

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Проектирование и испытания баллистических ракет. / Под ред. В.И. Варфоломеева и М.И. Копытова. М. Воениздат, 1970.
  2. В.В. Болотин. Прогнозирование ресурса машин и конструкций. М.: Машиностроение, 1981.
- УДК [623.746-519]:629.7.01:629.7.058.52

Кулик А.С., Нарожный В.В., Комков А.В.

### СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАЛОГАБАРИТНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Использование в военной и гражданской областях беспилотной авиации доказало ее высокую эффективность. Анализ развития современной беспилотной авиации в странах Западной Европы, Азии и США показывает, что в мире появилась тенденция к созданию микроминиатюрных беспилотных летательных аппаратов (МБЛА). Например, программой развития беспилотной авиации в США на последующие 15 лет [1] предусмотрена разработка и введение в эксплуатацию МБЛА, имеющих следующие технические характеристики (требования DARPA -- Управления перспективных исследований МО США): длина 5—20 см, взлетная масса 10 — 100 г, масса полезной нагрузки 1 — 18 г, время полета 20 — 60 мин, крейсерская скорость 30-65 км/ч, дальность полета 1-10 км. Предполагается, что МБЛА будут решать различные задачи, в том числе и гражданского характера (разведка местности, контроль загрязненности окружающей среды, ретрансляция сигналов радиосвязи и т.д.).

На данный момент исследовательские центры различных стран ведут разработку МБЛА. Фирмой "Sanders" (подразделение фирмы "Lockheed") разработан автономный МБЛА с размахом крыльев 15 см и весом 85 г. Радиус действия - 5 км. Стоимость за систему \$3-5 тыс. Фирмой "AeroVironment" разработан полуавтономный МБЛА с следующими характеристиками: размах крыла - 15 см; вес - 42 г; дальность действия - 3 км и скорость - 50-60 км/ч. Принцип управления - операторный. Стоимость контракта \$10 млн. Фирмой "General Elec-

tric Corporate Research and Development” разработан полуавтономный МБЛА дискового типа с операторным управлением полетом и цифровым каналом связи. Интерес представляет также комбинированная система, состоящая из МБЛА “Рабочие пчелы” и системы управления, совмещенной со стартовым устройством “Улей”, доставленным в точку старта. Стоимость контракта \$3 млн. Принцип управления – автономный с получением информации каждой “Рабочей пчелой” от “Улья” по идентификационному коду, причем управление вычисляется по информации о направлении движения, передаваемой каждым аппаратом (“Независимое военное обозрение” от 19.11.1999. Оригинал <http://nvo.ng.ru/notes/1999-11-19/B-beers.html>). Как следует из [1], разработка МБЛА сопряжена с серьезными трудностями, прежде всего связанными с жесткими требованиями к их техническим характеристикам, и особую сложность представляют силовые установки и системы управления.

Силовые установки МБЛА. Предполагается установка на борту микроминиатюрных пьезоэлектрических или электродвигателей (питание от электрических или солнечных батарей) или реактивных двигателей в качестве силовых установок (масштабные характеристики двигателей внутреннего сгорания на данный момент слишком далеки от требований к техническим характеристикам МБЛА). Эти задачи решены частично.

Системы управления МБЛА. Наибольшую трудность представляет собой разработка систем управления (СУ) МБЛА. Это связано с тем, что он должен выполнять задачи в условиях автономного полета, а значит иметь полную функционально замкнутую СУ. Кроме того, крайне малые размеры и масса МБЛА приведут к увеличению количества и диапазона внешних воздействий на данные объекты по сравнению с существующими летательными аппаратами, и следовательно, ужесточит требования к элементной базе СУ. В связи с этим СУ могут решать следующие задачи:

1. Стабилизация параметров движения объекта инвариантно к внешним помехам различной природы.
2. Анализ внешних данных бортовыми средствами и определение приоритетной цели в зависимости от поставленной перед объектом задачи.
3. Расчет оптимальной траектории движения объекта с целью уменьшения времени движения и расхода ресурсов МБЛА и контроль правильности удержания траектории.
4. Обеспечение отказоустойчивости объекта управления или компенсации изменений его характеристик бортовыми средствами.
5. Выполнение вычислительных операций большого объема в реальном масштабе времени для реализации алгоритмов управления МБЛА. Вследствие этого бортовой вычислитель

(БВ) должен обладать высоким быстродействием и оперативной памятью

6. Минимизация количества датчиков путем использования функциональной избыточности СУ и отдельных ее подсистем.

Для выполнения сложных алгоритмов управления и навигации, а также идентификации и селекции целей БВ должен иметь высокое быстродействие и большой объем памяти. Вследствие жестких требований, предъявляемых к массогабаритным характеристикам и энергопотреблению, необходимо использовать БВ в бескорпусном исполнении с минимумом памяти. Но наибольшую проблему в СУ МБЛА составляет измерительная подсистема и подсистема сервоприводов, поскольку возможности БВ в последнее десятилетие значительно возросли.

Подсистема сервоприводов, используемая на летательных аппаратах других классов, (управление объектом при помощи рулей) не может быть установлена на МБЛА, поскольку значительно усложнит их конструкцию, что приведет к увеличению массогабаритных характеристик и энергопотребления. Более того, в виду размеров МБЛА, такие подсистемы не позволят эффективно управлять полетом. Следовательно, одним из приоритетных направлений является разработка других подходов к управлению движением МБЛА.

Измерительная подсистема вследствие жестких требований по массе, габаритам и энергопотреблению должна иметь минимальное количество датчиков первичной информации. Поэтому неприемлимо ставшее уже традиционным построение измерительной подсистемы на основе использования разнотипных датчиков для определения физических параметров полета. Следовательно, важным качеством измерительной подсистемы должно быть использование функциональных избыточностей датчиков для получения дополнительных физических параметров с целью минимизации массогабаритных и энергетических затрат МБЛА [2]. Для установки на объект необходима измерительная подсистема с минимальным количе-

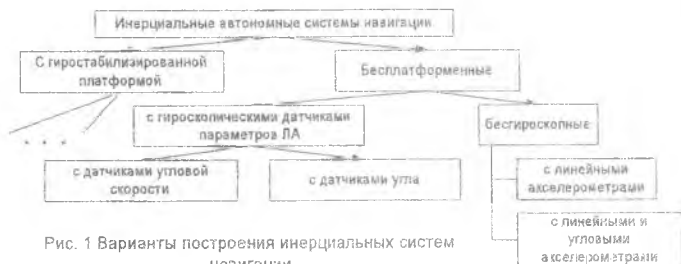


Рис. 1 Варианты построения инерциальных систем навигации

ством датчиков, а все основные физические параметры движения объекта должны определяться комбинированием полученной информации по специальным алгоритмам управления.

Так для решения задач навигации необходимо использовать автономные навигационно-измерительные подсистемы (АНИП), т.к. существующие высокоточные навигационные системы с внешним источником информации (радиотехнические, спутниковые и др.) имеют недостаточную точность для МБЛА. Среди таких АНИП наибольшее распространение получили инерциальные блоки измерения первичных параметров [3], сочетающие в себе высокую точность определения параметров, инвариантность к внешним помехам и приемлемые массогабаритные и энергетические характеристики (рис 1). Данная АНИП является одним из направлений исследования для построения перспективных инерциальных измерительных блоков МБЛА [4].

В настоящее время наиболее широкое распространение получили инерциальные системы с разделенными датчиками, имеющие отдельные блоки для измерения компонентов линейных ускорений и отдельные блоки для измерения угловых скоростей или углов. Такие системы характеризуются простыми алгоритмами определения параметров, высокой точностью и невысокой стоимостью, но их использование ведет к увеличению массогабаритных и энергетических характеристик МБЛА. Одним из вариантов решения является использование единого измерительного блока для измерения ~~и~~ ускорений, и угловых скоростей, т.е. блоков линейных акселерометров (интерферометрических и др.), особым образом размещенных в пространстве. К недостаткам подобного класса блоков можно отнести большую сложность алгоритмов и меньшую точность определения параметров.

Следует также отметить, что МБЛА обязательно должны быть высоконадежными объектами, т.е. могут погибнуть при выполнении или невыполнении поставленной задачи. Такое конструкторское решение позволит избежать подготовки специалистов по обслуживанию МБЛА, удешевит конструкцию, а решение поставленной задачи может быть реализовано за счет массовости таких объектов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Афинов В.П. Стратегические разведывательные БЛА и направления развития беспилотной авиации в США.//Зарубежное военное обозрение, № 7,1997, с. 33-40.
2. Куляк А.С., Нарожный В.В. Использование средств диагностирования для обеспече-

ния отказоустойчивости термопреобразующего датчика // Системный анализ, управление и информационные технологии. Вестник Харьковского государственного политехнического университета. Сб. науч. тр., вып. 71. - Харьков: ХДПУ, 1999. - С.49-56.

3. Златкин Ю.М., Игнатьев В.Г., Калногус Н.В. та ін. Стан розробки та тенденції розвитку авіаційних безкарданних інерціальних навігаційних систем. // Механіка гіроскопического тела. Межведомственный научно-технический сборник – К.: “Либідь”, 1997. - С. 112-119.
- 4 Гордин А.Г., Комков А.В. Актуальные задачи использования информационных технологий при построении бесплатформенных инерциальных навигационных систем для малогабаритных БПЛА// Авіаційно-космічна техніка і технологія: Сб.наук.тр., вып. 8.- Харьков:ХАИ,2000.-С.49-53.

УДК 629.7017.1(075)

Куренков В.И.

#### МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПЛОЩАДИ ПОВРЕЖДЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МЕТЕОРНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ЧАСТИЦ

В настоящее время расчет метеоро-техногенной опасности полета космических аппаратов (КА) в основном проводится на основе оценок работоспособного состояния элементов КА по критерию пробоя [1,2]. Оптические же элементы КА могут отказать по критерию потери оптических свойств вследствие эрозионного воздействия метеорных и техногенных частиц. Вероятность отказа оптических элементов зависит от относительной площади повреждения поверхности элемента. В данной работе предлагаются математические модели для оценки площади повреждения оптических элементов КА при воздействии метеорных и техногенных частиц в реальном космическом полете.

Основная трудность при разработке таких моделей заключается в одновременном учете повреждений от относительно малых и относительно больших частиц. Дело в том, что малые частицы наносят меньшее повреждение поверхности оптики по сравнению с большими