

ИНДИКАТОРНЫЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ПРИБОР В КОМПЛЕКСИРОВАННОМ ИСПОЛНЕНИИ

Н. Румянцев, О. Сатановская

Бортовые индикаторы на электронно-лучевых приборах (ЭЛП) – одно из направлений развития авиационной техники. Появившиеся на самолетах в конце 50-х – начале 60-х годов, они до сих пор почти монопольно используются на приборной панели, несмотря на такие недостатки, как высокие рабочие напряжения и большая длина. Основные достоинства ЭЛП, служащих эталоном при оценке развития других видов индикаторов (вакуумно-люминесцентных, газоразрядных, электролюминесцентных, жидкокристаллических и др.), – высокие разрешающая способность, быстродействие и эффективность преобразования электрической энергии в световую, стойкость к внешним воздействующим факторам, простота адресации записываемой информации, возможность получения высокой градиционной шкалы.

ти при высокой освещенности, являются разрешающая способность, яркость, контраст. Улучшение этих параметров в ЭЛП, несмотря на имеющиеся физические ограничения, продолжается непрерывно. Работа по созданию ЭЛП с более высокими характеристиками заключается в выборе оптимальных конструктивных и технологических решений, так как параметры ЭЛП взаимосвязаны между собой.

В НИИ «Платан» создан индикаторный монохромный ЭЛП с квадратным плоским экраном с диагональю 24 см зеленого цвета свечения, с повышенными яркостью свечения и разрешающей способностью, с электростатической фокусировкой и электромагнитным отклонением пучка, со средним временем послесвечения, с двойным углом отклонения 70° , с бликозащитным контрастным фильтром, магнитным экраном, противоударным кожухом и гибкими выводами (рис. 1).

ЭЛП предназначен для отображения информации растровым ТВ-способом в кабинах летательных аппаратов при внешней освещенности до 75000 лк.

В него входят следующие функциональные элементы:

- электронно-лучевая трубка,
- электромагнитная отклоняющая система,
- контрастный бликозащитный светофильтр.

Собственно ЭЛП представляет собой стеклянный баллон с экраном, на который нанесено высокояркостное люминофорное покрытие.

Из серийно выпускаемых люминофоров для покрытия экрана был выбран люминофор на основе окислов редкоземельных металлов КЛЗ-31 (оксисульфид иттрия, активированный тербием), обладающий высокой стабильностью работы при высоких токовых нагрузках, большой светототдачей (12 кд/Вт), зеленого цвета свечения, предпочтительного для бортового авиационного применения. В горловине диаметром 22 мм закреплен электронный прожектор, состоящий из двух главных функциональных элементов: объектоформирующей системы и фокусирующей системы.

Функции дисплеев на приборной панели постоянно расширяются. В настоящее время это:

- дисплей вертикальной обстановки, взлетной полосы;
- дисплей горизонтальной обстановки, карты местности;
- тактический радарный дисплей кругового обзора;
- растровый радарный дисплей в режиме «С» (азимут-угол места) или «В» (азимут-дальность) сканирования;
- дисплей летной информации (шкалы приборов, предупреждение об опасности или преследовании);
- комбинированный дисплей (картографический электронный) и другие.

Столь большое количество функций предполагает, чтобы в индикаторах применялись ЭЛП только высокого качества. В военных самолетах используются пока, главным образом, монохромные ЭЛП, так как только они могут гарантировать выполнение всех необходимых требований по светотехническим параметрам, климатической и вибрационной устойчивости и множеству других критериев.

Основными светотехническими характеристиками бортовых дисплеев, которыми определяется необходимый уровень наблюдаемос-

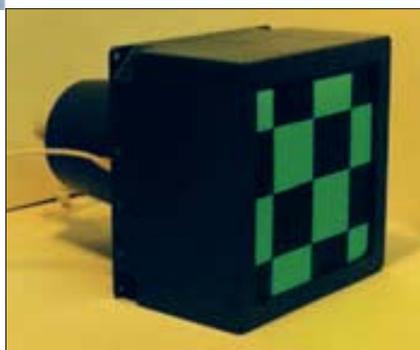


Рис. 1. Индикаторный ЭЛП 24ЛМ17И

При разработке электронно-лучевого прибора проводились предварительный аналитический расчет электронно-оптической системы (ЭОС) по известным формулам, графикам, таблицам, характеризующим ее элементы, а также компьютерное моделирование объектоформирующей и фокусирующей систем по разработанной в НИИ «Платан» программе расчета осесимметричной электростатической ЭОС с учетом начальных скоростей электронов.

Исходя из условий необходимости выполнения очень высоких требований по яркости свечения экрана и разрешению за основу была принята схема построения ЭОС с тетродным иммерсионным объективом, электростатической главной линзой и магнитным отклонением пучка. В качестве главной линзы выбрана бипотенциальная.

Проведенный по программе расчета анализ объектоформирующей системы позволил выбрать ее геометрию, обеспечившую следующие высокие параметры пучка на выходе:

- диаметр отверстий в модуляторе, ускоряющем и фокусирующем электродах 0,4 мм
- расстояние катод–модулятор 0,08 мм
- толщина модулятора 0,1 мм
- расстояние модулятор–ускоряющий электрод 0,4 мм

Результаты машинного расчета (рис. 2) совпали с результатами аналитического расчета и результатами эксперимента.

Для получения заданной разрешающей способности и удовлетворительной электрической прочности бипотенциальная линза выполнена протяженной. Для изготовления линз такой конструкции обычно в зазор вводят один – два электрода.

Применение СЭ позволяет увеличить зазор, что снижает сферическую aberrацию линзы и повышает ее электрическую прочность. В результате фактически реализуется секционированный высоковольтный промежуток, увеличивающий пробойное напряжение. СЭ выполнен в виде цилиндра, внутренний диаметр которого больше наружных диаметров трубчатых электродов, образующих бипотенциальную линзу. Его осевая протяженность больше зазора линзы (рис. 3).

Проведенные испытания показали существенное преимущество по электрической прочности разработанной ЭОС по сравнению с ЭОС для серийного бортового ЭЛП 25ЛМ4Ц, имеющего такую же узкую горловину. У двух разработанных ЭОС соответственно напряжение пробоя и напряжения, при которых наблюдалось свечение стекла горловины и холодная эмиссия, были равны 50,50 и 25,27 кВ, в то время как у двух ЭОС для ЭЛП 25ЛМ4Ц – соответственно 35,40 и 15,19 кВ.

Электромагнитная отклоняющая система типа “седло-седло”, использованная при разработке ЭЛП, соответствовала ТУ 791-11-23496759-95

Повышение разрешающей способности достигнуто совершенствованием электронно-оптической системы, конструкция которой обеспечивает высокое разрешение, надежную работу при 20 кВ анодного напряжения и увеличение яркости. Особенностью конструкции ЭОС является также то, что, размещенная в узкой горловине, она работает без электрических пробоев.

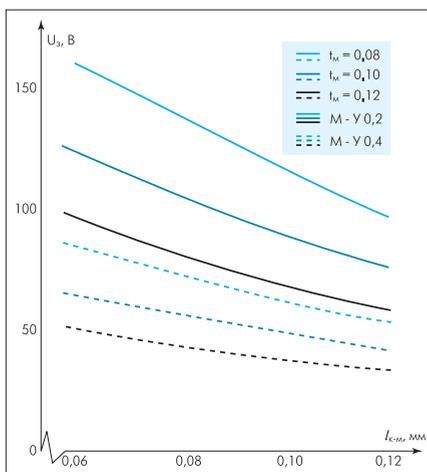


Рис. 2. Изменение запирающего напряжения (U_z) от расстояния катод-модулятор ($l_{к-м}$) для разных расстояний модулятор-ускоряющий электрод ($m-y$) и толщины модулятора (t_m)

Высокая освещенность ЭЛП – до 75000 лк, в условиях которой используются бортовые индикаторы, резко ослабляет различимость знаков и символов. Поэтому задача повышения контраста ЭЛП – одна из актуальных. Разработанные ранее ЭЛП 16ЛМ7И-2, 23ЛМ25И, 31ЛМ16И и другие приборы, предназначенные для работы при высоких уровнях внешней освещенности, имеют контраст не более 3, что недостаточно для надежного обнаружения и распознавания сигналов и получения качественной информации.

Увеличение контраста до 5 достигнуто благодаря усовершенствованной конструкции приэкранного селективного высокоэффективного светофильтра (ПАЗСС)ТУ-4032-03-23496759-95, спектрально согласованного с люминофорной композицией, в котором оптимально подобрана оптическая прозрачность, позволяющая сохранить достаточно высокую яркость при допустимом токе пучка и максимально уменьшить влияние фоновой засветки.

Определяющим фактором в создании светофильтра явилась оптимизация технологии получения антибликовых и защитных покрытий на основании работы Е.У.Корницкого и Ю.Н.Попова “Интерференционный антибликовый защитный фильтр для мониторов персональных компьютеров” (“Прикладная эргономика”, 1992, №21).

Светофильтр приклеивается к экрану с помощью фторкремнисто-каучука с коэффициентом преломления, близким к коэффициенту преломления стекла экрана. Коэффициент пропускания светофильтра – 0,17, а коэффициент диффузного отражения – 0,007. У ЭЛП, снабженного светофильтром ПАЗСС, обеспечивается высокий для приборов данного класса контраст изображения (5:1) при внешней освещенности 75000 лк. Светофильтр обеспечивает ос-

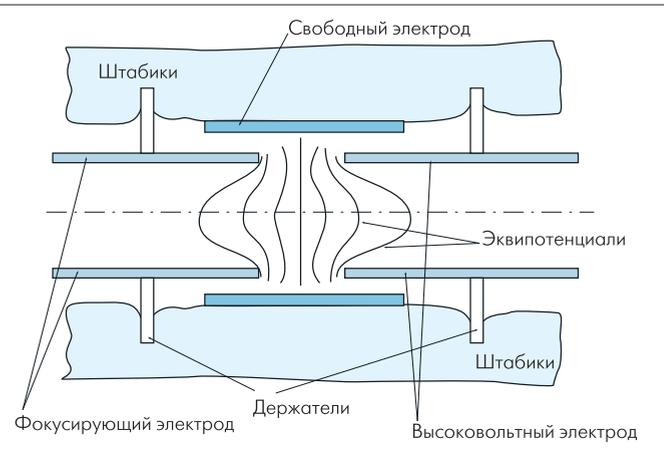


Рис. 3. Бипотенциальная протяженная главная линза

лабление напряженности электростатического поля не менее 99 %. Средний коэффициент ослабления электрической составляющей электромагнитного поля в диапазоне частот: от 5 Гц до 2 кГц – не менее 0,98; от 2 кГц до 400 кГц – не менее 0,94.

ЭЛП с приклеенными фильтром и отклоняющей системой помещается в противоударный кожух из алюминия. К кожуху крепится магнитный экран конической формы, предназначенный для защиты ЭЛП от воздействия внешних паразитных постоянных и переменных магнитных полей. Данный ЭЛП обеспечивает яркость свечения экрана 850 кд/м² с неравномерностью не более 15%, шириной линии 0,18 мм и максимальным током пучка 600 мкА. Он может работать при синусоидальных вибрациях в диапазоне 1-2000 Гц с ускорением 5 g, многократных ударах с ускорением 15 g в диапазоне температур от 85 до -60 °С при повышенной влажности и пониженном атмосферном давлении (5 мм рт.ст.).