

УДК 629.7.054.07

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

© Смирнова Н.А., Гузанова А.Е., Кизимов А.Т.

e-mail: sn1710m@gmail.com

*Рыбинский государственный авиационный технический университет  
имени П.А. Соловьёва, г. Рыбинск, Российская Федерация*

При разработке беспилотного летательного аппарата (БПЛА) задаются требования, обусловленные назначением, конструкцией и размерами летательного аппарата. По назначению БПЛА можно разделить на две большие группы: гражданского и специального применения.

Требования, предъявляемые к системе автоматического управления (САУ) беспилотного летательного аппарата специального назначения, можно, в свою очередь, разделить на программные и аппаратные [1].

Программные требования включают в себя наличие защищенного канала связи с наземным пунктом управления (НПУ), наличие программы полёта любой сложности, в том числе, реализуемой при потере связи с НПУ.

К аппаратным требованиям относится наличие высококачественной элементной базы преимущественно отечественного производства, точных измерительных систем и высокоскоростных интерфейсов обмена между модулями САУ.

К системам автоматического управления БПЛА специального назначения также предъявляются требования по конструкции и размерам беспилотного летательного аппарата, то есть при установке САУ на малоразмерный летательный аппарат габариты модуля не должны превышать размеров, определяемых конструкцией БПЛА.

Разрабатываемая навигационная система входит в состав САУ, следовательно, предъявляемые требования распространяются и на навигационную систему. Таким образом, целью работы является проведение экспериментальных исследований программного обеспечения навигационной системы в специализированной среде и проверка правильности работы модуля в замкнутом контуре, а также выбор элементной базы, на основе которой возможно выполнение всех поставленных задач.

В основу разрабатываемого программного обеспечения заложена навигационная система, состоящая из двух основных компонентов: бесплатформенной инерциальной курсовертикали (БИКВ) и инерциальной навигационной системы (ИНС), которые взаимно интегрированы друг в друга [2]. Высокая точность выходных параметров обеспечивается многоконтурной автоматической подстройкой вычисленных параметров, реализованной за счёт дополнительных обратных связей и альтернативных средств коррекции. Для тестирования программного обеспечения (ПО), написанного на языке высокого уровня, была проведена отладка на полунатурном моделирующем стенде, в основе которого лежит интерактивная среда MATLAB. Она позволяет наблюдать процесс полета модели БПЛА в режиме реального времени с отображением заданной траектории. На базе элементов визуализации, входящих в состав стенда, подтверждается качество работы встроенного ПО в замкнутом контуре на примере точного выполнения полётного задания. Полученная в результате тестирования траектория представлена на рисунке.

Для аппаратной реализации поставленной задачи подобран компонент управления, который выполняет вычисления кватернионов, производных первого

порядка, фильтров высокого порядка и прочие вспомогательные расчёты с точностью не хуже 6 знаков после запятой.

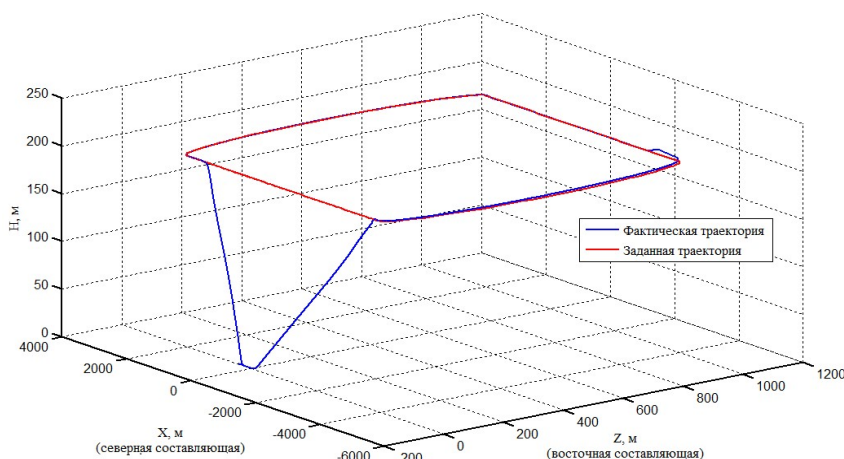


Рис. Траектория полёта БПЛА в режиме автоматического управления

Параллельно с расчётами компонент управления оперативно передает информацию о состоянии БПЛА на другие блоки САУ и записывает данные полёта в «чёрный ящик».

В качестве управляющего компонента был выбран двухъядерный микропроцессор, у которого предусмотрена возможность подключения оперативной памяти типа DDR3, обладающей высоким быстродействием и большим объёмом. Наряду с возможностью подключения оперативной памяти в характеристиках микропроцессора предусмотрена возможность подключения внешней памяти типа NORFlash (для кода программы и калибровочных данных) и NANDFlash (для «чёрного ящика») через интерфейс EMIF16.

Для реализации обмена между навигационной системой и другими модулями САУ реализованы дуплексные интерфейсы, основными требованиями, предъявляемыми к ним, являются быстродействие, надёжность, наименьшее количество входов/выходов, необходимых для подключения, и высокое качество передачи и приёма. Для связи с ПЛИС разработчики выбранного микропроцессора заложили специализированный интерфейс HyperLine, скорость приёма/передачи которого по каждому из четырёх каналов 25 Гбит/с. Для связи с микроконтроллером можно использовать все интерфейсы, поддерживаемые ответным устройством. В разрабатываемой навигационной системе предполагается использование UART и SPI. При подключении интерфейса UART использован асинхронный коммуникационный элемент или FIFO-память.

Таким образом, для разработки программно-аппаратного комплекса был проведён ряд мероприятий, связанных с тестированием ПО в интерактивной среде разработки, и выбором элементной базы, которая должна соответствовать всем требованиям по надёжности, качеству, быстродействию и габаритам.

### Библиографический список

1. Комплексы с беспилотными летательными аппаратами. В 2-х кн.: Кн.2. Роботехнические комплексы на основе БЛА: монография / под ред. В.С. Вербы, Б.Г. Татарского. – М.: Радиотехника 2016. – 824 с+16 с.цв.ил.
2. Разработка цифровой бесплатформенной инерциально-магнитометрической адаптивной навигационной системы управления беспилотным летательным аппаратом. Гузанова А.Е., Смирнова Н.А.: 71-я всероссийская НТК студентов, магистров и аспирантов вузов с МУ. Сборник материалов. Ч 2. Ярославль: ЯГТУ, 2018. С. 273-275.