

## Введение

При создании перспективных самолетов большое внимание уделяется обеспечению их высоких многоцелевых возможностей. Необходимым условием для этого является оснащение самолетов современным высокоточным вооружением и многофункциональным оптико- и радио-электронным оборудованием, обеспечивающим поражение воздушных, наземных и надводных целей. Авиационная техника и вооружение требуют их постоянного совершенствования путем оснащения их современными оптико-электронными приборами и приборными комплексами. Для реализации многих важнейших функций боевой авиации, число которых непрерывно возрастает, необходимо внедрение новых физических открытий и ключевых наукоемких технологий, а также применение различные информационные технологии. Без использования данных технологий управление сложнейшими системами ударных самолетов и выполнение критичных по времени боевых задач было бы невозможно, т.к. органы чувств пилота посылали бы в мозг огромное количество информации и он «утонул» бы в их потоке, если бы не воспринимал бы нужную информацию. Как сказал основатель кибернетики Норберт Винер: «Жить по настоящему - это жить, получая адекватную информацию». Наиболее перспективным решением проблемы распределения выполняемых функций между пилотом и бортовыми системами современных авиационных комплексов является создание принципиально новых модульных интегрированных наשלемных систем отображения информации и целеуказания (НСЦИ), реализуемых на новых физических принципах и наукоемких технологиях.

До настоящего времени для обеспечения возможности экипажу осуществлять боевые действия, отображая основные прицельные данные и пилотажно-навигационную информацию с помощью коллиматорного индикатора на лобовом стекле (ИЛС). Для обеспечения тактико-технических требований, предъявляемых к перспективному авиационному комплексу, и обеспечению поражения указанных видов целей не достаточно использовать только данные устройства, так как для выполнения боевых задач необходимо в поле зрения пилотов с помощью специальных оптико-электронных систем вводить прицельную и пилотажно-навигационную информацию, а также сведения о состоянии основных агрегатов самолета, значительно снижая нагрузку на пилотов в условиях современного боевого применения данных самолетов. При рассмотрении данной проблемы учитывалось применение современных систем вооружения боевых самолетов, в том числе высокоточного вооружения с телевизионным наведением.

Необеспеченность российских перспективных авиационных комплексов эффективными оптико-электронными системами, алгоритмами и специализированными процессорами автоматизированного целеуказания в реальном времени, по информации, получаемой по результату сопровождения цели пилотом и от бортового оборудования, потребовала проведения комплекса работ по созданию аппаратуры НСЦИ и программного обеспечения, обеспечивающих высокую

эффективность применения системы в условиях современного боевого применения авиационной техники и повышенную информативность в различных условиях фоноцелевой обстановки при решении задач в составе разрабатываемых образцов самолетов. Проводимые перспективные разработки нашлаемных систем завершились разработкой совершенных интегрированных авиационных НСЦИ, которые существенно повышают эффективность применения авиационной техники. Создание современных НСЦИ стало возможным благодаря внедрению современных:

- технологий изготовления высокоярких высокоразрешающих телевизионных микродисплеев;
- технологий расчета и изготовления нецентрированных высокоразрешающих оптических систем для отображения информации на сферических экранах;
- быстродействующих процессоров для обработки и отображения большого объема информации в реальном времени;
- технологий изготовления микрогироскопов и микроакселерометров для создания на их основе миниатюрных систем позиционирования;
- и других принципиально новых технических решений.

Добавление в существующие прицельно-навигационные комплексы нашлаемной системы целеуказания и ввод в поле зрения пилотов прицельных сеток и прицельных марок, формируемых специальным оптическим дисплеем, существенно увеличивает боевые возможности комплекса за счет размещения на шлеме пилотов легкой и достаточно дешевой системы НСЦИ.

В представленном дипломном проекте приведены основные достоинства бинокулярной НСЦИ. Конструкторские проработки предусматривали такой подход к проектированию системы, чтобы обеспечить тактико-тактические требования, изложенные в техническом задании на дипломный проект, при минимально возможной стоимости.

По своему принципу построения разработанная в дипломном проекте система является модульной, базирующейся на ядре системы и состоящей из:

- бинокулярного нашлаемного блока индикации (НБИ), закрепленного на пилотажном защитном шлеме;
- гибридной системы позиционирования, в состав которой входят: микромеханическая бесплатформенная инерциальная система позиционирования на основе микрогироскопов и микроакселерометров, закрепленная на защитном шлеме, и оптико-электронная система позиционирования, локационные блоки которой расположены, как правило, на корпусе ИЛС, а блок светодиодов - на защитном шлеме;
- блока формирования изображений (БФИ), установленного в кабине самолета.

Конструктивные принципы, положенные в основу проектирования ядра системы, должны позволять создавать ядро системы, к которому через соответствующие интерфейсы можно подключать различные информационные каналы, т.е. блок формирования изображений (БФИ), устройство преобразования и связи (БУС), бортовой вычислитель и др.

Разрабатываемые НСЦИ должны удовлетворять эргономическим требованиям, должны индивидуально подгоняться для каждого летчика. При этом особенно важно

при подгонке, чтобы центр тяжести шлема точно совпадал с центром тяжести головы летчика. Летчику необходимо произвести ее «пристрелку» в течение нескольких секунд, для совмещения линии визирования со строительной осью самолета, с тем, чтобы в дальнейшем вычислять углы поворота и линейные перемещения головы. Угловые и линейные координаты положения головы летчика определяются с помощью расположенной в кабине гибридной системы позиционирования и вводятся в бортовой вычислитель.

Таким образом, НСЦИ - это сложный оптико-электронный комплекс, состоящий из системы индикации и позиционирования и размещением на защитном пилотажном шлеме. Первоначально пилотажный защитный шлем разрабатывался для защиты при попадании в аварию или при катапультировании. Затем шлемы стали использоваться для закрепления на них столь необходимых устройств для жизнеобеспечения пилотов и пилотирования самолетов: системы для защиты глаз от лазерного излучения, различные наблюдательные устройства, системы связи, кислородные маски, системы активного понижения шумов и др. Но с другой стороны эти устройства приводили к усталости пилотов и уменьшению их эффективности. Во многих случаях, располагая на шлеме различные устройства, думали только о достижении поставленных целей, игнорируя условия эксплуатации или эргономические требования, предъявляемые к защитным шлемам. Поэтому для создания высокоэффективной НСЦИ необходимо в комплексе решать задачи разработки пилотажного шлема и интеграции в его составе нашлемных блоков индикации и целеуказания.

Дипломный проект будет посвящён концептуальному созданию современной НСЦИ, а также разработке конструкции бинокулярного нашлемного блока индикации, который входит в состав НСЦИ и служит для отображения пилотажно-навигационной информации и целеуказания.

В дипломном проекте на тему «Нашлемный блок индикации в составе нашлемной системы целеуказания и индикации» содержатся следующие части: конструкторская, исследовательская (оптическая), технологическая, организационно-экономическая, промышленная экология и безопасность.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ, ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И СОСТАВ НСЦИ

### Глава 1. Технические параметры, характеристики, описание конструкции и состав НСЦИ

#### 1.1 Анализ разработок и оценка основных направлений развития в области построения НСЦИ различного назначения

Положительный эффект от применения НСЦИ послужил мощным стимулом к созданию различных образцов нашлемных систем для использования в составе комплекса бортового оборудования (КБО) летательных аппаратов. Фирмы-разработчики нашлемных систем и устройств, к которым относятся и очки ночного видения (ОНВ), строго разделяют свои изделия в зависимости от видов летательных аппаратов. Проведенный анализ разработок ведущих фирм производителей НСЦИ, таких как Kaiser Electronics, BAE Systems, Elbit Systems, Honeywell, Thales, показывает,

что существующие нашлемные комплексы целенаправленно проектируются для использования в составе оборудования и кабины или вертолетов, или самолетов. Несмотря на то, что разрабатываемая нашлемная система применяется в составе КБО самолета, для получения более широкого представления о подобных комплексах в данном разделе дополнительно рассмотрены вертолетные реализации НСЦИ. В качестве одной из наиболее удачных разработок фирмы Kaiser Electronics необходимо отметить бинокулярную нашлемную интегрированную систему индикации и прицеливания, разработанную для вертолета RAH-66 Comanche, Helmet Integrated Display Sight System (HIDSS) (см. рис. 3.1.1). Нашлемный комплекс позволяет выводить в поле зрения пилота прицельную и полетную информацию, а также видеоинформацию от тепловизионной системы 2-го поколения (GEN II FLIR) или нашлемной низкоуровневой телевизионной камеры (Image Intensified CCD). В качестве источника информации применяется активная матричная жидкокристаллическая (ЖК) панель (AMLCD), позволяющая отображать символьно-графическую и видео информацию в угловом поле  $2\text{Вер.}2\text{Гор.} = 3052$ . Оптическая система НСЦИ обеспечивает нахождение зрачка глаза летчика в пределах зоны выходного зрачка нашлемного блока индикации (НБИ) диаметром 15 мм, сформированной на удалении 25 мм, отсчитываемом от ближайшей к глазу поверхности.

Для определения угловых координат линии визирования применяется оптико-инерциальная система позиционирования, обеспечивающая:

- диапазон изменения азимутального угла: от минус 160 до 160;
- диапазон изменения угла места: от минус 90 до 90;
- диапазон изменения угла крена: от минус 180 до 180.

Частота обновления, измеряемых значений координат линии визирования, составляет 60 Гц, при погрешности 4.9 мрад (16.8 угл. мин.).

Масса нашлемной части НСЦИ HIDSS 1.8 кг, суммарная масса блоков, располагаемых в отсеках летательного аппарата 12.3 кг.

В качестве неоспоримого достоинства НСЦИ HIDSS необходимо отметить высокое угловое разрешение 150/, обеспечиваемое матричной ЖК панелью с числом активных элементов по вертикали и горизонтали соответственно 9601716. Однако небольшое удаление выходного зрачка оптической системы и конструктивные ограничения не позволяют рассматриваемой системе обеспечить широкое периферическое угловое поле зрения.

Рис. 1.1. Нашлемная интегрированная система индикации и прицеливания HIDSS, Keiser Electronics.

Для боевого вертолета AH-64 Apache фирмой Honeywell была разработана монокулярная интегрированная нашлемная система Integrated Helmet and Display Sighting System (IHADSS) (см. рис. 1.2), позволяющая выводить символьно-графическую информацию в угловом поле  $2\text{Вер.}2\text{Гор.} = 3040$ . Для совмещения символов и знаков, сформированных на экране электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), с наблюдаемым окружающим пространством используется плоское интерференционное зеркало, частично затеняющее периферическую часть поля

зрения правого глаза. Оптическая система НБИ обеспечивает нахождение зрачка глаза летчика в пределах зоны выходного зрачка диаметром 10 мм, сформированной на удалении 10 мм от края плоского зеркала.

Масса нашлемной части НСЦИ IHADSS составляет 1.8 кг.

Рис. 1.2. Монокулярная нашлемная интегрированная система индикации и прицеливания IHADSS, Honeywell

Одной из наиболее малогабаритных реализаций нашлемных систем является НСЦИ фирмы Kaiser Electronics, получившая название Lite Eye™ (см. рис. 1.3). Система обеспечивает возможность выполнения боевых задач в ночное и дневное время суток. В случае дневного применения монокулярный НБИ, состоящий из активной электролюминесцентной матрицы (AMEL) с числом элементов по вертикали и горизонтали соответственно 640480, оптической системы, обеспечивающей угловое поле зрения  $2\text{Вер.}2\text{Гор.} = 1520$ , и спектрального делителя, укомплектовывается специальным адаптором, закрепляющим его на защитном шлеме. В этом случае, масса нашлемной части составляет 242 г., оптическая система имеет выходной зрачок 15 мм при удалении 22 мм. Для ночного применения нашлемная система Lite Eye™ устанавливается на входном объективе очков ночного видения (ОНВ). Информационное излучение в ОНВ вводится при помощи миниатюрного зеркала, расположенного на оптической оси входного объектива. Наблюдаемая через окуляры ОНВ картина состоит из усиленного изображения окружающего пространства, на которое наложены символы и знаки, формируемые НБИ.

Для определения угловых координат линии визирования в НСЦИ Lite Eye™ применяется магнитная система позиционирования, имеющая характеристики:

- диапазон изменения азимутального угла: от минус 180 до 180;
- диапазон изменения угла места: от минус 90 до 90;
- диапазон изменения угла крена: от минус 180 до 180.

Частота обновления, измеряемых значений координат линии визирования, составляет 60 Гц, при погрешности 4...8 мрад (13.8...27.5 угл. мин.).

Разработчиками НСЦИ типа «Lite Eye™» заявляется о возможности применения системы на любых видах летательных аппаратов, с обеспечением хороших эксплуатационных свойств, ремонтпригодности и надежности при низкой стоимости.

Рис. 1.3. Монокулярная нашлемная интегрированная система целеуказания и индикации Lite Eye™ (вариант ночного применения), Keiser Electronics

Нашлемные комплексы, разрабатываемые израильской фирмой «Elbit System», Ltd., представлены в двух вариантах исполнения, отличающихся объектами применения. Для вертолетов разработана модульная интегрированная система целеуказания и ночного видения типа «MiDASH» (Modular Integrated Display and Sight Helmet) (см. рис. 1.4). Нашлемная система состоит из оптических модулей левого и правого глаза, закрепляемых на защитном шлеме пилота. В модуле правого глаза предусмотрен ввод символьной, полетной и прицельной информации в угловом поле  $2 = 30$ , при угловом поле зрения бинокулярного ночного канала:  $2\text{Вер.}2\text{Гор.} = 4050$ . Вследствие

ограниченности периферического поля зрения элементами конструкции НБИ, его размеры составляют:  $2\text{Вер.}2\text{Гор.} = 70120$ .

Электромагнитная система позиционирования обеспечивает измерение углов линии визирования с погрешность менее 6 мрад (20.6 угл. мин.) в диапазонах:

- от минус 120 до 120 (по азимутальному углу);
- от минус 35 до 35 (по углу места);
- от минус 30 до 30 (по крену).

Масса интегрированного шлема распределена следующим образом:

- масса защитного шлема, включающая элементы крепления НБИ, механизм фиксации защитного стекла и защитное стекло: 1.1 кг;
- масса правого и левого оптических модулей НБИ: 1.1 кг;
- общая масса интегрированного шлема: 2.2 кг.

Рис. 1.4. Модульная интегрированная система целеуказания и ночного видения MiDASH, Elbit Systems Ltd.

Для пилотов самолетов на основе ЭЛТ разработана монокулярная нашлемная система Display and Sight Helmet System (DASH), обеспечивающая восприятие символьно-графической и полетной информации в угловом поле зрения  $2 = 22$  (см. рис. 1.5). Вид информационного кадра НСЦИ типа Dash, Elbit Systems приведен на рис. 1.6.

Шлем, изготавливаемый индивидуально для каждого пилота, обеспечивает коллимацию изображения в направлении правого глаза пилота посредством отражения от опускаемого защитного стекла. Персональное изготовление и принадлежность шлема, в сочетании с большой зоной расположения зрачка глаза, обеспечивают комфортное наблюдение и восприятие представляемой информации при выполнении любых тактических задач.

Рис. 1.5. Монокулярная нашлемная система целеуказания и индикации DASH, Elbit Systems Ltd.

Рис. 1.6. Вид информационного кадра НСЦИ типа Dash, Elbit Systems

Анализ нашлемных систем, европейских фирм-производителей, начнем с описания интегрированных комплексов компании «BAE Systems» (США и Англия). Для пилотов вертолетов, на основе двухкомпонентного шлема разработана НСЦИ типа «Rotary Wing HMD», имеющая массу шлема и размещаемых на нем устройств не более 2.2 кг. НБИ комплекса содержит проекционную часть, помещенную во внутреннюю часть шлема, и съемные телевизионные камеры производства компании Ball Aerospace (см. рис. 1.7). Угловое поле бинокулярного зрения НБИ типа «Rotary Wing HMD» составляет:  $2 = 40$ , при диаметре зоны расположения выходного зрачка глаза 15 мм. Система позиционирования обеспечивает измерение углов линии визирования в диапазонах:

- от минус 180 до 180 (по азимутальному углу);
- от минус 90 до 90 (по углу места);
- от минус 180 до 180 (по крену).

Рис. 1.7. Бинокулярная нашлемная система целеуказания и индикации Rotary Wing HMD, BAE Systems.

Для самолета Eurofighter «Typhoon» фирмой «BAE Systems» предлагается комплекс типа «Integrated Display Helmet», обеспечивающий круглосуточное применение в неблагоприятных погодных условиях при минимальных высотах полета. Аналогично рассмотренной нашлемной системе для вертолетов, интегрированный шлем состоит из двух компонентов и обеспечивает закрепление низкоуровневых телевизионных камер на основе электронно-оптических преобразователей (ЭОП) III поколения (см. рис. 1.8). Масса нашлемной части в дневных условиях применения составляет 1.9 кг, в ночных условиях, за счет подключения двух низкоуровневых телевизионных камер, масса увеличивается до 2.3 кг. НБИ на основе ЭЛТ обеспечивает бинокулярное зрение в угловом поле  $2 = 40$ , содержит два защитных стекла, одно из которых предохраняет пилота от воздушного потока, другое защищает от лазерного излучения.

Дополнительная безопасность обеспечивается системой положительного давления. Для определения координат линии визирования применяется оптическая система позиционирования, имеющая высокую точность и малую инерционность.

Рис. 1.8. Бинокулярная нашлемная система целеуказания и индикации круглосуточного применения Fixed Wing HMD, BAE Systems.

Завершая обзорную часть, необходимо отметить ряд разработок французского концерна «Thales», имеющего большой опыт в проектировании нашлемных систем различного назначения. Так для вертолетов AH-1Z и UH-1Y отобран бинокулярный нашлемный индикатор Torowl, обеспечивающий традиционное для ночных пилотажных устройств угловое поле зрения, равное  $2 = 40$ . Особенности бинокулярной схемы нашлемного индикатора Torowl (см. рис. 1.9) является применение элемента совмещения, объединяющего символично-графическое изображение с изображением внекабинного пространства. Наличие большой зоны расположения выходного зрачка глаза (прямоугольная зона с размерами по горизонтали и вертикали, соответственно (1510) мм<sup>2</sup>) обеспечивает комфортное наблюдение изображения как в дневных, так и в ночных условиях эксплуатации нашлемного индикатора.

Рис. 1.9. Бинокулярная, круглосуточная нашлемная система целеуказания и индикации Torowl, Thales.

В целях определения координат линии визирования, обеспечения восприятия символично-графической, прицельной и полетной информации на фоне внекабинного пространства для пилотов самолетов фирмой Thales разработана НСЦИ TopSight (см. рис. 3.1.10). Источником информации, предъявляемой пилоту, в НСЦИ TopSight является малогабаритная ЭЛТ формата (1/2)//, обеспечивающая, в сочетании с дополнительным, нейтральным фильтром, уверенное восприятие символов и знаков на фоне внекабинного пространства любой яркости. Проекционная система в сочетании с силовым отражательным элементом совмещения, выполненным на защитном стекле шлема, обеспечивает восприятие информации в круговом угловом поле зрения  $2 = 20$ . Для определения угловых координат линии визирования используется электромагнитная система позиционирования.

Конструктивно, шлем и нашлемная часть разделены на два независимых модуля, имеющих суммарную массу не более 1.5 кг. При этом масса шлема составляет 0.7 кг, а

масса НБИ, включающая массу основного и дополнительного защитных стекол не превышает 0.8 кг.

Рис. 1.10. Монокулярная нашлемная система целеуказания и индикации TopSight, Thales.

Для самолета пятого поколения F-35 американской фирмой Eurofighter «VSI» разрабатывается бинокулярная НСЦИ, внешний вид которой представлен на рис 1.11.

Рис. 1.11. Бинокулярная НСЦИ самолета F-35, VSI, США

В данном разделе рассмотрены различные варианты исполнения НСЦИ, применяемые на различных типах вертолетов и самолетов. Представленный материал позволяет корректно проанализировать и оценить основные направления развития в области построения НСЦИ для самолетов, а также использовать приведенный материал при разработке бинокулярной НСЦИ в рамках дипломного проекта.

1.2 Результаты сравнительной оценки моно-и бинокулярного способов предъявления информации на экране НСЦИ

Для обоснования выбора способа предъявления летчику информации в НСЦИ использовались результаты исследований, проведенных специалистами ГНИИИ ВМ МО, в которых приведена оценка эффективности зрительного восприятия инструментальной информации при использовании монокулярного и бинокулярного способов предъявления визуальной информации на экране НСЦИ, а также в отчете по результатам исследований приведена сравнительная оценка качества пилотирования при использовании моно - и бинокулярных способов предъявления пилотажной информации на экране НСЦИ и определены зоны оптимального размещения элементов конструкции НСЦИ на защитном шлеме летчика.

Для оценки эффективности зрительного восприятия инструментальной информации при использовании монокулярного и бинокулярного способов предъявления визуальной информации испытуемый (летчик), находясь в кабине ЛА, надевал защитный шлем с нашлемной системой, подгонял его регулировки таким образом, чтобы выходные зрачки оптических каналов совпадали со зрачками глаз. Затем в поле зрения испытуемого предъявлялось кольцо с разрывом, который ориентирован в одном из четырех направлений - вверх, вниз, вправо или влево. Задача испытуемого состояла в максимально быстром и точном определении направления разрыва в кольце. Предъявление кольца запускалось самим испытуемым с помощью нажатия на клавишу «пробел», после определения направления разрыва в кольце испытуемый прекращал предъявление нажатием на клавишу "Изменение и называл направление разрыва". Ответ испытуемого регистрировался в протоколе эксперимента. Предъявления осуществлялись в монокулярном или бинокулярном варианте работы НСЦИ. В экспериментах моделировались следующие условия зрительной деятельности оператора:

- кольцо предъявляется на НСЦИ - внешняя визуализация выключена (белый экран);
- кольцо предъявляется на НСЦИ - на экране визуализации предъявляется



изображение с периодической текстурой;

- кольцо предъвляется на НСЦИ - на экране визуализации предъвляется изображение реальной местности;

- кольцо на фоне реальной местности предъвляется на НСЦИ - на экране визуализации предъвляется изображение реальной местности.

Эффективность зрительного восприятия оценивалась по следующим показателям:

- времени восприятия - длительность периода от нажатия на клавишу «пробел» до нажатия на клавишу "Изменение" (сек.);

- количеству ошибок, допущенных при определении направления разрыва в кольце.

В экспериментах первого этапа приняли участие 4 оператора ГНИИИ ВМ МО, прошедшие предварительные тренировки по работе со сравниваемыми вариантами НСЦИ. При этом летчики выполняли полетное задание при включенной системе внешней визуализации с последовательным использованием каждого варианта НСЦИ, на экране которого предъвляется пилотажный кадр.

Выполняемое летчиками полетное задание включало следующие элементы:

выдерживание горизонтального полета с заданными параметрами: высота: 1000 м,

скорость: 600 км/ч, тангаж: 0 °, крен: 0 °, курс: 0;

выполнение фигур пилотажа (см. таблицу 1.1.)

Таблица 1.1. Заданные пилотажные параметры при выполнении фигур.

Параметр

Высота,  
м

Скорость,  
км/ч

Тангаж, град

Крен, град

Курс, град

Фигура

ввода

вывода

ввода

вывода

Выраж

1000

-

600

-

-

30

-

Восходящая спираль

1000

5000

600

600

20

-60

-

Нисходящая спираль

5000

1000

600

600

-20

60

-

После завершения эксперимента летчики заполняли анкету и с ними проводилась беседа об особенностях использования возможных затруднениях при работе со сравниваемыми вариантами НСЦИ.

Оценка эффективности действий летчика при использовании НСЦИ проводилась по показателям: точности пилотирования (средние значения среднеквадратические отклонения от заданных значений параметров полета), исследованиях приняли 6 летчиков-испытателей. Все летчики имели правый доминирующий глаз.

После завершения первого этапа испытаний была проведена оценка зон оптимального размещения элементов конструкции НСЦИ на защитном шлеме летчика. С этой целью определялись габаритные размеры и оптимальные зоны размещения НСЦИ на защитном шлеме ЗШ-7А. Исследования проводились на полунатурном моделирующем комплексе, оборудованном унифицированным катапультным креслом К-36Д серии 3. Измерение зазоров между шлемом и заголовником кресла производилось в позе катапультирования, а также при движениях головы в позе, занимаемой летчиком при действии перегрузок более 5 единиц (голова прижата к заголовнику). Глаза испытуемого устанавливались на линии визирования кресла.

Основные результаты проведенных исследований:

1. Для оценки эффективности зрительного восприятия инструментальной информации при использовании монокулярного и бинокулярного способов предъявления визуальной информации на экране НСЦИ использовались результаты, приведенные в таблице 1.2 и 1.3, в которых представлены значения времени зрительного восприятия информации и процент ошибок восприятия при использовании монокулярного и бинокулярного способов предъявления

информации в различных условиях зрительной деятельности.

В условиях 1, которые характеризуются проекцией изображения НСЦИ на белую однородную поверхность, достоверных различий по времени восприятия между монокулярным и бинокулярным способами не выявлено. Ошибок восприятия в этих условиях также не зафиксировано. Этот вариант по условиям зрительной деятельности является наиболее простым и в реальных условиях обычно встречается при наблюдении объектов на фоне неба, что наиболее характерно для режимов «воздух-воздух». Более близкими к восприятию информации на фоне земной поверхности являются условия 2 и 3, при которых изображение НСЦИ (кольцо) проецируется на структурированную поверхность, что усложняет задачу зрительного восприятия информации. Усложнение задачи закономерно приводило к увеличению времени восприятия как в монокулярном варианте НСЦИ, так и в бинокулярном. Однако, выраженность этих изменений различна. В монокулярном варианте при проекции изображения НСЦИ на однородную структурированную поверхность время восприятия возросло на 81%, а при использовании бинокулярного варианта на 27%. Различия времени бинокулярного варианта. Эти различия сохранялись и при проекции изображения НСЦИ на реальное изображение внекабинного пространства-различия составили 42% процента в пользу бинокулярного варианта. Усложнение условий зрительной деятельности приводило не только к увеличению времени восприятия изображения монокулярного НСЦИ, но и сказывалось на надежности восприятия.

В простых условиях (проекция на белый экран) ошибки восприятия отсутствовали в обоих вариантах НСЦИ. В усложненных условиях зрительной деятельности отмечено появление ошибок только при использовании монокулярного варианта. Их количество достигало 7% от общего числа предъявлений тестового изображения. Представленные результаты характеризуют особенности зрительной деятельности операторов применительно к задачам восприятия инструментальной информации, отображаемой отдельными символами, знаками и т.п., которые занимают очень незначительную площадь в поле зрения оператора. Однако, существует класс задач, при которых выводимое на НСЦИ изображение практически полностью заполняет поле зрения оператора. К этому классу задач следует отнести работу оператора с телевизионными, тепловизионными, радиолокационными изображениями, выводимыми на экран НСЦИ. Данная ситуация моделировалась в условиях 4, когда на экран НСЦИ выводится тестовое кольцо на фоне площадного изображения и проецируется на внешнюю визуализацию, представленную картиной реальной внекабинной обстановки. В этих условиях эффективность зрительного восприятия в обоих вариантах НСЦИ оказывается очень низкой, о чем свидетельствуют и время восприятия, и количество ошибок.

Таблица 1.2. Среднее время зрительного восприятия при монокулярном и бинокулярном способах предъявления информации.

Условия зрительной деятельности

Монокуляр

Бинокуляр

t, сек

t, сек

1. Кольцо предъявляется на НСЦИ - внешняя визуализация выключена (белый экран)

0,70

0,03

0,71

0,02

2. Кольцо предъявляется на НСЦИ - на экране визуализации предъявляется изображение с периодической текстурой

1,27

0,10

0,90

0,04

3. Кольцо предъявляется на НСЦИ - на экране визуализации предъявляется изображение реальной местности

1,32

0,11

0,93

0,05

4. Кольцо на фоне реальной местности предъявляется на НСЦИ - на экране визуализации предъявляется изображение реальной местности

1,98

0,21

2,81

0,29

Таблица 1.3. Процент ошибок восприятия при монокулярном и бинокулярном способах предъявления информации

Условия зрительной деятельности

Монокуляр

Бинокуляр

1 . Кольцо предъявляется на НСЦИ - внешняя визуализация выключена (белый экран)

0

0



2. Кольцо предъявляется на НСЦИ - на экране визуализации предъявляется изображение с периодической текстурой

7

0

3. Кольцо предъявляется на НСЦИ - на экране визуализации предъявляется изображение реальной местности

3

0

4. Кольцо на фоне реальной местности предъявляется на НСЦИ - на экране визуализации предъявляется изображение реальной местности

27

32

Для оценки качества пилотирования при использовании моно- и бинокулярного

способов предъявления пилотажной информации на экране НСЦИ использовались показатели качества выдерживания заданных параметров полета при использовании моно- и бинокулярного способов предъявления информации на экране НСЦИ, В таблице 1.4. представлены показатели качества выдерживания параметров полёта.

Данные о качестве выдерживания заданных значений параметров полёта, представленные в Таблице 1.4., свидетельствует об отсутствии существенных различий при использовании монокулярного и бинокулярного способов предъявления информации на экране НСЦИ. Большие величины отклонений от заданных значений приборной скорости, зафиксированные при выполнении нисходящей спирали, обусловлены трудностью ее выдерживания на данном режиме, а не используемым способом предъявления информации. В материалах анкетного опроса и беседах все летчики, участвовавшие в исследовании, отметили, что каждый из сравниваемых вариантов НСЦИ приемлем для работы. Вместе с тем, бинокулярный вариант получил более высокую оценку летчиков (Таблица 1.5.). Размеры поля зрения НСЦИ, по мнению летчиков, приемлемы. Двое из них отметили, что углы обзора недостаточны, особенно при смещениях защитной шлема (ЗШ). Причем, при использовании монокулярного варианта ограничен » размеров поля зрения при смещениях ЗШ более выражено. В этой связи летчики обратили внимание на необходимость подгонки и индивидуальной регулировки линии визирования НСЦИ.

Все летчики отметили наличие умеренно выраженного дискомфорта при использовании монокулярного варианта, который проявился в ухудшении восприятия при движениях головой и смещениях ЗШ, снижении четкости изображения по краям поля зрения, ощущении несогласованности изображения в левом и правом глазу.

Что касается области возможных режимов использования НСЦИ, то четверо из шести, участвовавших в исследовании летчиков указали на необходимость НСЦИ в режимах боевого применения по воздушным и наземным целям. Причем, один из них отметил важность индикации на НСЦИ не только прицельной информации, но и информации о параметрах полета. Двое летчиков своего мнения не высказали, сославшись на недостаток опыта работы в режимах боевого применения.

Для обоснования выбора оптимальных зон размещения элементов НСЦИ на шлеме летчика были проведены исследования габаритных характеристик. Проведенные исследования показали, что зоны размещения НСЦИ на защитном шлеме ЗШ-7А определяются формой заголовника катапультного кресла, а габариты элементов НСЦИ объемом пространства между шлемом и фонарем кабины ЛА. Соприкосновение шлема с заголовником при воздействии перегрузок и принятии изголовочной позы для катапультирования ограничивает размещение элементов в боковых зонах шлема. При выполнении движений головой (голова прижата к заголовнику) зазор между боковыми зонами шлема и заголовником в зависимости от размера шлема составляет 10-12 мм, следовательно, в этих зонах возможно размещение элементов НСЦИ, габариты которых не превышают этих размеров. Свободной от сопряжения с

заголовником зоной является верхняя часть шлема. Однако величина зазора между верхушкой шлема и внутренним обводом фонаря кабины, рассчитанная с учетом антропометрических показателей летного состава, изменения позы летчика для улучшения обзора внекабинного пространства при визуальном поиске целей, а также требований ОТТ ВВС-86 к величине расстояния от линии визирования до внутреннего обвода фонаря в области размещения головы летчика, составляет всего 12 мм.

Таблица 1.4. Показатели качества выдерживания параметров полёта

Горизонтальный полет

Способ предъявления информации

Н, м

Крен, град

Тангаж, град

Вприб, км/ч

М

М

М

М

Монокуляр

1087,7

15,48

0,62

0,94

606

2,26

Бинокуляр

1081,37

13,16

0,12

0,42

2,01

0,29

610

4,47

Вираз

Способ предъявления информации

Н, м

Крен, град

Тангаж, град

Уприб, км/ч

М

М

М

М

Монокуляр

1090,67

20,89

31,58

1,57

2,15

0,83

611

3,69

Бинокляр

1092,33

29,25

31,85

1,53

2,13

0,76

604

2,53

Восходящая спираль

Способ предъявления информации

Крен, град

Тангаж, град

Vприб, км/ч

М

М

М

Монокуляр

59,34



2.2

19,29

2,4

611,5

7,53

Бинокляр

59,36

1,69

19,7

2.97

617,5

9,7

Нисходящая спираль

Способ предъявления информации

Крен, град

Тангаж, град

Vприб, км/ч

М

М

М

Монокуляр

60,91

4,61

19,68

1,65

687

16,61

Бинокляр

60,4

4,07

17,94

4,47

661

15,06

Примечание: М - среднее арифметическое значение, - среднее квадратичное

отклонение

Таблица 1.5. Оценка летным составом вариантов предъявления информации на экране НСЦИ.

Вариант НСЦИ

Средняя оценка, баллы

Диапазон оценок, баллы

Монокулярный

3,0

2,0-4,0

Бинокулярный

4,2

3,5-5,0

Фактическое расстояние от линии визирования до внутреннего обвода фонаря на многих самолетах ниже требуемого по ОТТ ВВС-86, что создает условия для касания и упора шлемом в фонарь у летчиков, имеющих максимальные ростовые показатели. В связи с этим размещение элементов НСЦИ в верхней части шлема является недопустимым. Наиболее приемлемой зоной для компоновки элементов НСЦИ является зона, ограниченная сферой, сопряженной с верхушкой шлема и имеющая максимальный размер в передней части шлема не более 60 мм (см. рис. 1.12, зона 5). Рис. 1.12. Зоны сопряжения защитного шлема ЗШ-7А с заголовником катапультного кресла К 36Д

где: 1 - зона, свободная от сопряжения с поверхностями заголовника; 2 - зона сопряжения при движении головы вверх; 3 - зона сопряжения при занятии изготовочной позы для катапультирования; 4 - зона сопряжения при повороте головы влево; 5 - область оптимального размещения элементов НСЦИ.

Проведенные исследования позволили сделать специалистам ГНИИИ МО РФ следующие выводы:

1. Эффективность восприятия информации при использовании НСЦИ зависит от характеристик визуальной обстановки, психофизиологических особенностей зрительного анализатора человека и способа предъявления информации на экране НСЦИ.
2. При использовании монокулярного и бинокулярного способов предъявления информации в условиях проекции изображения НСЦИ на слабоструктурированный внешний фон, характерный для выполнения задач «воздух-воздух», не выявлено существенных различий эффективности зрительного восприятия. Однако, по субъективной оценке летного состава, использование бинокулярного способа обеспечивает более комфортные условия зрительного восприятия по сравнению с монокулярным. При проекции изображения НСЦИ на структурированный внешний фон, что является характерным для выполнения задач «воздух-поверхность», бинокулярное предъявление обеспечивает более высокую эффективность и комфортность зрительного восприятия.
3. Для обеспечения боевого применения современных самолетов с использованием НСЦИ целесообразно использовать бинокулярный способ предъявления информации на экране НСЦИ.

1.3 Анализ разработок и варианты основных направлений развития в области построения нашлемных блоков индикации для НСЦИ

НСЦИ является одной из составных частей интегрального шлема пилота, на котором размещаются как элементы НБИ, так и отдельные элементы НСЦ. Необходимость снижения весовой нагрузки на голову, обеспечения требований по безопасности и работоспособности в широком диапазоне внешних воздействующих факторов приводит к концепции интегрального шлема, в котором объединены в единую конструкцию элементы НСЦ и НБИ, защитная каска, кислородная маска, авиагарнитура (микрофон, наушники) и даже приемные устройства системы видеорегистрации. В значительной степени на структуру НБИ влияет необходимость уменьшения суммарной весовой нагрузки на голову и верхний отдел позвоночника

летчика, что особенно важно при пилотировании скоростных высокоманевренных самолетов, катапультировании и пользовании парашютом. Эта нагрузка зависит не только от общей массы снаряженного шлема, но и от её распределения относительно центра вращения головы. Обобщенный опыт проектирования НСЦИ различного назначения, рассмотренных в разделе 1.1., позволяет использовать некоторые критерии, достигнутые в части оценки общей компоновки устройств интегрального шлема. На рис. 1.13. представлена кривая, характеризующая зависимость допустимой нагрузки от превышения центра масс над центром вращения головы.

Для минимизации массы шлема необходим комплексный подход к проектированию, учитывающий схемно-конструктивные особенности всех входящих устройств и возможность изменения отдельных составных частей для получения оптимального результата.

Рис. 1.13. Зависимость допустимой нагрузки от превышения центра масс над центром вращения головы.

где: Mass of helmet (kg) - масса шлема в кг; Vertical distance (mm) - превышение центра масс над центром вращения головы, мм; Accepted injury risk - допустимый риск получения травмы; Severe neck injury risk - высокий риск получения травмы; Line of constant moment at bottom of the neck - линия постоянного момента относительно центра шеи; Head and neck center of motion - голова и движение центра шеи.

Отличительной особенностью эргономического проектирования НБИ с точки зрения визуального восприятия является то, что кроме коллимации в поле зрения пилота дополнительной информации, необходимо адекватное восприятие окружающего пространства в канале прямого наблюдения. Проведенный анализ и собственный опыт проектирования визуальных устройств, обеспечивающих совмещение двух и более каналов наблюдения, показывает, что одним из приоритетных условий комфортного визуального восприятия окружающего пространства является отсутствие затеняющих и ограничивающих периферическую часть поля зрения пилота (см. рис. 1.14) конструктивных элементов НБИ.

Рис. 1.14. Угловое поле человеческого зрения.

где: вертикальные штрихи - угловое поле монокулярного зрения правого глаза; горизонтальные штрихи - угловое поле монокулярного зрения левого глаза; центральная белая зона - угловое поле бинокулярного зрения

Изучение представленного вида человеческого поля зрения показывает, что крайне нежелательно развивать конструкцию НБИ в горизонтальном направлении, так как именно в этом направлении угловое поле зрения человека максимально. Возможное размещение элементов НБИ в зоне монокулярного зрения одного из глаз, приводит к затенению и негативному эффекту постоянного наблюдения статического предмета с размытыми контурами.

Следовательно, при разработке оптической схемы и проектировании конструкции НБИ необходимо контролировать расположение непрозрачных и габаритных элементов, учитывая особенности параметров человеческого зрения.

Обобщая и анализируя назначение отдельных компонентов НБИ, отдельно можно выделить элемент, осуществляющий отражение оптического излучения в канале

ввода дополнительной информации в направлении глаз пилота, и, одновременно, обеспечивающий наблюдение окружающего и внекабинного пространства. Исходя из своего назначения, заключающегося в совмещении каналов прямого наблюдения и ввода дополнительной информации, обсуждаемый элемент совмещения располагается перед правым глазом в случае монокулярного варианта НБИ или перед двумя глазами одновременно в случае бинокулярного варианта. Таким образом, для бинокулярного НБИ происходит одинаковое ослабление яркости внекабинного пространства для каналов прямого наблюдения правого и левого глаз. В случае монокулярного варианта (см. рис. 1.2 и рис. 1.3) ослабление яркости от внешних источников оптического излучения происходит только для одного глаза. Применение подобной конструкции может привести к негативным эффектам визуального восприятия и отразиться на эффективности выполнения поставленной перед пилотом задачи.

Таким образом, при проектировании НБИ необходимо обеспечить эквивалентность восприятия информационного потока от внекабинного пространства в оптических каналах наблюдения для левого и правого глаз пилота.

Продолжая анализ монокулярного режима представления дополнительной информации, возможного и в бинокулярных схемах построения НБИ, необходимо отметить вероятность появления, так называемого феномена борьбы полей зрения. Из этого следует, что различие информационных потоков, поступающих в правый и левый глаз пилота, может приводить к частичной потере предъявляемой информации. Следовательно, наблюдение символично-графической информации, осуществляемое двумя глазами одновременно, например, на широкоугольном коллиматорном авиационном индикаторе, и наблюдение аналогичного объема информации в монокулярном режиме работы НБИ могут иметь разную эффективность и комфорт. Таким образом, в ходе разработки банка типовых символов и знаков, структуры информационных мнемокадров, необходимо придерживаться принципа минимального информационного дисбаланса для правого и левого глаз пилота в каналах ввода дополнительной информации, окончательно определяемого в ходе стендовых испытаний на этапе технического проекта. Дальнейшее рассмотрение эргономических вопросов восприятия изображения, формируемого в дополнительном канале ввода информации, необходимо посвятить предварительному анализу режима предъявления пилоту видеоизображения, сформированного различными оптико-электронными средствами. По мнению разработчиков наиболее благоприятным для представления видеоизображения является бинокулярный вариант построения НБИ. В случае монокулярного варианта предъявление пилоту видеоизображения возможно в ограниченном отрезке времени. Прогнозируя визуальные эффекты, сопровождающие предъявление видеокadra в канале ввода дополнительной информации, вполне очевидно, что при наличии в оптической схеме НБИ только элемента совмещения, пилот одновременно наблюдает предметы, находящиеся снаружи элемента совмещения НБИ и изображения предметов, сформированные на экране его источника изображения. В общем случае, эти предметы имеют совершенно разные угловые размеры, ракурс и

пространственное расположение. Вследствие этого, пилот одновременно наблюдает два пространственных сюжета, что приводит к невероятно быстрому утомлению и дискомфорту, сопровождающимися снижением эффективности выполнения боевой задачи. Исходя из этого, для наблюдения в НБИ видеоизображения необходимо ограничить оптическое излучение в канале прямого наблюдения в угловом поле зрения канала ввода дополнительной информации. Наиболее простым и эффективным способом такого пространственного разделения информационных потоков в дневное время суток является введение в угловое поле зрения непрозрачной в видимом диапазоне длин волн шторки, не ограничивающей восприятие информации в канале прямого наблюдения вне углового поля зрения, равного угловому полю зрения канала ввода дополнительной информации НБИ. В ночное и сумеречное время суток, когда яркость окружающих предметов и фона мала по сравнению с яркостью изображения, сформированного на экране источника изображения НБИ, введение шторки или присутствие иного механизма ослабления яркости в канале прямого наблюдения не обязательно.

Обобщая изложенные материалы, можно сформулировать основные тезисы технико-эргономических аспектов проектирования НБИ:

- соответствие общей массы интегрального шлема и балансировки на голове пилота зависимости допустимой нагрузки от превышения центра масс над центром вращения головы;
- отсутствие затеняющих периферическую часть поля зрения пилота конструктивных элементов НБИ;
- эквивалентность восприятия информационного потока от внекабинного пространства в оптических каналах прямого наблюдения для правого и левого глаз пилота;
- минимальный информационный дисбаланс для правого и левого глаз пилота в дополнительных каналах ввода информации;
- пространственное разделение информационных потоков в случае предъявления в дополнительных каналах ввода информации видеоизображения.

#### 1.4 Описание, технические параметры и характеристики бинокулярного нашлемного блока индикации

С учетом выше изложенного разрабатывается нашлемный блок индикации (НБИ), структурная схема которого представлена на рис. 1.15. На пилотажном защитном шлеме типа ЗШ-7В, одновременно с элементами НБИ размещаются элементы системы позиционирования (блок светодиодов и малогабаритная инерциальная система на основе МЭМС структур), предназначенные для определения угловых координат линии визирования и линейных координат шлема пилота с последующей передачей сформированных сигналов в БФИ через отрывной разъем. Для отображения на источнике изображения информации поступающей от БФИ на ЗШ размещается блок преобразования видеосигнала (БПВС), формирующий совместно с блоком управления источником изображения необходимое для восприятия яркостное распределение. Для визуального восприятия распределения яркости, сформированного на экране источника изображения, применяется коллимирующая



оптическая система, состоящая из проекционной системы и силового элемента совмещения каналов ввода дополнительной информации и прямого наблюдения. Для ослабления яркости окружающего фона в состав НБИ введен дополнительный, нейтральный светофильтр, интегрально ослабляющий яркость окружающего фона и внешних объектов. Присутствие дополнительного фильтра целесообразно и обосновывается визуальным дискомфортом, сопровождающим наблюдение ярких размерных объектов. Кроме этого, ослабление внешнего излучения позволяет контрастировать символично-графическое изображение, предъявляемое в канале ввода дополнительной информации.

Как отмечалось в разделе 1.3., для предъявления пилоту видеоизображения, сформированного различными оптико-электронными средствами, необходимо пространственное разделение информационных потоков. С точки зрения конструктивной реализации наиболее простым и надежным способом, позволяющим обеспечить это условие, является введение в поле зрения пилота конструктивно независимой шторки, размещенной на ЗШ.

Рассмотрим более подробно возможные реализации вариантов построения НБИ, как в части применяемых элементов, так и в части схемных особенностей. Так как ключевым элементом НБИ, определяющим качество изображения и габаритные размеры, является источник изображения (ИИ), то целесообразно провести анализ результатов, достигнутых в рамках различных технологий их серийного производства.

Традиционно все малогабаритные источники изображения разделяются на два класса:

- активные источники телевизионного и растрового изображения;
- пассивные источники телевизионного и растрового изображения.

Не вдаваясь в основные физические механизмы и принципы работы, в каждом из обозначенных классов источников изображения можно выделить дополнительные группы.

К классу активных источников изображения относятся:

- электронно-лучевые трубки;
- электролюминесцентные дисплеи;
- автоэлектронные дисплеи;
- светодиодные дисплеи;
- плазменные дисплеи.

К пассивным малогабаритным источникам изображения, применяемым в наשלемных устройствах, относятся:

- пропускающие жидкокристаллические дисплеи;
- отражающие жидкокристаллические дисплеи;
- отражательные дисплеи на основе бинарных микрозеркальных элементов.

В рамках выполняемой работы был проведен анализ достоинств и недостатков каждой из групп матричных источников изображения. В целях удобства сравнения и определения наиболее благоприятного варианта для дальнейшей разработки составлена таблица 1.6., обобщающая проанализированный материал.

Из проанализированных материалов и данных таблицы 1.6. видно, что из активных источников изображения наиболее благоприятны для применения в НБИ такие источники изображения, как электронно-лучевые трубки и активные электролюминесцентные дисплеи. Применение, казалось не перспективных устройств, как электронно-лучевые трубки, объясняется тем обстоятельством, что в рамках их конструкции возможно использование люминофоров, обладающих узким спектральным диапазоном излучения. Это позволяет организовать и спроектировать элемент совмещения НБИ, обладающий максимальным коэффициентом пропускания в канале прямого наблюдения и максимальным коэффициентом отражения от источника изображения в канале ввода дополнительной информации. Основными недостатками этой группы приборов являются большие габаритные размеры и масса, которые позволили потеснить электронно-лучевые трубки в рамках применения в НБИ и склониться к использованию активных электролюминесцентных дисплеев. Такие дисплеи (см. рис. 1.16) имеют минимальные массогабаритные показатели, но обладают сравнительно широким спектром излучения экрана, что несколько снижает коэффициент пропускания элемента совмещения в канале прямого наблюдения. Несмотря на это, ощутимого ухудшения качества и комфорта наблюдения при этом не наблюдается, что позволяет применять активные электролюминесцентные дисплеи в составе НБИ в тех случаях, когда разработчики ограничены массогабаритными показателями.

Таблица 1.6. Анализ матричных источников изображения

№ п\п

источник

Страница:

1 2 3 4

дипломная работа "Нашлемный блок индикации в составе нашлемной системы целеуказания и индикации" скачать

Подобные документы

Блок управления 4-х канальным ТВ передатчиком МВ. Устройство индикацииПроектирование устройства индикации на микроконтроллере КР1816ВЕ51. Выбор и обоснование аппаратной части устройства. Разработка

обслуживающей программы на ассемблере. Время выполнения программы индикации. Максимальная оптимизация выполняемого кода. курсовая работа [21,6 К], добавлен 22.03.2011

Разработка системы частотной индикации генератора когерентных сигналов Способы и методы измерения частоты, их характеристика. Типы индикаторов и проектирование принципиальной электрической схемы блока индикации. Разработка предварительного делителя частоты. Алгоритм работы микропроцессора и конструктивное решение прибора. дипломная работа [1,0 М], добавлен 09.07.2013

Разработка устройства динамической индикации Разработка блока динамической индикации для тринадцатиразрядного светодиодного семисегментного индикатора с общим анодом. Хранение отображаемой информации (тринадцать цифр). Элементная база для разработки устройства. Разработка принципиальной схемы. реферат [679,6 К], добавлен 30.06.2014

Проектирование микропроцессорной измерительной системы Разработка микропроцессорной системы для контроля и индикации параметров изменяющегося по случайному закону 8-ми разрядного двоичного кода. Проектирование принципиальной схемы микроконтроллера, описание работы схемы. Разработка блок-схемы программы. курсовая работа [752,4 К], добавлен 10.01.2013

Микропроцессорная система индикации восьмиразрядным семисегментным индикатором Принцип статического управления индикации. Три основных вида памяти, используемой в микроконтроллерах. Программа, управляющая действиями микроконтроллера по выводу информации на восемь семисегментных индикаторов в шестнадцатеричной системе счисления. курсовая работа [2,6 М], добавлен 16.04.2014

Разработка системы резервного электропитания Назначение и область применения системы резервного электропитания. Расчет схемы блока выпрямителя, сетевого трансформатора, схемы блока инверторов, компараторов, управления, ключей, индикации и стабилизатора. Компоновка проектируемого устройства. дипломная работа [307,5 К], добавлен 17.11.2010

Цифровой частотомер, собранный на микроконтроллере Принцип работы цифрового частотомера, собранного на отечественном микроконтроллере КР1878ВЕ1. Входная формирующая цепь. Внешний генератор тактовых импульсов и устройство индикации. Стабилизатор напряжения питания для входной цепи и устройства индикации. курсовая работа [363,2 К], добавлен 23.08.2011

Другие документы, подобные "Нашлемный блок индикации в составе нашлемной системы целеуказания и индикации"

главная  
рубрики

по алфавиту

вернуться в начало страницы

вернуться к началу текста

вернуться к подобным работам