

УДК 629.735.051

Черановский В.О.  
Мостепанюк В.С.

## СОЗДАНИЕ ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА (ПНК) БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА (БЛА) ГРАЖДАНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ (GPS)

В НИИ ПФМ в период 1993-1996 годов был выполнен ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию беспилотного летательного аппарата (БЛА) народнохозяйственного назначения.

Беспилотный летательный аппарат народнохозяйственного назначения предназначен для:

- дистанционного зондирования земной поверхности, в том числе: определении мест утечки из газо- и нефтепроводов; выявления мест наибольшей концентрации поверхностных загрязнений почв, озер, болот; контроля автострад железнодорожных путей, линий электропередач; поиска полезных ископаемых; картографирования; распыления средств биологической защиты растений; контроля состояния сельскохозяйственных угодий и лесных массивов; решения других задач;

- измерения параметров атмосферы, в том числе: определения уровня радиационного загрязнения; определения уровня пороговых составляющих химических компонентов.

Исходя из решаемых БЛА задач его пилотажно-навигационный комплекс (ПНК) должен обеспечивать [1]: самолетовождение на всех этапах полета с выдерживанием линии заданного пути (ЛЗП); непрерывное автоматическое определение текущих координат, углового положения, высоты полета БЛА и параметров его движения; выдачу пилотажно-навигационной информации в систему управления БЛА; автоматическую стабилизацию угла крена, тангажа, курса, высоты полета, приборной скорости; автоматическое ограничение пилотажных параметров в критических режимах полета; автоматизированное выполнение всех видов оперативной подготовки БЛА к полету с сигнализацией о готовности или отказах системы.

Удовлетворяющий вышеперечисленным задачам ПНК представляет собой функционально и структурно законченную

информационно-управляющую систему [2]. Ее работа строится на основе взаимодействия датчиков первичной информации, систем контроля и сигнализации, исполнительных устройств с бортовым вычислительным комплексом (БЦВК). Примером такой системы может служить ПНК самолета. Однако применение ПНК самолета для управления полетом БЛА не представляется возможным из-за его больших габаритно-массовых, энергетических и стоимостных показателей.

Заметное отставание Украины в области создания БЛА выдвигает особые требования к ускорению процесса их проектирования. Одним из путей достижения желаемого результата является рациональный подход к проектированию ПНК БЛА. Действительно уже на стадии предварительного проектирования создание БЛА неразрывно связано с проектированием его ПНК. Появление на отечественном рынке доступной GPS-техники открывает новые возможности в построении ПНК БЛА. Рассмотрим возможность применения GPS техники, в зависимости от ее характеристик.

В настоящее время наиболее точными и оперативными являются спутниковые системы реализующие R-кодовое слежение по двум несущим частотам с достаточно большим числом параллельных каналов, работающих на каждой из этих частот. Доступ к точному R-коду, реализованный в приемнике GPS, на борту БЛА позволяет выполнять прецизионные измерения высокоточных координат и оперативного решения навигационных задач в системе управления БЛА. Преимуществом R-кодového приемника, работающего на двух несущих частотах, является его значительная помехоустойчивость, которая позволяет вести непрерывное слежение в районах с большими воздействиями электромагнитных полей. Эффективный метод повышения точности определения координат в реальном времени - это использование приемников GPS с возможностью реализации режима дифференциальной коррекции. Этот метод позволяет повысить точность определения координат в реальном времени до 1 м СКО и до 3 м СКО для приемников не использующих точный R-код. Режим дифференциальной коррекции определения координат требует наличие доступной стационарной или мобильной станции с заранее определенными с большой точностью координатами. Сигнал от станции поступает в приемник GPS по одному из рабочих каналов совместно с сигналами, поступающими от спутников и используется для уточнения определения текущих координат БЛА. В случае когда нет доступных станций дифференциальной

коррекции и включен режим "селективного доступа" (зашумление Y-кодом точного P-кода) наиболее точные показания могут давать GPS приемники, использующие патентованные методы повышения точности. Это может быть либо бескодовый принцип измерения (кросс корреляция), либо т.н. режим z-слежения, который снижает негативное воздействие Y-кода, улучшая отношение сигнал/шум. Когда Y-код выключен такой приемник возвращается в режим работы по P-коду. Таким образом наивысшая точность и производительность для навигации БЛА может быть достигнута в случае использования P-кодového приемника с возможностью снижения воздействия режима зашумления на точный код.

Однако, применение P-кодových приемников с возможностью ослабления зашумления пока ограничено на гражданских БЛА из-за высокой стоимости. Поэтому реальным является применение для задач навигации БЛА GPS приемников принимающих C/A код прямого доступа в одном частотном диапазоне; точность показаний которых составляет 25 метров СКО. Подобные приемники позволяют в реальном времени определять местоположение, скорость, курс на борту БЛА. Повышение точности определения и устойчивости показаний в этом случае может быть достигнуто за счет использования в приемнике большего числа независимых параллельных каналов, принимающих C/A код. Сигналы от спутников принимаются с помощью активной антенны, имеющей усилитель с низким уровнем шумов. Значительное улучшение показаний такой системы обеспечивает возможность использования режима дифференциальной коррекции. Режим дифференциальной коррекции позволяет повысить точность определения координат в реальном времени до 3 метров СКО. При этом точность определения скорости составляет 1 сантиметр в секунду. Подобный 12-канальный GPS приемник стоимостью, в комплекте с антенной, до 700 долларов США удовлетворяет требованиям решения задачи навигации в системе управления легким БЛА.

Определение скорости в блоке приемника выполняется по усовершенствованной методике которая не требует вычислений, зависящих от значений последних определенных координат, а использует мгновенные доплеровские лучевые скорости относительно 4 спутников для вычисления точной динамической скорости. Значения положения и скорости вычисляются без использования начальных значений этих величин, точные временные метки получаются при использовании только одного спутника; плоская авиационная антенна крепится непосредственно на БЛА.

Сопряжение блока приемника с БЦВМ системы управления БЛА для передачи данных осуществляется через два последовательных порта RS-232, скорость обмена данными выбирается от 300 до 38400 бод.

Обработка навигационной информации происходит в БЦВК БЛА по специальным алгоритмам. Они формируют сигналы управляющих воздействий для системы автоматического управления БЛА. Один из таких сигналов обеспечивает выдачу требуемого значения угла крена используемого в законе управления и стабилизации. Значение требуемого угла крена необходимо для управления движением БЛА на ЛЗП, а также совершения маневра смены ЛЗП, когда удаление до текущей опорной точки маршрута (ОТМ) становится меньше заданного линейного упреждения разворота. В алгоритме предусматривается анализ признака достижения текущей ОТМ по которому формируется и выдается в приемник GPS команда переключения на следующую ОТМ и смену ЛЗП. Каждая ЛЗП определяется координатами и именем начальной и конечной ОТМ. Весь маршрут полета БЛА состоит из набора ЛЗП. Траектория полета БЛА задается путем ввода в приемник GPS координат ОТМ и последовательности ЛЗП соединяющих заданные ОТМ. Ввод координат ОТМ осуществляется на этапе предстартовой подготовки БЛА. После чего рассчитанные координаты ОТМ загружаются в приемник GPS.

Система автоматического управления легкого БЛА работающая под управлением GPS техники должна обеспечивать: нечувствительность БЛА к временным (до 5 секунд) пропаданиям навигационной информации; нечувствительность БЛА к единичным ошибкам в измерении навигационных параметров; обеспечение приемлемых переходных процессов во время выполнения БЛА режимов отслеживания и смены ЛЗП; обеспечение режима аварийной посадки в случае отказов систем БЛА.

Таким образом на сегодняшний день представляется возможным построение ПНК БЛА гражданского назначения на основе использования GPS техники как основного источника навигационной информации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Липчин А.Ц. Проектирование сложных навигационных систем.- М.: Машиностроение, 1976. - 175 с.
2. Михалев И.А. и др. Системы автоматического управления самолетом.- М.: Машиностроение. 1987. - 240 с.