

УДК 629.7.05

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ГРАЖДАНСКИМ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ ПРИ ПОМОЩИ МОБИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Матвеев В.В., Погорелов М.Г.

Тульский государственный университет
Тула, Российская Федерация

Гражданские беспилотные летательные аппараты (БПЛА) предназначены для решения множества задач, выполнение которых пилотируемыми летательными аппаратами в силу различных причин нецелесообразно. В число таких задач входит: мониторинг воздушного пространства, земной и водной поверхностей, экологический контроль, управление воздушным движением, контроль морского судоходства, развитие систем связи и др.

Решение перечисленных выше задач невозможно без точного определения параметров ориентации и навигации БПЛА. Безусловно, успех поставленной задачи БПЛА зависит от бесперебойной работы всех бортовых систем в частности автопилота, реализующего функцию автоматического управления движением. Зачастую БПЛА является летательным аппаратом разового применения, поэтому требование к минимизации стоимости автопилота и другого оборудования является одним из основополагающих.

В работе предлагается использовать в качестве автопилота БПЛА мобильное устройство – современный смартфон, который оснащен различными датчиками: акселерометрами, гироскопами, магнитометрами, баровысотометром и др. Кроме того смартфон имеет одну или две видеокамеры, которые можно задействовать для снятия панорамы местности. Цена смартфона с полным составом датчиков начинается от 5-7 тысяч рублей, в то время как стоимость специально разработанного автопилота БПЛА может составлять десятки тыс. рублей, который по количественному составу датчиков значительно уступает смартфону. Отсюда становится понятным, что использование современного смартфона в качестве измерительной подсистемы гражданского БПЛА является актуальной задачей.

На базе акселерометров, гироскопов и магнитометров может быть реализован автопилот БПЛА. Облик системы автопилот-БПЛА приведен на рисунке 1 [1-3].

На смартфоне, содержащем магнитометры, гироскопы и акселерометры реализуются алгоритмы различных систем ориентации БПЛА, вычисляющие углы курса, тангажа и крена. Смартфон по каналу WI-FI передает информацию об углах ориентации на блок управления, который воздействует на органы управления (руль

направления, элероны, рули высоты) стабилизируют БПЛА на траектории или управляют полетом БПЛА по заданной программе.

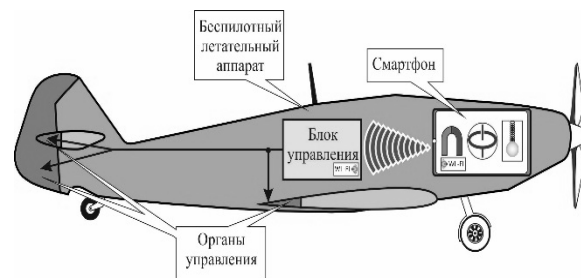


Рисунок 1 – Облик системы автоматического управления БПЛА при помощи мобильного устройства

Каждая в отдельности взятая система ориентации, обладая определенными преимуществами и недостатками, не удовлетворяет всем необходимым характеристикам точности и надежности.

Система ориентации, построенная на базе акселерометров, не имеет тенденции к накоплению погрешностей, избирательна к плоскости горизонта, но подвержена ускоренному перемещению, кроме того выходной сигнал содержит высокочастотный шум.

Преимуществом электронного компаса, построенного на базе магнитометров и акселерометрической системы ориентации, является отсутствие тенденции к накоплению погрешностей, избирательность к направлению на магнитный север. К недостаткам можно отнести подверженность воздействию внешнему магнитному полю и шум магнитометров.

Гироскопическая система ориентации не требует никакой внешней информации, позволяет определять все три угла ориентации объекта. К недостаткам системы следует отнести тенденцию к накоплению погрешностей и неизбирательность к направлению на север, а также к плоскости горизонта.

В связи с этим датчики объединяют в комплексные (корректируемые) измерительные системы, превосходящие качество каждой в отдельности взятой системы.

Коррекция посредством гироскопической системы ориентации по акселерометрам позволяет

устранить накопление погрешностей по углам тангажа и крена и придать свойство избирательности по отношению к местному горизонту. В работе рассматривается вариант коррекции гироскопической системы ориентации посредством акселерометрической (рисунок 2), в котором сигналы каждой из систем сравниваются, а разностный сигнал подается в фильтр нижних частот (ФНЧ). Последний, ослабляет высокочастотные погрешности акселерометрической системы и пропускает низкочастотную погрешность гироскопической системы. В результате фильтрации удается оценить погрешность гироскопической системы ориентации, которая затем исключается.

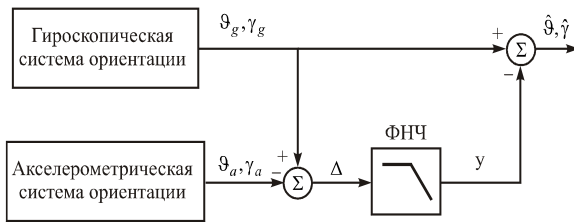


Рисунок 2 – Блок-схема комплексирования гироскопической и акселерометрической систем ориентации

Проводилось экспериментальное подтверждение работоспособности схемы комплексирования. Смартфон устанавливался на горизонтальный стол и поворачивался по крену. После возвращения смартфона в исходное положение по смартфону наносилось импульсное воздействие. Одновременно, производилась запись сигналов гироскопов и акселерометров. Затем, полученные данные передавались на настольной компьютер и с помощью программы Mathcad обрабатывались в соответствии со схемой на рисунке 2. Результаты расчета угла крена приведены на рисунке 3.

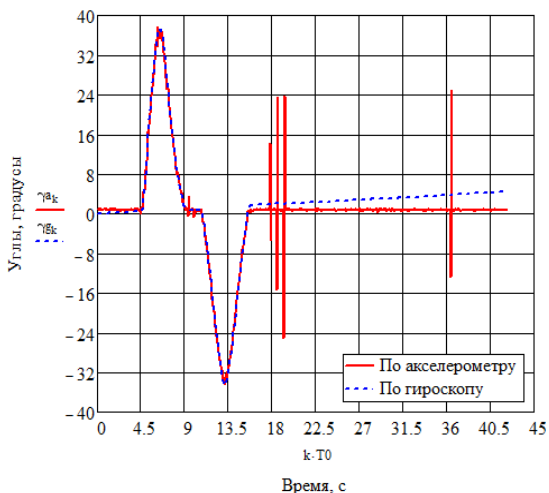


Рисунок 3 – Графики углов крена, полученные по гироскопу и акселерометрам соответственно

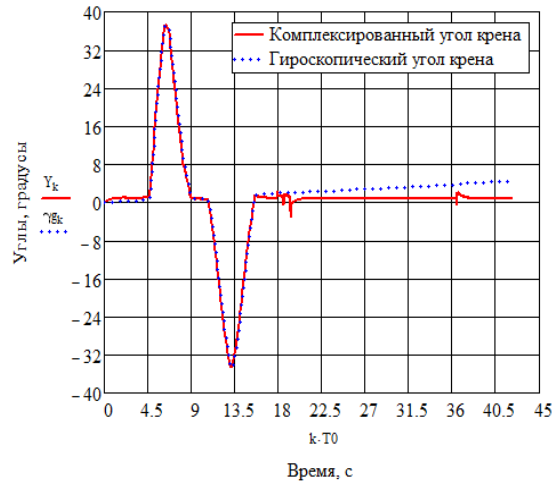


Рисунок 4 – Комплексированный угол в сравнении с гироскопическим углом крена

Анализ графиков на рисунке 3 позволяет сделать вывод, что акселерометрическая система ориентации не имеет тенденции к накоплению погрешностей, но подвержена шуму и импульсному воздействию. Гироскопическая система ориентации лишена этих недостатков, но имеет тенденцию к накоплению погрешностей.

На рисунке 4 приведен, в качестве примера, комплексированный угол крена в сравнении с гироскопическим углом крена. Как видно, комплексированный угол крена лишен недостатков гироскопической системы взятой в отдельности, что подтверждает целесообразность принятого комплексирования датчиков.

В работе показана целесообразность использования смартфона в качестве автопилота гражданского беспилотного летательного аппарата. Приведены и апробированы алгоритмы акселерометрической, гироскопической и магнитометрической системы ориентации. Выявлены преимущества и недостатки каждой из систем. Разработана схема комплексирования датчиков, позволяющая устранить недостатки каждой в отдельности взятой системы.

1. Лабораторный практикум по дисциплине «Инерциальные и интегрированные навигационные системы» Ч. I. Системы ориентации на мобильных устройствах: учеб. пособие для вузов/под общ. ред. к.т.н. Матвеева В.В. – Тула: Изд-во ТулГУ. – 2014. – 100 с.
2. Распопов В.Я. Микросистемная авионика: учебное пособие. – Тула: «Гриф и К». – 2010. – 248 с.
3. The impact of sensor parameters on the accuracy of a strapdown inertial vertical gyroscope / Raspopov V. Ya, Pogorelov M.G. and others // Automation and Remote Control. – Т. 74. – № 12. – 2013. – С. 2189-2193.