

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАРШРУТОМ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

В. А. Козлов, Е. В. Лисичкин

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. В. Брель

Система управления маршрутом беспилотного летательного аппарата (БПЛА) представляет собой комплекс программного и аппаратного обеспечения, который позволяет оптимизировать и контролировать полетное движение БПЛА. Она включает в себя алгоритмы планирования маршрута, навигационные системы, системы обнаружения препятствий и систему автоматического управления. С помощью этой системы оператор может задавать точки маршрута, следить за положением и состоянием БПЛА, а также корректировать его движение в реальном времени. Это позволяет повысить эффективность и безопасность авиационных операций с использованием БПЛА.

Ключевые слова: авионика, БПЛА, бортовая аппаратура управления, САУ, наземная аппаратура управления, полуавтоматический, автоматический.

Эффективное функционирование беспилотного летательного аппарата (БПЛА) в составе аэромобильных комплексов обеспечивается системой автоматического управления (САУ), которая выполняет следующие задачи:

- обеспечение требуемых динамических свойств БПЛА;
- стабилизация углового положения БПЛА;
- автоматизация траекторного управления.

Система управления БПЛА в составе аэромобильных комплексов специального назначения должна обладать живучестью. Живучесть системы управления БПЛА определяется способностью этой системы продолжать функционировать, имея повреждения в различных ее частях. Решить эти и другие задачи можно с помощью двухуровневой организации управления, при которой второй уровень управления адаптирует первый уровень к конкретным условиям. Эту адаптацию можно представить как некоторую перестройку параметров или переход к новой структуре системы управления первого уровня. Второй уровень – «интеллектуальный» модуль авионики, имеющий программное обеспечение, способное при отказах каких-либо систем выбирать альтернативные алгоритмы управления для продолжения полета.

В инженерном контексте интеллектуальное управление БПЛА должно обладать следующими свойствами: живучестью (устойчивостью к враждебным воздействиям); способностью к обучению и адаптации; способностью к включению новых компонентов; автономностью (при этом учитывается возможность потери связи с оператором).

Авионика БПЛА – комплекс аппаратно-программных средств, располагаемых на его борту, т. е. бортовой аппаратуре управления (БАУ), которая обеспечивает все режимы полета и выполнение функциональной задачи. Авионика имеет радиоканал связи с наземной аппаратурой управления (НАУ). Беспилотный летательный аппарат как объект управления, рулевые приводы органов управления, БАУ и НАУ образуют САУ БПЛА. Функциональная схема системы управления БПЛА приведена на рис. 1.

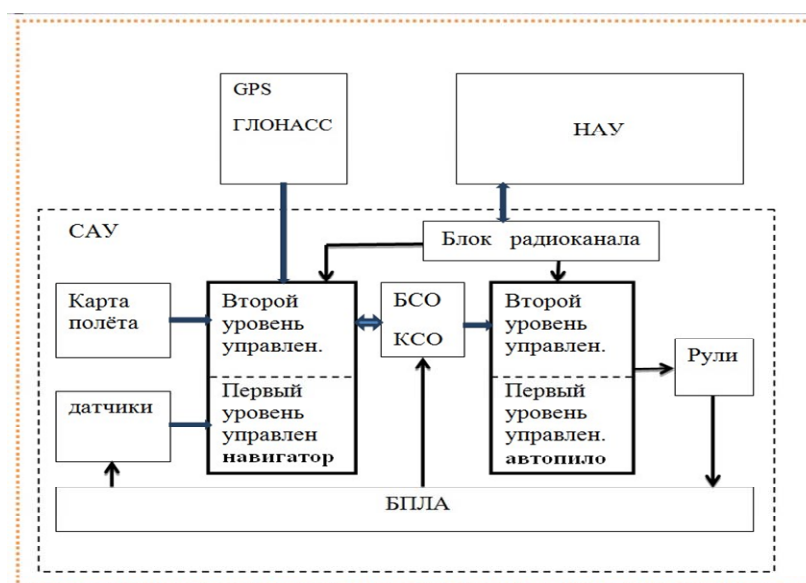


Рис. 1. Функциональная схема системы управления беспилотного летательного аппарата

Бортовая и наземная аппаратура управления должна обеспечить следующие режимы полета БПЛА:

- взлет и посадка в автоматическом режиме (возможны также ручной режим взлета и посадки с управлением по радиоканалу оператором);
- полет в полуавтоматическом режиме с управлением по радиоканалу с корректировкой действий оператора БАУ;
- полет в автоматическом режиме по контрольным точкам с одновременной посылкой телеметрии на наземную аппаратуру управления.

В ручном режиме оператор, визуально оценивая поведение (состояние) БПЛА, с помощью НАУ отклоняет органы управления (рули, органы управления двигателем), приводимые в движение рулевыми машинками. Полуавтоматический режим возможен в радиусе действия радиоканала, который для малоразмерных БПЛА без применения специальных радиоантенных средств находится в пределах 2500 м.

Полуавтоматический режим управления (пилотирование) в данном случае осуществляется с помощью информации о пространственном положении БПЛА, получаемой по радиоканалу и отображаемой на виртуальной приборной панели НАУ. Действия оператора в этом режиме управления корректируются САУ, выполняющей функции автопилота, не допускающего потенциально опасных параметров движения БПЛА.

В полуавтоматическом режиме САУ БПЛА обеспечивает два информационных потока через радиоканал: от блока ручного управления к устройству управления автопилота; от датчиков и системы ориентации через модуль «Навигатор», интерфейс телеметрии на устройство визуализации параметров полета.

Автоматический режим – это обеспечение полета по заранее заданному с помощью контрольных точек маршруту. В данном режиме возможно отсутствие радиосвязи БАУ с аппаратурой управления и связи.

В автоматическом режиме полета управление осуществляется по принципу наведение–стабилизация. Модуль «Навигатор» решает задачу наведения, т. е. вырабатывает команду наведения (включающую требуемое направление полета и текущее направление полета, вычисленное по сигналам систем ориентации, навигации и датчиков), которая транслируется модулю «Автопилот».

Модуль «Автопилот» решает задачу стабилизации, т. е. обработки команды наведения и обеспечения устойчивости движения путем выработки команд управления алгоритмом автопилота. В случае превышения заданных порогов (по углам и угловым скоростям) подается команда стабилизации режима горизонтального полета, вырабатываемая алгоритмом «Автопилот» как и в случае полуавтоматического управления. В автоматическом режиме на модуль «Навигатор» ложится задача периодически проверять наличие связи по радиоканалу. В случае ее наличия модуль «Навигатор» посылает данные телеметрии на землю. Основные функции САУ БПЛА в полуавтоматическом и автоматическом режимах выполняет автопилот, реализующий законы управления по каналам тангажа, рыскания и крена.

При полете в автоматическом режиме БПЛА должен летать на малых высотах с огибанием рельефа местности. При этом должна быть обеспечена точность поддержания высоты в пределах трех метров.

При объединении нескольких навигационных измерителей наиболее широкое применение получили две схемы комплексирования, известные как способ компенсации и фильтрации.

Для повышения точности определения угловой ориентации БПЛА возможно комплексирование (объединение) систем ориентации различного типа. На рис. 2 приведена блок-схема объединения модуля трехосевого магнитометра, пирогоризонта и модуля спутниковой навигационной системы (СНС) GPS/ГЛОНАСС. Трехосный магнитометр вырабатывает по каждому каналу нормированные показания X , Y , Z . Пирогоризонт определяет углы тангажа и крена. Модуль GPS/ГЛОНАСС принимает сигналы спутниковой навигационной системы и передает в блок расчета углов ориентации значения географических координат путевого угла и углов магнитного склонения D и наклонения I . На основании определенных датчиков углов тангажа и крена в блоке расчета вычисляется угол курса. Таким образом, имеются значения углов курса, вычисленные по показаниям пирометров и магнитных датчиков и курс, выдаваемый модулем GPS. Это позволяет реализовать фильтр Калмана для оценки систематических ошибок X , Y , Z магнитных датчиков. Такой способ комплексирования повышает точность определения углов тангажа и крена и устраняет ошибки, связанные с наличием остаточных некомпенсированных магнитных помех, и ошибку, обусловленную углом скольжения БПЛА.

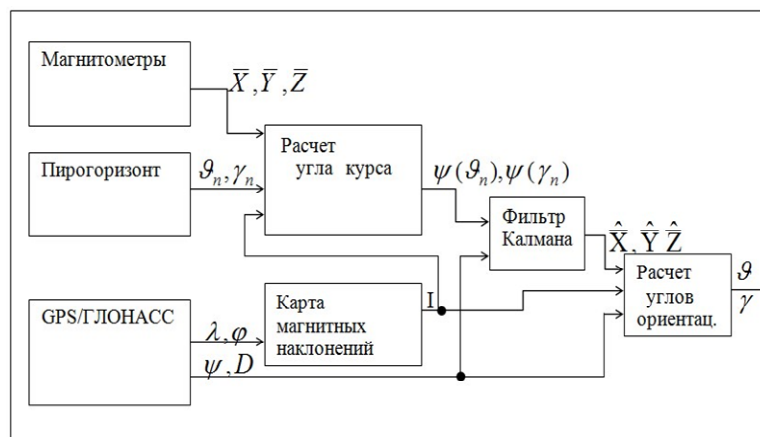


Рис. 2. Блок-схема комплексирования модуля магнитометров, пирогоризонта и модуля GPS/ГЛОНАСС

Перспектива в разработке САУ БПЛА заключается в создании «интеллектуальной» авионики, имеющей программное обеспечение, способное при отказах каких-либо систем выбирать альтернативные алгоритмы управления для продолжения полета.

Л и т е р а т у р а

1. Распопов, В. Я. Микросистемная авионика / В. Я. Распопов. – Тула : Гриф и К, 2010. – 248 с.
2. Северцев, Н. А. Исследование операций: принципы принятия решений и обеспечение безопасности / Н. А. Северцев, А. Н. Катулев. – Тверь, 1999.
3. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

**ДАТЧИКИ МАЛОГАБАРИТНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

С. С. Ивкин

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. В. Брель

Рассмотрена проблема использования глобальной навигационной спутниковой системы (ГЛОНАСС) и способ ее решения. Представлена оптимальная схема интегрирования.

Ключевые слова: инерциальная навигационная система, акселерометр, гироскоп.

Глобальные навигационные спутниковые системы используют сигналы с орбитальных спутников для вычисления положения, времени и скорости. Однако ГЛОНАСС имеет хорошую точность при условии, что отслеживает как минимум четыре спутника.

Когда прямая видимость спутников блокируется такими препятствиями, как деревья или здания, навигация становится ненадежной или невозможной. Для решения данной проблемы можно использовать интеграцию с инерциальной навигационной системой (ИНС), так как эти системы хорошо дополняют друг друга. Инерциальная навигационная система работает автономно, но только относительно какой-то начальной точки, которую может задавать ГЛОНАСС (см. таблицу).

**Сравнение инерциальной навигационной системы
и глобальной навигационной спутниковой системы**

| Параметр | Инерциальная навигационная система | Глобальная навигационная спутниковая система |
|---|------------------------------------|--|
| Автономность | Да | Нет |
| Привязка к системе координат и времени | Нет | Да |
| Шумовая погрешность | Низкая | Высокая |
| Накапливающаяся погрешность, необходимость калибровки | Есть | Нет |
| Помехоустойчивость | Высокая | Низкая |
| Перерывы навигационных систем, обусловлены внешними факторами | Нет | Есть |
| Темп выдачи данных | Высокий | Низкий |