВ. Взаимодействие индикаторного вычислителя и генератора изображения осуществляется по шине ARINC 818. Далее результирующее изображение преобразуется в поток излучения и проецируется на волновод.

Выдача команд регулировки параметров изображения ИЛС осуществляется пультом управления по шине ARINC 429. Датчики внешней освещённости, по показаниям которых автоматически изменяется яркость формата в зависимости от освещённости внешней среды, взаимодействуют с индикаторным вычислителем также посредством данного интерфейса.

Разработанная архитектура системы индикации на лобовом стекле с применением концепции ИМА представлена на рисунке 1.

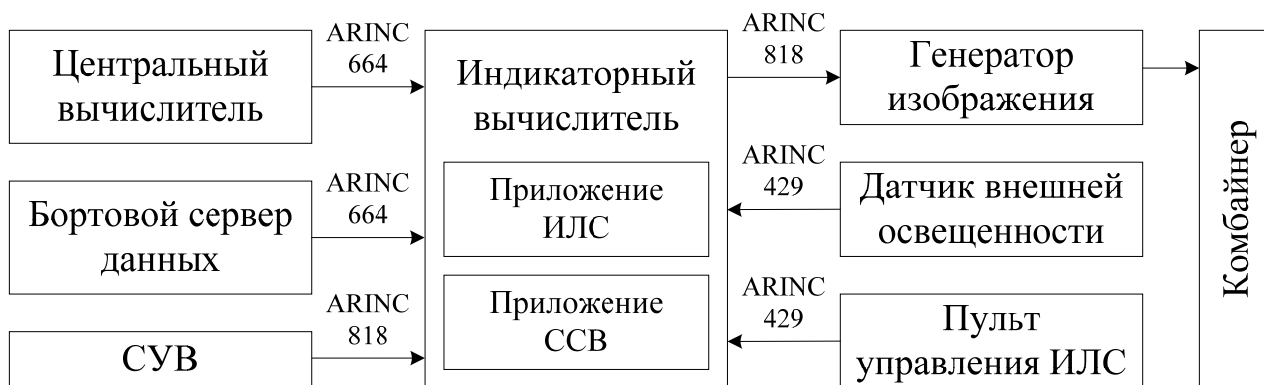


Рисунок 1 – Разработанная архитектура ИЛС

### **Заключение**

Предложенная архитектура, разработанная с применением концепции ИМА, имеет высокую практическую значимость, т. к. позволяет уменьшить массогабаритные характеристики авионики, сократить время разработки, испытаний и сертификации борта, а также сократить стоимость эксплуатации самолёта.



Описанная архитектура соответствует основным руководящим документам по разработке гражданской авиационной техники: DO-315B, DO-297 и др.

### Библиографический список

1. *Кучерявый А. А.* Авионика: учеб. пособие. СПб: Лань, 2016. 452 с.: ил.
2. *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 // Электрон. журн. «Труды МАИ», №100, 2018. – Режим доступа: <http://trudymai.ru/published.php?ID=93459>, свободный (Дата обращения: 11.10.2019).
3. *Федосов Е. А.* Интегрированная модульная авионика / Е. А. Федосов, В. В. Косьянчук, Н. И. Сельвесюк // Радиоэлектронные технологии. М.: КРЭТ, 2015. №1. 66–71 с.: ил.
4. *Bigler C. M.* Applied optics holographic waveguide heads-up display for longitudinal image magnification and pupil expansion / P.-A. Blanche, K. Sarma // Applied Optics. – The USA: Phoenix, OSA Publishing, 2018. Vol. 57, Issue 9. Pp. 2007–2013.
5. DO-315B Minimum Aviation System Performance Standards (MASPS) for Enhanced Vision Systems, Synthetic Vision Systems, Combined Vision Systems and Enhanced Flight Vision Systems. – The USA: Washington, RTCA, 2011. – 131 p.
6. *Moir I.* Civil avionics systems (2<sup>nd</sup> edition) / A. Seabridge, M. Jukes. The USA: Hoboken, John Wiley & Sons, 2013. 551 p.

### References

1. *Bigler C. M. (2018)* Applied optics holographic waveguide heads-up display for longitudinal image magnification and pupil expansion / P.-A. Blanche, K. Sarma // Applied Optics. – The USA: Phoenix, OSA Publishing, 2018. Vol. 57, Issue 9. Pp. 2007–2013. (in English)
2. DO-315B Minimum Aviation System Performance Standards (MASPS) for Enhanced Vision Systems, Synthetic Vision Systems, Combined Vision Systems and Enhanced Flight Vision Systems. – The USA: Washington, RTCA, 2011. – 131 p. (in English)
3. *Fedosov E. A. (2015)* Integrated module avionics / E. A. Fedosov, V. V. Kos'janchuk, N. I. Sel'vesjuk // Radio electronic technologies. M.: KRET, 2015. №1. 66–71 p. (in Russian)
4. *Kucherjavjy A. A. (2016)* Avionics: textbook. St. Petersburg: Lan', 2016. 452 p. (in Russian)

5. *Moir I.* (2013) Civil avionics systems (2<sup>nd</sup> edition) / A. Seabridge, M. Jukes. The USA: Hoboken, John Wiley & Sons, 2013. 551 p. (in English)

6. *Poljakov V. B.* (2018) Architecture of advanced complexes of onboard equipment control / V. B. Poljakov, E. S. Neretin, A. S. Ivanov, A. S. Budkov, S. A. Djachenko, S. O. Dudkin // Electronic journal «MAI works», №100, 2018. –<http://trudymai.ru/published.php?ID=93459> (accessed date: 11.10.2019). (in Russian)