

УДК.629.7.054.07

В.М. ВАРТАНЯН¹, В.П. ДРОБИНОВ¹, Л.Д. ЯЦКО²¹АО «Авионика», Украина²ОАО НТК «Электронприлад», Украина

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ВИЗУАЛЬНОГО ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

В работе рассмотрена классификация современных технологий и средств визуального отображения информации. Особое внимание уделено авиационным дисплеям и основным тенденциям их развития и применения.

дисплей, электронно-лучевая трубка, изображение, пиксель, газоразрядная панель, излучатели

Общий обзор развития и применения электронных дисплеев

Современные устройства отображения визуальной информации можно условно разделить на две примерно равнозначные группы: плоские панели и электронно-лучевые трубки. Плоскопанельные дисплеи (ППД) характеризуются, в первую очередь, тем, что поперечный размер устройства отображения визуальной информации намного меньше геометрических размеров синтезируемого дисплеем изображения. Из известных типов дисплеев к неплоским можно отнести только устройства на основе электронно-лучевых трубок (ЭЛТ). Но по количеству производимых в мире изделий и по многим эргономическим параметрам ЭЛТ пока превосходят остальные устройства отображения информации. Основными их недостатками являются необходимость использования высоких, до десятков киловольт, напряжений и большой поперечный размер, составляющий, в лучшем случае, около половины размера экрана по диагонали. Из-за этого для многих применений, особенно специальных - авиакосмических, военных, активно развиваются разработки различных видов плоских дисплеев.

Исходя из физического принципа формирования изображения, все типы дисплеев можно разделить на две большие группы: те, что излучают свет, и те, что модулируют его интенсивность - активные и пассивные дисплеи. Классификация электронных

устройств отображения информации по физическим эффектам приведена на рис. 1. Фоном выделены присутствующие на реальном рынке технологии.

Для каждого типа существует множество технологий его реализации, но при этом на рынке реально присутствует весьма небольшое их количество.

Первоначально все ЖКД, первые патенты на которые были получены в 1960-х гг., были пассивно управляемыми, т.е. электрические сигналы, подаваемые на строки и столбцы, изменяли деформацию и, соответственно, оптическое состояние слоя ЖК.

В 1975 г. появились первые ЖКД с активным управлением, в которых метрические сигналы изменяли заряд тонкопленочного транзистора (ТПТ), интегрированного в матричный пиксел с помощью вакуумных технологий, а заряд, в свою очередь, изменял пропускание ЖК-элемента. По названию используемого электрооптического эффекта (Super-Twist-Nematic, или супертвист) пассивно управляемые ЖКД часто называют STN-дисплеями, а активно управляемые - TFT LCD (русская аббревиатура - ТПТ ЖКД). Промышленный выпуск мониторов с активно матричными ЖКД начался в 1995 г.

Среди плоскопанельных дисплеев доля продаж наиболее высока у ЖКД (85%), однако наиболее высокие темпы прироста (до 50% в год) наблюдаются сейчас для газоразрядных панелей (ГРП), или, как их чаще называют в зарубежной литературе, плазменно-

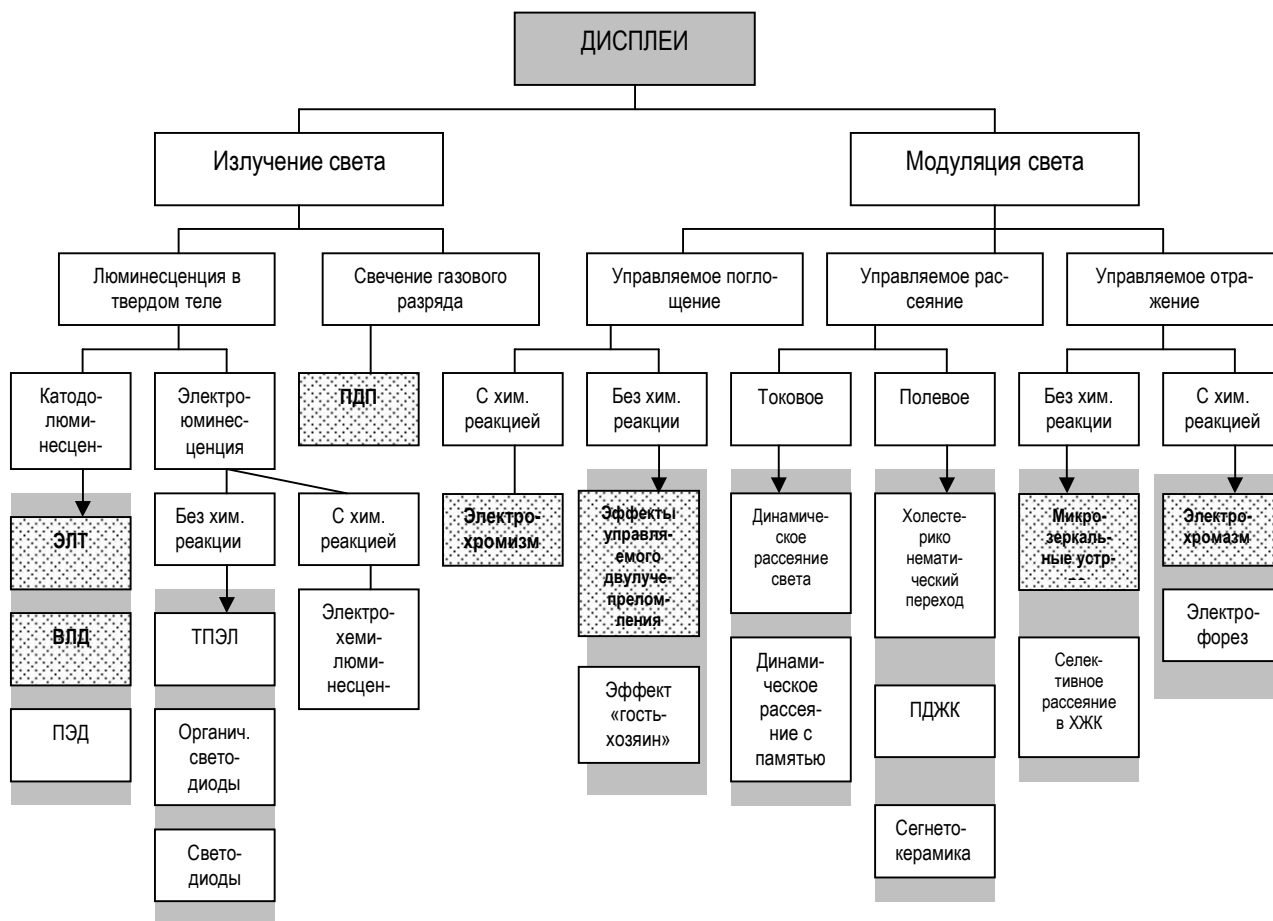


Рис. 1. Классификация электронных устройств отображения информации по физическим эффектам

дисплейных панелей (PDF -plasma display panels). Достоинствами ГРП являются высокая яркость, очень широкий угол зрения (до 160°), возможность значительного увеличения размеров дисплея (до 1,5 м и более по диагонали), высокая информационная емкость (от 1300×800 до 2048×2048 пикселей), яркость от 150 до 350 кд/м². Предельное расстояние между барьерами в излучающей ячейке (минимальное 0,2 мм, обычно 0,6 мм) и высокое энергопотребление не позволяет использовать ГРП для дисплеев малого и среднего размера (мониторов ЭВМ), но они являются идеальными экранами для домашних помещений и офисов.

Дисплеи на основе эффектов электролюминесценции занимают следующее место на рынке СОИ. В настоящее время наиболее популярными устройствами, в которых используется электролюминес-

ценция, являются тонкопленочные излучатели, светодиоды на основе неорганических люминофоров и органические светодиоды.

Рассмотрим основные тенденции и приложения этих разработок.

Преимуществом ЭЛД является наличие собственного свечения, они не требуют фоновой подсветки, могут быть чрезвычайно тонкими и легкими. Основными проблемами ЭЛД являются энергопотребление, получение градаций серого, а также полной цветовой гаммы.

Большое распространение получили графические монохромные ЭЛД. Их размеры обычно невелики, что, однако, позволяет их использовать в видеокамерах фотоаппаратов, в принтерах, наשלемых дисплеях, для получения трехмерного изображения и других спецприменений. Самый большой монохромный

ТПЭЛ-дисплей производится фирмой Planar (США). VGA-панель размером 10,4 дюйма (26,4 см) стоит \$300. Стратегическим направлением этой компании являются также электролюминесцентные панели с активно-матричной адресацией. В 1995 г. был продемонстрирован монохромный SXGA (1280×1024 пиксела) дисплей размером 3×2,5 см (диагональ 1,7 дюйма), весом 6 г и яркостью 120 кд/м световым выходом 2 лм/Вт. Энергопотребление панели составляло 2 Вт. Основной проблемой таких активно-матричных дисплеев является необходимость разработки высоковольтных (до 200 В) управляющих транзисторов. На следующий год был показан уже цветной активно-матричный ЭЛД с аналогичными параметрами.

В последнее время чрезвычайно быстро развиваются разработки органических светодиодов (OLED - organic light emission diodes). Так, с 1995 по 1997 г. световая эффективность устройств на основе производных пиразолхинолина и алюминий-гидроксхинолина с антраценовыми добавками выросла с 0,4 - 1,85 лм/Вт до 4 лм/Вт, а пиковая яркость с 4 000 - 10 000 кд/м² до 50 000 - 75 000 кд/м², а в настоящее время значения этих параметров достигли 10 - 20 лм/Вт и 200 000 кд/м². Дисплеи с органическими материалами имеют ряд достоинств: технологичность, низкое рабочее напряжение (до 4 В), малая потребляемая мощность, высокая яркость. Фирма *Pioneer* разработала панель с разрешением 256×64 элемента, яркостью 100 кд/м², контрастом 100 : 1 и потребляемой мощностью всего 0,5 Вт, которая применяется в приборных досках автомобилей и индикаторах аудио- и видеопроекторов. Японская фирма *Idemitsu Kosan Co.* создала OLED VGA панель размером 10 дюймов с яркостью, разгорающейся в течение 1 мкс до нескольких десятков тысяч кд/м². В АООТ «НИИМЭ» и «Микрон» (Зеленоград, Московская обл.) разработаны и внедрены в производство полимерные светодиодные панели с размером

рабочего поля до 100×100 мм, разрешением до 388×268, яркостью 1900 кд/м² при 5 В, токе 2,6 мА и рассеиваемой плотности мощности 0,22 Вт/см².

Из перспективных и технологически простых разработок можно также отметить свечение в пористом кремнии и электрохемилюминесценцию в органических жидкостях. Однако среди этого типа дисплеев наибольшее распространение как у нас в стране, так и в мире, получили изделия на основе светодиодов. В последние годы достигнуты большие успехи по увеличению их яркости и долговечности, расширению спектрального диапазона. Ограничением светодиодов является необходимость расставлять их на подложке на некотором расстоянии друг от друга для лучшего рассеяния тепловой энергии. Из-за этого на их основе не делаются дисплеи типа монитора, но в то же время они являются идеальным наружным средством отображения. На светодиодах делаются как сравнительно простые по конструкции изделия, например, часы, светофоры, индикаторы аудиовизуальной техники, так и сложные. Особенно впечатляют своими размерами и яркостью гигантские экраны на основе светодиодных панелей. Из последних достижений следует упомянуть табло сверхвысокого разрешения (2000×2000 элементов) размером 60 дюймов (150 см) с яркостью 330 кд/м² и схемами управления, позволяющими получать цветные изображения с градациями 24 бита. Фирма *Lumitex, Inc.*, работающая в США и Англии, сделала ряд разработок на основе долговечных светодиодов со временем жизни от 5000 до 100 000 часов.

Яркость панелей специального применения достигает до 8000 кд/м². Кроме того, английской фирмой *Picturebox, The Big Screen Co.*, имеющей представителя в России, разработан легко монтируемый модуль с экраном размером 3,6×4,8 м, который легко можно перевезти в любое место в специально оборудованном автомобиле. Экран содержит 221'184 пиксела, каждый размером 25 мм. Яркость экрана 3000 кд/м², количе-

ство передаваемых цветов 16 млн., что позволяет использовать его для массовых мероприятий в любое время дня. Для уменьшения тепловыделения корпус экрана покрашен по технологии «Стеле».

Кроме ЭЛТ, существует еще два типа дисплеев на основе эффектов катодолюминесценции. Одним из них являются дисплеи на полевой эмиссии (ПЭД, или FED - field-emission displays), в которых катод организован матричным способом с управлением по строкам и столбцам. Если аналогом ПЭД является полупроводниковый транзистор, то вакуумно-люминесцентные дисплеи (ВЛД, или VFD - vacuum fluorescent displays) устроены как ламповые триоды, у которых благодаря наличию управляющей сетки рабочее напряжение значительно меньше, чем у других катодолюминесцентных приборов. Реальное применение сейчас имеют только ВЛД в качестве индикаторов автомобилей (продукция японских компаний *Futaba* и *Noritake Itron* и индикаторов для специальной техники (самолетов, танков), где требуется повышенная ударная и вибрационная прочность, широкий интервал температур (-60...85 °С). Такие ВЛД выпускает НИИ «Волга», Саратов. В основу работы ВЛД положен эффект низковольтной (10... 100 В) или средневольтной (100...500 В) катодолюминесценции, когда некоторые люминофоры способны светиться под действием электронного пучка с энергией несколько электронвольт.

Наиболее распространены конструкции ВЛД, состоящие из катода прямого накала, одной или двух сеток и информационных элементов - анодов, покрытых низковольтным люминофором и расположенных в одной плоскости. Часто используется управление по анодным и сеточным цепям. Недостатками ВЛД являются высокое энергопотребление и малый выбор люминофоров для создания полноцветного дисплея.

Некоторое время весьма перспективным типом ППД, в котором можно избежать недостатков как ЭЛТ, так и ЖКД, считались ПЭД, представляющие

собой сверхтонкую катодную (электронно-лучевую) трубку, состоящую из двух основных частей:

- а) матрица микроскопических электронных пушек, или микротипов (microtip -микронаконечник), расположенных с высокой плотностью (катод);
- б) низко- или средневольтный катодолюминесцентный экран (анод).

Преимуществом ПЭД перед другими тонкими дисплеями является использование катодолюминесценции - одного из наиболее эффективных способов преобразования электрической энергии в световую в видимом диапазоне:

- быстрое время отклика (около 1 мкс);
- широкий угол обзора;
- возможность получения аналоговой серой шкалы и полной гаммы цветов;
- широкий диапазон рабочих температур.

Возможны два основных типа конструкции и способа управления ПЭД с переключаемым и с неперекрывающимся анодом. В первом случае рабочие напряжения до 1 кВ, во втором - от 1 до 5 кВ и выше.

За рубежом (в компаниях *LETI* - Франция, *Futaba* - Япония, и корпорации *FED*, *ST Diamond Technology*, обе США) созданы образцы ПЭД с разрешением до 480×480 элементов и яркостью до 170 кд/м², а в России изготовлены прототипы сверх яркой подсветки для ЖКД (до 5000 кд/м²) и микронаконечников ПЭД с алмазным покрытием для лучшего теплоотвода. Все же еще рано говорить о широком применении ПЭД, чему препятствует необходимость поддержания высокого вакуума (до 10⁻⁸ Торр) и использование высоких управляющих напряжений (до 2 кВ) для улучшения световой эффективности катодолюминофоров.

Следует отметить, что все рассматриваемые технологии имеют серьезные недостатки. Так налаженная инфраструктура производства ЖКД, обеспечивает им низкую стоимость, однако время жизни пока ограничено старением люминесцентной подсветки.

Главный недостаток ЖКД - температурное изменение параметров и необходимость подогрева для начала работы при низких температурах. ТПЭЛ хорошо работают в заданном диапазоне температур. Низкий объем производства и необходимость использования высоковольтных управляющих микросхем (драйверов) приводят к высокому энергопотреблению, низкой надежности и большой стоимости этого вида дисплеев. ПЭД имеют наилучшие цветовые характеристики, они хорошо работают при любых температурах, включая и низкие. Основной их недостаток - необходимость использования высоких напряжений (до 6кВ), что ухудшает их электромагнитную совместимость, приводит к использованию режима повышенной яркости при высоком уровне освещения и, соответственно, уменьшает время жизни прибора. Формирование инфраструктуры производства и рынка для ПЭД находится на самой начальной стадии. Одной из самых перспективных технологий для автомобильного применения считается органическая светодиодная (OLED). Такие дисплеи имеют как все преимущества обычных излучательных дисплеев (яркость, контраст, углы обзора, температурную зависимость параметров), так дополнительные, связанные с особенностями материалов: низкие рабочие напряжения, малую стоимость, несмотря на неразвитость этого производства. Для OLED предстоит еще решить задачи, связанные со старением, влагостойкостью, остаточным изображением.

Для всех перечисленных технологий предложены решения, позволяющие если не ликвидировать полностью названные недостатки, то значительно уменьшить их влияние на потребительские характеристики устройства.

Фирма *Three-Five Systems*, США разработала яркий ЖКД (Liquid Crystal Intense Display, LCiD), в котором одна из подложек одновременно и пропускает, и отражает свет (transflective). При низком уровне

внешнего освещения свет, излучаемый светодиодом, распространяется по световодной подложке и затем проходит через синтезируемые символы. При высоком уровне освещенности дисплей работает в отражательном режиме. Благодаря устройству подложек ЖКД с 2×10 отображаемыми символами имеет всего 4 светодиода в модуле подсветки и потребляет всего 0,256 Вт, в то время, как светодиодный дисплей с 2×7 знаками и 18 светодиодами в каждом знаке потребляет 1,108 Вт. Аналогичный ВЛД потребляет 0,40 Вт из-за большего напряжения и тока. Правда, надо признать, что в целом энергопотребление дисплея чрезвычайно мало по сравнению с общим потреблением ПК с коммуникационными функциями. R.Akins, Motorola, США показал, что за 8-часовой день приемник/передатчик потребляет 9193 Дж, контроллер 17617 Дж, дисплей 25 Дж, подсветка 19 Дж.

В фирме *West Advanced Display Technologies*, Канада разработаны твердотельные ТПЭЛ дисплеи с высокой устойчивостью к внешним параметрам. Без дополнительного подогрева ТПЭЛД начинают светиться при -40°C , мгновенно достигая рабочих оптических характеристик. Твердотельные дисплеи работают свыше 1000 часов при температуре 65°C и влажности 95%, успешно проходят 12-часовые испытательные циклы на тепловой удар при резком изменении температуры и влажности (от -40 до $+65^{\circ}\text{C}$ и от 0% до 100%). Время жизни полноцветного ТПЭЛД по уровню 0,5 от исходной яркости составляет более 20 000 часов, а монохромного - более 70 000 часов.

Candescent Technologies, США предлагает разработку тонкой электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), в которой сочетаются традиционные достоинства обычных ЭЛТ (цвет, надежность, яркость, углы обзора) и плоскочелюстных ПЭД (малый поперечный размер). Предлагаемый модуль, состоящий не из одного, как в обычной ЭЛТ, а из матрицы катодов, каждый из которых представляет собой более 5000 микроизлучателей диаметром около 150 нм, имеет толщину всего

3,5 мм. Управляющее напряжение позволяет использовать обычные для трубок люминофоры. Такая плоская ЭЛТ обеспечивает надежное отображение информации в диапазоне от -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$ при скачке температур более 20°C в минуту, имеет углы обзора до 170° , контраст $>6:1$ при дневном свете и $>100:1$ при ночном. Диапазон температур хранения от -55°C до $+100^{\circ}\text{C}$.

Исходя из вышеизложенного, производители плоскочелпанельных дисплеев предлагают широкий набор дисплеев, пригодных для использования на транспорте, в том числе и в авиации. Такие дисплеи отличаются по физическим принципам формирования изображения. В настоящее время некоторые из них, в частности ЖКД и ГРП получили широкое распространение. Другие, такие как дисплеи, использующие органические светодиоды, считаются перспективными. Однако явного лидера в настоящее время нет. Поэтому выбор типа дисплея для установки в автомобиль или самолет во многом зависит от вкусов разработчиков дисплейных систем.

Авиационные дисплеи

Дисплеи авиационного применения занимают отдельную нишу в огромном объеме информационных дисплеев.

За последние пять лет лидирующее положение занимает американская фирма «Korry», которая активно ведет разработку авиационных дисплеев и их серийное производство.

Преимущество AMLCD по сравнению с другими устройствами отображения информации раскрывает большие горизонты в аэрокосмическом направлении построения вышеуказанных средств. Однако следует отметить существенные недостатки AMLCD:

1. Низкий ресурс устройства подсветки (3000÷5000 час);
2. Отсутствие герметизации устройства индикации с использованием высокого напряжения

(180÷300В), что приводит к разрушению изоляции в условиях повышенной влажности (снижение общего ресурса AMLCD).

3. Ограничены углы обзора некоторого цветового тона.

4. Хранение при температурах ниже минус 45°C требует дополнительного подогрева (автономный гальванический источник).

5. Расход дополнительной мощности для обеспечения режима работы устройства подсветки (люминесцентная лампа с холодным катодом).

Предприятием НТК «*Электронприлад*» в 1997 году были разработаны пассивные сегментные жидкокристаллические дисплеи для самолета Ан-140 с размерами $65\times 65\times 20\text{мм}$, $85\times 85\times 20\text{мм}$, $65\times 145\times 20\text{мм}$, где отображение информации на экране дисплея выводится в виде букв, символов, цифр, знаков черного цвета на ярко-зеленом фоне, либо в виде зеленых пикселей - элементов отображения информации на черном фоне экрана.

Вышеуказанные модули индикации высвечивают информацию в жестких механико-климатических условиях, при этом не требуют специального подогрева в условиях хранения при температурах до минус 60°C .

В последнее время предприятием разработаны 3-х, 4-х цветные пассивные сегментные ЖКИ, обеспечивающие работоспособность при воздействии светового потока освещенностью 61000 лк («яркое солнце»).

Большой интерес в авиационном приборостроении возник к комбинированным индикаторам, состоящим из механического стрелочного прибора - основная функция, (*H-P*, высотомер) и вспомогательные функции - уточняющие значение высоты в метрах, футах и др., которые выполняет жидкокристаллический экран с центральным отверстием, при этом свечение информации белого цвета на черном фоне экрана. Данный дисплей в настоящее время находится в стадии разработки (предполагаемый выпуск - декабрь 2003 года) и планируется для использования в указателях ОАО «*Авиа-*

контроль» г. Харьков, являющегося головным предприятием отрасли по разработке бортового оборудования самолетов.

Предприятием разработан и серийно изготавливается информационный комплекс высотно-скоростных параметров (ИКВСП), устанавливаемый на самолеты Ан-140, Ан-74-ТК-300. В настоящее время ведется разработка ИКВСП для перспективного регионального самолета Ан-148.

ИКВСП предназначен для приема сигналов от приемников воздушного давления (ПВД) и датчиков воздушного судна (ВС), цифровой обработки полученных сигналов, выдачи информации об измеряемых/вычисляемых параметрах и сигнализации о критических параметрах полета ВС экипажу и другим потребителям воздушного судна.

Комплекс представляет собой информационно-измерительную систему, имеющую три независимых подканала по каналу высоты и по два независимых подканала: по каналу приборной скорости ($V_{пр}$) и максимально- допустимой скорости ($V_{мд}$).

Контроль выходных сигналов всех каналов, имеющих дублирование, осуществляется по парному сравнению сигналов между собой. Такое построение комплекса позволяет обеспечить непрерывный контроль работы оборудования.

ИКВСП-140 обеспечивает обеспечение норм Сокращенного минимума вертикального эшелонирования (Reduced Vertical Separation Minimum – RVSM) через 300 метров (1000 футов).

В состав ИКВСП-140 входят следующие указатели:

- Указатель угла атаки и перегрузки кодовый УАПК-1-ПБ.
- Указатель высоты кодовый УВК-1-М-ПБ.
- Указатель высоты кодовый УВК-Ф-ПБ.
- Указатель высоты кодовый УВК-М-ПБ.
- Указатель температуры кодовый УТК-1-ПБ.

- Указатель скорости и числа М кодовый УСМК-1-ПБ.

По мере совершенствования технологии ЖКИ и уменьшения себестоимости все в большей степени применяются малогабаритные встраиваемые в обычный прибор полноцветные графические ЖКИ, что позволяет создавать многофункциональные индикаторы, например, резервной группы приборов (вместо четырех приборов электромеханического типа).

Типичным представителем прибора с использованием полноцветного графического ЖКИ модуля является электронный барометрический высотомер, рис. 2, который может:

- индцировать информацию в футовой или метрической системах измерения;
- переключать режимы индикации и вводить необходимую информацию;
- воспроизводить лицевую панель любого механического или электромеханического высотомера в привычном для пилота виде.

Перспективной тенденцией в области отображения информации в бортовых приборах ЛА является комбинация стрелки с ЖКИ модулями. В этой комбинации частично используется привычный вид электромеханического прибора с ЖКИ модулями. ЖКИ модуль позволяет расширить функции прибора в части отображения информации.

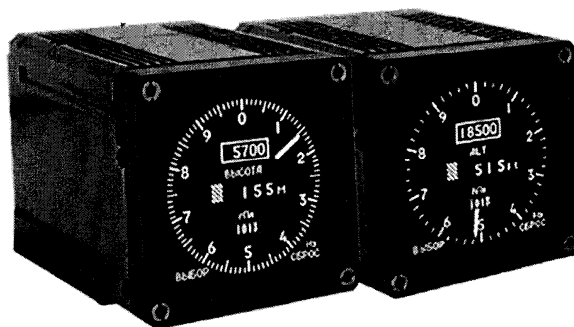


Рис. 2. Электронный барометрический высотомер

Такая комбинированная индикация позволяет существенно изменить себестоимость прибора, по сравнению с вышеупомянутыми приборами с использованием графических ЖКИ модулей. Типичными представителями таких приборов являются барометрические высотомеры фирм *Kollsman, Inc Innovative Solutions & Support* (лицевая панель приведена на рис.3).



Рис. 3. Лицевая панель барометрического высотомера

Эксплуатация авиационных приборов с ЖКИ модулями на транспортных самолетах проблематична в условиях низких температур и малой интенсивности полетов. Например, ЖКИ-индикатор системы *TCAS* снимается бортмехаником после каждого полета. Таким образом, на настоящее время для транспортной авиации более предпочтительно использовать дисплеи на ЭЛТ и плазменные дисплеи для отображения информации.

Полноцветные плазменные дисплеи, например, МФПУ-1 фирмы «Элара», г. Чебоксары, работают в условиях низких температур: минус 55°C; время готовности – 1 мин., имеют малые габариты и вес, по сравнению с дисплеями на ЭЛТ.

Вышеуказанный плазменный дисплей можно с успехом применять как многофункциональный индикатор для резервной группы приборов ЛА.

Заключение

В ближайшей перспективе, для применения в авиационных приборах, особое внимание заслуживают плоскпанельные дисплеи точечно-эмиссионного типа компании *Pix Tech, Inc*, а также дисплеи на основе органических светодиодов. Ожидается, что полноцветные дисплеи на основе органических светодиодов, интенсивную разработку которых ведут более шестидесяти ведущих компаний, по всем параметрам превзойдут дисплеи других видов, в том числе на основе ЭЛТ.

Литература

1. Information Display, 2002-2003 г.
2. Электронные компоненты № 3, 2003 г.
3. Охматенко В.П., Выборнов В.Н., Варганиян В.М., Андреев Я.В. Особенности отображения информации бортовыми авиационными приборами.

Поступила в редакцию 11.09.03

Рецензент: д.т.н., проф. Илюшко В.М., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "Харьковский авиационный институт"