

УДК 621.398.694

А.В. Корнилов

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РЕЗЕРВНЫХ СИСТЕМ  
ОРИЕНТАЦИИ НА ИНТЕГРАЛЬНЫХ ДАТЧИКАХ**

ОАО АНПП «ТЕМП-АВИА»

Рассмотрен принцип повышения надежности систем ориентации летательных аппаратов за счет введения устройств обработки аналогового и цифрового сигналов, логического и запоминающего устройств, что позволяет в процессе полета ЛА периодически записывать состояние системы на запоминающее устройство и восстанавливать состояние системы из данных, находящихся в ней, что обеспечивает полную автономность системы.

*Ключевые слова:* система ориентации, потребителей электропитания 2-й категории, запоминающее устройство.

Обеспечение безопасности полетов является наиглавнейшей задачей современной авиации. В данном направлении предпринимаются всевозможные меры, от улучшения характеристик уже применяемых приборов, до проектирования новейших систем.

Однако печальная статистика авиакатастроф свидетельствует о недостаточной эффективности в решении данной проблемы.

При анализе авиакатастроф обычно выделяют две основные причины: ошибка пилота, членов экипажа или персонала наземных служб (человеческий фактор) и отказ оборудования. Под отказом оборудования понимается любая техническая неисправность летательного аппарата (ЛА), начиная от отказа двигателей и выхода из строя всей системы энергоснабжения (как пример, экстренная посадка ТУ-154М в республике Коми в сентябре 2010), до мелких неисправностей отдельных датчиков и элементов.

Эффективным методом повышения надежности служит резервирование, при котором происходит введение дополнительных частей объекта (блоков, узлов, элементов) по сравнению с минимально необходимыми для выполнения объектом заданных функций при определенных условиях работы.

Системы измерения пространственной ориентации и курса ЛА является первоочередными узлами, чью надежность повышают с помощью резервирования. В связи с этим на борту ЛА различают системы ориентации основного и резервного контуров.

В настоящее время в системах ориентации ЛА применяют электромеханические авиагоризонты и гировертикали. Однако все активнее осуществляется разработка систем на инерциальных датчиках с применением цифровой обработки данных. Они более просты в обращении, многофункциональны, имеют меньшие габариты и массу. Точность применяемых в них датчиков первичной информации на порядок ниже, но с помощью способов программной обработки сигнала и специальных методик калибровки удается добиться необходимых характеристик. Примерам могут служить датчик курса и вертикали ДКВ и интегрированная система резервных приборов ИСПП (рис. 1) производства ОАО АНПП «Темп-авиа». Оба изделия представляют собой инерциальный измерительный комплекс, содержащий датчики первичной информации ДПИ (датчики угловой скорости, датчики линейных ускорений), измерительные оси которых ориентированы по связанным осям объекта, блок вычисления приращений угловой ориентации и скорости для преобразования электрических сигналов ДПИ в цифровые значения приращений угловой ориентации и скорости ЛА по трем осям, датчик магнитного поля Земли для получения измерений вектора магнитного поля

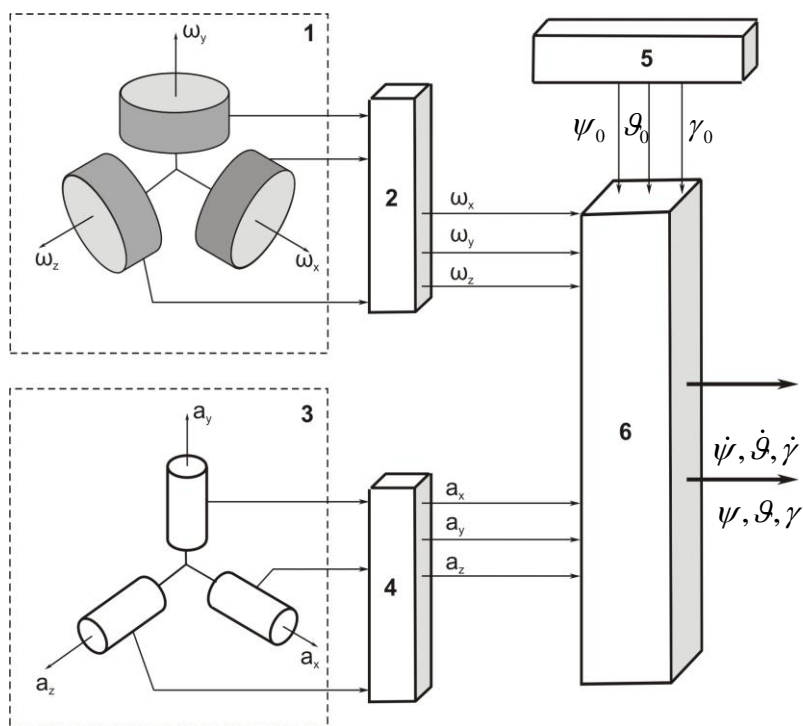
Земли и вычислитель, на который поступают обработанные цифровые данные со всех датчиков для получения данных о движении ЛА, включая данные об углах пространственного положения, местоположения и курса.



**Рис. 1. Системы ориентации производства  
ОАО АНПП «Темп-Авиа», Россия**

Структурная схема реализации системы ориентации приведена на рис. 2.

Измерительные оси гироскопов и акселерометров ориентированы по связанным осям объекта.



**Рис. 2. Обобщенная структурная схема систем ориентации:**

- 1 – блок гироскопов; 2 – блок предварительной обработки информации гироскопов;
- 3 – блок линейных акселерометров; 4 – блок предварительной обработки информации акселерометров;
- 5 – блок внешней информации и начальных данных;
- 6 – вычислитель (БЦВМ)

Недостатком подобных устройств является их невысокая надежность, так как в случае даже кратковременного пропадания питания во время полета (что допускается для потребителей электропитания 2 категории [3]) приходится снова проводить начальную выставку си-

стемы, т.е. производить начальное угловое согласование, а также производить оценку дрейфов датчиков, что невозможно сделать достаточно точно без использования внешней информации о пространственном положении ЛА.

Для обеспечения защиты от полного пропадания электропитания предлагается устанавливать в системы ориентации резервные источники питания, способные поддерживать работоспособность системы ориентации ЛА около 30 минут. Установка таких источников осуществляется на иностранных системах ориентации основного контура (потребители первой категории).

Поэтому поставленной задачей было повышение надежности систем ориентации резервного контура за счет автоматического восстановления рабочего состояния системы после кратковременного пропадания бортового питания в процессе эволюции пространственного положения ЛА.

Данную проблему возможно решить за счет того, что в систему для определения пространственного положения и курса ЛА, содержащую блок датчиков угловой скорости, блок датчиков ускорения и трехкомпонентный магнитометр, подключенные через аналого-цифровой преобразователь к вычислителю, необходимо ввести устройства обработки аналогового и цифрового сигналов, входы которых соединены с блоком бортового оборудования, а также запоминающее и логическое устройства, выходы которых подключены к вычислителю, при этом вход логического устройства должен быть соединен с выходами устройств обработки аналогового и цифрового сигналов.

К существенным отличиям данного решения, по сравнению с известными, относится введение устройств обработки аналогового и цифрового сигналов, логического и запоминающего устройств, что позволяет в процессе полета ЛА периодически записывать состояние системы на запоминающее устройство и восстанавливать состояние системы из данных, находящихся в ней, что обеспечивает полную автономность системы за счет использования только собственных датчиков, не прибегая к данным от внешней инерциальной системы, и повышает надежность системы.

Далее представлена блок-схема предлагаемой системы для определения пространственной ориентации и курса ЛА (рис. 3).

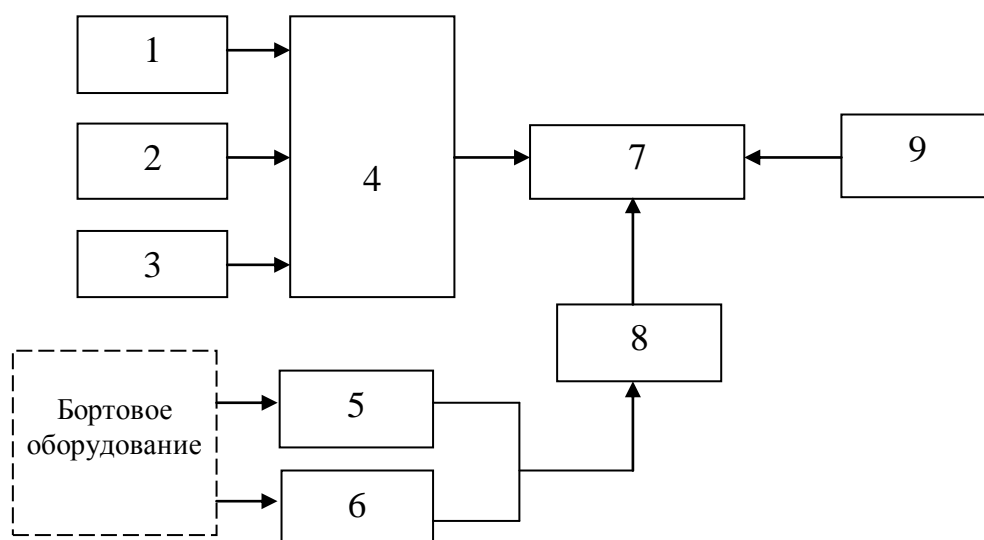


Рис. 3. Блок-схема предлагаемой системы ориентации

Система для определения пространственной ориентации и курса ЛА содержит блок 1

датчиков угловой скорости, блок 2 датчиков ускорения, трехкомпонентный магнитометр 3, аналого-цифровой преобразователь 4, устройство 5 обработки аналогового сигнала, устройство 6 обработки цифрового сигнала, вычислитель 7, логическое устройство 8, запоминающее устройство 9.

Выходы блока 1 датчиков угловой скорости, блока 2 датчиков ускорения и трехкомпонентного магнитометра 3 через аналого-цифровой преобразователь 4 соединены со входами вычислителя 7. На входы устройства 5 обработки аналогового сигнала и устройства 6 обработки цифрового сигнала подаются информационные сигналы с блока бортового оборудования ЛА, а выходы этих устройств подключены к входу логического устройства 8, которое может входить в состав вычислителя 7, но для наглядности изображено как отдельный блок. Выходы логического устройства 8 и запоминающего устройства 9 подключены ко входам вычислителя 7, с выхода которого снимаются навигационные данные.

Система для определения пространственной ориентации и курса ЛА будет работать следующим образом.

После подачи питания на систему напряжения с блока 1 датчиков угловых скоростей, пропорциональные скорости вращения ЛА, с блока 2 датчиков ускорений, пропорциональные ускорениям по каждой из 3-х осей, и с трехкомпонентного магнитометра 3, пропорциональные напряженности магнитного поля Земли, с помощью аналого-цифрового преобразователя 4 преобразуются в цифровую форму. В вычислителе 7 происходит расчет крена, тангажа и гиромагнитного курса, с учетом компенсации погрешностей датчиков, а также девиационной погрешности магнитометра 3. Сигналы из бортового оборудования с помощью преобразователя 5 аналогового сигнала и преобразователя 6 цифрового сигнала поступают на логическое устройство 8. Логическое устройство 8 производит сравнение данных аналогового и цифрового сигнала и выдает результирующий сигнал с соответствующим признаком. Вычислитель 7 анализирует сигнал с логического устройства. В случае выдачи сигнала с признаком нахождения на земле, система автоматически переходит в режим начальной выставки. В этом режиме вычислитель 7 проводит оценку смещения нулевого сигнала датчиков угловых скоростей и проводит угловое начальное согласование, после чего записывает эти значения в запоминающее устройство 9. В случае выдачи сигнала с признаком нахождения в полете, вычислитель 7 считывает данные, записанные в запоминающем устройстве 9. Далее проведение начальной выставки блокируется, вычислитель 7 в качестве смещения нулевого сигнала датчиков угловых скоростей использует считанные из запоминающего устройства 9 данные и проводит ускоренное угловое согласование, используя вычисленный магнитный курс и данные с блока 2 датчиков ускорения.

### Вывод

Предложенная система повышает надежность пилотажно-навигационного комплекса ЛА, так как предоставляет возможность не переходить в режим начальной выставки в полете после прерывания питания, а сразу выходить в режим автономной работы. Единственным условием является обеспечение прямолинейного полета ЛА в течение одной минуты, чтобы не допустить влияния выраженных погрешностей.

В настоящее время ведется работа для практической апробации и применения данного метода на отечественных резервных системах ориентации.

### Библиографический список

1. Пат. США № 6522992 МПК G06F7/00, НПК 702/141, опубликован 18.02.2003 (прототип)
2. **Матвеев, В.В.** Основы построения платформенных инерциальных навигационных систем / В.В. Матвеев, В.Я. Распопов. – СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электронприбор», 2009. – 280 с.

3. ГОСТ 19705-89 «Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества электроэнергии». – М.: Изд-во стандартов, 1989.

*Дата поступления  
в редакцию 24.06.2011*

**A.B. Kornilov**

### **STANDBY SYSTEM FOR INTEGRATED SENSORS RELIABILITY INCREASE**

The principle of improving the reliability of attitude of aircraft due to the introduction of processing devices of analog and digital signals, logic and memory devices, which allows the flight of the aircraft from time to time to record the system state to memory and restore the system state of the data contained in it, which provides complete autonomy of the system, has been considered.

*Key words:* attitude control system, power consumers of the 2nd category, the storage device.