

Конкурсная работа

Разработка цифрового коллиматорного авиационного индикатора с жидкокристаллическим формирователем изображения

Коллиматорные авиационные индикаторы (далее КАИ), иногда называемые также индикаторами на лобовом стекле (ИЛС), являются средством отображения дополненной реальности и оптическим прицелом, жёстко связанным со строительной осью летательного аппарата (далее ЛА). КАИ обеспечивают отображение важнейшей для пилота видеоинформации, формируемой бортовым радиоэлектронным оборудованием (далее БРЭО), причём эта видеоинформация сфокусирована в бесконечность и накладывается на вид закабинного пространства. Внешний вид изображения формируемого КАИ показан на рисунке 1.

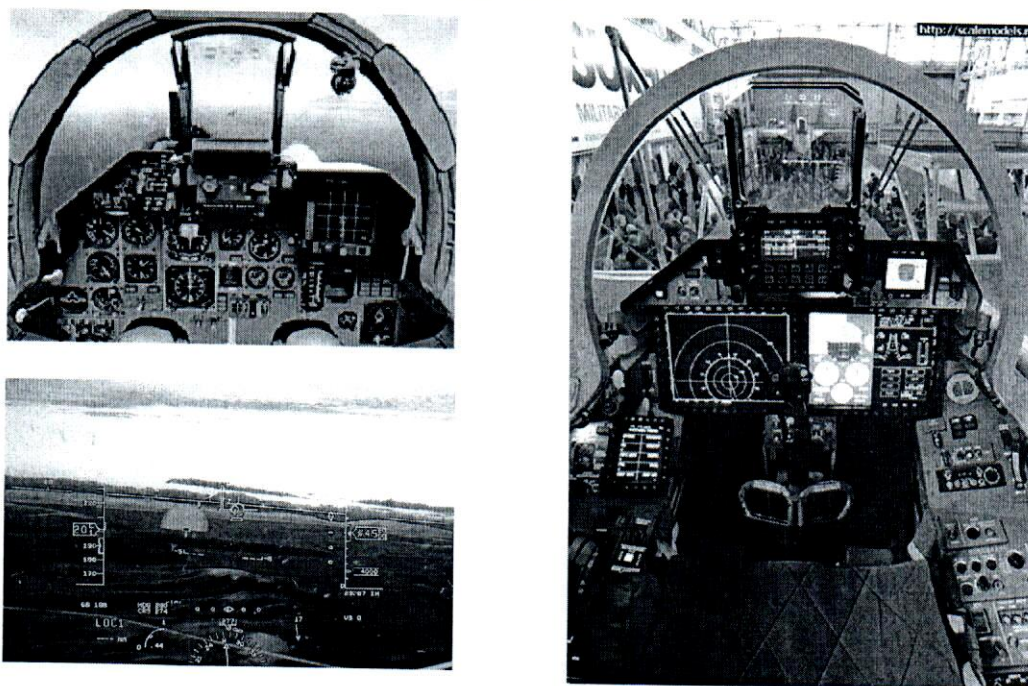


Рис. 1 Внешний вид изображений, формируемых КАИ, военного ЛА (кабина СУ-35 справа)

Такой уникальный интерфейс пилот/машина позволяет пилоту одновременно наблюдать обстановку впереди ЛА и в мнимой бесконечности изображение пилотажной информации и информации от прицельных, навигационных и инженерных систем ЛА, причём всё это на едином яркостном фоне. Поэтому, при наблюдении изображения на КАИ зрению пилота не требуется перестраиваться на новые освещённости и дистанции наблюдения, следовательно, нет потери времени на аккомодацию и

адаптацию глаз. Эта экономия времени часто является определяющей в критических ситуациях боя, при дефиците времени на принятие решения.

С 1960 года и по настоящее время в КАИ в качестве формирователя высокояркостного изображения используются проекционные электронно-лучевые трубки (ЭЛТ). ЭЛТ в аналоговом режиме формируют знакографическое и телевизионное изображение, которые оптической системой КАИ проецируются в глаза пилота. Блок-схема КАИ показана на рисунке 2.

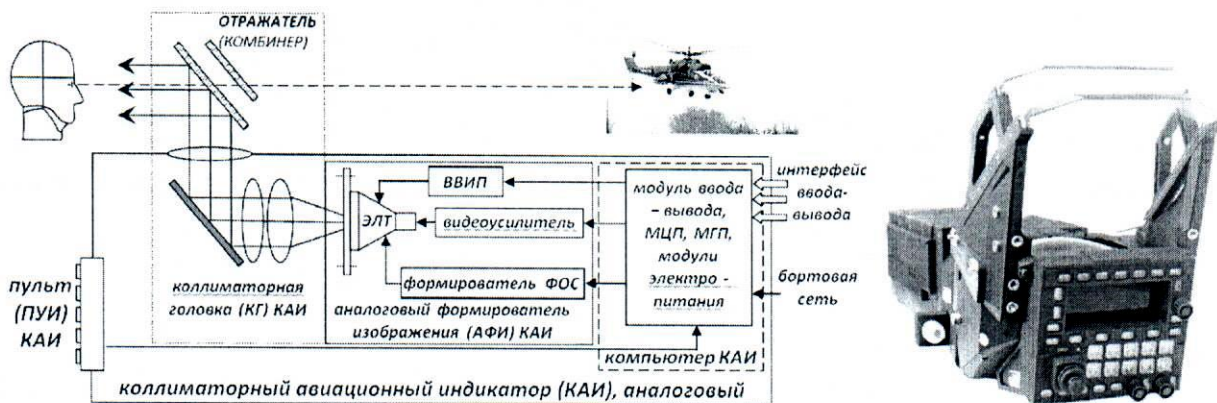


Рис. 2 Блок-схема (слева) и внешний вид КАИ производства АО «РПКБ»

Проекционные ЭЛТ, как и другие, имеют ряд существенных недостатков, это, прежде всего, высокое напряжение питания (десятки киловольт), большие габариты, малый срок службы и аналоговый интерфейс. Практически во всех системах отображения информации в настоящее время ЭЛТ заменены на плоские жидкокристаллические экраны с цифровым интерфейсом. Поэтому число возможных поставщиков ЭЛТ уменьшается, что создает проблему поддержания срока службы КАИ.

В рамках данного проекта необходимо было создать конструкцию, технологию изготовления, изготовить и испытать безвакуумный формирователь изображения (БФИ), имеющий:

- цифровой интерфейс;
- светотехнические характеристики не хуже чем у ЭЛТ марки 8ЛМ «Полёт», которые используются в качестве формирователей изображения во всех КАИ АО «РПКБ»;

- присоединительные размеры и крепёжные отверстия такие же, как у ЭЛТ 8ЛМ для обеспечения возможности замены ЭЛТ в КАИ, находящихся в эксплуатации;
- увеличенный срок службы (не менее чем в 4 раза);
- увеличенный яркостной контраст изображения;
- уменьшенные размеры вдоль оптической оси для уменьшения габаритов КАИ для Ми-28НМ.

В процессе выполнения проекта были проанализированы возможности использования различных технологий формирования высокояркостного изображения для создания цифрового БФИ, рисунок 3.

В результате анализа был выбран БФИ на базе жидкокристаллического активноматричного экрана со светодиодной задней подсветкой, этот БФИ получил название ЖКФИ-28.

Технология ЖКФИ была выбрана в силу ряда причин:

- наличие в АО «РПКБ» научно-технического, технологического и производственного задела по использованию жидкокристаллических экранов для авиационных индикаторов (практически все модернизируемые и новые фронтальные ЛА комплектуются индикаторами производства АО «РПКБ», в том числе Су-35, Т-50, МиГ-29К/КУБ, Ми-28Н, Ка-52 и др.);
- имеющийся в АО «РПКБ» опыт создания и изготовления БФИ проекционного типа на базе LCoS экранов (макет многоцветного КАИ на базе такого БФИ демонстрировался на выставках МАКС-2007 и EuroSID-2007);
- относительная простота получения на ЖКФИ изображения высокой яркости (до 100 000 Кд/м²) без потери чёткости, количества градаций;
- высокая надёжность ЖКЭ (более 80 тыс. часов срока службы) и светодиодов (до 1 млн. часов);
- отсутствие геометрических и оптических искажений формируемого в ЖКФИ-28 изображения;
- жёсткая привязка формируемого изображения к корпусу КАИ и далее к строительной оси Ми-28НМ, что очень важно при работе с пушкой и НУРСами(неуправляемый реактивный снаряд);
- сравнительно простая оптическая схема ЖКФИ-28 на базе растровых элементов.

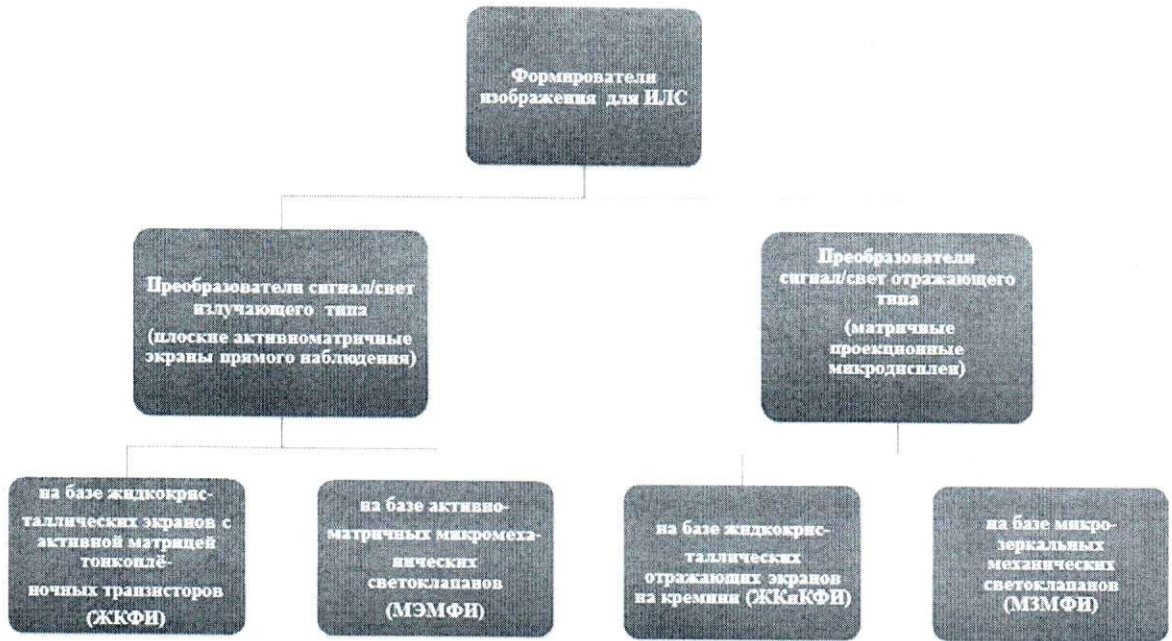
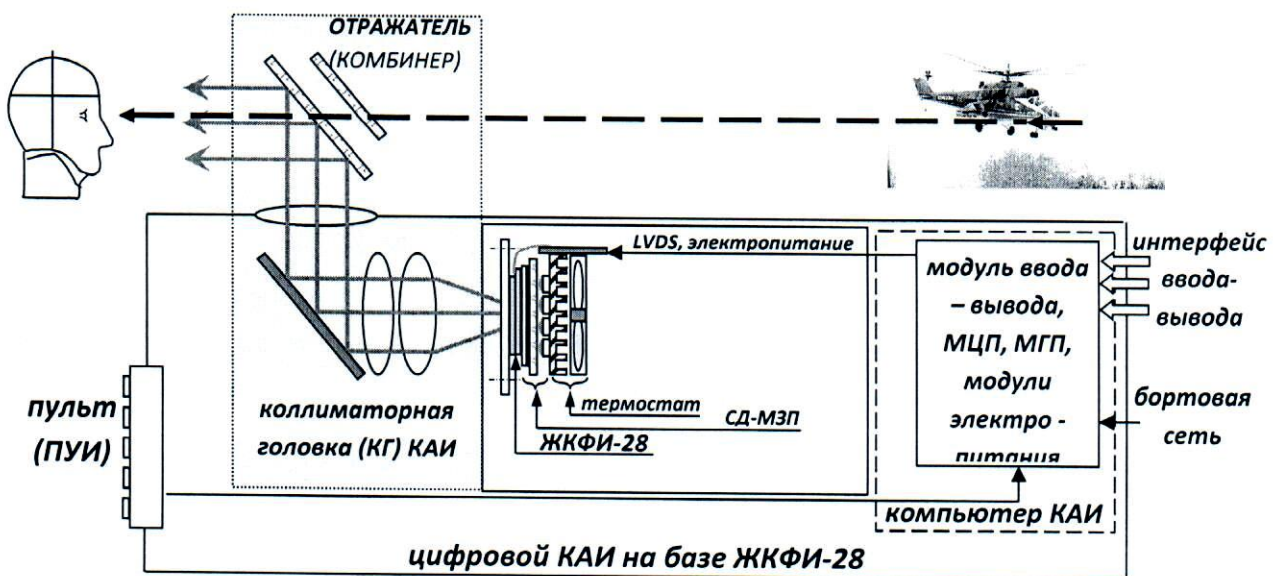


Рис. 3 Технологии формирования высокояркостного изображения и типы цифровых БФИ для КАИ, проанализированные в данном проекте

Блок-схема КАИ для Ми-28НМ на базе созданного в рамках данного проекта ЖКФИ-28 показана на рисунке 4. Модуляция яркости проходящего светового потока осуществляется с помощью монохромного ЖКЭ АМ ТПТ. Световой поток формирует МЗП, выполненный на базе матрицы высокояркостных зеленых светодиодов. Система термостабилизации обеспечивает комфортное функционирование ЖКЭ и светодиодов в диапазоне рабочих температур ЖКФИ-28 от минус 60 до плюс 70.



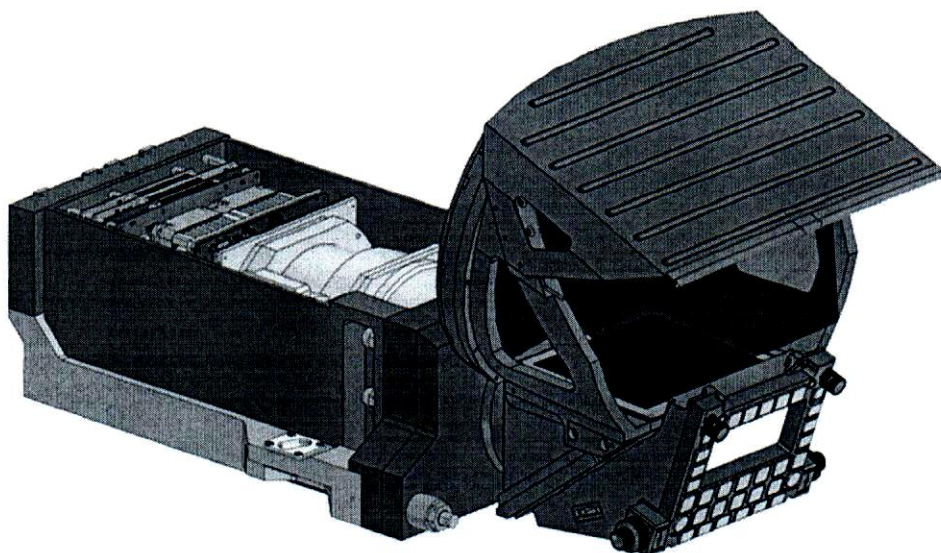


Рис. 4 Блок-схема КАИ на основе ЖКФИ-28 производства АО «РПКБ» и модель ИЛС на базе ЖКФИ-28

Созданный в рамках данного проекта ЖКФИ-28 (рисунок 5,6) состоит из нескольких основных узлов:

- модуль индикации МИ-28;
- модуль задней подсветки МЗП-28;
- дисплейный контроллер КД-28;
- система термостабилизации;
- блок коммутации.

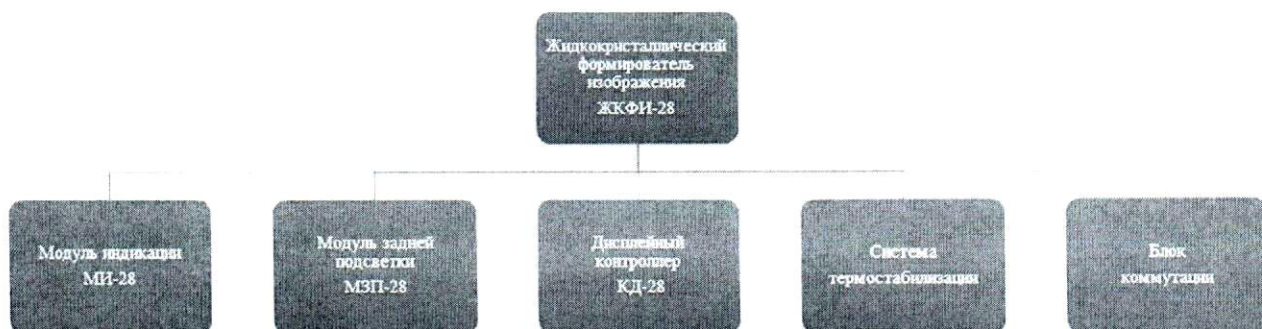


Рис. 5 Структурная схема ЖКФИ-28

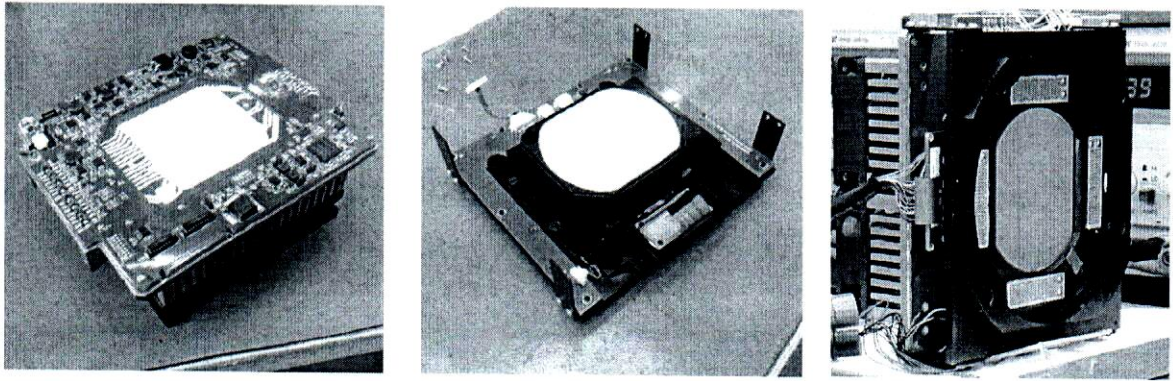


Рис. 6 Внешний вид сборочных узлов, входящих в состав ЖКФИ-28

Яркость индикатора составила 12000 Кд/м^2 , что превышает уровень яркости ИЛС на основе ЭЛТ ($6000\text{-}8000 \text{ Кд/м}^2$). Требования зарубежного стандарта к системам Head Up Display составляют 7000 Кд/м^2 . Неравномерность яркости не превышает 20% по всему полю зрения (рисунок 7). Данный максимальный уровень яркости достигнут при 60% нагрузке модуля подсвета.

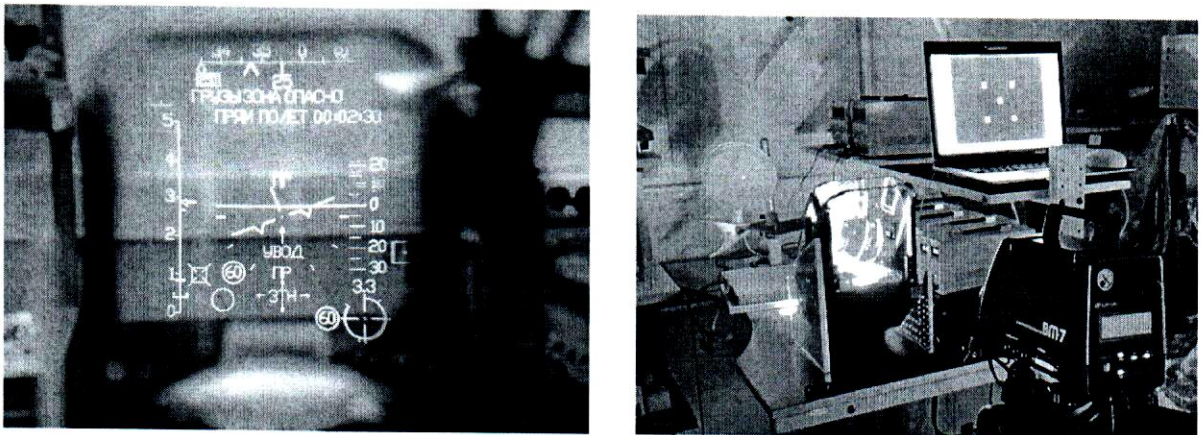


Рис. 7 Изображение, формируемое ЖКФИ-28 в составе КАИ

Результаты предварительных испытаний ИКВ-28М приведены в таблице 1.

Таблица 1

Вид испытания	Величины воздействий	Результат испытания
Оценка светотехнических характеристик		См. рис. 8
Устойчивость к воздействию повышенной температуры	+60°C	Испытания выдержал
Устойчивость к воздействию пониженной температуры	-40°C (время готовности – 20 сек)	Испытания выдержал
Устойчивость к воздействию росы и внутреннего обледенения (инея)		Испытания выдержал
Устойчивость и прочность при воздействии ШСВ	В соответствии с требованиями Ми-28	Испытания выдержал
Устойчивость к воздействию СПВ	10g (объект Ми-28)	Испытания выдержал
Устойчивость к воздействию изменения температуры среды (термоциклы)	от-40°C до +85°C	Испытания выдержал

На рисунках 8 и 9 приведены примеры ЭЛТ, для замены которых был создан ЖКФИ-28.

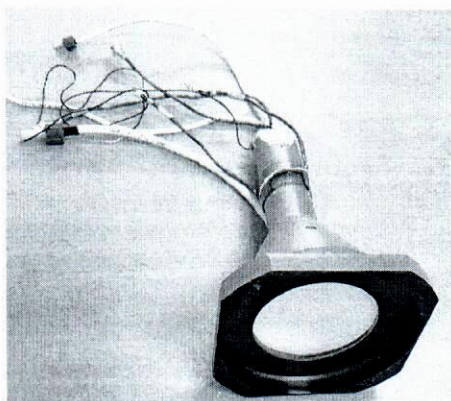


Рис. 8 Фотография 8ЛМ «Полёт-1»



Рис 9 Фотография F-16C/D CRT Assembly (X.419-J2)

Характеристики созданного в рамках данного проекта ЖКФИ-28 и ЭЛТ, для замены которых он создан, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Наименование параметра	Значение параметра		
	ЖКФИ-28	8ЛМ «Полёт-1»	F-16C/D CRT Assembly (X.419-J2)
Изготовитель	АО «РПКБ»	НИИ «Платан»	BRIMAR Ltd. (США)
Диагональ рабочего поля, мм	75	75	78
Максимальная яркость изображения, кд/м ²	≥ 50 000	≥ 50 000	≥ 39 100
Максимальная яркость телевизионного изображения, кд/м ²	≥ 50 000	≥ 15 000	≥ 10 000
Минимальная ширина линии, мкм в, центре/край	59/59	100/120	129/139
Макс. напряжение питания, В	28	15 000	18 000
Длина (глубина), мм	88	240	208
Срок службы, час	10 000	2 000	3 000

Из анализа таблицы 2 следует, что задача по созданию безвакуумного формирователя изображения для замены ЭЛТ в модернизируемых и вновь разрабатываемых КАИ выполнена успешно. Созданный цифровой, безвакуумный формирователь изображения превосходит свои электронно-лучевые аналоги по всем основным параметрам.

Проведены с положительным результатом предварительные испытания ЖКФИ-28 в составе коллиматорного вертолётного индикатора ИКВ-28М. На базе наработок, созданных в рамках выполнения настоящего проекта, принято решение начать ОКР по разработке ЖКФИ для КАИ-35 и ИКШ-1КИ.