

02, февраль 2016

УДК 681.5

**Исследование методических ошибок инфракрасного построителя
вертикали при летно-конструкторских испытаниях малого
космического аппарата дистанционного зондирования Земли**

*Акимов Е.В., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н. Э. Баумана,
Аэрокосмический факультет, кафедра «Системы автоматического управления»*

*Научный руководитель: Виленский В.В.,
начальник отдела АО «ВПК «НПО машиностроения»,
Россия, 143966, Московская обл., г. Реутов
bauman@bmstu.ru*

Исследуемая система управления является бесплатформенной системой ориентации на базе аналитического гироскопа. В качестве датчиков первичной информации используются гироскопический измеритель вектора угловых скоростей и ИК-построитель вертикали.

Суммарная погрешность ИКВ в общем случае складывается из следующих составляющих:

- 1) Инструментальной и методической погрешностей, носящих систематический характер, и определяемых наличием угловой зоны нечувствительности прибора, которая зависит от принятой схемы и параметров датчика.
- 2) Случайных погрешностей, обусловленных технологическим разбросом номинальных параметров и допусками на изготовление и сборку отдельных элементов и прибора в целом, так и контрольно-юстировочной аппаратуры, используемой для его настройки; это чисто инструментальные погрешности ИКВ, вызывающие увеличение (разброс) ожидаемого порогового угла рассогласования.
- 3) Систематических и случайных погрешностей, вызванных отклонением характеристик реальной планеты от характеристик принятой в расчетах ее модели; это в первую очередь несферичность формы Земли и нестабильность излучения ее горизонта; они являются чисто методическими погрешностями прибора[1].

Применяемый в СО прибор ИКВ имеет малую инструментальную погрешность 3 угл. мин. за счет совершенной конструкции механических узлов прибора и стабильности работы его электронных блоков.

Источником методической погрешности прибора ИКВ является отличие рабочего источника - Земли от идеальной равнояркой сферы. Рассматриваются следующие составляющие методической погрешности:

- несферичность Земли;
- широтные и сезонные систематические вариации яркости ИК горизонта Земли;
- случайные метеорологические (погодные) вариации яркости
- случайные вариации высоты излучающего слоя атмосферы

Погрешность прибора из-за несферичности Земли носит чисто геометрический характер и вполне определяется следующими параметрами орбиты КА:

-Средняя высота орбиты $H=500\text{км}$;

-Наклонение орбиты $i=74,5^\circ$;

Креновая составляющая меняется в пределах 5 угл.мин. с частотой орбитального вращения КА, а тангажная составляющая меняется в пределах 9 угл.мин. с двойной орбитальной частотой[3].

$$\begin{aligned}\Delta\vartheta &= 9\sin(2\Omega_0 t) \\ \Delta\gamma &= 5\sin(\Omega_0 t).\end{aligned}\tag{1}$$

Исходными данными для данной работы были взяты ТМ-сигналы ИКВ, полученные с МКА в ходе ЛКИ. При этом система ориентации находилась в режиме астроориентации по геоцентрической вертикали с периодической коррекцией углового положения МКА по сигналам датчика звездного (ДЗ), а прибор ИКВ работал в индикаторном режиме. На рис. 1-2 представлены ТМ-сигналы ИКВ.

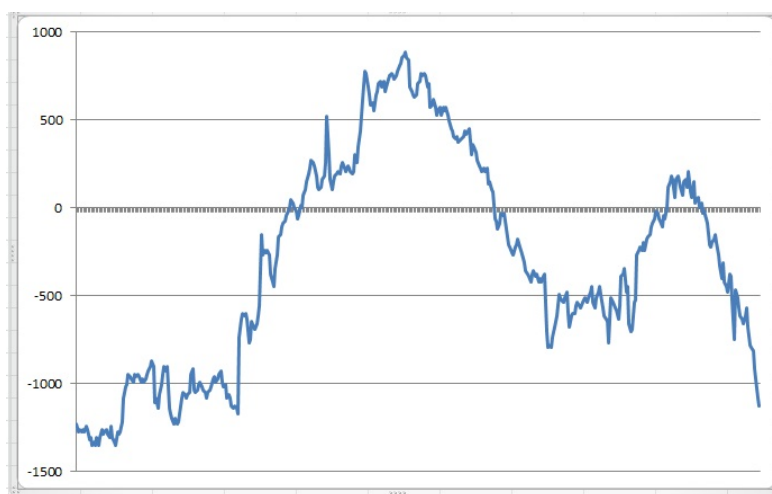


Рис. 1. ТМ-сигнал ИКВ по тангажу

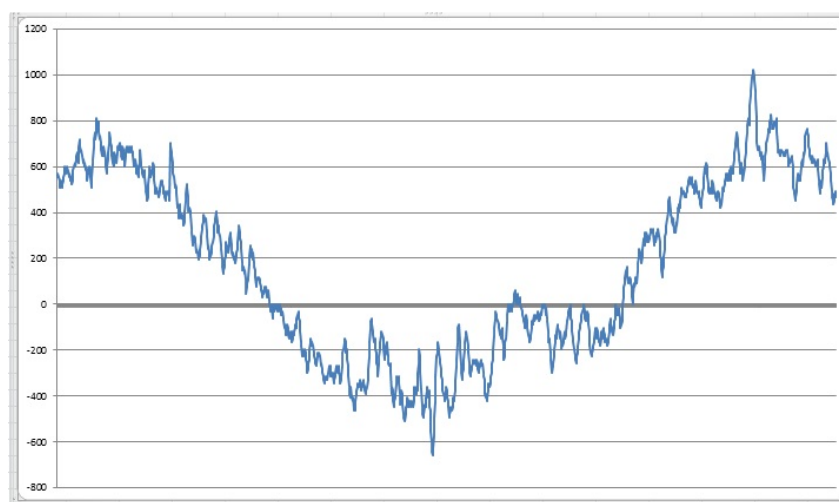


Рис. 2. ТМ-сигнал ИКВ по крену

Для дальнейшей обработки из ТМ-сигнала были удалены явно недостоверные значения, имеющие случайный характер.

Как можно видеть из рис.1, 2 за виток имеет место уход КА по тангажу, обусловленный смещением нулевого сигнала гироскопического измерителя вектора угловых скоростей (ГИВУС), а по крену такого ухода не наблюдается.

Угловое положение КА, включая канал тангажа, периодически корректируется от витка к витку в сеансах астрокоррекции с выдачей в ТМИ сигналов коррекции. Анализ последовательных сеансов астрокоррекции позволяет принять линейный закон ухода по тангажу и ввести поправки в ТМ-сигнал ИКВ на величину указанного ухода.

Ниже приведена обработка ТМ-сигналов ИКВ с целью выделения систематической составляющей на примере канала тангажа.

На рисунке 3 представлен результат проведенной обработки.

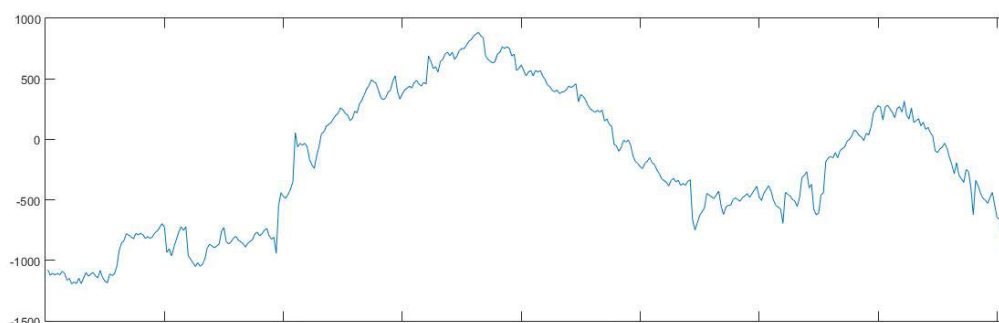


Рис. 3. Обработанная телеметрия с учетом ухода ГИВУС.

Для того чтобы исключить собственные колебания аппарата, проведена полиномиальная аппроксимация с использованием пакета MATLAB.

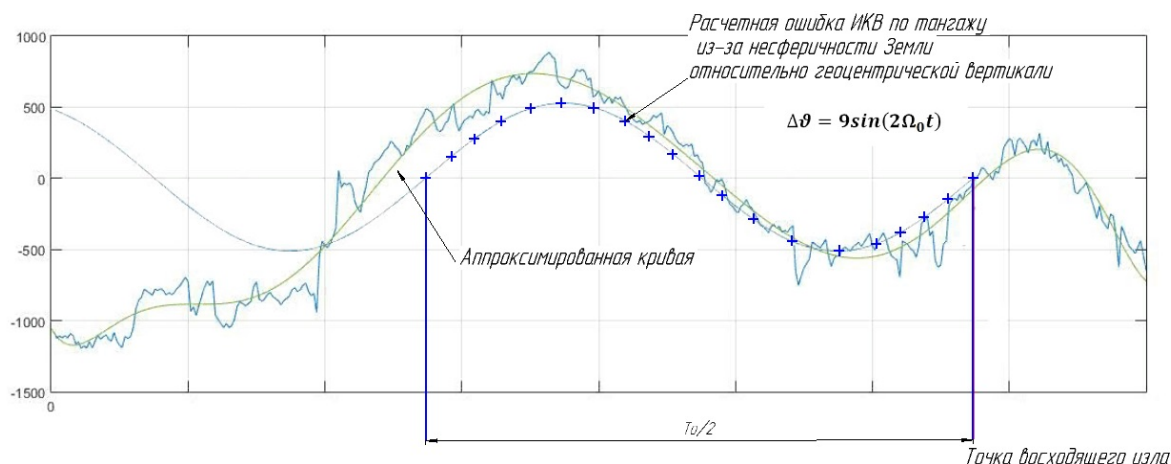


Рис. 4. Сопоставление ТМ и расчетной ошибки.

Как видно из рис.4 ошибка из-за несферичности Земли является превалирующей. В связи с этим предлагается вводить поправку в систему на величину этой ошибки. Для того чтобы рассмотреть поведение системы при воздействии данной ошибки было проведено моделирование с помощью программного комплекса SIMULINK.

Данная система описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned}\dot{\hat{\gamma}} &= -K1(\hat{\gamma} - \hat{\gamma}_И) - \Omega_0 \hat{\psi}; \\ \dot{\hat{\psi}} &= K2(\hat{\gamma} - \hat{\gamma}_И) + \Omega_0 \hat{\gamma}; \\ \dot{\hat{\theta}} &= -K3(\hat{\theta} - \hat{\theta}_И) + \Omega_0,\end{aligned}\tag{2}$$

где $K1=0,01$ 1/с; $K2=0,02$ 1/с; $K3=0,05$ 1/с;

$\hat{\gamma}, \hat{\psi}, \hat{\theta}, \dot{\hat{\gamma}}, \dot{\hat{\psi}}, \dot{\hat{\theta}}$ - оценки углов и угловых скоростей по крену, рысканию и тангажу соответственно;

$\hat{\gamma}_И, \hat{\theta}_И$ -оценки углов крена и тангажа на выходе ИКВ;

Ω_0 -орбитальная угловая скорость[2].

С целью определения передаточных коэффициентов при вводе поправок в систему были построены амплитудно-частотные характеристики по входному возмущению от ИКВ.

На рисунках 5-7 приведены АЧХ.

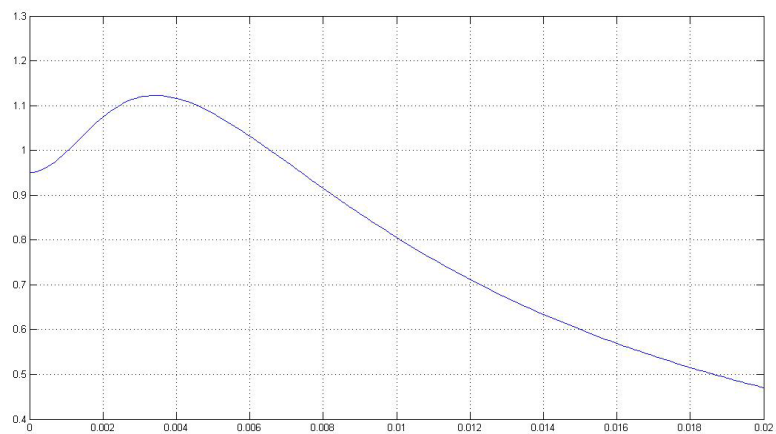


Рис. 5. АЧХ по крену.

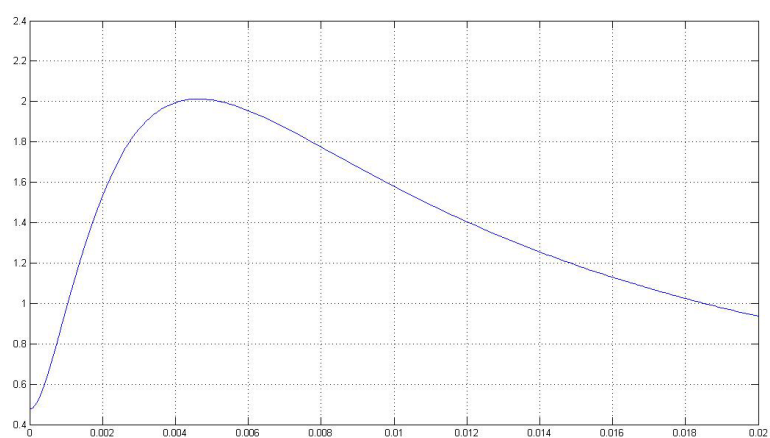


Рис. 6. АЧХ по курсу.

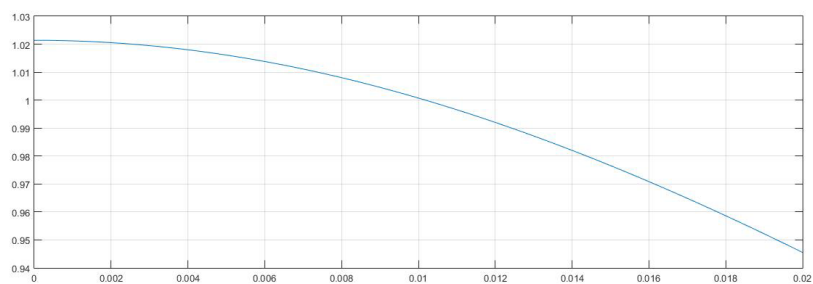


Рис. 7. АЧХ по тангажу.

Проведенные расчеты показывают, что можно вводить поправки с коэффициентом передачи равным единице.

Список литературы

- [1]. Илюхин И.М., Дикарев В.Н. Оптико-электронные приборы угловой ориентации космических аппаратов (КЛА). Ч.I. Приборы орбитальной ориентации КЛА: учебное пособие / под ред. В.Н. Дикерева. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. 44 с.
- [2]. Боярчук К.А., Виленский В.В., Гришин В.Ю., Еремеев П.М., Зайцев С.Э., Зимин С.Н., Морозова Л.М., Нехамкин Л.И., Рябиков В.С., Салихов Р.С. Система ориентации и стабилизации КА «Кондор-Э» // Ракетные комплексы и ракетно-космические системы — проектирование, экспериментальная отработка, летные испытания, эксплуатация: Труды секции 22 имени академика В.Н. Челомея XXXVIII Академических чтений по космонавтике. С. 408-424.
- [3]. Гандлевский Ю.М., Михайлов Е.Н., Мосолова Ю.С., Рабовский А.Е. Оценка точности инфракрасных построителей вертикали по результатам лётных испытаний // Труды ВНИИЭМ. Вопросы электро-механики. Т. 141. С. 43-51.