

Имитационное моделирование системы управления беспилотного летательного аппарата Ястреб-1

В. Г. Бондарев, email: dimkaao@yandex.ru

С. В. Ипполитов, email: dimkaao@yandex.ru

Д. В. Лопаткин, email: dimkaao@yandex.ru

Д. Е. Титов email: dimkaao@yandex.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

***Аннотация.** В докладе предложена методика имитационного моделирования системы управления бортового оборудования беспилотного летательного аппарата Ястреб-1 для проведения летного эксперимента, беспилотный летательный аппарат, вертикальный взлёт и посадка, стабилизация высоты, система технического зрения, моделирование, система управления.*

***Ключевые слова:** Беспилотный летательный аппарат, система управления, имитационное моделирование, методика.*

Введение

Беспилотные летательные аппараты (БпЛА) все больше набирают популярность во многих сферах жизнедеятельности людей, в том числе и в силовых ведомствах, для выполнения следующих специальных задач: поиск, обнаружение очагов природных и техногенных аварий и катастроф. Так же не стало исключением и Вооруженные силы РФ, представители руководства которых проявляют огромный интерес к изучению и созданию данных летательных аппаратов. Однако, в каждом случае выполнение задач будет иметь свои особенности, связанные с конструкцией силовой установки, компоновки бортового оборудования (БО) БпЛА и отладка программного обеспечения их систем [1].

Важным этапом в создании БпЛА является синтез структуры составных частей, успешное выполнение которого позволит обеспечить точное управление и надежную работу всего комплекса бортового оборудования, включая имитационное моделирование системы управления для отладки программного обеспечения (ПО) [2].

Рассмотрим методику имитационного моделирования системы управления БпЛА Ястреб-1, изготовленного курсантским конструкторским бюро для летного эксперимента в рамках создания

беспилотного боевого авиационного комплекса Рой-93. БпЛА Ястреб-1 представляет собой конвертоплан с профилем фюзеляжа типа летающее крыло. Стоит отметить, что данная система управления универсальна для аппаратов такого класса. Отличие в составных частях будет состоять лишь в особенности моделирования отдельных параметров полета (углы атаки, рыскания, тангажа) каждого летательного аппарата.

1. Методика

Курсантским-конструкторским бюро 93 кафедры в процессе работы по созданию конвертоплана Ястреб-1 была разработана оптимальная и наиболее понятная методика имитационного моделирования системы управления БпЛА, включающая следующий порядок действий [3].

До подачи электропитания, согласно маркировки указанной на автопилоте (АП) произвести подключение соответствующих элементов электрической схемы.

Подключить аккумуляторные батареи в электросеть БпЛА и дождаться соответствующего сигнала от звукового устройства АП (Buzzer), который информирует оператора, производящего настройку о положительных результатах встроенного контроля АП.

Запустить ЭВМ с установленным ПО (QGroundControl) и произвести синхронизацию БпЛА с ПЭВМ непосредственным или дистанционным методами.

При использовании непосредственного метода необходимо подключить кабель передачи информации от полетного контроллера беспилотного летательного аппарата к ПЭВМ соответствующими разъемами и штекерами.

Для использования дистанционного метода на БпЛА и ПЭВМ следует подключить устройства для телеметрии полетных данных.

Выбор метода определяется в зависимости из условий и особенностей выполняемых задач.

Перейдем к моделированию работы БО с использованием специального программного обеспечения (СПО). Перед началом работы необходимо выбрать соответствующую версию прошивки ПО АП. Для этого в правом верхнем углу необходимо выбрать вариант прошивки и подтвердить свой выбор.

По завершению загрузки необходимой прошивки в АП, сигнализируется звуковой сигнал от Buzzer.

Следующим пункт предусматривает выбор типа БпЛА, в зависимости от используемых в нем электрических двигателей. При этом каждому типу БпЛА предусмотрены варианты модификации [4]. В

зависимости от выбранной модификации будут зависеть работа АП БПЛА на всех этапах полета.

После выбора типа размещения ЭД в конструкции БПЛА необходимо сохранить выбранные параметры, выполнить перезагрузку и ожидать повторной включения АП.

Далее необходимо осуществить калибровку измерительных систем АП: магнитометра, гироскопа, акселерометра и авиагоризонт.



Рисунок. Интерфейс пользователя СПО, используемое для осуществления наглядного моделирования работы БО имитацией положения БПЛА в пространстве

Калибровка магнитометра, если он установлен на БПЛА строго по направлению маркировки стрелки, не выполняется. Если же размещение магнитометра выполнено под каким-либо углом, то необходимо в настройках ПО задать параметр, отвечающий за его ориентацию. После этого на экране ПЭВМ появляется изображение с расположением летательного аппарата. Необходимо произвести незначительные пространственные перемещения БПЛА до тех пор, пока не произойдет окончательная калибровка магнитометра [5].

После выполнения калибровки необходимо сохранить данные. По окончании калибровки магнитометра слева у названия данного пункта будет отображаться зеленый индикатор.

Калибровка гироскопа заключается в установке БПЛА в неподвижное состояние (желательно на ровную поверхность) и нажатии кнопки “Калибровка” в СПО на ПЭВМ. В течении некоторого времени АП и СПО ПЭВМ автоматически выполнит настройку гироскопа. По

окончании калибровки на экране ПЭВМ появится соответствующая индикация зеленого цвета.

Для калибровки акселерометра необходимо определить угловые положения АП (в случае, если АП установлен ровно, то ничего менять не нужно). Далее путем нажатия кнопки “Калибровать” в СПО ПЭВМ выполняется настройка акселерометра. Для этого необходимо устанавливать и зафиксировать БпЛА в определенных положениях, указанных в СПО ПЭВМ и контролировать по индикации на экране ПЭВМ угловые положения. В случае, когда БпЛА представляет собой большой аппарат, настройка акселерометра возможна отдельно, но тогда остальные параметры следует настраивать при полной сборке АП и корпуса БпЛА с помощью магнитометра.

Калибровка авиагоризонта заключается в том, чтобы расположить БпЛА в пространстве относительно истинной вертикали так, как он должен будет находиться во время полета или принимать положение без воздействия каких-либо управляющих сигналов. При этом ПЭВМ должно зафиксировать это положение БпЛА, приняв данную настройку нажатием на экране кнопку “Калибровать”.

Для дистанционного моделирования работы СПО БО БпЛА необходимо перейти в пункт “настройки радио”, выбрать на экране кнопку “Калибровать” и производить те же действия, которые отображаются на экране ПЭВМ для пульта дистанционного управления (ПДУ) с небольшим удержанием, чтобы система смогла зафиксировать данное изменение.

По окончанию калибровки необходимо нажать кнопку “next”. Завершение настройки сигнализируется аналогично звуковым сигналам на АП.

Далее выполняется настройка системы электроснабжения (СЭС) БпЛА. Для этого в меню СПО ПЭВМ, в параметре “Power” в первом разделе указываем количество аккумуляторных батарей (количество, емкость, ток заряда, минимальное напряжение), далее выполняется калибровка датчика напряжения в СЭС, для этого необходимо нажать кнопку “Калибровать” датчик напряжения.

Параметры для дополнительной калибровки АКБ, необходимо отключить их из СЭС и с помощью кнопки “Калибровать”, произвести отладку дополнительных параметров, после чего последует звуковой сигнал АП, и подтвердить операцию нажатием кнопки “ОК”.

Следующей операцией является моделирование режима безопасности полета БпЛА (Safety). Здесь возможны следующие признаки для возврата и вынужденной посадки БпЛА. Первый признак связан с минимальным значением заряда аккумулятора, чтобы при

необходимости совершить посадку в заранее заданной точке, либо на непосредственном месте полета, при разрядке АКБ.

Следующий признак предполагает защиту БПЛА от потери связи с ПДУ или командой станцией. Для этого в АП запрограммированы следующие алгоритмы:

- возврат на заданное место посадки/взлета;
- продолжение полета с заданными параметрами и с повторным поиском пульта дистанционного управления;
- вынужденной посадка с последовательным отключением и блокировкой всех систем БПЛА.

В СПО ПЭВМ предусмотрено имитационное моделирование дальности функционирования радиоканальной линии, что позволит оператору с пульта дистанционного управления контролировать режим полета БПЛА, чтобы не происходило удаление летательного аппарата за применяемый радиус действия. При удалении БПЛА за допустимую область от ПДУ система будет информировать об этом на данное ПДУ и звуковой сигнализацией (можно включить как сигнализатор о данной ситуации или задать параметр возвращения на место взлета/посадки по координатам). Кроме того, есть возможность ограничить высоту полета БПЛА аналогично ограничениям по дальности.

В СПО в зависимости от решаемых задач и установленной целевой нагрузки БПЛА возможно моделирование работы целевой нагрузки, например, бортовой видеокамеры.

Данная методика будет полезна при создании БПЛА подобного класса на этапе отладки БО и летных испытаний.

Необходимо отметить, что имитационное моделирование системы управления доступно лишь тогда, когда будет произведен её монтаж в корпус БПЛА, совместно с комплектом БО.

Заключение

Таким образом, разработанная методика, позволяет выполнить имитационное моделирование системы управления летательного аппарата Ястреб-1, спроектированного курсантским-конструкторским бюро, а также произвести настройку БО БПЛА для проведения наземных и летных экспериментов с обеспечением безопасности проведения полета и устойчивой работы всего комплекса в целом.

Список литературы

1. Бондарев, В. Г. Навигационные возможности оптико-электронных средств / В. Г. Бондарев, Д. В. Лопаткин, Е. В. Озеров // Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н.Е. Жуковского. – 2016. – № 4. – С. 123-129.

2. Никулин, Е. А. Основы теории автоматического управления. Частотные методы анализа и синтеза систем: учебное пособие для вузов – СПб.: БЧВ-Петербург, 2004. – 460 с.

3. Бондарев В. Г., Ипполитов С.В., Лопаткин Д.В., Монгуш Д. С. Технология полунатурного моделирования для исследования аэродинамических характеристик конвертоплана СОМ-93. XVII Международная конференция «Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы», 14-15 февр. 2019 г.: / редкол.: А. В. Борисов [и др.]. – Воронеж: ВГУ, 2019. – Т. II. – С. 306-311.

4. Желанников А.И. Аэромеханика / А.И. Желанников. – М.: Наука, 2007. – С.81-96.

5. Павловский В. Е., Яцун С. Ф., Емельянова О. В., Стуканева С. П. Математическое моделирование работа с переменным вектором тяги / Беспилотные транспортные средства с элементами искусственного интеллекта (БТС-ИИ-2015): труды 2-го Всеросс. научно-практ. семинара. – СПб.: Политехника сервис. 2015. – С. 99-106.