

На рисунке (Рис.2) показан вид торцевого соединения нового оптического волокна. Волокно имеет наружный диаметр 126 микрон, а наблюдаемые признаки - 6,6 микрон друг от друга. Центральное пятно легируется ионами неодима, той же легирующей примесью, которая используется в лазерах NIF, но материалом является плавненное кварцевое стекло вместо фосфатного стекла. Яркими точками являются включения GRIN (градиентный индекс), а темными пятнами являются легированный фтором плавненный кварц, у которого более низкий показатель преломления, чем у нелегированного плавненного кварца.

«Основным недостающим компонентом для работы в телекоммуникационной сети в этой области длин волн был оптический волоконный усилитель», - сказал Jay Dawson, заместитель директора программы для DoD Technologies в NIF & Photon Science Directorate. «То, что мы сделали, эффективно создает что-то, что будет выглядеть и походить на обычный эрбиевый волоконный усилитель, но в соседнем диапазоне длин волн, удваивая пропускную способность оптического усилителя» [2].

Проведенные исследования и полученные результаты доказывают что, нельзя ставить границу на определенной технологии и переходить на другие отрасли или разрабатывать что-то новое. За последние годы специалисты по всему миру продолжают доказывать своими результатами, что технологии не имеют своих границ. Если подходить к определенной проблеме под другим углом, то всегда можно найти способ решения этой или другой проблемы.

УДК 004.8:629.7.05

БОРТОВЫЕ ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Тажиев Ж. А

Ушбу илмий мақолада автоматик бошқарилувчи учии қурилмаларнинг батафсил тавсифи, турлари, афзалликлари ва камчиликлари мисоллар ёрдамида берилган. Шунингдек, учии қурилмаларига қўйиладиган талаблар ва мураккабликлар ҳамда уларни бартараф қилиш чоралари ҳақида маълумотлар келтирилган. Хусусан учувчисиз учии воситалари бўлган дронларнинг ишлаш хусусиятлари, турлари, таркибий қисмлари ва қўлланиш соҳаларидаги афзалликлари батафсил ёритиб берилган.

Таянч иборалар: БУВ, GPS, Trimble Lasse IQ, SNA антенна, КҲИИКТ, ЛАТ.

Заключение

В заключении можно сказать что, используя волокно, которое разработали исследователи «Национальной лаборатории им. Лоуренса Ливермора», можно создать набор оптических усилителей, которые будут выглядеть практически идентичными в технологии для уже существующих волоконных усилителей.

Вместо того чтобы прокладывать еще один дорогой кабель, мы могли бы установить эти новые усилители в тех же зданиях, что и усилители тока, что приведет к удвоению пропускной способности на текущих кабелях.

Это открытие может решить проблему в телекоммуникационной отрасли, а именно проблему с заменой базовых аппаратур и установкой новых кабелей для увеличения пропускной способности, что в свою очередь привяло бы к невынужденным и многомиллионным затратам.

Литература

1. Иногамов Акмал Муратович, автореферат докторской диссертации на тему «Методы модификации оптических волокон редкоземельными элементами и их спектральные характеристики», Ташкент – 2016 год.
2. <https://www.llnl.gov>
3. Г.А. Иванов, В.П. Первадчук, «Технология производства и свойства кварцевых оптических волокон», Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2011 год.

В статье приведено подробное описание автоматического полета управляемых устройств, используя примеры типов, преимуществ и недостатков. Кроме того, приведены требования авиационной техники и трудностей, а также информация о мерах по устранению. В частности типов беспилотных дронов обработки функций, компоненты, преимущества и области применения в деталях.

Ключевые слово: БПЛА, GPS, Trimble Lasse IQ, Антенна СНС, МИНС, САПР.

This scientific article has given detailed description of the of the types of automatic flight

managed devices, using the examples, advantages and disadvantages. As well as aircraft equipment requirements and information about their difficulties as well as elimination measures. In particular, has been considered types of unmanned drones processing features, components, advantages and application areas in detail. On that has given drone types and structural components, special emphasis of their size, flight distance and the rise of high class. In this regard, the complex on-board functionality, application methods and areas of performance schemes on the basis of the principles explained.

Keywords: UAV, GPS, Trimble Lasse IQ, SNA antenna, SSINS, CADs.

Введение

В настоящее время происходит непрерывный процесс совершенствования авиационного оборудования летательных аппаратов в соответствии с постоянно усложняющимися задачами, решаемыми современными авиационными комплексами. Приборное оборудование является важной составной частью бортового авиационного оборудования летательного аппарата. Оно выполняет задачу получения информации о параметрах, характеризующих пространственное положение и движение летательного аппарата в воздушной среде, работу авиационных двигателей и других систем. Эта информация используется для ручного или автоматического управления полетом, для контроля режимов работы силовых установок (СУ), для выполнения задач полета и обеспечения его безопасности.

В понятие «авиационные приборы» включают различные группы приборов, важнейшими из которых являются пилотажно-навигационные, а также приборы контроля работы силовой установки и других систем самолета. Пилотажно-навигационные приборы, в свою очередь, включают в себя аэрометрические приборы, пилотажные гироскопические приборы, навигационные устройства и системы. В процессе своего развития и совершенствования курсовые и навигационные системы выделились в отдельный класс авиационных приборов и измерительных систем. Показания аэрометрических, пилотажных гироскопических приборов, приборов контроля работы силовых установок непосредственно влияют на безопасность полетов. К ним предъявляются особые требования по надежности выдачи информации в аварийных условиях. Поэтому при создании и совершенствовании этой группы приборов стремятся сделать так, чтобы они сохранили свою самостоятельность и автономность, т. е. чтобы работа каждого из этих приборов не зависела от работы других приборов и систем или чтобы эта зависимость, по крайней мере, была минимальной [4].

Некоторые авиационные приборы входят в измерительные системы и комплексы, и эта тенденция комплексирования усиливается.

Успешное решение задач, связанных с управлением сложными техническими системами и разработкой новых технологий, во многом определяется уровнем развития информационно-измерительной техники. Сроки внедрения научно-технических достижений в различных отраслях деятельности человека также непосредственно связаны с качеством получаемой и анализируемой информации на этапах разработки и доводки изделий. Качество этой информации приобретает особое значение в авиационной технике, где каждый эксперимент в ходе разработки изделий связан с большими временными и экономическими затратами, а получение полной и достоверной информации об объекте исследований позволяет сократить число испытаний и тем самым сроки внедрения образцов новой техники.

С развитием авиации, ростом числа и сложности задач, выполняемых ЛА, существенно повысились требования к информационному обеспечению полета. Эксплуатационные характеристики современного ЛА определяются не только техническим уровнем его планера и двигательной установки, но и в большой степени совершенством бортового оборудования беспилотного, его приборного комплекса. Это оборудование должно обеспечивать высокоточную четырехмерную навигацию, посадку ЛА в сложных метеоусловиях, всесторонний контроль, диагностику и локализацию отказов бортовой аппаратуры, информационную разгрузку экипажа.

В середине 70-х годов завершился процесс формирования предпосылок перехода бортового оборудования ЛА на цифровые средства передачи и обработки информации, что потребовало нового принципа организации его структуры. Широкое применение в бортовом оборудовании ЛА цифровой вычислительной техники породило и новые проблемы проектирования этого оборудования на базе различных способов объединения вычислительных средств в единую систему. В этих условиях особенно актуальными стали выбор функционально-структурного облика бортового оборудования, а также разработка эффективного математического и программного обеспечения, необходимого для его функционирования.

Возросшая сложность бортовых приборных комплексов привела к необходимости автоматизации их проектирования, без которой принципиально невозможно разработать сложную техническую систему на уровне современных требований. Создаваемые в настоящее время образцы новой техники настолько сложны и требуют таких затрат труда и времени, что если представить себе проект сложной системы или комплекса, разрабатываемый без применения средств вычислительной техники, то можно с уверенностью сказать, что на момент окончания работ такой проект морально устареет. Единственный выход состоит в кардинальном сокра-

щении сроков проектирования, которое может быть достигнуто при создании и использовании СФВ (САПР), позволяющих осуществить сквозную автоматизацию всех этапов проектирования сложных систем и комплексов при условии эффективного сочетания на каждом из этапов творческого потенциала, опыта разработчиков авиационной техники и возможностей ЭВМ [2].

Основная часть

Беспилотный летательный аппарат

Беспилотный летательный аппарат—сокращенно БПЛА или БЛА; в просторечии иногда используется название «беспилотных» или «дрон» (от англ. *drone* — трутень) — летательный аппарат без экипажа на борту [1]. Создан для воздушной съемки и наблюдения в реальном времени за наземными объектами.

Принцип полёта определяется тем, каким образом и за счёт чего создаётся подъёмная сила. В настоящее время техническое значение имеют следующие принципы полёта, в которых подъёмная сила определяется:

– аэростатический – Архимедовой силой, равной силе тяжести вытесненной телом массы воздуха;

– аэродинамический – подъёмная сила создаётся через силовое взаимодействие *движущегося* сквозь воздушную среду летательного аппарата [3]. Таким образом, сила тяжести преодолевается благодаря аэродинамической силе, как силе реакции на отбрасывание вниз части воздуха, обтекающего несущие поверхности летательного аппарата:

– инерционный – силой инерции летящего тела за счёт начального запаса скорости или высоты, поэтому такой полет называют также пассивным;

– ракетодинамический – реактивной силой за счёт отбрасывания части массы летящего тела. В соответствии с законом сохранения импульса системы возникает движение при отделении от тела с какой-либо скоростью некоторой части его массы.

В безвоздушном пространстве летательный аппарат может совершать инерциальный полёт или на других физических принципах, например, с помощью солнечного паруса, на площадь которого оказывает давление звёздный ветер, либо получением ускорения после витка между относительно массивными планетами, выполнив гравитационный маневр.

Классификаций летательных аппаратов основывают на разных принципах. Здесь представлена классификация летательных аппаратов по техническому способу выполнения полёта — перемещения в пространстве без непосредственной опоры на твёрдые тела или на жидкую среду [5]. По этому способу летательные аппараты подразделяются на:

1) *Аппараты, движущиеся в гравитационном поле Земли* [6], в полёте преодолевающие силу её тяготения. По способу создания силы,

уравновешивающей силу тяготения эти аппараты подразделяются на:

а) аэростатические, или аппараты «легче воздуха», поднимаемые в атмосферный полёт архимедовой силой за счёт баллона (оболочки), наполненного газом (в том числе, нагретым воздухом), плотность которого ниже плотности атмосферного воздуха, или применением вакуумированной оболочки (Вакуумный дирижабль [7]). По способу передвижения эти аппараты подразделяются на:

– аэростаты, не имеющие средств целенаправленного передвижения в горизонтальной плоскости и перемещающиеся в ней по ветру.

– дирижабли, имеющие двигатель (двигатели) и средства управления для целенаправленного передвижения по вертикали (вверх или вниз) и в горизонтальной плоскости.

б) аэродинамические—аппараты, поддерживаемые в атмосферном полёте аэродинамической подъёмной силой, возникающей за счёт быстрого движения в воздухе самого аппарата или его частей.

в) самолёты с аэростатической разгрузкой — подобные БАРС (ЛА) [1 - 3], у которого около 80 % подъёмной силы самолёта достигается за счёт баллона с гелием, а скорость до 300 км/ч обеспечивают маршевые двигатели.

г) инерционные. Движущиеся в поле тяготения Земли по инерции за счёт скорости, сообщённой им на активном участке траектории ракетным двигателем.

д) ракетные—аппараты, преодолевающие силу тяготения без взаимодействия с атмосферой, за счёт тяги ракетного двигателя, направленной вертикально вверх, или имеющей достаточную вертикальную составляющую. Такой способ полёта используется на активном участке траектории баллистическими ракетами и ракетами-носителями космических аппаратов.

е) аппараты на воздушной подушке, удерживающиеся над землёй или над водой за счёт повышенного давления воздуха, создаваемого компрессором между днищем аппарата и твёрдой или водной поверхностью.[13]

2) аппараты свободного полёта, перемещающиеся в космическом пространстве, в отсутствие значительных гравитационных полей планет. К ним относятся межпланетные зонды.

Различают беспилотные летательные аппараты:

- беспилотные неуправляемые;
- беспилотные автоматические;
- беспилотные *дистанционно-пилотируемые летательные аппараты* (ДПЛА).

БПЛА принято делить по таким взаимосвязанным параметрам, как масса, время, дальность и высота полёта. Выделяют следующие классы аппаратов:

– «микро» (условное название) — массой до 10 кг, временем полёта около 1 часа и высотой до 1 километра;

– «мини» — массой до 50 кг, временем полёта несколько часов и высотой до 3—5 километров;

– средние («миди») — до 1000 кг, временем 10—12 часов и высотой до 9—10 километров;

– тяжёлые — с высотами полёта до 20 километров и временем полёта 24 часа и более.

Гражданская область применения БПЛА весьма обширна: от сельского хозяйства и строительства до нефтегазового сектора и сектора безопасности.

– «Дроны» гражданского назначения могут использоваться в работе служб: по чрезвычайным ситуациям (контроль пожарной безопасности);

– полиции (патрулирование зон);

– предприятий сельского хозяйства (наблюдение за посевами), лесничества и рыболовства (лесоохрана и контроль рыбного промысла);

– компаний, занимающихся геодезией (картографирование);

– институтов географии и геологии;

– компаний нефтегазового сектора (мониторинг нефтегазовых объектов);

– строительных предприятий (инспектирование строек);

– средств массовой информации (аэрофотосъёмка) и др.

Согласно находящимся в открытом доступе документам организаций Европейского Союза, распределение потребительского спроса на гражданские БПЛА в период с 2015 по 2020 г. выглядит следующим образом:

45 % – правительственные структуры,

25 % – пожарные,

13 % – сельское хозяйство и лесничество,
10 % – энергетика, 6 % — обзор земной поверхности,

1 % – связь и вещание [2].

В мире представлено большое количество гражданских БПЛА классификации «микро» и «мини», различающихся по своим спецификациям и набору характеристик (назначение, вес, размер, продолжительность и высота полета, система запуска и приземления, наличие систем автопилотирования и навигации, формат фото- и видеосъёмки и др.).

Бортовой комплекс навигации и управления БПЛА

Бортовой комплекс является полнофункциональным средством навигации и управления беспилотного летательного аппарата (БЛА) самолетной схемы.

Комплекс обеспечивает решение следующих задач:

– определение навигационных параметров, углов ориентации и параметров движения БЛА (угловых скоростей и ускорений);

– навигация и управление БЛА при полете по заданной траектории;

– стабилизация углов ориентации БЛА в полете;

– выдача в канал передачи телеметрической информации о навигационных параметрах, углах ориентации БЛА;

– программируемое управление полезной нагрузкой.

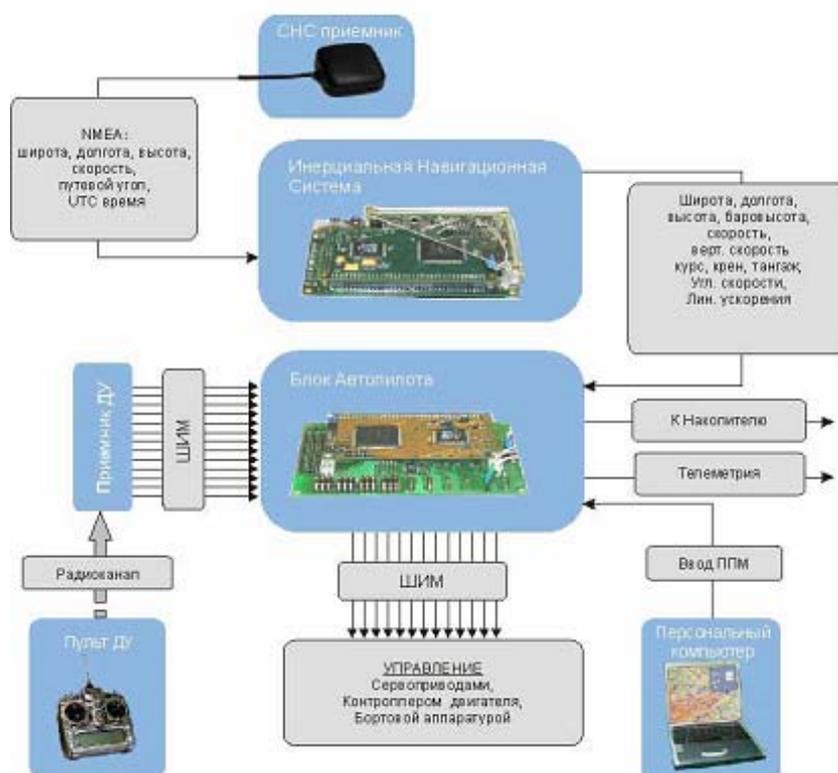


Рис. 1. Общий вид бортового комплекса

Бортовой комплекс управления (КУ) выполнен в виде моноблока, к которому подключаются антенна приёмника спутниковой навигационной системы (СНС) и другие внешние устройства (опционально: накопитель полетной информации, магнитометр, датчик воздушной скорости).

В состав комплекса входят три основных элемента:

- приемник СНС;
- моноблок бортового комплекса управления;
- **модуль автопилота** (Программное обеспечение (ПО) планирования полёта и настройки параметров автопилота).

В состав моноблока входят следующие элементы:

1. Малогабаритная интегрированная навигационная система (МИНС);
2. Приёмник спутниковой системы навигации (СНС);
3. Плата автопилота (АП);
4. Коммутационная плата.

Назначение бортового комплекса

Бортовой комплекс навигации и управления беспилотного летательного аппарата (БЛА) предназначена для выполнения следующих задач:

- автоматическое управление БЛА при полёте по заданной траектории, при взлёте и посадке;
- оперативное изменение маршрута полёта БЛА по команде оператора;
- стабилизация углов ориентации БЛА в полёте;
- определение навигационных параметров (координат, углов ориентации, параметров движения БЛА);
- выдача телеметрической информации о навигационных параметрах, углах ориентации и параметрах управления БЛА;
- стабилизация полезной нагрузки (например, бортовой видеокамеры);
- управление полезной нагрузкой (бортовая видеокамера, фотоаппарат).

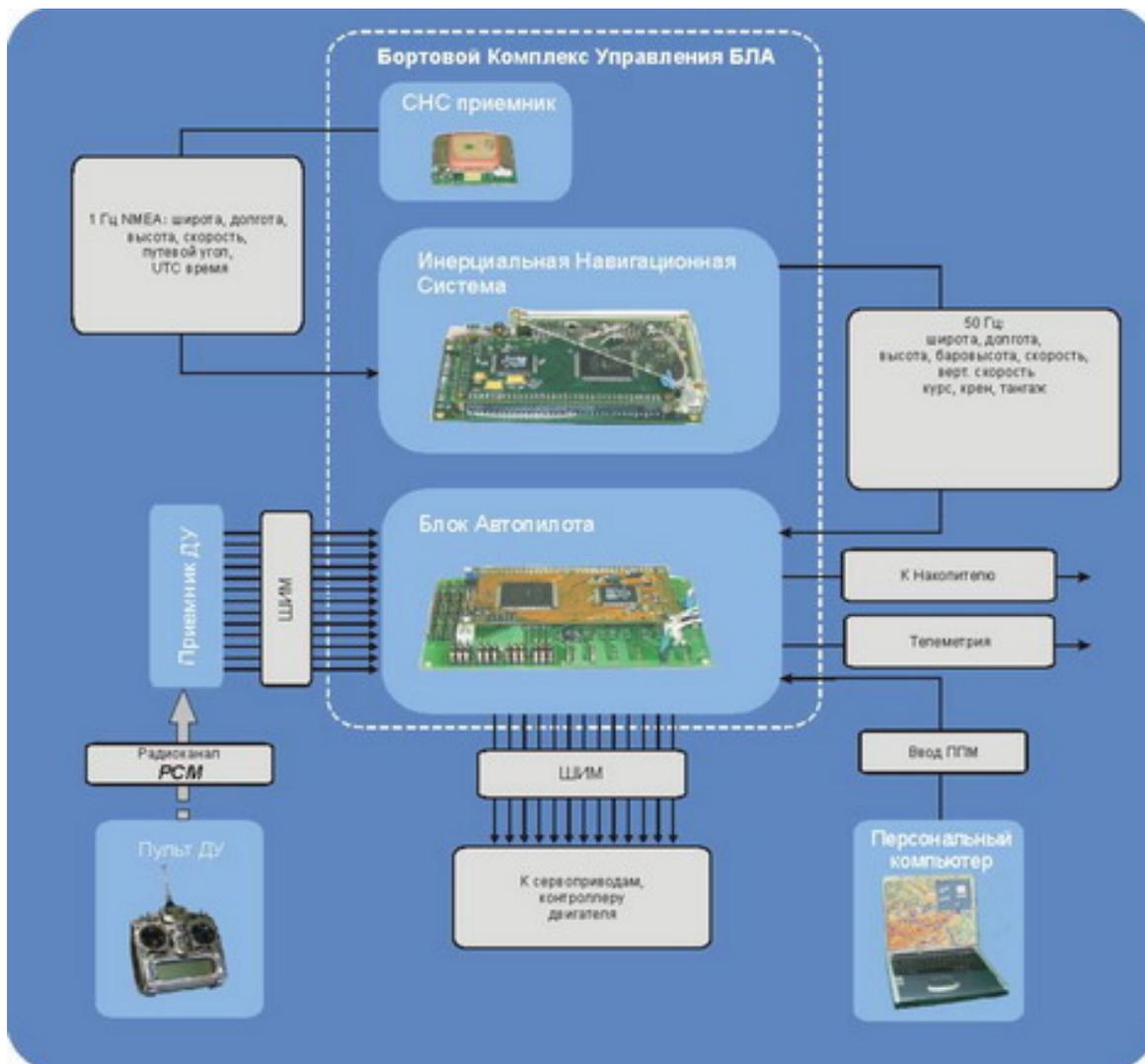


Рис.2 Функциональная схема бортового комплекса

Элементы бортового КУ



Рис.3. Приемник СНС

Приемник СНС GPSTrimbleLasseIQ.

Осуществляет определение координат и предаёт данные в навигационную систему. В качестве приёмника СНС используется одно-частотный 12-канальный GPS приёмник TrimbleLassen-IQ. Приёмник СНС обеспечивает определение координат местоположения объекта,

высоты над уровнем моря (относительно геоида и в системе WGS 84), путевого угла и путевой скорости. Приёмник передает эти данные в формате NMEA 0183 в МИНС, для обработки следующих предложений NMEA протокола (Таблица 1):

Таблица 1.

Протоколы NMEA

Идентификатор NMEA предложения	Идентификатор NMEA предложения
GGA 1 Гц	GGA 1 Гц
GSA 1 Гц	GSA 1 Гц
GSV 1 Гц	GSV 1 Гц
RMC 1 Гц	RMC 1 Гц

Связь приёмника СНС с МИНС осуществляется по последовательному порту RS-232 со скоростью 38400 бод.



Рис.4. Антенна СНС

Приемник располагается в корпусе моноблока. Антенна СНС устанавливается на корпусе БЛА таким образом, чтобы обеспечить максимальный обзор небесной полусферы, и подключается к коаксиальному разъёму на

корпусе моноблока. Необходимая длина кабеля антенны оговаривается в техническом задании.

Технические и точностные характеристики приёмника СНС показаны в таблице 2.

Таблица 2.

Характеристика приемника СНС

Параметры	Характеристики
Частота приёмника	L1 - 1575,42 МГц
Количество каналов	12
Чувствительность приёмника -	170 dBW
Горизонтальная точность	15 м, 95%
Вертикальная точность	30 м, 95%
Период обновления координат	1 сек.
Холодный старт	Менее 45 сек., в среднем
Напряжение питания	10...30 В
Порты вывода	один RS-232 для выдачи GPS данных
Потребляемая мощность не более	1,5 Вт

Малогобаритная интегрированная инерциальная навигационная система

Малогобаритная интегрированная инерциальная навигационная система

(МИНС) (рис. 5) разработана ООО «ТеКнол» специально для применений в беспилотных самолётах, представляет собой модификацию серийной малогобаритной инерциальной интегрированной навигационной системы «КомпаНав-2», разработанной и производимой ООО «ТеКнол».

Блок МИНС включает в себя инерциальные датчики угловых скоростей и

линейных ускорений, выполненные по технологии микро-электро-механических систем (MEMS – micro-electromechanicalsystem), барометрический датчик абсолютного давления и вычислитель. В МИНС реализован сложный математический алгоритм бесплатформенной

инерциальной навигационной системы, комплексируемой с данными приёмника СНС.

В полёте МИНС осуществляет определение параметров движения БЛА:

- углов ориентации – крена и тангажа;
- путевого угла;
- угловых скоростей и ускорений (перегрузок) по трем осям;
- путевой скорости, вертикальной скорости;
- координат местоположения в системе WGS-84;
- высоты над уровнем моря и барометрической высоты.

Данные МИНС вычисляются и выдаются с частотой 50 Гц в блок автопилота. Связь с блоком автопилота осуществляется по последовательному порту RS-232.

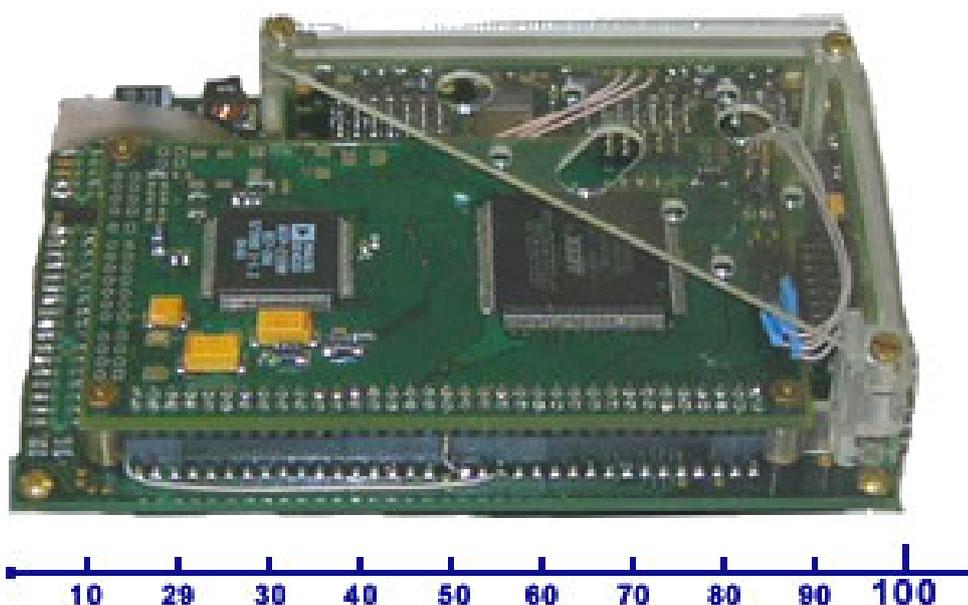


Рис. 5. Интегрированная инерциальная навигационная система

Интегрированная инерциальная навигационная система содержит чувствительные элементы (датчики угловых и линейных перемещений), интегрированные в полнофункциональную инерциальную навигационную систему, корректируемую по данным СНС и встроенного барометрического высотомера. Система осуществляет измерение пилотажно-навигационных параметров движения БЛА и передачу этих параметров на модуль автопилота.

Принимает данные МИНС, Вырабатывает управляющие команды на основании заложенных законов управления и выдает в виде ШИМ сигналов их на органы управления БЛА (рулевые машинки, двигатель). Модуль автопилота совместим со системой ручного управления, то есть может быть выключен или включен по команде.

Задача автоматического управления – обеспечение полета БЛА по заданной траектории на заданной высоте с заданной скоростью. Траектория задается в виде набора поворотных пунктов маршрута (ППМ), каждый из которых характеризуется своими координатами, высотой и скоростью пролета. Маршрут полета составляется и программируется в память КУ с помощью программного обеспечения, входящего в состав комплекса. Комплекс также позволяет в автоматическом режиме осуществлять взлёт и посадку БЛА.

КУ реализует три режима управления: ручное управление, автоматическое управление и полуавтоматическое управление. В режиме ручного управления (РУ) комплекс ретранслирует на исполнительные устройства БЛА сигналы широтно-импульсной модуляции (ШИМ) с приёмника дистанционного управления (ДУ) без изменения. Переключение между ручным и автоматическим режимами управления осуществляется через тумблер с пульта ДУ.

В режиме автоматического управления (АУ) КУ использует текущие координаты и параметры движения БЛА, измеряемые малогабаритной интегрированной навигационной системой (МИНС), определяет величины отклонений текущих параметров от заданных и вырабатывает, в соответствии с алгоритмами автопилота, широтно-импульсные сигналы (ШИМ) сигналы, передаваемые на органы управления БЛА, таким образом обеспечивая выполнение задач навигации и управления радиоприёмником дистанционного управления (ДУ) и исполнительными органами (сервоприводами) и осуществляет выдачу управляющих ШИМ сигналов в соответствии с реализованными в вычислителе алгоритмами управления. При использовании функции автоматического взлёта

и посадки радиоприёмник ручного дистанционного управления можно не устанавливать.

Модуль автопилота осуществляет выработку управляющих команд в виде ШИМ (широтно-импульсно модулированных) сигналов, согласно законам управления, заложенным в его вычислитель.

Помимо управления БЛА, автопилот программируется на управление бортовой аппаратурой:

- стабилизация видеокамеры,
- синхронизированное по времени и координатам срабатывание затвора фотоаппарата,
- выпуск парашюта,
- сброс груза или отбор проб в заданной точке
- и другие функции. В память автопилота может быть занесено до 255 поворотных пунктов маршрута. Каждая точка характеризуется координатами, высотой прохождения и скоростью полета.

В полете автопилот также обеспечивает выдачу в канал передачи телеметрической информации для слежения за полетом БЛА (рис. 6).

В базовой конфигурации управление осуществляется по каналам:

- элероны;
- руль высоты;
- руль направления;
- контроллер двигателя.

Комплекс совместим с радиоканалом (РСМ) (импульсно-кодовая модуляция) и позволяет управлять БЛА как в ручном режиме со стандартного пульта дистанционного управления, так и в автоматическом, по командам автопилота.

Управляющие команды автопилота генерируются в форме стандартных широтно-импульсно модулированных (ШИМ) сигналов, подходящих к большинству типов исполнительных механизмов.

Бортовой комплекс навигации и управления поставляется в комплекте с программным обеспечением для настройки параметров автопилота, программирования маршрута полета и отображения телеметрической информации.

Бортовое оборудование БЛА обеспечивает автоматическое, или по командам пункта дистанционного управления формирование сигналов стабилизации и управления полетом, сигналов управления устройствами полезной нагрузки. Сохранение и передачу на наземный пункт управления (НПУ) информации о полете, о состоянии бортового оборудования и необходимую информацию от устройств полезной нагрузки.



Рис. 6. Экран отображения телеметрической информации

В состав бортового оборудования входит:

- блок датчиков с интегрированной спутниковой навигационной системой;
- система автоматического управления;
- командный радиоканал;
- передающее устройство информационного канала;
- система электропитания.

Блок датчиков с интегрированной спутниковой навигационной системой предназначен для получения информации о параметрах, характеризующих поступательное и вращательное движение центра масс при полете БПЛА. Поступательное движение характеризуется координатами и их производными во времени, вращательное – углами и их производными во времени. В блоке датчиков реализуется комбинированный метод навигации, основанный на рациональном взаимодействии бесплатформенной инерциальной и спутниковой систем навигации.

Блок датчиков состоит из трехкоординатных модулей датчиков, вычислительного ядра на микропроцессоре, GPS-приемника, схем согласования уровней и источников питания.

Заключение

Как было отмечено выше, в данной статье особое внимание было уделено типам дронов и конструктивных компонентов, их размеры разделены по классам дальности полета и подъемам высоты. В связи с этим, объясняется принцип работы на основе схемы, функциональные возможности бортовых комплексов, методы и область их применения.

Дана информация о компонентах и организационных блоках этих специальных аппаратов, т.е. спутниковых систем наблюдения, о сборах данных, магнитометре, индикаторах скорости воздуха.

Литература

1. Буков В.Н. Адаптивные прогнозирующие системы управления полетом. –М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 232с.
2. Aerosim Blockset v. 1.1. User's Guide., 2003. -192с.
3. Мирошник И. В., Никифоров В. О., Фрадков А.Л. Нелинейное и адаптивное управление сложными динамическими системами. – СПб.: Наука, 2000. – 549 с.
4. Дорф Р. Современные системы управления. Р.Дорф, Р.Бишоп. Пер. с англ. Б.И. Копылова. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832 с.
5. Мищенко А.С., Фоменко А.Т. Курс дифференциальной геометрии и топологии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980 – 439 с.
6. Висленов Б.В., Кузьменко Д.В. Теория авиации. Москва – 1939.
7. Егоров К., Смирнов С. Беспилотные авиационные комплексы в вооружённых конфликтах. // Военный парад, июль-август, 2005. – С. 34-35.
8. Чистяков Н.В. Что такое БПЛА. Авторское на сервере AVIA.RU 29.
9. Каримов А., Ильин В. В России задумались над беспилотниками. // Независимое военное обозрение, №46 (268) 14 декабря, 2001. – С. 41-43.
10. Кобрусев С., Дробышевский А. Разведка без разведчиков. 27 из архива за:16.05.2003 рубрика: Вооружения.
11. <http://www.Referat.ru/>. Реферат. Новые проекты воздушного транспорта.
12. <http://www.space.com.ua>.
13. Афинов В. Беспилотная воздушная разведка. // Зарубежное военное обозрение. – 1997. – №5. – С. 33-37.