

УДК 623.466.23

Особенности синтеза алгоритмов систем управления объекта, содержащего спутниковую навигационную аппаратуру

05, май 2012

Сионская Е.Ю.

Студент,

Кафедра «Динамика и управление полетом ракет и космических аппаратов»

Научный руководитель: В.В. Грабин,

д. т. н., профессор кафедры «Динамика и управление полетом ракет и космических аппаратов»

В современном мире требования к точности постоянно возрастают. Создаются все новые системы для определения координат тела в пространстве. Наиболее перспективными, надежными и точными системами являются системы спутниковой навигации. Рассмотрим особенности синтеза алгоритмов управления, использующих информацию с навигационных систем.

В качестве объекта управления принимаем высокоскоростной беспилотный летательный аппарат (БЛА). В настоящий момент в среднем точность попадания БЛА составляет до 100 метров. Ниже в таблице 1 приведена примерная точность попадания некоторых ЛА

Таблица 1

Точность попадания некоторых ЛА

Летательный аппарат	Примерная точность наведения, м
Ока	350
Точка	250
Искандер	50

Теперь необходимо выбрать наиболее подходящую систему спутниковой навигации. В настоящее время работают или готовятся к развёртыванию следующие системы спутниковой навигации:

- **GPS:** Принадлежит министерству обороны США, что считается другими государствами её главным недостатком. Единственная полностью работающая спутниковая навигационная система. Также известна под более ранним названием NAVSTAR.

- **ГЛОНАСС:** Принадлежит министерству обороны России. Находится на этапе повторного развёртывания спутниковой группировки (оптимальное состояние орбитальной группировки спутников, запущенных в СССР, было в 1993—1995 гг.).

- **Бэйдоу:** Развёртываемая в настоящее время Китаем подсистема GNSS предназначена для использования только в этой стране

- **Galileo:** Европейская система, находящаяся на этапе создания спутниковой группировки.

- **IRNSS:** Индийская навигационная спутниковая система, в состоянии разработки. Предполагается для использования только в этой стране.

Наиболее известными являются системы GPS и ГЛОНАСС (Табл. 2).

Таблица 2

Краткая характеристика ГЛОНАСС и GPS

Параметр, способ	ГЛОНАСС	GPS
Число НС (резерв)	24 (3)	24 (3)
Число орбитальных плоскостей	3	6
Число НС в орбитальной плоскости	8	4
Тип орбит	Круговая ($e = 0 \pm 0,01$)	Круговая
Высота орбит, км	19100	20145
Наклонение орбит, град	$64,8 \pm 0,3$	55 (63)
Драконический период обращения НС	11ч 15 мин 44 с ± 5 с	11 ч 56,9 мин
Способ разделения сигналов НС	Частотный	Кодовый
Несущие частоты навигационных радиосигналов МГц:		
L1	1602,5625...1615,5	1575.42
L2	1246,4375...1256,5	1227,6

В отличие от системы GPS, в СРНС ГЛОНАСС не предполагается использования каких-либо методов загроубления точности (режим селективного доступа в GPS). Также уникальным является эфемеридно-временное обеспечение ГЛОНАСС.

Эфемеридное обеспечение означает: определение и прогноз параметров движения низкоорбитального космического аппарата, и "закладку" на борт навигационного космического аппарата эфемеридной информации для кадров цифрового интегрирования в навигационных радиосигналах.

Частотно-временное обеспечение означает определение и прогноз бортовой шкалы времени относительно шкалы времени системы и "закладку" на борт низкоорбитального космического аппарата частотно-временных поправок к бортовой шкалы времен, и помещаемых в кадры цифрового интегрирования навигационных радиосигналов.

Эфемеридное обеспечение поддерживается комплексом технических и программных средств, выполняющих радиоконтроль орбит спутников с нескольких наземных контрольных станций, обработку результатов траекторных измерений и рас эфемеридной информации, передаваемой далее с помощью загрузочных станций на спутник.

Высокая точность расчета эфемерид обеспечивается соответствующей точностью измерительных средств, внесением поправок на выявленные методических траекторных измерений, но и накапливаемых за недельный срок. При этом дальномерные данные, получаемые от станций слежения за спутниками, периодически калибруются, что обеспечивает высокое качество траекторных измерений в системе ГЛОНАСС.

Навигационные определения в аппаратуре потребителей системы ГЛОНАСС осуществляются на основе беззапросных измерений псевдодальностей и радиальных псевдоскоростей до четырех или более спутников ГЛОНАСС (или трех спутников при использовании дополнительной информации) с учетом информации, содержащейся в навигационных сообщениях, передаваемых в радиосигналах этих спутников. Для решения навигационной задачи из навигационного сообщения извлекаются данные о параметрах движения навигационных спутников на соответствующие моменты времени. В результате обработки этих данных в навигационной аппаратуре потребителей (НАП) обычно определяются три (две) координаты потребителя, величина и направление вектора его земной (путевой) скорости, текущее время (местное или в шкале Госэталона Координированного Всемирного Времени UTC(SU), или по другому, UTC(ГЭВЧ) (ГЭВЧ — Государственный эталон времени и частоты).

Поставим на объект управления обобщенную систему управления. Ее общую схему можно увидеть на рис. 1.

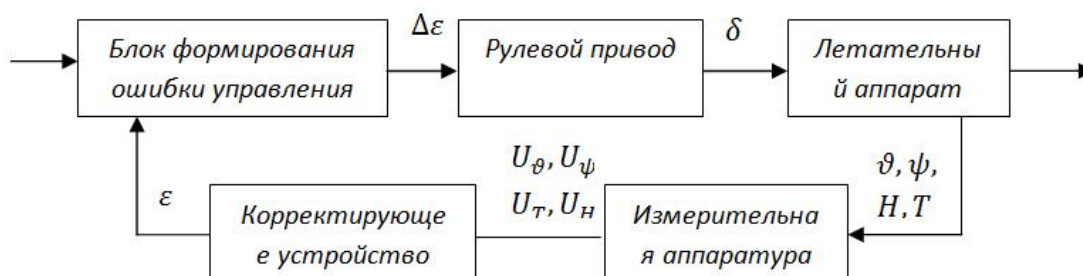


Рис. 1. Общая схема управления ЛА

Вид различных траекторий БЛА предоставлен на рис. 2.

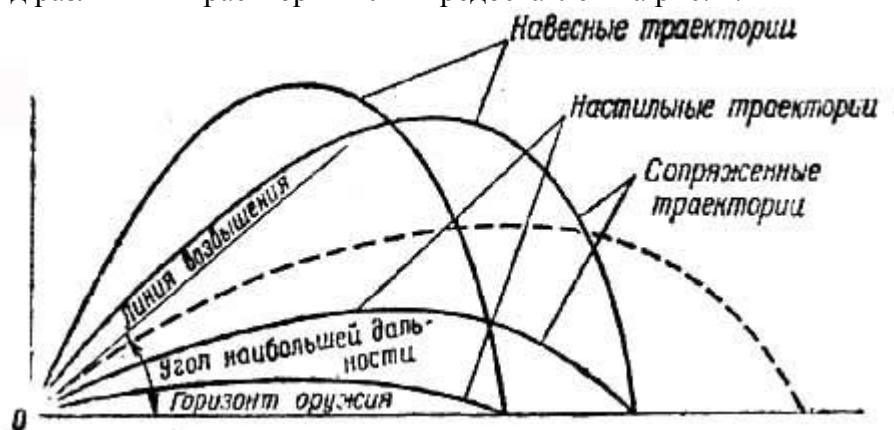


Рис. 2. Виды траекторий в зависимости от угла наклона

Во время движения на ракету действуют шумы. В процессе наведения, зная желаемую траекторию, необходимо добиться соответствия между заданной траекторией и действительной. Получая данные с измерительной аппаратуры, сопоставляем ее с данными расчетной траектории и выдаем корректирующее воздействие. В результате реальная траектория «петляет» вокруг заданной, что можно видеть на рис. 3.

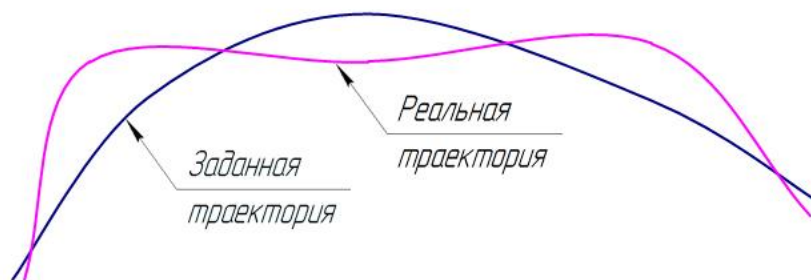


Рис. 3. Колебание реальной траектории вокруг заданной

Обычно в качестве измерительной аппаратуры используется или гиростабилизированная платформа, иначе ее называют инерциальная навигационная система, или бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС). Вторая требует вычисления дополнительных погрешностей, так как вся аппаратура в этом случае крепится к корпусу ЛА, однако она обладает значительным преимуществом в цене, поэтому используется чаще. Ниже, на рис. 4, приведена функциональная схема БИНС.

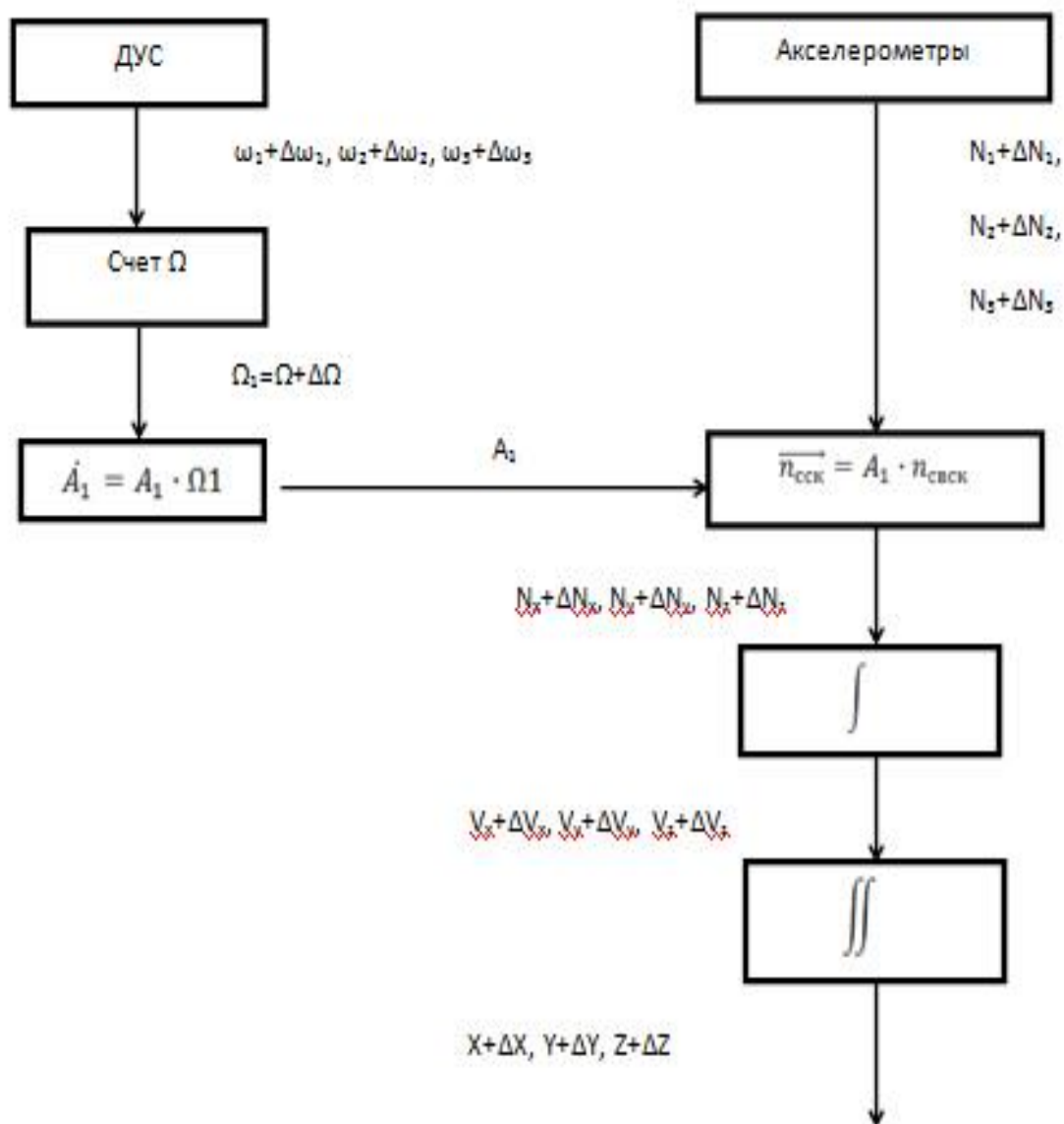


Рис. 4. Функциональная схема модели БИНС.

В процессе определения положения ЛА, бортовые приборы со временем начинают накапливать погрешность и отклоняться от заданной траектории. Чтобы предотвратить это, вводим коррекцию по данным ГЛОНАСС. Она заключается в том, что с заданной регулярностью данные, вычисляемые с помощью БИНС заменяются на координаты, полученные от системы спутникового наведения.

Проведя вычисления на основании предложенного алгоритма корректировки были получены следующие результаты

Таблица 3

Изменение точности попадания при наличии коррекции с помощью
ГЛОНАСС

	X, м	Y, м	Z, м
Без коррекции ГЛОНАСС	242.74	352.9	418.5
С использованием ГЛОНАСС	36.0	36.0	36.0

Таким образом, применение ГЛОНАСС без сглаживания его данных обещает уменьшение ошибки примерно в 10 раз.

Список литературы

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования/под ред А.И.Петрова, В.Н.Харисова. Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: Радиотехника, 2010. 800с., ил.
2. Внешняя баллистика. А.А. Дмитриевский, Л.Н. Лысенко. Машиностроение, Москва 2005 г.