

Бортовые автоматические системы управления

Юков М.С.

Научный руководитель: Астапов В.Н.

«Самарский государственный технический университет», Самара, Россия

Аннотация

Современные аналоговые САУ предназначены для повышения эффективности использования воздушного судна, облегчения работы экипажа, обеспечения высокого уровня регулярности и безопасности полетов на всех этапах полета от взлета до посадки в нормальных и сложных метеорологических условиях. В работе рассматриваются некоторые виды систем управления, особенность АБСУ как систем нового поколения, функции АБСУ, принцип работы, принцип размещения приборов и система управления АБСУ-154, навигационный комплекс и другие отличительной особенностью системы управления. Также проанализирована одна из самых распространенных аналоговых систем АБСУ-154.

Ключевые слова: САУ, системы управления, навигационный комплекс, ботовая система управления, автоматизация.

Onboard automatic control systems

Yukov M. S.

Supervisor: Astapov V. N.

Samara state technical University, Samara, Russia

Annotation. Modern analog ACS are designed to improve the efficiency of aircraft use, facilitate the work of the crew, ensure a high level of regularity and safety of flights at all stages of flight from takeoff to landing in normal and difficult meteorological conditions. The work examines some types of control systems, the peculiarity of the ABSU as a new generation system, the functions of the ABSU, the principle of operation, the principle of the placement of devices and the control system of the ABSU-154, the navigation complex and other distinctive feature of the control system. Also analyzed is one of the most common analog systems ABSU-154.

Key words: ACS, control systems, navigation complex, bot control system, automation.

Введение

Современным отечественным аналоговым бортовым САУ 20...25 лет. Опыт эксплуатации этой системы позволил разработать более совершенные системы: АБСУ-154 (Ту-154), АБСУ-134 (Ту-134), САУ-42 (ЯК-42), САУ-28 (АН-28) и др. В принципиальном плане все эти системы имеют много общего. Компоновка их в виде отдельных функциональных подсистем (модулей) позволяет осуществлять их совершенствование. Системы имеют высокую надежность, сохраняют работоспособность при отказе и возможность безопасного завершения полета при втором одноименном отказе.

Одной из самых распространенных аналоговых систем считается АБСУ-154. Модернизированная цифровая автоматическая бортовая система управления АБСУ-154 разработана на базе современной отечественной программируемой цифровой вычислительной техники и предназначена для замены аналоговой АБСУ, реализованной в 70-х годах прошлого

века для самолетов стратегической авиации. Поэтому эта группа систем наиболее интересна в плане исследования.

Бортовая информационно-управляющая система состоит из сбора информации об обстановке; обработке данной информации по алгоритмам, соответствующим состоянию объекта, среды и условий движения транспортного средства; выработки сигналов управления и управления объектом. Все строящиеся суда мирового транспортного флота оснащаются бортовыми управляющими вычислительными машинами и микропроцессорными системами, автоматизирующими отдельные судовые технические средства или их комплексы [1].

На данный момент большая часть производителей автомобилей, используют технологии, объединяющие различные системы автомобиля в единую сеть, включающую в себя как многообразные датчики, электронные управляющие устройства, микропроцессоры и микропроцессорные контроллеры. В соответствии с требованиями Регистра Воздушных судов, Морского судоходства в настоящее время все современные суда должны оснащаться системами автоматизации технических средств. При этом определилась общая тенденция автоматизации судов на основе микропроцессорных вычислительных средств. Именно поэтому, целью данной работы является изучение бортовых САУ, в особенности АБСУ-154; САУ морских судов и также автомобилей.

Анализируя историю разработки и развития бортовых систем ЛА, можно проследить развитие и совершенствами систем, что обусловлено повышением лётно-тактических и конструктивных качеств ЛА, а также ростом технических возможностей для создания элементов и агрегатов бортового оборудования. Функции САУ ЛА, классификация бортовых систем автоматического управления. На первых порах назначение АП в основном соответствует функциям летчика.

Автопилот – это система автоматического управления летательного аппарата (ЛА), предназначенная для перемещения органов управления ЛА с целью обеспечения требуемых значений параметров полета. При этом считаем, что самолет устойчив и имеет приемлемые характеристики управляемости. Автопилот представляет собой трехканальную систему, осуществляющую автоматическое управление самолетом относительно трех осей. (Л.4 – классификация АП) Системы обеспечения устойчивости и требуемых характеристик управляемости (для ручного пилотирования) - АПУ, АБУ, это системы автоматизации управления полетом, необходимые для ручного пилотирования неустойчивого самолета [2].

Автоматическая Бортовая Система Управления (АБСУ = САУ) – комплексная многофункциональная система, обеспечивает автоматизацию управления на всех режимах полета. Является составной частью ПНК самолёта.

Особенность АБСУ как систем нового поколения состоит в том, что АБСУ работает на всех режимах полета: от взлета до посадки. Кроме того, для выполнения всех требуемых функций в составе АБСУ есть (дополнительный) канал управления тягой двигателя – автомат тяги. До разработки таких комплексных систем включение автопилота производилось лишь по желанию летчика, в основном для установившегося режима полета или совершения простых маневров – разворот с заданным креном, поворот по курсу и др. На ЛА снабженном АБСУ полное отключение автопилота может производиться лишь в случае крайней необходимости. Отключение автопилота осуществляется автоматически лишь при возникновении таких отказов в системе, при которых полет с включенной АБСУ становится невозможным. АБСУ является многофункциональной и многорежимной системой и предназначена для повышения эффективности эксплуатации самолёта.

Современная система автоматического управления самолета является многоканальной, многорежимной и имеет требуемый уровень резервирования.

АБСУ50, установленная на этом самолёте, также имела систему искусственной центровки (автомат перекачки топлива). Например, система гражданского самолета - АБСУ-134 состоит из автопилота АП-134, автомата тяги АТ-5, системы траекторного управления СТУ-134 и аппаратуры ухода на второй круг. АБСУ устанавливалось на самолеты Ту-154 и Ту-144 (АБСУ-154) и ИЛ-62 (САУ-1Т).

При разработке необходимо учесть, что система управления для каждого самолета практически уникальна, поскольку ЛА различаются:

- по назначению и ТТХ
- по компоновке и техническим идеям
- использованием различных типов механизмов в зависимости от массы, скорости, назначения
- применением новых материалов, конструктивных элементов и приборов [3].

В качестве примера можно привести перечень функций, выполняемых системой управления Ту-154 (аналогичные по функционалу системы разработаны для аэробуса ИЛ-86 и пассажирского самолета ИЛ-62 и других).

Отличительной особенностью системы управления современного самолета является наличие необратимых бустерных систем. При необратимой системе гидроусилитель воспринимает усилия, создаваемые шарнирным моментом аэродинамических сил, действующих на орган управления. Так как моменты от аэродинамических сил не передаются на колонку, штурвал и педали, то для имитации этих моментов в систему управления введены загрузочные устройства, создающие усилия при отклонении колонки, штурвала и педалей [4].

Искусственная загрузка командных рычагов позволяет получить наилучшие динамические характеристики управляемости самолета независимо от значения шарнирного момента. Гидроусилитель (бустер) отклоняет соответствующий орган управления со скоростью до 50°/с с чрезвычайно малым запаздыванием. Требуется приложение небольших усилий со стороны пилота для перемещения золотника гидроагрегата, при этом реакция органа управления не передается на рычаги управления. Усилия «в сторону пилота» гасятся инерционностью проводки, ее трением и механизмом, имитирующим нагрузку от шарнирного момента.

Прежде чем перейти к более детальному рассмотрению одной из самых распространенных аналоговых систем АБСУ-154, кратко остановимся на пилотажно-навигационном комплексе самолета ТУ-154. Комплекс как техническая система представляет собой совокупность устройств сбора и обработки информации, а также устройств формирования и исполнения команд управления полетом. Деление ПНК на пилотажную и навигационную части условно и объясняется, прежде всего, различием сложившихся подходов к разработке и проектированию отдельных частей комплекса. Такое разделение затрудняет рассмотрение процесса управления при решении общей задачи навигации как единого целого, однако является плодотворным и необходимым при изучении состава аппаратуры и алгоритмов обработки информации в ПНК.

Навигационный комплекс или, точнее, автоматизированный навигационный комплекс определяют, как совокупность специализированного вычислителя, датчиков и систем отображения навигационной информации для автоматизированного решения основной навигационной задачи при полете по маршруту, а именно вывода самолета в заданную точку по желаемой пространственно-временной траектории. Навигационный комплекс самолета Т-154 обеспечивает автоматизированное самолетовождение по участкам маршрута при ручном программировании каждого последующего участка [5].

Пилотажный комплекс или автоматизированный пилотажный комплекс – это совокупность специализированного вычислителя, датчиков и систем отображения информации, предназначенная для формирования и исполнения команд управления на маршруте по данным НК и автономно при полете вблизи земли (взлет, посадка, уход на 2-й круг и т.д.). Пилотажный комплекс самолета Ту-154 обеспечивает автоматическое и полуавтоматическое (директорное) управление при следовании по участкам маршрута по сигналам НК и при заходе на посадку по сигналам навигационно-посадочной системы КУРС-МП-2. Кроме того, ПК включает в себя системы устойчивости и управляемости самолета и систему автоматического управления тягой двигателей.

Системы ТКС, ДИСС, СВС являются основными датчиками навигационной информации и совместно с системой РСБН и навигационным вычислителем НБУ-БЗ обеспечивают автоматическое счисление места самолета в частно-ортодромической системе координат и его коррекцию относительно наземных радиомаяков РСБН. Остальные системы и приборы навигационной части ПНК служат для определения и представления различных навигационных параметров пилотажу и выдачи их в пилотажный комплекс для формирования команд управления.

Функции АБСУ-154 выполняются тремя системами:

- траекторного управления, которая формирует сигналы управления и командные сигналы при полете по маршруту (по данным НБУ-БЗ) и на этапах захода на посадку и ухода на 2-й круг (по данным КУРС-МП2);
- автоматического управления, которое обеспечивает необходимые характеристики устойчивости и управляемости, а также стабилизацию и управление угловым положением самолета и исполняет команды управления, воздействуя через приводы на органы управления самолетом;
- автоматом тяги, предназначенным для стабилизации и управления приборной скоростью полета [6].

Масса системы АБСУ-154 равна 280 кг.

Таблица 1 - Перечень комплексных требований к функциям АБСУ современного ЛА

1	обеспечение заданных характеристик устойчивости и управляемости самолёта на всех режимах полёта от влёта до посадки; (в т.ч. при штурвальной управлении)
2	автоматическую стабилизацию углового положения самолёта относительно трёх основных осей устойчивости;
3	автоматическую стабилизацию заданной барометрической высоты полёта, приборной скорости или числа М;
4	управление по крену и тангажу (координированный разворот, набор высоты и снижение) от рукояток на пульте управления;
5	автоматическое управление заданным курсом самолёта (режим ЗК) при ручной выставке заданного курса кремальерой на ПНП;
6	автоматическое управление самолётом в боковой плоскости при маршрутном полёте по радиомаякам VOR или по сигналам НБУ-БЗ; (вывод на заданную навигационным вычислителем линию пути и стабилизацию на ней)
7	директорный или автоматический режим управления самолётом при заходе на посадку в соответствии с нормами метеоминимума II категории ИКАО (по курсу - с начала четвёртого разворота, по продольному каналу - с момента "захвата" глиссады);
8	автоматическую стабилизацию и управление приборной скоростью полёта с помощью автомата тяги на предпосадочном маневре и при заходе на посадку;
9	автоматический уход на второй круг с высоты не ниже 30 метров;
10	индикацию основных навигационно-пилотажных параметров и предупредительно-командную сигнализацию об отказах (визуальную, световую и звуковую);
11	автоматический предполётный и полётный контроль с указанием отказавшего подканала или режима, а также автоматическое переключение на резервный исправный режим работы.

В таблице представлены обобщенные описания функционала комплексных систем, по каждой строке можно сформулировать конкретные требования и детализировать решаемые задачи. Например, для выполнения требований строки 1 необходимо рассмотреть три канала управления (тангаж, крен, рысканье) и соответственно разработать три подсистемы управления, со своим набором конкретных функций. Количество функций в системах управления самолетов (приблизенно, данные ЦАГИ): Ан-148 – 12, Ил-96 – 15, Ту-204 – 25, Sukhoi Superjet 100 – 32. Приблизительно столько же функций (около 30) реализовано в Boeing-787 и Airbus-380.

В АБСУ-154 входит ряд приборов и систем, контролирующих пилотажный режим полета: по числу М – указатель числа М типа МС, перезагрузкам и углу атаки – АУАСП. Пространственное положение самолета контролируется с помощью авиагоризонта АГР, а также пилотажных командных приборов ПКП-I, входящих в состав СТУ, и курсовой системы ТКС.

Сигнализация допустимых отклонений при заходе на посадку, отказа системы захода на посадку, высоты принятия решения и режима штурвального управления, а также индикация пилотажно-навигационных параметров, управления отклонением САУ и уходом на 2-й круг должны быть дублированы [7].

В соответствии с этим положением, соответствующие сигнализаторы и бленкеры располагаются на приборных досках правого и левого пилота, а пилотажно-командные, навигационно-плановые приборы и указатель скорости дублируются. Кнопки быстрого отключения САУ и режима «Уход» выносятся на штурвал. В центре приборной доски размещается табло, сигнализирующее об отказах отдельных подсистем (продольного и бокового каналов, автомата тяги, подсистемы захода на посадку и т.п.). На этом же табло размещается индикатор положения органов управления (рулей). Управление режимами устанавливается на пульте управления двигателем так, чтобы был возможен легкий доступ к кнопкам управления как левому, так и правому пилоту. Кнопки отключения автомата тяги, как правило, располагаются на РУД. Такое размещение кнопок отключения АТ дает возможность простого вмешательства в управление двигателем.



Рис. 1. Размещение аппаратуры АБСУ на самолете Ту-154

Состав аппаратуры АБСУ на самолете Ту-154 включает: пульт выбора навигационных режимов, пилотажно-навигационный прибор, загрузчик руля высоты (управления), указатель скорости с индексом, пульт сигнализации посадки, кнопка отключения автоматического управления, пилотажно-командный прибор, пульт сигнализации АБСУ, включение АБСУ, индикатор положения рулей, пульт управления автомата тяги.

Таким образом, в данной работе рассмотрены наиболее общие принципы определения конструктивных параметров элементов автоматических устройств, применяемых для управления летательными аппаратами, в первую очередь - автопилота. Следует в первую очередь отметить, что основным назначением САУ-ЛА является автоматическое управление полетом ЛА.

Основное внимание было уделено одной из самых распространенных аналоговых систем АБСУ-154. Модернизированная система прошла все необходимые этапы проверок и испытаний, в которых подтвердила свою работоспособность.

Приводятся основные сведения о бортовых автоматизированных системах для оценки, прогноза и оптимизации мореходности, предназначенных для обеспечения безопасности судов в процессе эксплуатации. Охарактеризованы функциональные возможности таких средств, особенности отображения информации.

Разрабатываемая бортовая информационно-управляющая система, реализующая движение большегрузных автомобилей в колонне, основана на существующих системах интеллектуального круиз-контроля, расширяя и дополняя их. Данная система, система позволяет обеспечивать движение в колонне при наличии водителя только в первом автомобиле, что существенно снижает издержки на перевозку грузов.

Универсальность бортового компьютера является возможность постепенного увеличения функций. Автомобили одной и той же модели могут различаться по комплектации

и продаваться по разным ценам. Владелец автомобиля имеет возможность улучшить функциональность бортового компьютера, чтобы получить дополнительные удобства, так как они востребованы.

Недостатком объединения множества функций в одном центральном устройстве является комплексное управление системой в целом. Система специализированных компьютеров с узкими функциональными возможностями оказывается очень надежной, простой в эксплуатации, но дорогой в изготовлении, сложной в настройке и существенно влияющей на цену автомобиля.

Разработка концепции бортового компьютера, объединяющего все функции в одном вычислительном устройстве, осуществляется производителями цифровых технологий. Сами производители автомобилей разрабатывают концепцию бортового компьютера, используя множество специализированных компьютеров и компьютерных систем.

Список литературы

1. Основные геометрические и аэродинамические характеристики самолетов и ракет: Справочник / В. Г. Микеладзе, В. М. Титов, 143 с. ил. 21 см, 2-е изд., перераб. и доп. М. Машиностроение 2000
2. Михалев И.А. и др. Системы автоматического управления самолетом. "Машиностроение", Москва 1971, 464 с.
3. Михалев И.А., Окоемов Б.Н., Чикулаев М.С. Системы автоматического управления самолетом. М: Машиностроение, 1987, 240 с.
4. Лигум Т.И., Скрипниченко С.Ю., Шишмарев А.В. Аэродинамика самолета Ту-154Б. – М.: Транспорт, 2005. 263 с.
5. Системы управления летательных аппаратов. Под ред. Воробьева В.В. М.: Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2008, -203 с.
6. Федоров С.М., Михайлов О.И., Сухих Н.Н. Бортовые информационно-управляющие системы: Учеб. для вузов: Под ред. С.М.Федорова – М.: Транспорт, 1994 – 262с.
7. Хронусова Т.В., Асанов А.З., Назаренко М.А. — Бортовые информационно - управляющие системы, обеспечивающие автоматизацию движения автомобилей в колонне на примере большегрузных автомобилей // Кибернетика и программирование. – 2019. – № 2. – С. 30 - 43.