

Министерство образования Российской Федерации
Ульяновский государственный технический университет
ОАО «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения»

А. А. Кучерявый

БОРТОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

КУРС ЛЕКЦИЙ

2-е издание,
переработанное и дополненное

Ульяновск
2004

УДК 629.054 (075)

ББК 39.56я7

К 95

Утверждено редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия.

Рецензенты: кафедра воздушной навигации и пилотажно-навигационных комплексов Ульяновского высшего авиационного училища гражданской авиации, зав.кафедрой **Матвеев А.Г.**;
доцент, канд.техн.наук **Антонец Е.В.**

Кучерявый А.А.

К 95 Бортовые информационные системы: Курс лекций/А. А. Кучерявый; под ред. В.А. Мишина и Г.И. Ключева.- 2-е изд., перераб. и доп. – Ульяновск: УлГТУ, 2004. – 504 с.: ил.
ISBN5-89146-348-2

Изложены основы проектирования бортовых информационных систем, используемых для представления информации экипажу самолетов и вертолетов – систем отображения информации, речевого оповещения, звуковой и тактильной сигнализации. Рассмотрены различные типы бортовых информационных систем, их внутреннее устройство и характеристики. Приводится обзор основных тенденций развития подобных систем, рассмотрено влияние на них новых информационных технологий и эволюции современных комплексов авионики.

Курс лекций предназначен для студентов специальности 190300 «Авиационные приборы и измерительно-вычислительные комплексы», а также может быть полезен для аспирантов и специалистов, занимающихся разработкой и эксплуатацией систем отображения информации, других бортовых информационных систем.

Печатается в авторской редакции.

УДК 629.054 (075)
ББК 39.56я7

ISBN5-89146-348-2

© А.А. Кучерявый, 2004
© ОАО «УКБП», 2004
© Оформление. УлГТУ, 2004

ПРЕДИСЛОВИЕ

В основу книги положен курс лекций, читаемый автором в филиале кафедры Ульяновского Государственного технического университета при Ульяновском конструкторском бюро приборостроения для студентов, обучающихся по специальности «Авиационные приборы и измерительно-вычислительные комплексы».

В курсе лекций рассматриваются бортовые информационные системы (БИС) летательных аппаратов (ЛА), информирующие летный экипаж о прохождении полета, о состоянии и параметрах ЛА, его двигателях и систем. К этому классу бортового оборудования (БО) относятся системы отображения информации, речевого оповещения, звуковой и тактильной сигнализации.

Задачей данного курса лекций является ознакомление студентов с устройством различных типов БИС, принципами их построения, методами проектирования и современным уровнем требований к ним. Курс также знакомит с тенденциями развития современной авионики, рассматривает эволюцию БИС и комплексов авионики, включающих такие системы, знакомит с устройством и характеристиками перспективных бортовых комплексов.

По сравнению с первым изданием во втором устранены замеченные недостатки, исключены три главы вводной части, а также разделы, в которых описывались редко используемые бортовые интерфейсы (CAN-bus, ARINC 629, AS 4074), в то же время существенно дополнены главы, посвященные непосредственному рассмотрению различных типов БИС и вопросам их проектирования.

Книга содержит одиннадцать глав.

В главе 1 рассматриваются состав и структура бортового оборудования, роль и место бортовых информационных систем в этой структуре.

Глава 2 посвящена вопросам обеспечения эффективного взаимодействия экипажа с бортовыми информационными системами. Рассматриваются возможности и ограничения пилота, оборудование кабины экипажа, принципы эффективного представления информации.

В главе 3 излагаются вопросы проектирования БИС, определения их внутренней структуры, выбора и оценки их параметров.

Глава 4 посвящена организации связей структурных частей системы между собой, а также с системами и датчиками ЛА.

Далее рассматриваются различные типы БИС в их современном состоянии: системы, индицирующие информацию на приборной доске (глава 5), индикаторы на лобовом стекле (глава 6), персональные электронные планшеты пилотов (глава 7), нашлемные системы индикации (глава 8), средства звуковой и речевой сигнализации (глава 9), речевые командные системы (глава 10).

В заключительной главе 11 рассмотрены основные тенденции развития БИС.

* * *

Автор выражает искреннюю благодарность доценту УлГТУ, к.т.н. **Г.И. Клюеву** и Генеральному директору ОАО «УКБП», к.т.н. **Н.Н. Макарову**, без советов и помощи которых эта книга не состоялась бы.

Отзывы и пожелания просим направлять электронной почтой sys@ukbp.ru или по адресу: 432027 Ульяновск, ул. Сев. Венец, 32, изд-во УлГТУ.

Глава 1

СОСТАВ И СТРУКТУРА БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Бортное оборудование - совокупность технических средств (агрегатов, приборов, машин и т.п.), устанавливаемых на борту ЛА. По своему назначению бортовое оборудование делится на следующие группы:

а) для обеспечения управляемого полета

- пилотажно-навигационное оборудование;
- радиотехническое оборудование навигации, посадки и управления воздушным движением;
- радиосвязное оборудование;
- электротехническое оборудование;
- светотехническое оборудование;
- гидравлическое оборудование;
- системы охлаждения ЛА;
- средства контроля работы силовой установки;
- бортовые информационные системы - система отображения информации, система сигнализации и т.п.;

б) для обеспечения жизнедеятельности экипажа и пассажиров

- система кондиционирования воздуха;
- кислородное оборудование;
- система регулирования давления;
- аварийно-спасательное оборудование;

в) для обеспечения безопасности полетов

- противообледенительная система;
- противопожарная система;

г) для решения целевых задач в соответствии с назначением ЛА

- обзорно-прицельный комплекс;
 - разведывательное оборудование;
 - десантно-транспортное оборудование;
 - санитарное оборудование
- и т.д.

В авиации принято разделять приборное оборудование на датчики, индикаторы, приборы и сигнализаторы.

Датчик - измерительное устройство для выработки сигнала о текущем значении измеряемого параметра.

Индикатор - средство отображения информации о количественном или качественном значении параметра.

Прибор - устройство, имеющее самостоятельное эксплуатационное значение и обеспечивающее измерение и индикацию параметра/параметров.

Сигнализатор - прибор, обеспечивающий отображение информации о соответствии или несоответствии параметра, системы или объекта требуемому значению или состоянию в виде визуальных, звуковых или тактильных сигналов.

Структурно аппаратура, машины и агрегаты на борту ЛА объединяются в *системы*, предназначенные для решения отдельных задач. Даже на небольшом ЛА их десятки. Отдельные системы могут объединяться в более крупные структурные образования - комплексы. *Комплекс* бортового оборудования - совокупность функционально-связанных систем, приборов, датчиков, вычислительных устройств. Примеры комплексов: пилотажно-навигационный, обзорно-прицельный, разведки.

Все радиоэлектронное оборудование ЛА, независимо от принадлежности к той или иной из перечисленных групп, часто называют *авионикой*. Бортовые информационные системы также относятся к этой группе оборудования.

Состав авионики различен для разных классов ЛА. Рассмотрим его на примере пассажирских магистральных самолетов, таких, как Ту-204, Airbus A-320, Boeing 757, где авионика представлена наиболее широко. Ее можно разделить на следующие группы:

- системы первичной информации,
- радионавигационные системы,
- радиосвязные системы,
- системы автоматического пилотирования,
- бортовые информационные системы,
- прочие пилотажно-навигационные системы.

1.1. Системы первичной информации

Задачей систем первичной информации является измерение различных сигналов и параметров, характеризующих полет и состояние самолета. Каждая из таких систем специализируется на измерении сигналов определенной физической формы и определенного назначения. В состав системы входит от 1 до 3 одинаковых вычислителей, каждый из которых способен решать все задачи. За счет такого резервирования обеспечивается высокая надежность. *Вычислитель* представляет собой электронный блок, содержащий внутри все необходимые измерительные устройства, процессор, память и средства ввода-вывода. Измеренная информация подвергается в вычислителе определенной обработке - фильтрации, масштабированию, линеаризации, калибровке, затем по величине сигнала рассчитывается значение соответствующей физической величины - скорости полета, температуры воздуха и т.п. Рассчитанное значение выдается из вычислителя всем заинтересованным в ней потребителям, среди которых системы автоматического пилотирования, системы индикации и сигнализации. На современных пассажирских самолетах выходная информация

выдается последовательным кодом соответствии с ГОСТ 18977-79 (ARINC 429). В этом виде она доступна всем потребителям, подключенным к выходной кодовой линии связи (КЛС) вычислителя.

Система воздушных сигналов (СВС) определяет параметры полета, проводя измерения во внешней среде. Она измеряет и вычисляет следующие высотно-скоростные параметры:

- барометрическую высоту полета (абсолютную и относительную);
- скорость изменения высоты;
- воздушную скорость (истинную и приборную);
- число Маха;
- температуру наружного воздуха;
- полную температуру торможения;
- углы атаки и скольжения;
- давление (динамическое и полное);
- максимально-допустимую воздушную скорость.

СВС также формирует сигнализацию о превышении допустимой скорости и различные сигналы состояния. В состав СВС обычно входят 3 вычислителя. Датчики сигналов СВС (приемники статического давления, приемники полного давления, датчик температуры, датчики угла атаки/скольжения) обычно не входят в комплект системы, а являются принадлежностью ЛА. Сигналы от них поступают в вычислитель, где производятся все измерения и вычисления.

Инерциальная навигационная система (ИНС) служит для измерения углового положения ЛА в пространстве и определения его местоположения. Она измеряет углы курса, крена, тангажа, угловые скорости изменения крена и тангажа, линейные ускорения (перегрузки), она также вычисляет угол наклона траектории, истинный курс, путевую скорость, вертикальную скорость, угол сноса, параметры ветра, географические координаты ЛА – широту и долготу. Обычно система состоит из 3 блоков. Каждый содержит 3 датчика угловых положений, например, лазерные гироскопы, 3 акселерометра для измерения ускорений по трем осям и электронную часть. Внешний вид таких блоков показан на рис.1.1. Иногда вместо ИНС на для той же цели используют более простую по конструкции систему – **курсовертикаль**. Курсовертикаль способна измерить только текущие углы положения ЛА – курс, крен и тангаж.

Новейшие усовершенствованные ИНС имеют более высокую точность за счет сопряжения со спутниковой навигационной системой, данные которой используются для коррекции гироскопов.

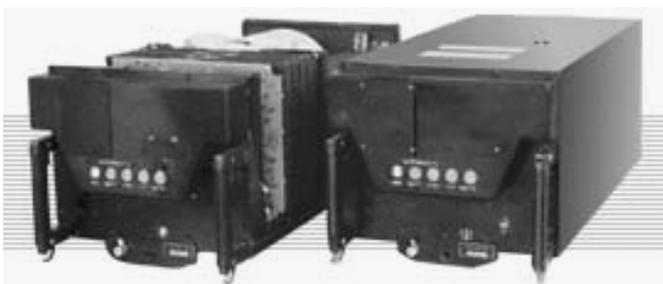


Рис.1.1. Внешний вид блоков инерциальной навигационной системы

С появлением более компактных электронных радиоэлементов системы СВС и ИНС стали объединять в единую систему. Такая система содержит 3 вычислителя, пульт управления и до 5 модулей воздушных данных. Модули устанавливаются отдельно от вычислителей, они измеряют параметры, такие, как статическое и динамическое давление, после чего передают результаты измерения в цифровом виде вычислителям. Вычислители принимают «сырые» данные от модулей и производят все необходимые расчеты.

Система преобразования информации (СПИ) измеряет параметры различных общесамолетных (общевертолетных) систем - гидравлической, топливной, кондиционирования, электроснабжения и других. На датчики воздействуют физические параметры – давление, температура, перемещение, а выходные сигналы датчиков, поступающих в СПИ, имеют электрическую природу. По измеренным электрическим сигналам система вычисляет действующее на датчик значение параметра. В состав системы обычно входит 2 одинаковых вычислителя. Часть малоответственных сигналов распределяется между ними, остальные принимаются обоими одновременно – этим достигается высокая надежность измерения этих сигналов.

Система измерения параметров двигателя (СИПД) подобна системе СПИ, она также измеряет электрические сигналы различных датчиков, только специализируется на измерении параметров двигателя.

1.2. Радионавигационные системы

Радионавигационные системы определяют местоположение ЛА, используя для этой цели радиотехнические средства. Эти системы могут быть автономными, работающими на радиолокационном принципе, и неавтономными, использующими сигналы от *радиомаяков*.

К *неавтономным радионавигационным системам* относятся:

- автоматический радиокompас;
- система радионавигации VOR;
- дальномер DME;
- система посадки ILS;
- микроволновая система посадки MLS;
- радиотехническая система ближней навигации;
- спутниковая навигационная система;
- система предупреждения столкновений.

Радиомаяки, используемые неавтономными системами, могут быть наземными или могут находиться на борту летательных, космических аппаратов.

Наземные радиомаяки служат для вождения ЛА по маршруту полета и для привода на аэродром. Их устанавливают на поверхности земли в поворотных пунктах маршрутов и в зоне аэродрома. Сигнал, излучаемый или ретранслируемый радиомаяком, пеленгуется бортовым приемником. Измеряя параметры сигнала, приемник определяет направление на маяк, дальность до него или величину отклонения от заданного направления. Радиомаяки обычно используются для обеспечения полета ЛА на маяк или от маяка. Однако по двум разнесенным маякам можно определить и текущее местоположение самолета.

Расположенные в разных точках радиомаяки работают на разных частотах, что позволяет настраивать радионавигационную систему на конкретный маяк. Кроме того, радиомаяки, как правило, передают азбукой Морзе сигналы опознавания. Выпускаются специальные радионавигационные карты, на которых все радиомаяки привязаны к координатам земной поверхности и для каждого из них указаны его частота и позывные. Прокладывая маршрут, штурман (или пилот) так строит траекторию полета, чтобы она, если возможно, проходила над радиомаяками. Получающаяся в результате линия заданного пути представляет собой ломаную линию, в точках перегиба которой находятся радиомаяки. Полет разбивается на отрезки и задача пилотирования сводится к выдерживанию направления на очередной радиомаяк. Для этого в начале каждого отрезка экипаж настраивает радионавигационную систему на выбранный радиомаяк с помощью пульта управления. Пульта управления у каждой из радионавигационных систем могут быть свои собственные, однако на современных ЛА чаще используется единый многофункциональный пульт управления (МФПУ), с помощью которого можно настроить все радионавигационные и радиосвязные средства на борту ЛА. Например, на ТУ-334 перед каждым пилотом установлен комплексный пульт радиотехнических средств, на нем расположены кнопки выбора настраиваемых радиосредств, ручки для настройки и цифровые индикаторы (рис.1.2). Введенная частота настройки передается из МФПУ соответствующей радионавигационной системе. В режиме автоматического управления настройку на очередной радиомаяк осуществляет автоматика: вычислительная система самолетовождения инициирует передачу соответствующей частоты настройки нужной системе.



Рис.1.2. Комплексный пульт радиотехнических средств КПРТС-95-1

Выходные сигналы радионавигационных систем – измеренные ими углы, расстояния или отклонения – выдаются всем потребителям, главные из которых – системы отображения информации и системы автоматического пилотирования. Информация выдается последовательным кодом по КЛС.

Неавтономные радионавигационные системы различаются между собой по типу используемых ими радиомаяков. На магистральных пассажирских самолетах, как правило, устанавливают все типы систем, на других классах ЛА некоторые из них могут отсутствовать.

Автоматический радиокompас (АРК) служит для навигации по приводным и ширококвещательным радиостанциям. Это самый простой вид радиомаяка. Радиостанция непрерывно излучает незатухающие или тонально-модулированные колебания и свои позывные. Частотный диапазон работы радиостанций 190-1750 кГц разбит на каналы с интервалом в 50 кГц. На ЛА устанавливают два комплекта АРК, каждый содержит две антенны, направленную (рамочную) и ненаправленную, и приемник. Принцип действия АРК основан на сравнении амплитуд и фаз сигналов, поступающих с направленной и ненаправленной антенн. Радиокompас определяет направление на приводную радиостанцию – ее курсовой угол. Погрешность не превышает 3-5°. Дальность действия зависит от высоты полета и мощности радиостанции, при мощности 500 Вт дальность составляет 200-300 км.

Система радионавигации VOR (сокращение от английского «Very high frequency Omnidirectional Range beacon» – всенаправленный СВЧ-маяк) определяет азимут ЛА относительно точки расположения этого радиомаяка. Радиомаяки VOR работают в диапазоне частот 108-117,975 МГц. В этом диапазоне выделено 200 каналов (через 50 кГц), 160 из которых отведены VOR, а 40 каналов в диапазоне частот 108-112 МГц (с нечетными десятыми долями МГц) отведены курсовым радиомаякам посадочной системы ILS. С помощью антенной системы радиомаяк формирует две диаграммы направленности: направленную и ненаправленную. Через ненаправленную антенну излучается опорный сигнал, модулированный частотой 30 Гц. Направленная диаграмма вращается с частотой 30 об/с. На ЛА принимают оба сигнала, причем сигнал от направленной антенны оказывается амплитудно-модулированным (максимум сигнала – при направлении антенны на ЛА). Фаза опорного сигнала совмещается с фазой огибающей амплитудно-модулированного сигнала в случае, когда азимут равен 0. Это позволяет измерить текущий азимут. Дальность действия радиомаяка в зависимости от мощности излучения составляет 50-370 км.

В состав системы входит 1 или 2 приемника и антенно-фидерное устройство, включающее курсовую и маркерную антенны, усилитель питания и делитель мощности.

Предусматривается опознавание радиомаяков VOR. Для этого излучаемый сигнал модулируется кодом Морзе или речевым позывным (с

магнитофона). Позывные транслируются приемником VOR в аппаратуру внутренней связи и пилот может контролировать их на слух.

Приемник VOR принимает также сигналы *маркерных радиомаяков*. Эти радиомаяки устанавливаются вблизи взлетно-посадочной полосы (ВПП) на удалении от 75 м до 4 км от среза ВПП. В зависимости от этого расстояния маркерные маяки бывают ближние, средние и дальние. Маркерные радиомаяки излучают сигнал на частоте 75 МГц кодом Морзе. Сигнал излучается направленно вверх, так что он принимается на ЛА только в момент пролета над маяком. Сигналы модулируются по частоте низкочастотными колебаниями 400, 1300 или 4000 Гц соответственно у ближнего, среднего и дальнего радиомаяка. Приемник VOR принимает сигнал маяка и посылает сообщение об этом в систему индикации, а кроме того выдает характерный звуковой сигнал. Этот сигнал и сообщение однозначно показывают пилоту, на каком расстоянии от ВПП он находится.

Дальномер DME (от английского «Distance Measure Equipment» – аппаратура измерения дальности) служит для точного определения наклонной дальности до радиомаяка. Это оборудование устанавливается обычно в дополнение к радиомаякам VOR там, где напряженное воздушное движение требует более высокой точности навигации, чем та, которая обеспечивается с помощью маяков VOR.

В состав комплекта входит блок запросчика и щелевая антенна. На самолете может устанавливаться два комплекта – для надежности и для возможности настройки на два разных радиомаяка DME, что позволяет определить точное местоположение ЛА.

С ЛА посылается импульсная посылка-запрос. В наземном оборудовании эта посылка принимается и посылается ответная кодовая посылка, но ответ задерживается на постоянную величину. Измеряя интервал между посылками бортовой дальномер определяет дальность. Дальность действия зависит от мощности ответчика. Типичная дальность на трассах – 365 км, в районах аэропортов – 95 км.

Есть несколько разновидностей наземных радиомаяков, с которыми способен работать бортовой дальномер – DME/N, DME/W, TACAN, VOR/DME, VORTAC.

Диапазон частот аппаратуры DME: 1025-1150 МГц для запросов (разбит на 126 каналов), 962-1213 МГц для ответных посылок (252 канала). Частотный интервал между каналами запроса и ответа постоянен и равен 63 МГц. Частотные каналы настройки DME настраиваются одновременно с частотой аппаратуры VOR.

Система посадки ILS (от английского Instrument Landing System – «система посадки по приборам») работает по радиомаякам метрового диапазона типа ILS или СП и определяет по ним отклонение ЛА от курса и глиссады планирования при заходе на посадку. На аэродроме устанавливается два радиомаяка – курсовой и глиссадный.

Курсовой радиомаяк задает плоскость посадочного курса равносигнальным методом путем формирования в горизонтальной плоскости двух пересекающихся диаграмм направленности. Он располагается так, чтобы задаваемая им плоскость проходила по оси взлетно-посадочной полосы. Частота работы курсового радиомаяка выбирается из диапазона 108,10-111,95 МГц. Излучение справа от курса посадки модулируется по амплитуде частотой 150 Гц, слева – частотой 90 Гц. Бортовой приемник измеряет разницу глубин модуляции (РГМ) принимаемых излучений. В плоскости курса взлетно-посадочной полосы РГМ равна нулю. РГМ увеличивается пропорционально отклонению от курса посадки. Информация о величине отклонения поступает в систему индикации, по изображению на экране пилот может судить, насколько точно он заходит на посадку и в какую сторону от идеального направления он отклонился – вправо или влево. Зона действия курсового радиомаяка – 46 км.

Глиссадный радиомаяк задает глиссаду планирования, которая позволяет пилоту выдерживать нужный угол снижения. Глиссада также задается равносигнальным методом, для чего диаграмма направленности глиссадного радиомаяка имеет два пересекающихся лепестка, нижний лепесток модулируется частотой 150 Гц, верхний – 90 Гц. Когда ЛА спускается точно по задаваемой глиссаде, измеряемая бортовым приемником разность глубин модуляции равна нулю, при отклонении от идеального направления РГМ увеличивается пропорционально этому отклонению, а по знаку РГМ можно судить о том, в какую сторону отклонился ЛА от глиссады – вверх или вниз. Дальность действия глиссадного радиомаяка – 18 км. Частота работы глиссадного радиомаяка 328,6-335,4 МГц и выбирается в зависимости от частоты установленного на аэродроме курсового радиомаяка.

Система посадки ILS также обеспечивает прослушивание членами экипажа позывных сигналов наземных радиомаяков.

В состав системы обычно входят 2-3 приемника, глиссадная и курсовая антенна. Каждая антенна связана с приемниками отдельными входами. Количество приемников определяется требованиями к надежности системы.

Недостатком работы в метровом диапазоне волн является сильное влияние отраженных сигналов и как следствие – искажения при наведении ЛА. Поэтому некоторое время назад появились микроволновые системы посадки, работающие в сантиметровом диапазоне волн. По сравнению с системами посадки ILS/СП они имеют следующие преимущества:

- 1) меньше зависят от рельефа и препятствий,
- 2) угловые размеры зоны действия у них шире,
- 3) точность определения положения выше.

Микроволновая система посадки MLS (Microwave Landing System) выполняет ту же функцию, что и система посадки ILS: принимает сигналы двух расположенных на аэродроме радиомаяков MLS, один из которых задает траекторию приближения к ВПП по углу места, а второй – по азимуту. Диаграмма направленности азимутального радиомаяка имеет ножевидную

форму (раствор диаграммы $1-2^\circ$) и за время измерения совершает два движения влево-вправо в пределах сектора от -62° до $+62^\circ$. Через антенну излучаются незатухающие колебания. Благодаря быстрому движению, на борту ЛА принимаются два импульсных сигнала. Длительность между ними пропорциональна азимуту ЛА. Аналогичные движения вверх-вниз от идеального направления совершает диаграмма направленности глассадного радиомаяка. Зона действия MLS по азимуту $\pm 62^\circ$, по углу места $0,9-20^\circ$, по дальности 37 км. Диапазон частот, выделенный для угломерных измерений, 5031,0-5090,7 МГц, для дальномерных измерений – 1000 МГц. Система MLS позволяет определять отклонение от траектории не только посадки, но также и взлета/ухода на второй круг.

В состав системы входят 2-3 приемника и антенно-фидерное устройство, включающее несколько антенн, делитель мощности и антенные усилители. Функция бортового приемника - прием и обработка сигналов азимута, угла места, а также данных, передаваемых наземной станцией MLS.

В последнее время появились многофункциональные приемники, способные принимать сигналы нескольких типов радиомаяков, например, ILS, MLS и VOR.

Радиотехническая система ближней навигации (РСБН) является аналогом систем VOR, DME. Она использовалась в СССР для навигационного обеспечения полетов по воздушным трассам, для привода ЛА в зону действия посадочных систем. Сейчас система продолжает эксплуатироваться в России наряду с международной системой VOR/DME. Радиомаяки РСБН позволяют получить информацию о полярных координатах ЛА относительно этого маяка - азимуте и наклонной дальности. По сравнению с VOR/DME система дополнительно позволяет определять азимут и дальность на земле и может использоваться для опознавания ЛА по запросу диспетчера.

Принцип действия канала измерения дальности – такой же, как у DME: с ЛА посылается запрос, от наземного оборудования поступает ответ, по величине задержки ответа относительно запроса определяется дальность. В канале измерения азимута радиомаяком излучается сигнал от вращающейся направленной антенны, а когда она проходит через направление на север, излучается дополнительный сигнал от ненаправленной антенны. Для опознавания диспетчер производит запрос по радиоканалу, в ответ на который пилот нажимает кнопку «Опознавание» и бортовая часть РСБН посылает сигнал опознавания, который диспетчер видит на экране своего индикатора в виде отметки. РСБН работает в дециметровом диапазоне: в канале азимута 873,6-1000,5 МГц, в канале запроса - 770-812,8 МГц, в канале ответа – 930,6-1000,5 МГц. Используемый диапазон волн позволяет осуществлять измерения только в пределах видимости, поэтому дальность действия системы зависит от высоты полета ЛА и составляет 50 км на высоте 250 м и 380 км на высоте 12000 м.

Кроме азимута и дальности РСБН обеспечивает прием сигналов отклонения от оси равносигнальных зон курсового и глиссадного радиомаяков, а также позывных сигналов наземных радиомаяков.

На ЛА устанавливается 1-2 комплекта РСБН, каждый включает приемопередатчик (возможно, с отдельным блоком питания) и антенно-фидерное устройство.

Спутниковая навигационная система (СНС) обеспечивает пилота и другие системы навигационными данными, полученными путем измерения сигналов от навигационных искусственных спутников Земли. СНС определяет три координаты ЛА (широту, долготу и высоту) и три составляющие вектора скорости. Для этого СНС настраивается на орбитальную группировку спутников. Благодаря использованию бортовых атомных стандартов частоты обеспечивается взаимная синхронизация навигационных радиосигналов, излучаемых орбитальной группировкой.

В настоящее время действует две спутниковых навигационных системы - ГЛОНАСС (Россия), и GPS (США), последняя известна также как Navstar (GPS-Global Positioning System, «глобальная система определения положения»); Navstar-Navigation System with Time and Ranging, «навигационная система определения времени и дальности»). В ближайшем будущем вступят в строй еще три усовершенствованные СНС, которые создаются:

в Северной Америке – Wide Area Augmentation System (WAAS);

в Европе – European Geostationary Navigation Overlay System (EGNOS) и позднее – Galileo;

в Азиатско-Тихоокеанском регионе – Multifunction Transport Satellite System (MTSAT).

Все вместе они призваны обеспечить точное самолетовождение, покрывающее без пропусков всю земную поверхность.

Программа WAAS началась в 1994 г. и к настоящему времени перешла в стадию испытаний. На первом этапе система должна обеспечить навигацию в полете и точный заход на посадку в ограниченном числе аэропортов США. Уже создано для этого 25 опорных наземных станций, 2 станции управления, 2 геосинхронных спутника связи и навигации, передатчики на 2 спутниках Inmarsat-3. WAAS охватит в будущем Канаду, страны Карибского бассейна, Мексику и Чили.

Ввод в действие системы EGNOS намечен поэтапно на 2002-2005 гг. Она расширит возможности GPS/ГЛОНАСС за счет 2 спутников Inmarsat-3 и космического корабля Artemis, обеспечивая точный заход на посадку на территорию всей Европы.

Основной геометрической характеристикой орбитальной группировки, от которой зависит точность навигации, является взаимное расположение спутников в созвездии, которое «видит» потребитель. Минимально необходимое оптимальное созвездие содержит четыре спутника: один должен

находиться в зените, три оставшиеся - равномерно разнесены по направлению вблизи горизонта.

Бортовая аппаратура СНС выполняется в виде спутникового приемника, использующего собственную миниатюрную антенну. СНС различаются по количеству каналов приема, скорости обновления данных, времени вычислений, точности и надежности определения координат. Современные приемники имеют до 15 каналов, что позволяет отслеживать практически все навигационные спутники, находящиеся в зоне радиовидимости объекта. Если число каналов меньше, чем количество «наблюдаемых» спутников, то автоматически выбирается наиболее оптимальное созвездие. Работа СНС происходит в следующей последовательности:

- поиск и вхождение в синхронизм слежения;
- выделение служебной информации;
- определение навигационных параметров.

Навигационные измерения основываются на определении дальности до спутников, координаты текущего положения которых точно известны. Определение дальности производится по измерению задержки принимаемого кода относительно аналогичного кода, формируемого в бортовой аппаратуре. Определение скорости осуществляется по измерению доплеровского смещения частоты принимаемого сигнала относительно частоты опорного генератора.

Проводимая в настоящее время модернизация СНС позволит повысить точность и надежность навигации за счет применения дифференциального режима. Дифференциальные СНС позволяют установить координаты с точностью до 5 м в динамической навигационной обстановке и до 2 м - в стационарных условиях (в пределе - до десятых долей метра), что обеспечивает инструментальную посадку самолетов по II и III категориям. Дифференциальный режим реализуется с помощью наземного контрольного спутникового приемника, называемого опорной станцией, антенна которой имеет высокоточную геодезическую привязку к местности, и линий связи этой станции с летательными аппаратами, находящимися в зоне действия системы. Поправки, вычисленные на опорной станции и передаваемые на борт ЛА, действительны только на определенном расстоянии от нее, которое и определяет зону действия дифференциальной системы. В зависимости от этого различают широкомасштабные системы WAAS (Wide Area Augmentation System) и системы локальной области LAAS (Local Area Augmentation System). Станция непрерывно отслеживает каждый видимый спутник, поскольку она должна «захватывать» навигационные сообщения раньше, чем приемники потребителей. Сравнивая известные координаты (полученные в результате прецизионной геодезической съемки) с измеренными, станция вырабатывает поправки, которые передаются потребителям по радиоканалу в заранее оговоренном формате. При этом в качестве ретрансляторов сигналов опорной станции наиболее целесообразно использовать навигационные спутники или спутники связи.

Аппаратура потребителя для дифференциального режима включает в себя спутниковый приемник с дополнительной антенной и радиоприемником, которые и позволяют получать дифференциальные поправки с опорной станции. Эти поправки автоматически вносятся в результаты собственных измерений пользовательских устройств.

Система предупреждения столкновений (СПС) определяет положение других ЛА относительно данного. Цель такой системы - избежать столкновений. Это возможно только в отношении тех ЛА, которые имеют на борту такую же систему. Поэтому США и Европа сделали наличие на борту системы СПС обязательным условием для выполнения полетов в их воздушном пространстве.

В состав системы входит вычислитель и две антенны, а при отсутствии на борту системы индикации – еще и отдельный индикатор. Антенны располагают в носовой части самолета, но по разные стороны фюзеляжа - чтобы избежать взаимных помех. Одна антенна всенаправленная и расположена под фюзеляжем. Вторая антенна, служащая для точного определения направления на другой самолет, направленная, она расположена над фюзеляжем.

Система СПС не имеет собственного передатчика и пульта управления, а использует оборудование ответчика УВД. Пеленгуя излучаемые ответчиком УВД сигналы, СПС отслеживает траектории других самолетов и оценивает исходящую от них потенциальную угрозу. Если выявляется возможность конфликта, система оповещает об этом пилота, сразу же показывая, какой маневр необходим, чтобы избежать столкновения. Так как приближающийся ЛА может предпринять маневр в ту же сторону, системы СПС двух сблизившихся ЛА координируют взаимно свои намерения.

Выдаваемая системой информация делится на две категории: о воздушном движении (traffic advisory) и командная (resolution advisory). Информация о воздушном движении включает в себе только сведения о находящихся поблизости ЛА. По каждому из них сообщается горизонтальная дальность до него, его относительная высота и пеленг. Эта информация индицируется в виде карты на экране навигационного индикатора (рис.1.3). Командная информация представляет собой инструкции в символической форме; она может быть двух видов - корректирующая и предотвращающая. Корректирующая советует предпринять какой-либо маневр, предотвращающая, напротив, показывает, какой маневр нельзя выполнять, иначе возможно столкновение. Эта информация изображается на экране пилотажного индикатора в виде полосок на шкалах скорости и вертикальной скорости. Корректирующая информация изображается полоской зеленого цвета, предотвращающая – красного цвета.

Кроме выдачи информации для индикации пилоту, СПС может предусматривать привлечение внимания пилота к опасной ситуации другими

средствами - при помощи звуковых тональных сигналов, сигнальных табло, синтезированного речевого предупреждения.

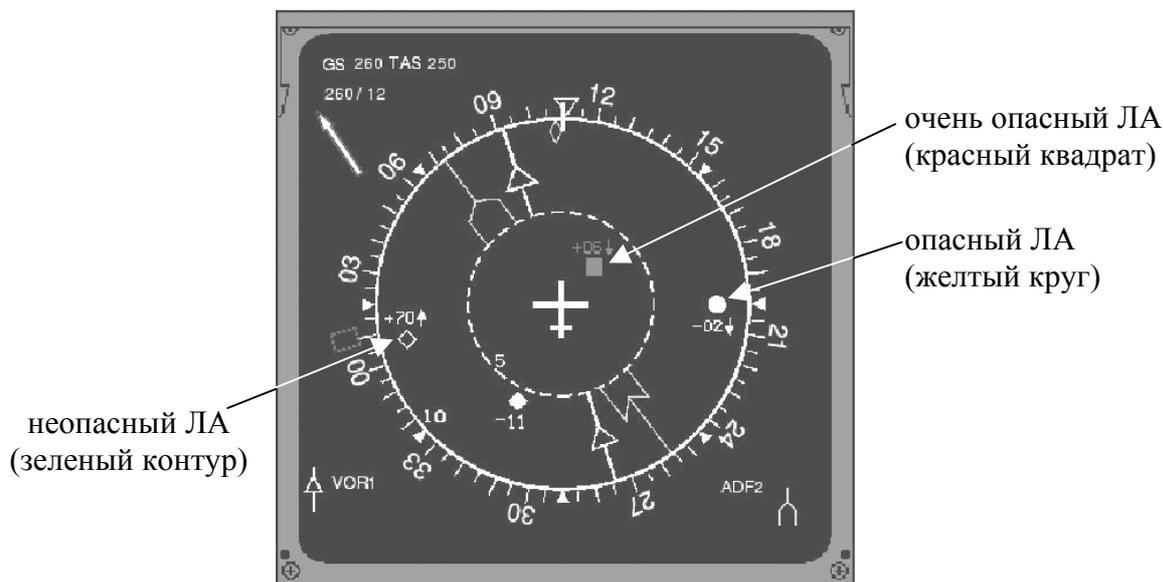


Рис.1.3. Вид экрана навигационного индикатора с данными СПС

Различают три версии СПС: TCAS I, TCAS II, TCAS III (от английского обозначения системы - Traffic Alert and Collision Avoidance System). TCAS I - самый простой вариант, предназначенный для авиации общего назначения (малой авиации). TCAS II предназначен для установки на пассажирские и транспортные самолеты. TCAS III - это дальнейшее развитие TCAS II.

Кроме перечисленных систем раньше широко применялись еще и **радиотехнические системы дальней навигации**, которые определяли географические координаты ЛА по сигналам наземных фазовых радионавигационных систем типа РСДН-20, «Omega», или импульсно-фазовых радионавигационных систем типа РСДН-3, РСДН-10, «Logan-C». Эти станции работают в диапазоне длинных волн и обеспечивают возможность определения местоположения ЛА на большом удалении от радиомаяков – в сотни и тысячи километров, т.е. по всему земному шару. Спутниковые навигационные системы постепенно вытесняют РСДН, на новых самолетах приемники РСДН уже не устанавливаются, наземные станции постепенно демонтируют.

К автономным радионавигационным системам относятся:

- радиовысотомер;
- доплеровский измеритель скорости и угла сноса;
- метеонавигационный радиолокатор.

Эти устройства не используют радиомаяки, а получают информацию из собственного радиосигнала, отраженного земной поверхностью или метеообразованиями.

Радиовысотомер (РВ) измеряет действительную (геометрическую) высоту полета. Существуют две разновидности РВ – для малых высот и для

больших. Радиовысотомер малых высот излучает радиосигнал, частота которого линейно изменяется в диапазоне 4200-4400 МГц. Отраженный землей или водой сигнал снова принимается, измеряется его частота и частота сигнала, излучаемого в этот момент. Разность частот пропорциональна расстоянию до земли. Такой метод эффективен только на малых высотах – до 1500 м. Существуют также радиовысотомеры не с частотной, а с импульсной модуляцией излучаемого сигнала (частота работы 845 МГц), способные измерять высоту в диапазоне 500-25000 м. В стандартный набор авионики ЛА они не входят.

В состав РВ входят передающая и приемная антенны, приемопередатчик, СВЧ-кабели. На ЛА устанавливают 1-3 комплекта РВ (для обеспечения надежности).

Доплеровский измеритель скорости и угла сноса (ДИСС) измеряет параметры вектора скорости ЛА: путевую скорость, то есть скорость относительно земли, и угол сноса – угол между направлением продольной оси ЛА и действительным направлением его движения. Снос ЛА вызван действием ветра.

ДИСС применяет наклонное облучение земной поверхности и определяет параметры вектора скорости по спектру частот сигнала, отраженного землей. Вследствие эффекта Доплера возникает сдвиг частот излученного и отраженного сигналов. Для повышения точности ДИСС излучает не один, а 3 или 4 луча в разных направлениях. Погрешность измерения не превышает 0,5% по скорости и $0,2^\circ$ по углу сноса. Частота работы 13325 ± 75 МГц.

В состав системы входит антенна, приемопередатчик и вычислитель, измеряющий сдвиг частот и вычисляющий по нему путевую скорость и угол сноса.

Метеонавигационная радиолокационная станция (МНРЛС) позволяет обнаружить зоны грозовой деятельности и обойти их. При наличии облачных структур на расстоянии до 200 км по курсу полета МНРЛС сигнализирует об этом пилотам. Для решения навигационных задач предусмотрен режим обзора рельефа поверхности земли. Современная усовершенствованная МНРЛС способна также обнаруживать сдвиг ветра, который представляет реальную опасность для ЛА и может привести к катастрофе.

В состав МНРЛС входят 1 или 2 приемопередатчика (если 2, то с волновым переключателем), антенный блок, волноводный тракт и пульт управления. Если на борту есть система индикации, для вывода метеоинформации используются ее индикаторы. Для этой цели в приемопередатчике предусматривается стандартный цифровой выход. При отсутствии системы индикации в состав метеорадиолокатора включается свой экраный индикатор.

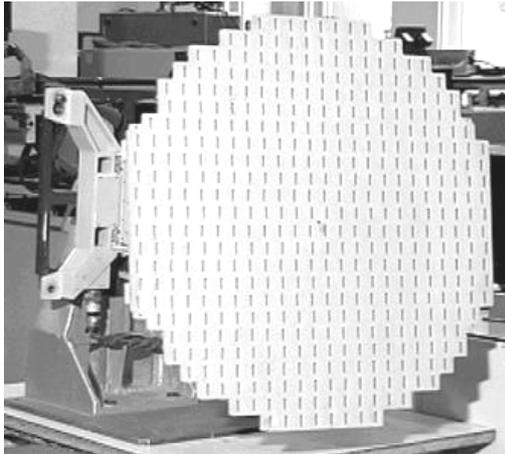


Рис.1.4. Антенный блок метеонавигационного радиолокатора

Антенный блок предназначен для излучения СВЧ-импульсов, генерируемых приемопередатчиком, в виде узкого луча вертикальной поляризации и приема отраженных сигналов. МНРЛС работает в сантиметровом диапазоне, частота излучения 9345 ± 15 МГц. Антенный блок устанавливается под радиопрозрачным обтекателем в носовом отсеке. Он состоит из волноводно-щелевой антенной решетки и электропривода с редуктором (рис.1.4). Антенная решетка сканирует влево-вправо от направления полета в диапазоне $\pm 90^\circ$, скорость сканирования не менее 15 раз в

минуту. В диапазоне сканирования метеолокатор испускает множество отдельных радиолучей (до 1024), каждый луч разбивается при приеме на множество расположенных друг за другом точек (типовое значение 256 точек, максимальное - 512) и для каждой точки измеряется уровень отраженного сигнала, который свидетельствует о наличии и плотности облаков и о турбулентности.

Приемопередатчик обрабатывает полученную информацию и выдает результаты измерений турбулентности в систему индикации. Выдаваемая информация масштабируется в зависимости от установленного на пульте управления диапазона дальности. На экране индикатора уровни отраженного сигнала изображаются точками разного цвета, обычно по мере увеличения уровня отраженного сигнала цвета располагают так: черный, зеленый, желтый, красный. Для турбулентности предусмотрен коричневый цвет, для сильной турбулентности - пурпурный. В результате точки создают на экране очертания метеообразований, расположенных в направлении полета. Как можно видеть на рис.1.5, на индикаторе видны очертания облачности, находящейся прямо по курсу полета. Более темные (красные) зоны соответствуют более опасным метеообразованиям.



Рис.1.5. Изображение на индикаторе радиолокатора

При эволюциях ЛА метеорардиолокатор стабилизирует луч антенны. Для этого он принимает информацию по углам крена и тангажа от ИНС.

Чтобы ускорить обзор пилот может с пульта управления уменьшить диапазон сканирования до $\pm 45^\circ$. Также он может задавать угол наклона антенны в пределах $\pm 15^\circ$ градусов от горизонтальной оси ЛА. Это позволяет отстроиться от помех и повысить четкость изображения, рассматривать вертикальную структуру облачности, а при наклоне антенны вниз, к земле – использовать МНРЛС для обзора рельефа земной поверхности в целях навигации.

При высоте полета 12000 м МНРЛС позволяет обнаружить грозовые образования и города на расстоянии до 550 км.

1.3. Радиосвязные системы

Радиосвязные системы предназначены для:

- двустороннего обмена информацией между экипажем ЛА и наземными радиостанциями;
- двустороннего обмена информацией между экипажем ЛА и другими ЛА;
- для внутренней связи между членами экипажа;
- для связи между экипажем и пассажирами.

В обязательный минимум радиосвязного оборудования пассажирских самолетов входят:

- радиостанция СВЧ-связи;
- радиостанция ВЧ-связи;
- радиостанция для аварийной связи.

Радиостанция СВЧ-связи предназначена для оперативной связи в пределах прямой радиовидимости (до 350 км). Она работает в диапазоне 118-137,975 МГц, шаг частоты настройки 25 кГц. Так как это основная связная система, на ЛА устанавливают 2 комплекта аппаратуры – один основной, другой резервный. Соответственно имеется две антенны, одна – верхнего расположения (на нее работает основной комплект), другая – нижнего расположения (на нее работает второй комплект).

Радиостанция ВЧ-связи (рис.1.6) предназначена для дальней связи на расстояниях до 3000 км. Диапазон частот ВЧ-связи 2-30 МГц, шаг настройки 1000 Гц (28000 каналов). На ЛА устанавливают 1 или 2 комплекта аппаратуры.

Портативная **радиостанция для аварийной связи** и подачи сигналов бедствия работает на частотах 121,5 и 243 МГц.

В приполярных и полярных районах нужна еще **радиостанция диапазона 325-530 кГц**.

Выбор радиостанции для связи и настройка ее частоты на современных ЛА производится при помощи того же многофункционального пульта

управления, который используется для настройки радионавигационных систем. Для этого в приемопередатчиках предусматривается прием стандартного цифрового последовательного кода, которым передается частота настройки от МФПУ.

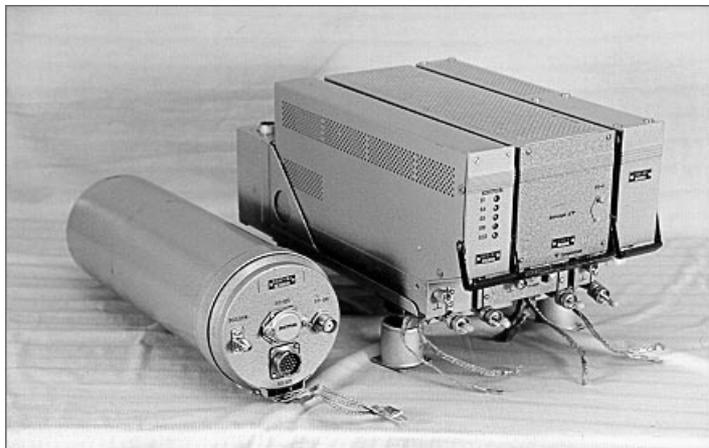


Рис.1.6. Радиостанция ВЧ-связи

На многих современных ЛА устанавливается *станция спутниковой связи*.

Спутники связи логично дополняют орбитальные группировки глобальных навигационных систем, позволяя значительно улучшить характеристики последних за счет использования систем регионального увеличения RAS (Regional Augmentation System). По широкополосному каналу этой системы осуществляется ретрансляция сигналов наземных станций СНС. Однако основное назначение спутниковой связи заключается в организации служебной связи и связи пассажиров с абонентами, находящимися вне пределов прямой радиовидимости.

Системы спутниковой связи обеспечивают высококачественную цифровую связь с высокой степенью надежности в любой точке земного шара. Летные экипажи с помощью спутниковой связи получают доступ к информации служб обеспечения полетов, в том числе к информации о метеоусловиях. Экипажи получают доступ к оперативной информации аэропортов о положении на воздушных трассах. При этом сообщения об изменениях графика движения поступают в реальном масштабе времени. С борта на землю через спутник передаются данные для управления полетом, например, о количестве топлива на борту, расчетное время прибытия, показания аппаратуры. Используя эту информацию, персонал наземных служб может лучше спланировать подготовку необходимого оборудования для минимизации времени обслуживания самолета. Важное значение имеет передача экстренных сообщений об аварийных ситуациях, попытке угона самолета и т.п. Пассажирам спутниковая связь дает возможность в полете разговаривать по телефону и посылать факсимильные сообщения или цифровые компьютерные данные в любую точку земного шара. Бортовые телекоммуникационные службы спутниковой связи позволяют осуществлять

продажу билетов и резервирование мест прямо на борту самолета, а также организовывать ряд дополнительных услуг.

Спутниковая система связи состоит из наземной станции связи, спутников и бортовой станции связи. Наземная станция выполняет функции управления системой и представляет собой «шлюз» для входа в наземные сети связи. Спутники, расположенные, как правило, на геостационарных орбитах, транслируют сигналы связи между бортовыми станциями связи и наземными станциями или между наземными станциями. Бортовые станции связываются со спутниками на частотах L-диапазона (1530-1670 МГц) и через них - с наземными станциями связи.

Бортовая станция включает систему связи салона, терминал спутниковой связи, одну или несколько антенн (для обеспечения многоканальности). Система связи салона содержит блок сопряжения с телефонами, факсимильными аппаратами и компьютерами пассажиров, с оборудованием связи кабины, с бортовым оборудованием связи, включая сопряжение с Североамериканской телефонной системой (NATS), Европейской телефонной системой связи земля - самолет (TFTS) и системой Gatelink. NATS представляет собой сотовую телефонную систему СВЧ-диапазона, TFTS является европейской сотовой телефонной системой L-диапазона, а система Gatelink - это система сопряжения со службами телекоммуникации, доступными через межсетевой интерфейс. Блок сопряжения выполняет те же функции, что и учрежденческая АТС с входящей и исходящей связью. Стандартная система связи ЛА обеспечивает гибкость в выборе типов телефонных аппаратов, факсимильных аппаратов, компьютеров и оборудования кабины, поэтому требуется еще один блок - промежуточный блок спутниковой телекоммуникации, который транслирует сигналы из блока сопряжения в формат, используемый системой спутниковой связи и передает в терминал спутниковой связи. В терминале происходит формирование сигналов для передачи речевой информации, факсимильной информации и данных, выполняются функции модуляции/демодуляции, исправления ошибок, кодирования, уплотнения, преобразование в высокочастотные сигналы с полосой частот 1626,5-1660, 5 МГц. Входные сигналы принимаются антенной системой с полосой радиочастоты 1530-1559 МГц и поступают в терминал для демодуляции.

Доступный уровень обслуживания зависит от скоростей пропускания каналов системы, которые, в свою очередь, зависят от коэффициента усиления антенной системы. Антенная система с низким коэффициентом усиления имеет одну небольшую антенну со всенаправленной диаграммой направленности. Она позволяет вести передачу данных с малой скоростью передачи (600 бит/с). Применение антенны с высоким коэффициентом усиления позволяет осуществлять высокоскоростную передачу данных, речевых и факсимильных сообщений со скоростью 21000 бит/с. Коэффициент усиления такой антенны увеличивается путем фокусирования большого количества энергии в нужном

направлении, а это означает наличие более узкого главного лепестка диаграммы направленности антенны. Следовательно, главный лепесток диаграммы направленности антенны с высоким коэффициентом усиления должен управляться и ориентироваться на спутник. Для этого терминал спутниковой связи непрерывно определяет направление на спутник. Данные углов тангажа и крена, а также курса, широты и долготы самолета терминал принимает от инерциальной навигационной системы. Положение всех спутников в системе связи хранится в его памяти. Используя данные о местоположении спутников и данные о текущем положении ЛА, терминал вычисляет направление на ближайший спутник. Данные об этом угле наведения поступают в подсистему антенны с высоким коэффициентом усиления, которая нацеливает луч в нужном направлении.

Кроме перечисленных систем на борту ЛА может устанавливаться следующая радиосвязная аппаратура:

- радиолокационный ответчик УВД;
- система селективного вызова;
- система адресной связи;
- аппаратура внутренней связи экипажа;
- усилитель связи с пассажирами.

Радиолокационный ответчик УВД предназначен для работы с наземными аэродромными и трассовыми вторичными радиолокаторами служб управления воздушным движением. В зоне действия такого радиолокатора ответчик обеспечивает автоматическую выдачу координатной отметки местоположения ЛА и информацию о высоте полета и номере (идентификаторе) ЛА. Для отечественных систем УВД ответчик передает также информацию об остатке топлива. Современные ответчики предусматривают также возможность приема информации от служб УВД для передачи ее пилотам. Частота работы в передающем режиме $1090 \pm 0,06$ МГц, в приемном – 1030 МГц.

Ответчик содержит два приемопередатчика, каждый из которых работает на верхние, нижние и килевые антенны, а также пульт управления.

Система селективного вызова позволяет осуществлять вызов конкретного самолета или вертолета с наземной станции по радиоканалу. Наземную часть системы составляют кодер (блок, осуществляющий селективную кодировку) и ВЧ- или СВЧ-передатчик. На борту устанавливается приемник, декодер и панель установки кода ЛА.

Система адресной связи использует существующее радиосвязное оборудование для передачи с самолета на землю и обратно цифробуквенной информации в формате ACARS. Существующие системы адресной связи работают в ВЧ-диапазоне. Новое поколение этих систем будет использовать СВЧ-диапазон.

Аппаратура внутренней связи обеспечивает:

- двустороннюю телефонную связь между членами экипажа;

- двустороннюю телефонную связь экипажа с бортпроводниками;
- двустороннюю телефонную связь бортпроводников между собой;
- двустороннюю радиосвязь экипажа через любую из бортовых радиостанций;
- прослушивание экипажем сигналов опознавания радионавигационных систем и звуковых сигналов маркерных радиомаяков;
- прослушивание экипажем специальных звуковых и речевых сообщений, формируемых бортовыми системами (СППЗ, КИСС и т.п.);
- звуковую сигнализацию экипажу вызова бортпроводников.

Бортовой *усилитель связи с пассажирами* обеспечивает:

- голосовую связь от пилота к экипажу и пассажирам;
- голосовую связь от бортпроводника к пассажирам;
- усиление записанных сообщений и музыки;
- тональные звонки (вызов бортпроводника, "Не курить" и т.п.).

В настоящее время в авиации внедряются глобальные телекоммуникационные сети, предназначенные для передачи цифровых данных с земли на ЛА и с ЛА на землю. Эти сети будут связывать в единое целое все составляющие гражданской авиации – находящиеся в воздухе и на земле летательные аппараты, авиакомпании, службы управления воздушным движением, службы погоды и т.д. Они будут обеспечивать связь, навигацию, управление воздушным движением. Бортовая аппаратура пополнится 1-2 *телекоммуникационными терминалами*, сигнальным табло и *маршрутизатором*. Для передачи информации с борта и приема адресованной ЛА информации будет использоваться уже имеющиеся радиостанции.

Терминал устанавливается в кабине. Он представляет собой компактный индикатор с маленьким цифробуквенным экраном и несколькими кнопками вокруг него.

Маршрутизатор устанавливается в техотсеке. Он обеспечивает включение данного ЛА в глобальную сеть. Задачей маршрутизатора является выбор самого эффективного маршрута передачи данных и выбор между всеми возможными средствами связи (ВЧ-радиостанция, СВЧ-радиостанция, терминал спутниковой связи)

С появлением такой системы изменяется общение пилота с диспетчером: вместо голосовой связи они будут обмениваться стандартными сообщениями. Предполагается, что это позволит уменьшить количество возникающих недоразумений, вызванных некачественной радиосвязью и плохим владением английским языком. Кроме того, это позволит разгрузить радиодиапазон, который в настоящее время уже переполнен. Пилот будет выбирать на своем терминале одно из 128 возможных сообщений, которое он будет посылать одним нажатием кнопки. О приходе сообщений с земли пилота предупредит сигнальное табло, а само сообщение (диспетчера или кого-то другого) пилот увидит на экране своего терминала.

Еще одна функция телекоммуникационных сетей – обеспечение *автоматического зависимого наблюдения*, то есть слежение за

летательными аппаратами с земли и с других ЛА. Приемопередатчик ЛА будет на определенной частоте раз в секунду передавать всем другим информацию о своем ЛА – его идентификатор, координаты и высоту. В то же время он будет принимать подобные же данные от всех других ЛА. Наземные центры УВД будут передавать на борт данные по тем ЛА, которые не оборудованы подобными системами. Вся эта информация поступит в маршрутизатор, а оттуда – в систему индикации, на экранах которой пилот сможет увидеть ситуацию с воздушным движением вокруг своего ЛА.

1.4. Системы автоматического пилотирования

Системы автоматического пилотирования управляют полетом самолета. Это 4 самостоятельных системы:

- автоматическая система повышения устойчивости и управляемости;
- вычислительная система управления полетом;
- вычислительная система самолетовождения;
- вычислительная система управления тягой.

Типичная схема взаимодействия систем автоматического пилотирования изображена на рис.1.7.

Автоматическая система повышения устойчивости и управляемости (АСУУ) предназначена для обеспечения требуемых характеристик управляемости самолета в ручном режиме, т.е. когда автопилот отключен. Ее функции:

- изменение загрузки рычагов управления элеронами и рулем высоты в зависимости от скоростного напора;
- ручная балансировка самолета по тангажу;
- демпфирование колебаний по курсу или по всем осям;
- изменение коэффициента передачи от педалей до руля направления в зависимости от воздушной скорости и положения закрылков;
- координация разворота, обеспечиваемая механической проводкой от элеронов к рулю направления;
- непосредственное управление подъемной силой путем управления закрылками, интерцепторами и воздушными тормозами;
- согласование отклонения элеронов и интерцепторов;
- изменение эффективности элеронов в зависимости от воздушной скорости и положения закрылков;
- ограничение отклонения закрылков в зависимости от воздушной скорости;
- ограничение отклонения руля направления по режимам полета;
- автоматическое парирование разворачивающего момента при отказе одного двигателя;
- снижение влияния турбулентности/порывов ветра;
- подавление флаттера.

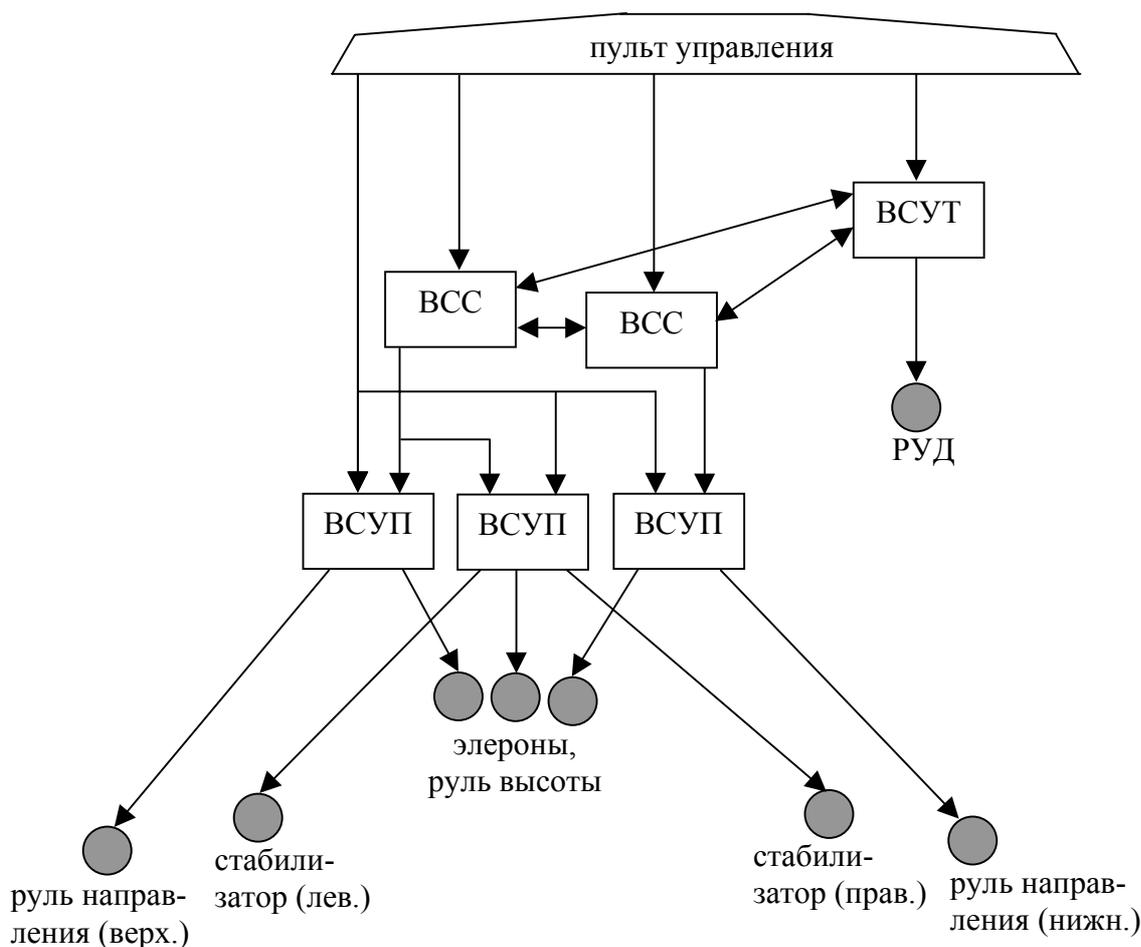


Рис.1.7. Системы автоматического пилотирования:

ВСС – вычислитель системы самолетовождения, ВСУП – вычислитель системы управления полетом, ВСУТ – вычислитель системы управления тягой, РУД – ручка управления двигателем

Состав, структура и характеристики АСУУ сильно зависят от конкретного типа ЛА. В связи с высокими требованиями по надежности система имеет несколько независимых каналов. Например, система АСПУ-204 самолета ТУ-204 содержит основной и резервный контуры. Основной контур состоит из трехкратно резервированных цифровых блоков, резервный контур обеспечивает формирование управляющих сигналов с помощью аналоговых вычислителей.

Самолет способен летать с одной только АСУУ - без трех других систем, которые, напротив, используются не в ручном, а в других режимах управления. Кроме ручного управления бывают еще автоматический, совмещенный и директорный режимы управления.

Автоматическое управление обеспечивает управление ЛА без участия пилота. При *совмещенном управлении* в управлении активно участвуют и пилот, и системы автоматического управления: измеряются усилия,

прилагаемые пилотом к штурвалу по крену и тангажу и пропорционально им формируются управляющие сигналы для достижения требуемого углового положения. В режиме *директорного управления* роль систем автоматического управления пассивная: только выдача сигналов управления по крену, тангажу и ошибки по скорости на пилотажный индикатор. А непосредственное пилотирование осуществляет пилот, пользуясь при этом подсказками систем автоматического пилотирования на пилотажном индикаторе. Кроме того может быть *режим стабилизации* какого-либо параметра – высоты, скорости, числа M , и т.д. В режиме стабилизации системы автоматического пилотирования обеспечивают выдерживание того значения параметра, которое было достигнуто в момент включения режима.

Распределение функций между системами автоматического пилотирования приведено в таблице 1.1.

Вычислительная система управления полетом (ВСУП) выполняет основные автопилотные функции и управляет автоматической посадкой самолета. Независимо от включенного режима ВСУП предотвращает выход самолета за допустимые пределы по скорости, т.е. полет со скоростью меньше минимально-допустимой и больше максимально-допустимой скорости.

Система содержит:

- от 1 до 3 вычислителей, содержащих все интерфейсные, обрабатывающие и управляющие устройства;
- пульт управления системами автоматического пилотирования;
- блок сигнализации для информирования экипажа о включенных режимах ВСУП и о рабочем состоянии систем;
- датчики усилий на штурвале (по одному на каждом штурвале) для восприятия усилий, приложенных летчиком по крену и тангажу при совмещенном управлении;
- кнопка отключения автопилота на штурвале, которая отключает сервопривод ВСУП;
- пульт состояния/техобслуживания.

Для решения задач управления система принимает информацию от систем первичной информации (ИНС, СВС), радионавигационных систем (ILS, RW, DME), самолета (положение закрылков, руля направления, элеронов, руля высоты, шасси) и других систем автоматического пилотирования (ВСС, ВСУТ, АСУУ).

Выходные управляющие сигналы ВСУП поступают на руль высоты, элероны и руль направления. Для управления используются сигналы обратной связи о положении как сервоприводов, так и самих управляющих поверхностей.

Вычислительная система управления тягой (ВСУТ) вычисляет предельную тягу, возможную для данного режима полета, и осуществляет автоматическое управление тягой двигателей по вычисленной предельной тяге или в ответ на команды других систем автоматического управления.

Таблица 1.1

Функции систем автоматического пилотирования

ФУНКЦИЯ	ВСУП	ВСС	ВСУТ
<i>Управление в боковом и продольном канале</i>			
Стабилизация углового положения (включая курс)	*		
Совмещенное управление	*		
Автоматический заход на посадку, автоматическая посадка	*		
Управление на пробеге	*		
Уход на 2-й круг	*		
Взлет	*		
Стабилизация высоты	*	*	
Стабилизация курса	*		
Выход на заданную высоту и выдерживание высоты	*	*	
Стабилизация/управление вертикальной скоростью		*	
Стабилизация/управление числом М		*	
Стабилизация/управление воздушной скоростью		*	
Смягчение турбулентности	*		
Директорное управление	*		
Управление по сигналам VOR		*	
Управление по сигналам ILS	*		
Навигация в боковой и вертикальной плоскостях		*	
Режимы улучшения полетных характеристик		*	
Экономичный режим			*
<i>Управление тягой</i>			
Вычисление предельного значения тяги			*
Ручное уменьшение предельного значения тяги			*
Автоматическое уменьшение предельного значения тяги		*	
Торможение при выравнивании	*		
Вычисление минимальной скорости (по углу атаки)	*		
Изменение положения закрылков	*		
Стабилизация/управление скоростью на посадке	*		
Стабилизация/управление скоростью в крейсерском режиме		*	
Оптимальное управление тягой		*	
Автоматическая отдача РУД		*	
Заход на посадку с торможением		*	
Управление оборотами		*	

Примечания

1) Взлет - выдача управляющих сигналов, соответствующих заданному профилю взлета на пилотажный индикатор.

2) Управление по сигналам VOR (ILS) - захват и следование по лучу VOR (по лучам ILS - курсовому и глиссадному).

3) Экономичный режим - наибольшая экономия топлива при одновременном выполнении требований навигации.

4) Автоматический заход на посадку и посадка - по лучам ILS (курсовому и глиссадному).

Исполнительный сервопривод задает двигателю нужную тягу, двигая ту же самую ручку управления двигателем (РУД), которой пользуется для этой цели пилот. В состав системы входят:

- 1-2 одинаковых вычислителя;
- пульт управления тягой, с помощью которого пилот включает режимы и функции управления тягой;
- переключатель для включения ВСУТ (на РУД);
- переключатель для включения режима ухода на второй круг;
- сервопривод;
- муфта сцепления РУД, обеспечивающая отключение сервопривода при отключении ВСУТ.

Кроме того ВСУТ использует пульт управления, блок сигнализации и пульт состояния/техобслуживания системы ВСУП. Для решения задачи управления тягой система принимает информацию от систем ИНС, СВС, РВ, от двигателя (обороты, расход топлива, отбор воздуха) и от других систем автоматического пилотирования.

Вычислительная система самолетовождения (ВСС) обеспечивает самолетовождение по оптимальным траекториям на всех фазах полета в соответствии с заложенным планом полета. Оптимизация может производиться по критериям минимума времени полета, минимальной стоимости, минимального расхода топлива или максимальной дальности полета. Для решения этой задачи ВСС формирует и выдает:

- команды траекторного наведения в вертикальной и боковой плоскости - в систему ВСУП;
- команды управления скоростью/тягой - в систему ВСУТ;
- сигналы отклонения от заданной траектории для индикации пилотам - в систему индикации.

ВСС хранит навигационную базу данных и базу характеристик ЛА. Введенный план полета и навигационные данные пролетаемого участка местности (радиомаяки, точки обязательного донесения, аэродромы и т.д.) ВСС передает в систему индикации для построения изображения схематической радионавигационной карты.

Другие функции ВСС:

- автоматический выбор и настройка бортовых радионавигационных систем на наземные радиомаяки VOR, DME, ILS, MLS, APK в соответствии с программой полета;
- инициализация инерциальных систем перед полетом (установка координат места и магнитного курса);
- расчет расстояния и времени полета до заданной точки пространства;
- расчет времени подъема/спуска до заданной высоты;
- ввод плана полета, вызов/корректировка введенного плана.

В состав системы входят 1-2 вычислителя и 1-2 пульта управления и индикации. При необходимости в состав может включаться и дополнительный накопитель для хранения баз данных. В вычислителе производится вся обработка информации, а при помощи пульта управления и индикации пилот взаимодействует с системой. Для этого пульт содержит экран и кнопочную клавиатуру. С их помощью пилот вводит план полета, производит необходимые настройки и расчеты. Пример исполнения вычислителя и пульта ВСС производства Universal Avionics показан на рис.1.8. Успехи микроэлектроники позволяют в новых ВСС встраивать вычислитель в пульт управления и индикации, не увеличивая габаритов последнего.

Для решения своих задач система принимает информацию от систем первичной информации (ИНС, СВС), радионавигационных систем (ILS, VOR, DME), электронного хронометра, а также от других систем автоматического пилотирования (ВСУП, ВСУТ). Системы ВСС нового поколения сопрягаются также со спутниковой навигационной системой, что позволяет обеспечить более высокую точность самолетовождения, чем при использовании одной только ИНС.

В перспективе ВСС должна обеспечить 4-мерное самолетовождение, то есть доставку самолета из одной точки пространства в другую в заданное время.



Рис.1.8. Вычислитель и пульт управления/индикации системы самолетовождения

1.5. Бортовые информационные системы

Бортовые информационные системы предоставляют экипажу самолета всю необходимую информацию – в визуальной, звуковой и тактильной форме. На пассажирском ЛА могут устанавливаться следующие БИС.

Система электронной индикации (СЭИ) предназначена для индикации пилотажной и навигационной информации. В состав системы входят индикаторы, от 1 до 3 вычислителей, которые часто называют *генераторами символов*, и пульта управления. Индикатор имеет экран, на котором индицируется информация, ранее представлявшаяся на шкалах отдельных

приборов. Генератор символов управляет построением изображения на индикаторе. Он принимает и обрабатывает пилотажную и навигационную информацию от различных систем ЛА – систем первичной информации (СВС, ИНС), радионавигационных систем (РВ, ILS, MLS, DME, VOR, АРК), систем автоматического пилотирования (ВСС, ВСУП, ВСУТ, АСУУ), от системы сигнализации и т.д. Пульт управления служит для связи пилота с системой, он обеспечивает выбор форматов изображения и регулирование яркости индикаторов.

Типовая структура СЭИ для ЛА с двумя пилотами изображена на рис.1.9. Перед каждым пилотом находятся два индикатора. На экране одного индицируется пилотажная информация, на экране другого – навигационная. Конкретный состав информации на экране может изменяться в зависимости от этапа полета и от того, что в данный момент интересует пилота. Для управления изображением на своих индикаторах у каждого пилота есть пульт управления. Каждый из двух основных генераторов символов управляет парой индикаторов, третий генератор символов – резервный, он участвует в работе системы только при отказе одного из основных.

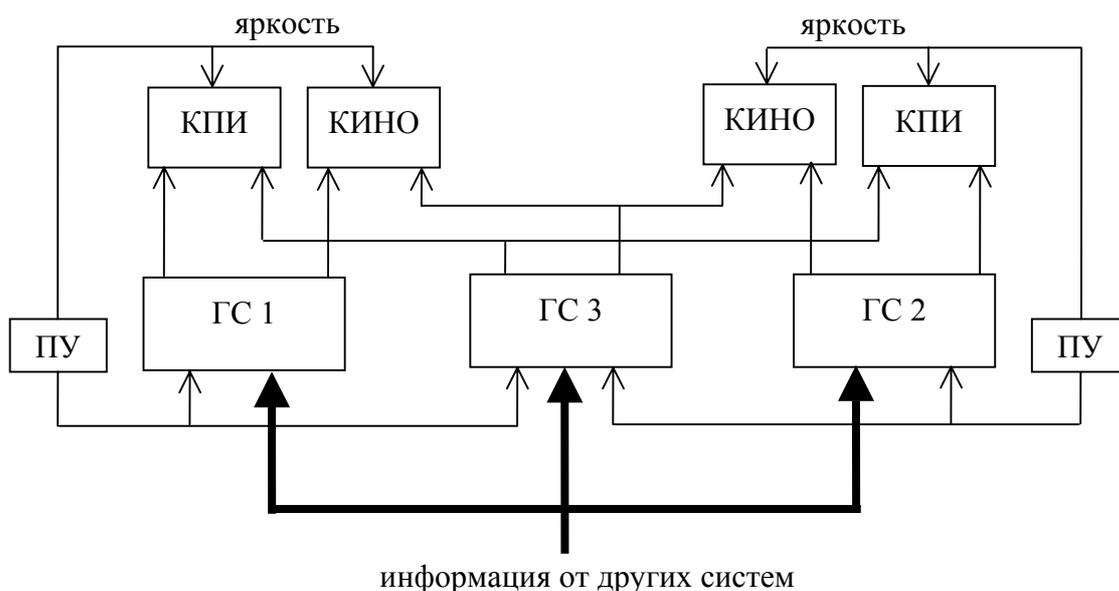


Рис.1.9. Структура системы электронной индикации:

ПУ - пульт управления, ГС - генератор символов, КПИ – комплексный пилотажный индикатор, КИНО – комплексный индикатор навигационной обстановки

Основной функцией **вычислительной системы внутрикабинной сигнализации** является предупреждение экипажа о возникновении опасностей в полете и на борту ЛА. В частности, выдается сигнализация:

- о неправильной конфигурации органов управления самолета (асимметрия закрылков, посадка с убраннным шасси и т.п.);
- о превышении максимально-допустимой скорости;

- о достижении минимальной скорости полета;
- о слишком малой высоте полета;
- о сдвиге ветра;
- о неправильной работе бортовых систем и агрегатов (пожар двигателя, отказ генератора и т.п.).

Система содержит один или два вычислителя, которые собирают информацию от различных систем/датчиков самолета и производят над этой информацией логическую обработку, выясняя, не создалась ли где-нибудь опасная ситуация. Свои сообщения система выстраивает по приоритету, привлекая внимание пилотов в первую очередь к самым опасным событиям. Эти приоритеты гибкие, они зависят от этапа полета и состояния системы, на отдельных напряженных этапах (взлет, посадка) система вообще не отвлекает пилота малозначимыми сообщениями.

Для индикации своих сообщений экипажу система содержит индикатор, способный показывать цифробуквенную информацию. Система индицирует аварийные, предупреждающие и уведомляющие сообщения, а также использует другие способы сигнализации – с помощью звуковых сигналов (звонки, гонги и т.п.), тактильных воздействий (тряска штурвала). Аварийная сигнализация выдается в ситуациях, требующих немедленного действия, а на экране имеет красный цвет. Предупреждающая сигнализация выдается в ситуациях, требующих немедленного уведомления, и на экране имеет желтый цвет. Уведомляющая сигнализация имеет цвет иной, чем аварийные и предупреждающие сигналы, обычно - зеленый.

Если на ЛА установлена система электронной индикации, то система внутрикабинной сигнализации может не содержать отдельных индикаторов, сигналы из ее вычислителей поступают в генераторы символов СЭИ, которые превращают их в сообщения на экранах своих индикаторов.

Чаще функции системы внутрикабинной сигнализации выполняет более сложная система - **комплексная информационная система сигнализации** (КИСС). Кроме сигнализации она обеспечивает пилотов информацией о параметрах и состоянии двигателей и общесамолетных (общевертолетных) систем. Такая система имеет собственные индикаторы, обычно два, на которых постоянно индицируется сигнализация и основные параметры двигателей и на которые пилот может дополнительно вызвать информацию по интересующей его системе. В состав КИСС также входят пульты управления (1-2 по количеству пилотов) и вычислители. Могут в ее состав входить и блоки-концентраторы данных, если они не выделены в отдельную систему преобразования информации. Эти блоки собирают аналоговые и дискретные сигналы от датчиков, измеряют их и преобразуют в цифровой последовательный код, который передается своим вычислителям, а также другим заинтересованным в этой информации системам.

На новом поколении ЛА системы СЭИ и КИСС объединяют в единую систему – **комплексную систему электронной индикации и сигнализации**

(КСЭИС), которая выполняет функции обеих этих систем. Такая система обладает большей гибкостью в отношении представления информации и имеет меньшие массу, габариты за счет объединения вычислителей.

Расположение основных индикаторов и пультов в кабине экипажа магистрального самолета показано на рис.1.10.

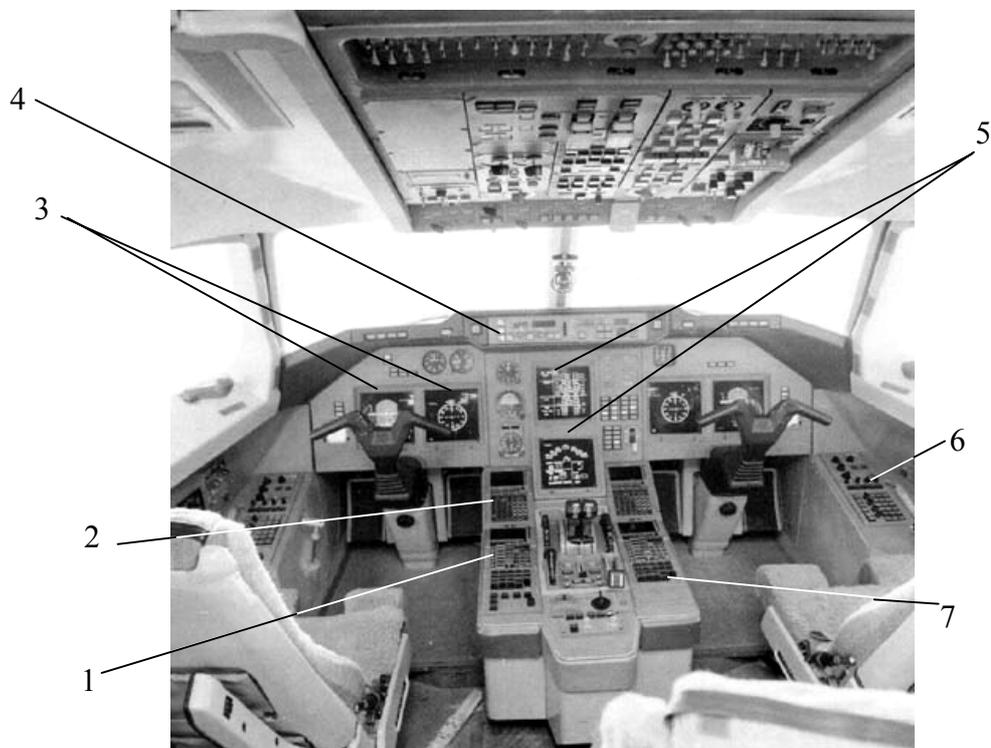


Рис.1.10. Кабина ТУ-204:

1 - пульт настройки радиосредств левого пилота, 2 - пульт управления и индикации ВСС левого пилота, 3 - индикаторы СЭИ левого пилота, 4 - пульт управления систем автоматического пилотирования, 5 - индикаторы КИСС, 6 - пульт управления СЭИ правого пилота, 7 - пульт управления КИСС правого пилота

Кроме двух основных систем индикации – СЭИ и КИСС – на современных ЛА под разными названиями (электронный портфель, персональный помощник пилота) появляются **электронные планшеты**, которые индицируют пилоту различную справочную информацию, ранее находившуюся в кабине ЛА на бумажных носителях. Такое устройство представляет собой бортовой вариант портативного компьютера laptop. Индикатор обычно имеет вид планшета с экраном (рис.1.11). Органы управления (кнопки, устройство управления курсором) располагаются вокруг экрана или же сам экран является сенсорным и тогда кнопки просто изображаются на поле экрана.

Если на ЛА нет системы самолетовождения, то в кабине может устанавливаться самостоятельный **многофункциональный пульт управления и индикации**. Он выполнен в виде единого блока, на лицевой панели которого

расположены цифробуквенная клавиатура и экран. МФПУ служит для взаимодействия пилота со многими бортовыми системами. Для этого он имеет стандартный выход, по которому передает последовательным цифровым кодом команды и набранные пилотом значения (настройки радиочастот и т.п.) в другие системы.



Рис.1.11. Электронная справочная система

Для предупреждения пилотов об опасных ситуациях наряду с системой сигнализации используется *речевой информатор*. Он воспроизводит заранее записанное речевое сообщение, относящееся к возникшей ситуации, например: «Пожар! Левый двигатель – пожар!». Современные речевые информаторы – компактные устройства, они могут встраиваться, например, в вычислитель КСЭИС.

В кабинах больших современных самолетов может устанавливаться *принтер*, который также можно отнести к классу бортовых информационных систем. Принтеры имеют связь со многими системами и обеспечивают распечатку документов различного назначения, например, полетных карт из бортовой базы данных. Простой принтер распечатывает цифробуквенную информацию на узкой бумаге, полноформатный позволяет распечатывать и цифробуквенную и графическую информацию на бумаге формата А4.

К бортовым информационным системам можно отнести и появившиеся недавно системы, предоставляющие различную информацию и услуги пассажирам самолетов. Они получили название *систем развлечения пассажиров* (In-flight entertainment system). В спинки кресел или в подлокотники монтируются терминалы, имеющие экран и необходимые органы управления (или сенсорные экраны, как, например, в случае, показанном на рис.1.12). На этих терминалах демонстрируются фильмы, можно получить информацию о маршруте и прохождении полета, с их помощью и при посредстве спутниковых систем связи можно подключиться в полете к Интернет.

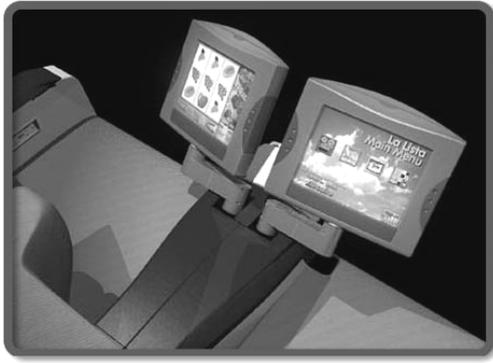


Рис.1.12. Терминалы на ручках пассажирских кресел

1.6. Прочие пилотажно-навигационные системы

Система предупреждения приближения земли (СППЗ) предупреждает экипаж об опасности столкновения ЛА с земной поверхностью. Система непрерывно анализирует положение ЛА относительно земли с целью выявления опасной тенденции и заблаговременного предупреждения экипажа в следующих случаях:

- когда ЛА приближается к поверхности земли слишком близко или слишком быстро;

- при потере высоты на взлете или при уходе на второй круг;

- при полете вблизи земной поверхности в непосадочной конфигурации (не выпущено шасси, закрылки не в посадочном положении);

- при отклонении вниз от глиссады на этапе захода на посадку.

СППЗ не имеет собственных датчиков и пользуется информацией систем первичной информации и радионавигационных систем – СВС, РВ, ILS, MLS, ИНС. Конструктивно система представляет собой один электронный блок. При возникновении опасной ситуации этот блок выдает в систему индикации предупреждающий сигнал для индикации пилотам соответствующего сообщения, а также выдает в аппаратуру внутренней связи предусмотренное для этого случая речевое предупреждение, например, «Земля, тяни вверх!».

Если на борту нет единой системы индикации, в состав СППЗ может включаться свой индикатор и пульт управления.

опасные возвышенности рельефа изображаются красным цветом

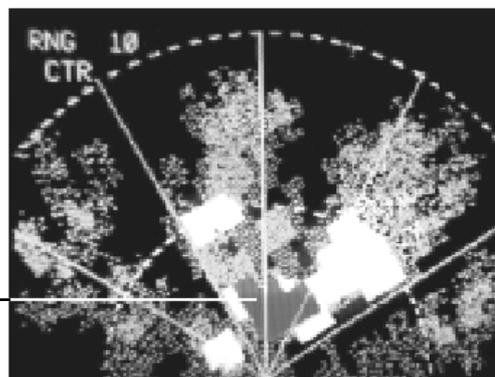


Рис.1.13. Изображение рельефа на экране индикатора

Новое поколение систем предупреждения приближения земли, получившее обозначение EGPWS (Enhanced Ground Proximity Warning System), использует не только информацию бортовых датчиков, но и цифровую базу данных о рельефе пролетаемой местности. Это позволяет определить угрозу столкновения заранее, еще до подлета к возвышенности рельефа. Кроме того, такая система выдает изображение рельефа на индикатор (рис.1.13), чем облегчает пилоту управление ЛА в условиях ограниченной видимости и ночью.

Система предупреждения критических режимов (СПКР) сигнализирует о достижении эксплуатационных пределов ЛА:

- по вертикальной перегрузке;
- по углу атаки;
- по минимальной и максимальной скоростям полета;
- по углу крена.

Кроме того, система может осуществлять:

- контроль при разбеге, своевременно предупреждая пилота о том что располагаемая длина взлетно-посадочной полосы не позволяет откладывать решение и необходимо либо взлетать, либо прекратить разбег;
- контроль эшелона, сигнализируя пилоту об отклонении от заданной высоты полета;
- сигнализацию о сдвиге ветра.

Подобно системе СППЗ она не имеет собственных датчиков и получает необходимые ей данные от других систем. В состав системы входят два одинаковых вычислителя, независимо обрабатывающих информацию и выдающих предупреждающие сигналы в систему электронной индикации.

Система предупреждения о грозе способна улавливать разряды молний и индицировать их пилоту. Наиболее часто используемая система такого типа – *Stormscope* фирмы BFGoodrich. Это пассивная система, измеряющая электрические разряды на расстоянии до 350 км. Система определяет азимут и дальность до зафиксированного места разряда. Изображение этой информации на экране навигационного индикатора (рис.1.14) помогает пилоту своевременно опознать начинающуюся грозу и обойти ее стороной. В состав системы входят индикатор (если на борту нет системы индикации) и приемник - в виде отдельного блока или в виде платы, встраиваемой в какой-либо другой блок.

Система предупреждения о сдвиге ветра анализирует движение самолета относительно воздуха, определяет условия сдвига ветра и предупреждает об этом пилота. Система содержит вычислитель, а если на ЛА нет системы индикации, то еще и дисплей. На отечественных ЛА таких систем нет, ее функции выполняет СПКР.

Электронный хронометр служит для обеспечения данными точного времени как самих пилотов, так и других систем самолета, например, ВСС. Он содержит прецизионный кварцевый генератор, вырабатывающий импульсы с высокой стабильностью частоты повторения. Текущие время и дата

индицируются на циферблате/экране хронометра и одновременно выдаются последовательным кодом бортовым потребителям. Хронометр также используется пилотами для измерения интервалов времени (секундомер), оповещения о наступлении заданного момента (таймер) и для измерения/индикации продолжительности полета.



Рис.1.14. Изображение от системы предупреждения о грозе

Система сбора и локализации отказов (ССЛО) служит для организации технического обслуживания ЛА. В полете система фиксирует все происходящие неисправности и сохраняет их в энергонезависимой памяти, а на земле индицирует обслуживающему персоналу. Перед полетом система организует контроль бортовых электронных систем. По ее команде системы проводят самоконтроль и обмениваются тестовой информацией. ССЛО собирает все результаты, анализирует и обобщает их, после чего выдает их для индикации системам индикации и сигнализации. Система позволяет определить неисправность бортового оборудования с точностью до сменного блока. Конструктивно ССЛО выполняется в виде моноблока, содержащего и вычислитель, и встроенный цифробуквенный экран, на котором она индицирует сообщения об отказах техническому персоналу.

1.7. Состав и структура авионики пассажирского самолета

Состав и структура авионики пассажирского магистрального самолета изображены на рис.1.15 (информационные связи показаны одинарными стрелками, управляющие – двойными). Экипаж при помощи расположенных в кабине органов управления (рычагов, рукояток, переключателей, кнопок и т.д) и многофункциональных пультов управляет самолетом, его двигателями и общесамолетными системами.

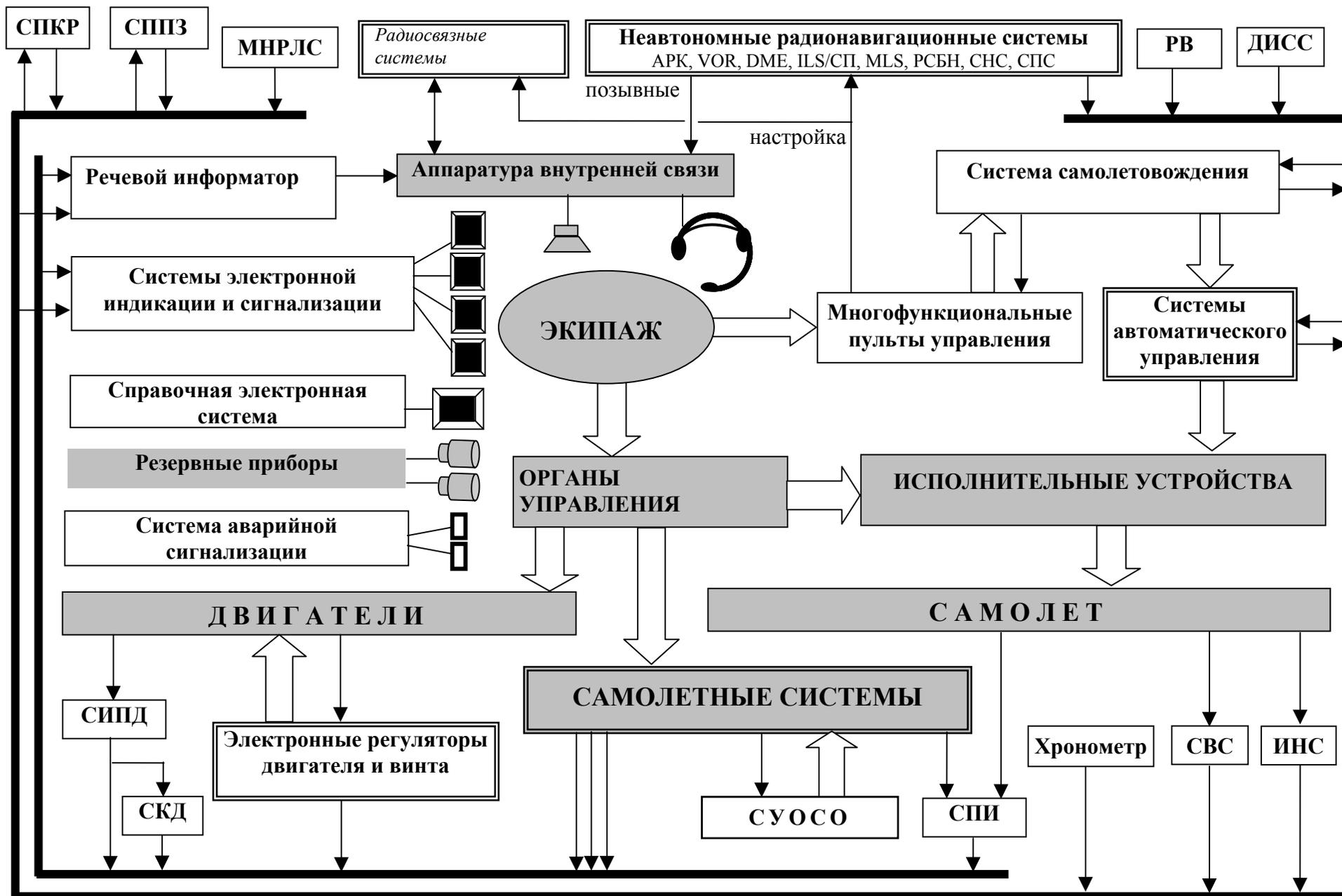


Рис.1.15. Авионика пассажирского самолета

Контур управления самолетом включает инерциальную навигационную систему (ИНС) и систему воздушных сигналов (СВС), которые измеряют параметры полета и передают их в систему электронной индикации. С помощью этой информации пилот осуществляет управление самолетом. Имеется также автоматический контур управления, включающий систему самолетовождения и системы автоматического управления полетом и тягой.

Контур управления двигателем включает систему измерения параметров двигателя (СИПД), которая также передает свою информацию в систему индикации. Пилот контролирует параметры двигателя на индикаторе системы. Кроме того, на самолете может устанавливаться специальная вычислительная система контроля двигателя (СКД), которая осуществляет предварительную обработку информации двигателей и сигнализирует пилоту с помощью той же системы индикации о достижении параметрами предельно-допустимых значений. Автоматическое управление двигателем осуществляют электронные регуляторы двигателя и винта (если самолет турбовинтовой).

Контур управления общесамолетными системами включает систему преобразования информации (СПИ), которая измеряет параметры общесамолетных систем и передает их в систему индикации для представления пилоту. На современных ЛА часто управление этими системами автоматизируется, для чего устанавливается специальная система управления общесамолетным оборудованием (СУОСО).

Все радионавигационные системы, неавтономные и автономные (МНРЛС – метеонавигационная радиолокационная станция, РВ – радиовысотомер, ДИСС – доплеровский измеритель скорости и угла сноса), используя свои антенно-фидерные системы, собирают навигационную информацию. Эта информация вместе с данными СВС, ИНС создает поток пилотажно-навигационной информации, которой пользуются системы верхнего уровня – системы автоматического пилотирования, бортовые информационные системы, вычислительные системы предупреждения о критических режимах (СПКР) и предупреждения о приближении земли (СППЗ). Причем системы автоматического пилотирования, СПКР и СППЗ пополняют этот поток информации своими данными.

Другой поток информации образует информация общесамолетных систем и двигателей. Оба информационных потока поступают в системы электронной индикации и сигнализации, которые принимают, обрабатывают и индицируют пилоту всю необходимую ему информацию. При наличии на борту единой комплексной системы электронной индикации и сигнализации (КСЭИС) именно она служит приемником всей информации. В качестве резерва на случай отказа основной системы индикации/сигнализации на борту ЛА могут устанавливаться резервные электромеханические приборы и система аварийной сигнализации, включающая при возникновении опасных ситуаций светосигнальные табло.

1.8. Авионика военных самолетов

Радиоэлектронное оборудование военных ЛА дополнительно включает ряд систем, предназначенных для ведения боевых действий - атаки, обороны и разведки. К этой группе относятся:

- обзорная радиолокационная станция;
- инфракрасная система переднего обзора / инфракрасная система поиска и слежения;
- теплопеленгатор;
- лазерный дальномер;
- компьютеры, осуществляющие слежение и прицеливание;
- комплекс электронного противодействия/обороны, включающий станцию предупреждения о радиолокационном облучении, радиолокационную станцию заднего обзора, средства электронной борьбы и средства разбрасывания помех.

Радиосвязное оборудование военных ЛА дополнительно имеет:

- терминал защищенного обмена тактическими данными, который в реальном масштабе времени связывает ЛА с самолетами дальнего радиолокационного обзора (AWACS), другими ЛА из своей группы, различными наземными и морскими абонентами (например, данные, полученные радаром одного самолета могут в реальном времени транслироваться другим самолетам группы, идущим в режиме радиомолчания);
- систему опознавания «свой-чужой».

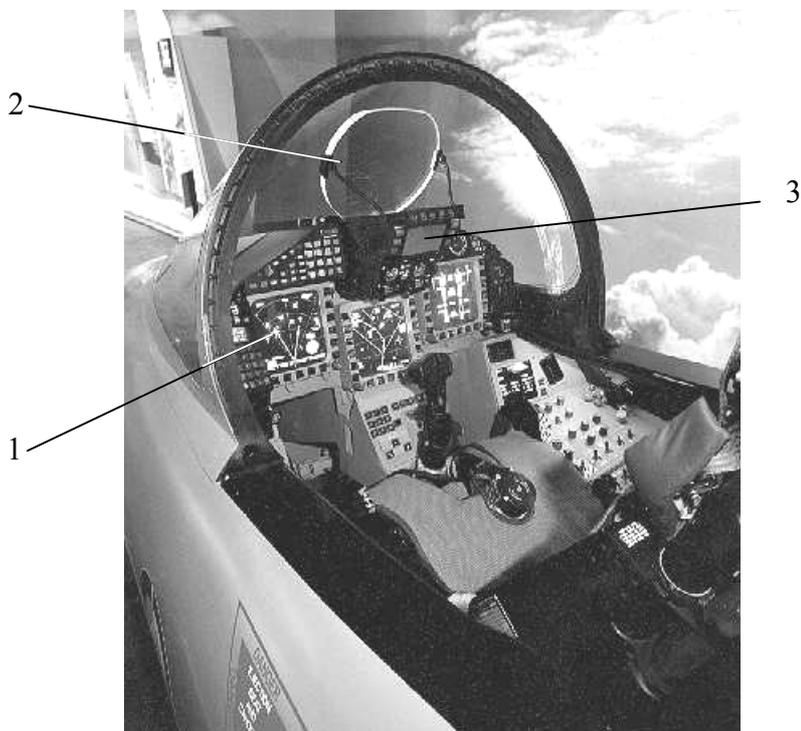


Рис.1.16. Кабина истребителя Eurofighter:

1 - многофункциональный индикатор, 2 - экран ИЛС, 3 - многофункциональный пульт управления

ВЧ/СВЧ-радиостанция военного ЛА обеспечивает защищенный речевой обмен.

Кроме упоминавшихся выше бортовых информационных систем на военных ЛА могут устанавливаться следующие системы этого класса:

- индикатор на лобовом стекле;
- нашлемную систему индикации;
- речевую командную систему.

Индикатор на лобовом стекле (ИЛС) устанавливается перед пилотом (рис.1.16) и имеет прозрачный экран, на который проецируется пилотажная и прицельная информация. Благодаря своей прозрачности он не мешает пилоту наблюдать окружающее пространство – символы просто накладываются на изображение внешнего мира.

Нашлемная система индикации выполняет подобную же функцию, но в отличие от ИЛС экран системы (визор) прикреплен не к корпусу ЛА, а прямо к защитному шлему пилота (рис.1.17). Проецируемая на визор символьная информация постоянно находится перед глазами пилота – куда бы он ни смотрел.

Речевая командная система воспринимает речевые команды пилота и способна управлять индикацией, настройкой радиоканалов, выбором режимов работы бортовых систем и т.п. Она также может по запросу пилота сообщать ему текущие параметры полета – скорость, высоту, запас топлива.

Наличие такой системы позволяет повысить эффективность управления, сделать его более естественным и простым. Пилоту не приходится отрывать руки от ручек управления ЛА чтобы задать тот или иной режим, не нужно опускать голову, чтобы считать значение параметра с индикатора на приборной доске, а значит он может сосредоточиться на пилотировании и выполнении боевой задачи.



Рис.1.17. Нашлемная система индикации