

Проектирование, сертификация и постановка на серийное производство комплекса систем управления полетом для самолета Ан-148

Коллективом Московского института электромеханики и автоматики (МИЭА) разработан комплекс систем управления полетом для регионального самолета Ан-148 в составе :

- электродистанционной системы управления – ЭДСУ-148;
- системы автоматического управления – САУ-148;
- вычислительной системы самолетовождения – ВСС-100.

Совокупность этих систем обеспечивает комфортное и безопасное управление самолетом экипажу из двух пилотов и делает возможным выполнение полета в автоматическом режиме от взлета до посадки.

Системы прошли полный цикл сертификации и имеют Одобрение АР МАК.

ЭДСУ-148

Основой системы штурвального управления самолета Ан-148 является четырехкратно резервированная цифровая электродистанционная система управления (ЭДСУ) обеспечивающая основной режим управления.

ЭДСУ осуществляет :

- следящее управление секциями руля высоты (РВ), элеронами, рулем направления (РН) и многофункциональными интерцепторами;
- позиционное управление тормозными интерцепторами;
- выполнение функции демпферов тангажа, крена и рыскания;
- выполнение функции ограничения предельных режимов;
- выполнение функции компенсации асимметрии тяги;
- выполнение команд САУ.

Применение ЭДСУ позволяет обеспечить идентичные пилотажные характеристики всех модификаций самолетов семейства Ан-148 путем модификации программного обеспечения вычислителя ЭДСУ.

В основу построения системы заложены следующие основные принципы:

- полностью цифровая резервированная электродистанционная система в основном контуре;
- отсутствие межмашинного обмена, что уменьшает запаздывание в трактах управляющих сигналов;

- конвейерная обработка информации, также снижающая запаздывание в трактах и позволяющая повысить отказобезопасность;
- построение входной части системы с использованием принципа кворумирования, а вычислительной части и привода по принципу «канал-модель» в каждом из резервируемых каналов;
- размещение аппаратуры в двух идентичных контейнерах, что повышает безопасность полета при различных повреждениях;
- обеспечение эксплуатации системы без использования внешней контрольно-проверочной аппаратуры;
- автоматизированная настройка системы при замене ее составных частей, а также при необходимости компенсации разброса установки исполнительных приводов и датчиков.

Основой системы являются два вычислительных контейнера содержащие устройства:

- контроля датчиков (УКД);
- вычислительное (УВ);
- управления приводом (УУП);
- электропитания (УП);
- управления триммером и балансировкой (УТБ);
- контроля (УК);
- преобразования сигналов (УПС).

Кроме того в состав системы входят датчики линейных ускорений, угловых скоростей датчики положения и рулевые машины.

Каждый контейнер включают в себя два набора устройств, кроме устройства контроля, образуя четырехканальную резервированную систему, работающую:

- до отказа последнего резерва приводов;
- до 4-го отказа вычислительных устройств;
- до 3-го отказа датчиков первичной информации,

что обеспечивает «равнопрочность» системы с позиции безотказности в каждом сечении системы.

Программное обеспечение системы позволяет при установке на самолет по команде юстировщика автоматически выбрать и установить поправки компенсирующие производственный разброс изготовления, установки и регулировки механических устройств (датчиков, приводов). В процессе эксплуатации воздушного судна в случае замены комплектующих устройств регулировка системы производится аналогичным образом, без использования контрольно-проверочной аппаратуры, что значительно снижает время на восстановительные работы.

На лицевой панели контейнера расположена строка из 12 цифробуквенных индикаторов и вертикальный ряд кнопок обеспечивающие выполнение режимов настройки, предполетного контроля и углубленной диагностики состояния системы.

Обмен информацией с взаимодействующими системами (САУ, СУОС, КСЭИС и т.д.) осуществляется в соответствии с ARINC-429.

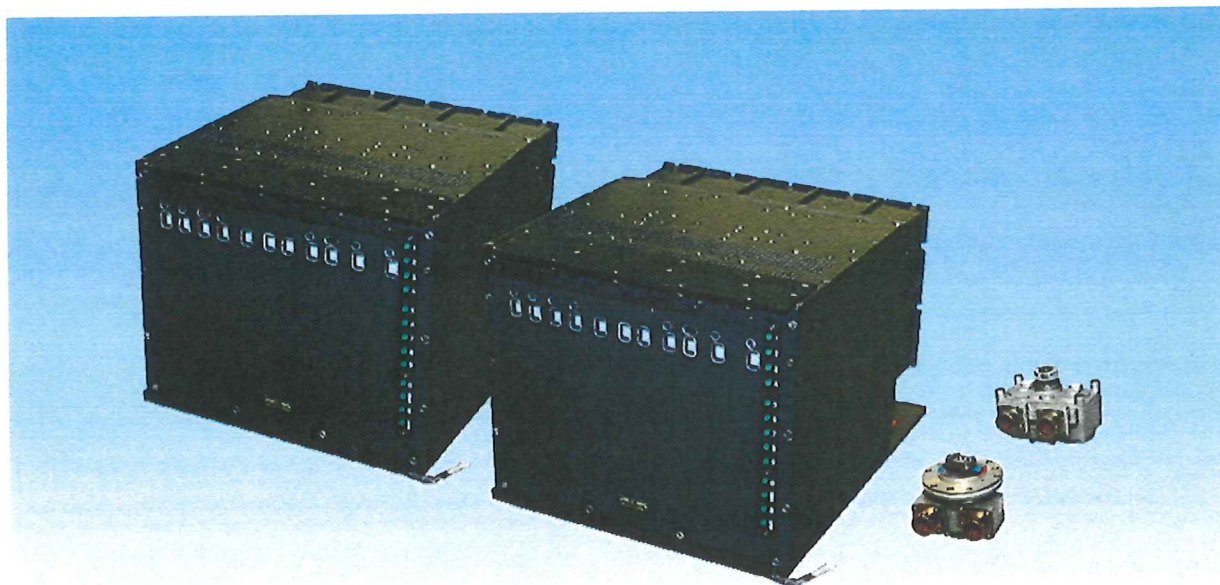


Рисунок 1 – Внешний вид ЭДСУ-148

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Интерфейс: последовательный биполярный код по ARINC 429 (10вход/3выход);	
- аналоговые сигналы	(37вход/12выход);
- разовые команды	(90вход/24выход)
Напряжение питания	27В и 115В, 400 Гц
Потребляемая мощность	
- по цепи 27 В, не более	920Вт
- по цепи 115 В, не более	200 ВА
Масса, не более	70 кг
Соответствует DO-160, КТ-178А (DO-178А)	

САУ-148

Система автоматического управления САУ-148 является единой интегрированной системой управления полетом и тягой. Ресурсы и надежность системы обеспечивают автоматизацию полета от взлета до посадки по категории IIIA ICAO.

Система состоит из двух сдвоенных вычислительных блоков и пульта управления, выполненного по двухканальной схеме, что обеспечивает высокую отказоустойчивость.

Во взаимодействии с другими системами пилотажно-навигационного комплекса и самолетным оборудованием САУ-148 обеспечивает:

- стабилизацию углов курса, крена, наклона траектории и совмещенное управление – маневрирование (при наличии отклонений штурвала (колонки));
- автоматическую стабилизацию барометрической высоты;
- автоматическое управление в режиме «Стабилизация и управление V_y »;
- автоматическое управление в режиме «Стабилизация и управление Θ »;
- автоматическое управление в режиме «Выход на заданный эшелон»;
- автоматическое управление в режиме «Заданный путевой угол/курс»;
- автоматическое управление по командам от ВСС в режимах «Горизонтальная навигация» и «Вертикальная навигация»;
- автоматический или директорный заход на посадку по I и II категории по маякам ILS;
- автоматический заход и посадку по IIIA категории по маякам ILS;
- директорный заход на посадку по обратному излучению курсового маяка типа ILS;
- уход на второй круг с любой точки траектории посадки вплоть до касания ВПП;
- взлет (директорное управление в боковом канале на разбеге, в боковом и продольном каналах на воздушном участке);
- предотвращение выхода за допустимые пределы параметров полета по скорости, перегрузке, углам крена и тангажа при автоматическом управлении;
- о готовности бортовой аппаратуры к выполнению посадки по I, II и III категориям посадки;
- формирование и выдачу сигналов о предельных отклонениях от расчетной траектории снижения при заходе на посадку;
- формирование и выдачу сигналов для представления экипажу и обслуживающему персоналу информации о включенных режимах управления, состоянии собственной аппаратуры и смежных систем.

При создании системы использован большой опыт накопленный в процессе разработки и эксплуатации систем автоматического управления самолетов Ил-96 и Ту-204. Большое внимание уделено комфорту пассажиров – по рекомендациям авиакомпаний специальным образом подобраны характеристики угловых скоростей и перегрузок маневрирования в автоматических режимах.

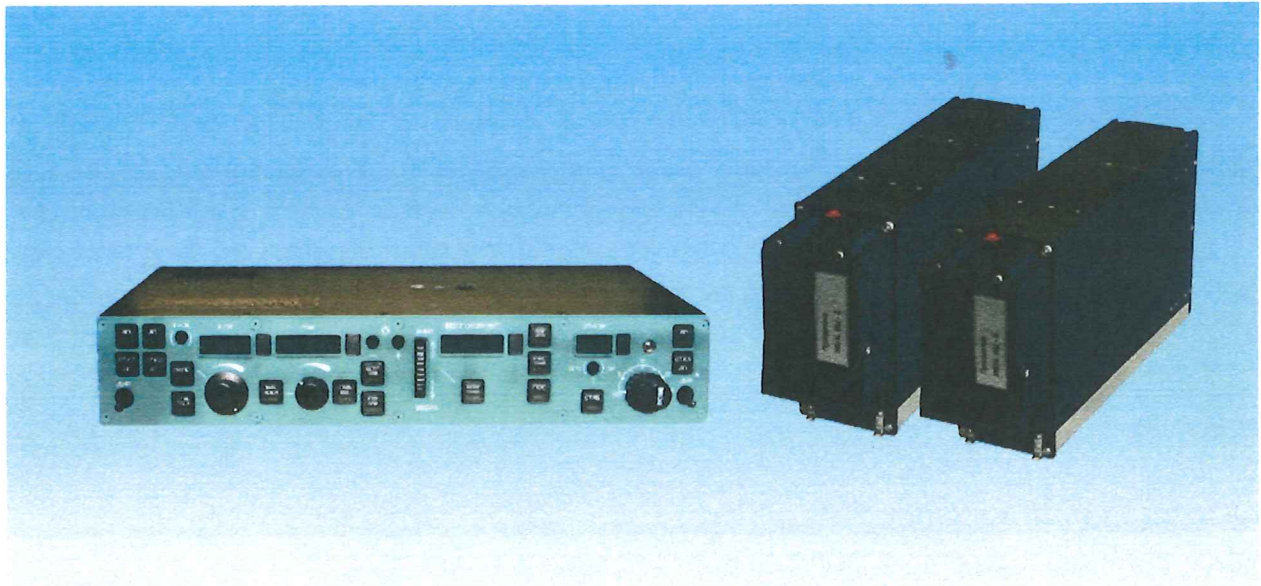


Рисунок 2 – Внешний вид САУ-148

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Интерфейс:- последовательный биполярный код по ARINC 429 Вход(8×2)/Выход(4×2)

- аналоговые сигналы Вход(24×2)/Выход(6×2)

- разовые команды Вход(42×2)/Выход(12×2)

- последовательный код по RS232 (2×2)

Напряжение питания + 27 В и 6 В, 400 Гц

Потребляемая мощность

- по цепи 27 В, не более 80 Вт

- по цепи 6 В 0,1 ВА

Масса, не более 14,7 кг

Соответствует DO-160, КТ-178А (DO-178А)

ВСС-100

Вычислительная система самолетовождения ВСС-100 предназначена для обеспечения полетов по отечественным и зарубежным авиатрассам с выполнением действующих и перспективных норм самолетовождения с учетом рекомендаций ARINC-702A. Система позволяет решать задачи автоматического управления полетом в четырехмерном пространстве с выполнением требований точной зональной навигации.

ВСС-100 является двухканальной резервированной системой состоящей из двух пультов управления и двух вычислителей ВЦ-3. Для обеспечения синхронной работы каналов системы используется два уровня межмашинного обмена. Обмен между пультами управления при настройке радиотехнических систем навигации и посадки и радиосвязного оборудования по ARINC-429. Обмен между вычислителями: для синхронизации заданных режимов работы - по ARINC-429, для синхронизации планов полета и баз данных - по ARINC-646 (Ethernet).

ВСС -100 обеспечивает решение следующих основных задач:

- непрерывное автоматическое определение и индикацию текущих координат местоположения самолета, курса и скорости полета в режиме комплексной обработки информации по данным ИНС, СНС, СВС, VOR, DME, РСБН с учетом состояния систем на всех этапах полета;
- ввод и хранение стандартной всемирной аэронавигационной базы данных;
- ввод и хранение базы данных маршрутов авиакомпании;
- ввод и хранение базы данных ЛТХ самолета;
- создание собственной пользовательской базы данных (ППМ-100, Маршруты-20, Аэродромы-9);
- формирование двух планов полета с использованием баз данных;
- маневрирование в зоне аэродрома по схемам SID/STAR/APPROACH с использованием всех процедур предусмотренных ARINC-424;
- расчет взлетно-посадочных характеристик;
- формирование и выдача управляющих сигналов в САУ и информационных сигналов на КСЭИС для обеспечения самолетовождения в горизонтальной и вертикальной плоскостях на всех этапах полета;
- автоматическая передача управления САУ в режиме «посадка»;
- решение топливно-временной задачи и задач оптимизации режимов полета;
- обеспечение автоматической и ручной настройки радиотехнических систем навигации и посадки;
- обеспечение ручной и автоматизированной (по предустановленным частотам) настройки средств связи;
- обеспечение обмена данными в системе ACARS;
- определение собственных отказов и взаимодействующих систем с выдачей в бортовую систему технического обслуживания и

- сохранением информации об отказах за 10 последних полетов с возможностью их просмотра;
- формирование и выдача в КСЭИС для индикации: аэронавигационных карт по плану и профилю полета, схем SID/STAR, APPROACH.

Ввод и хранение баз данных осуществляется с помощью CompactFlash объемом 1Гбайт устройство для работы с которой встроено в каждый вычислитель системы.

Реализованные в программном обеспечении системы алгоритмы комплексной обработки информации (КОИ) обеспечивают получение наивысшей точности навигационных определений в зависимости от состояния радионавигационного поля. Важное место в общей структуре КОИ занимает система контроля, которая помимо традиционных средств (проверка на допуск, мажоритарный контроль) использует параметральный контроль основанный на методах математической статистики. Реализованная система контроля позволяет выявить ухудшение характеристик системы, провести реконфигурацию входного навигационного вектора и в случае невозможности дальнейшего использования навигационной информации выдать сообщение экипажу с указанием времени выхода за заданные границы точности. В случае пропадания корректирующей информации (СНС, РТС) реализуется режим «прогноз» позволяющий обеспечить точность навигационных параметров на уровне RNP1 в течении 20 минут.

ВСС-100 первая среди отечественных систем самолетовождения, которая обеспечивает расчет данных взлета и посадки(массы, скорости, дистанции, градиенты), также впервые в отечественной практике реализована возможность редактировать план полета с помощью экрана КСЭИС и пульта управления курсором.

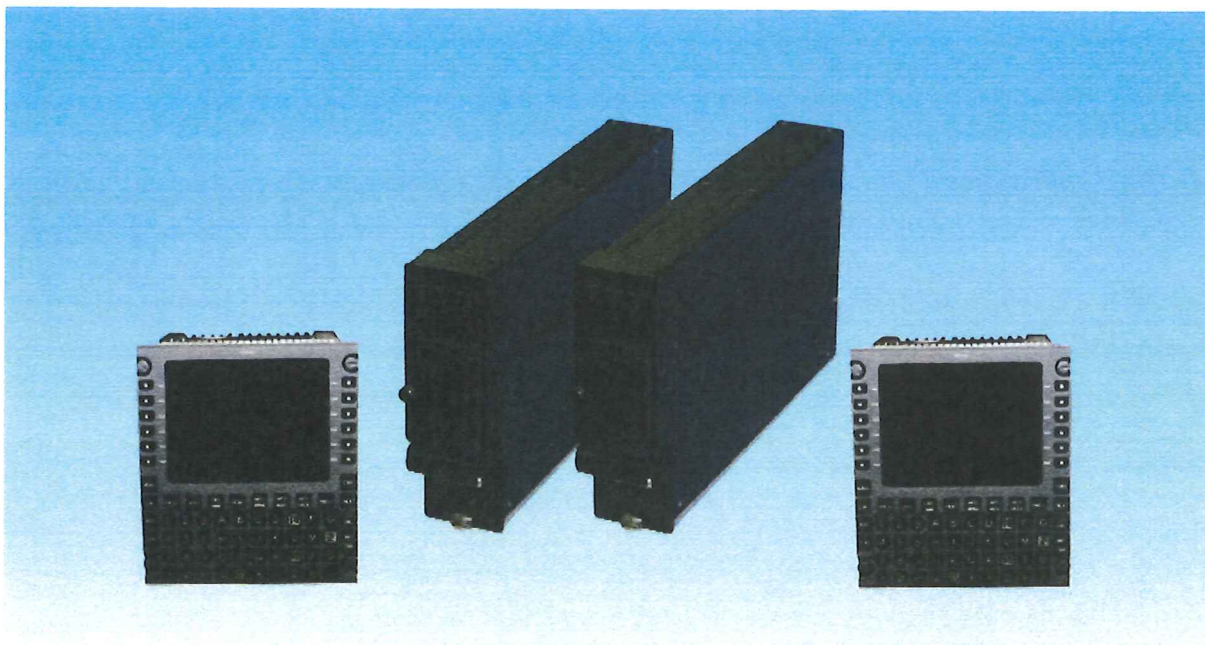


Рисунок 3 – Внешний вид ВСС-100

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Интерфейс: последовательный биполярный код по ARINC 429 (32вход/10выход);	
- разовые команды	(8вход/8выход);
- CompactFlash	(1)
Напряжение питания	27В
Потребляемая мощность	
- по цепи 27 В, не более	140 Вт
Масса, не более	11 кг
Соответствует DO-160, КТ-178А (DO-178А)	

На предприятии налажен серийный выпуск систем. Получено Свидетельство об одобрении производства АР МАК № ОП 65-ПКИ. В настоящее время системы эксплуатируются на 20 самолетах в АК «Россия», СЛО «Россия», АК «Полет», АК «Ангара», АК «МАУ» (Украина), АК «Cubana» (Куба), АК «AirKoryo» (КНДР).

Суммарный налет самолетов Ан-148 превышает 60 тысяч часов. В процессе эксплуатации подтверждены заявленные технические характеристики систем.

Модификации систем САУ-148 и ВСС-100 установлены на самолет Ту-204СМ.

Накопленный научно-технический опыт используется при разработке аналогичных систем для самолета МС-21.