

Рис. 2. Результаты коррекции данных модуля вектора магнитной индукции магнитометра по отношению к модельному магнитному полю в расчетных точках орбиты данных телеметрии СМКА Grifex

Дальнейшая обработка предполагает калибровку данных датчиков космического аппарата Grifex.

Разработанная модель магнитометра позволит повысить точность определения ориентации и углового положения на орбите сверхмалого космического аппарата, а так же улучшить работу алгоритмов управления СМКА.

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ ТЕЛЕМЕТРИИ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

**А. А. Дубовик**

Телеметрия малого космического аппарата (МКА) предназначена для текущего анализа бортовых систем и целевой нагрузки. Ее оперативный анализ позволяет эффективно управлять космическим аппаратом, быстро реагировать на возникновение внештатных ситуаций.

Нынешние средства обработки телеметрии МКА позволяет исследовать параметры только за отдельные сутки. Полученных данных за этот промежуток времени, как правило, не достаточно для достоверного анализа данных. Это усложняет выявление причин отказов в аппаратуре, прогнозирование поведения систем космического аппарата. Следовательно разработка программного обеспечения для обработки и анализа телеметрии является актуальной задачей. Это позволит обеспечить оперативный анализ телеметрической информации с графическим представлением, проверить работоспособность датчиков телеметрии по моделям околоземного пространства, провести полетную калибровку дат-

чиков системы ориентации, даст возможность анализа данных телеметрии в различные интервалы времени и в любых точках орбиты, возможность быстрого анализа внештатных ситуаций.

Обработка данных телеметрии включает в себя два этапа: первичная и вторичная обработка.

### ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА ТЕЛЕМЕТРИИ :

- разделение данных на четыре блока, каждый из которых отвечает за отдельную часть бортовой системы КА, как показано на рисунке 1.

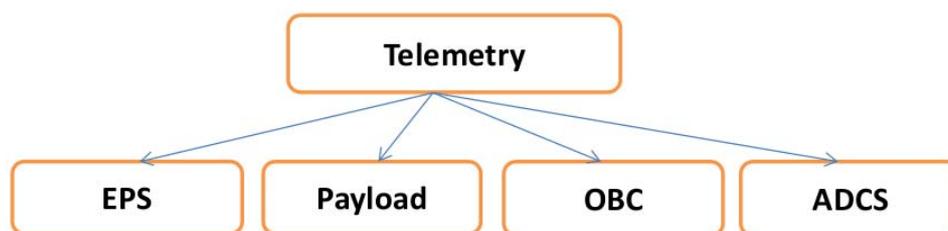


Рис. 1. Блок-схема разделения телеметрии (EPS(Electric Power Systems – система электроснабжения), OBC(On-Board Computer) – бортовой компьютер , ADCS (Attitude Determination and Control System) – система ориентации и стабилизации)

- визуализация и сортировка данных по времени, как показано на рисунке 2.

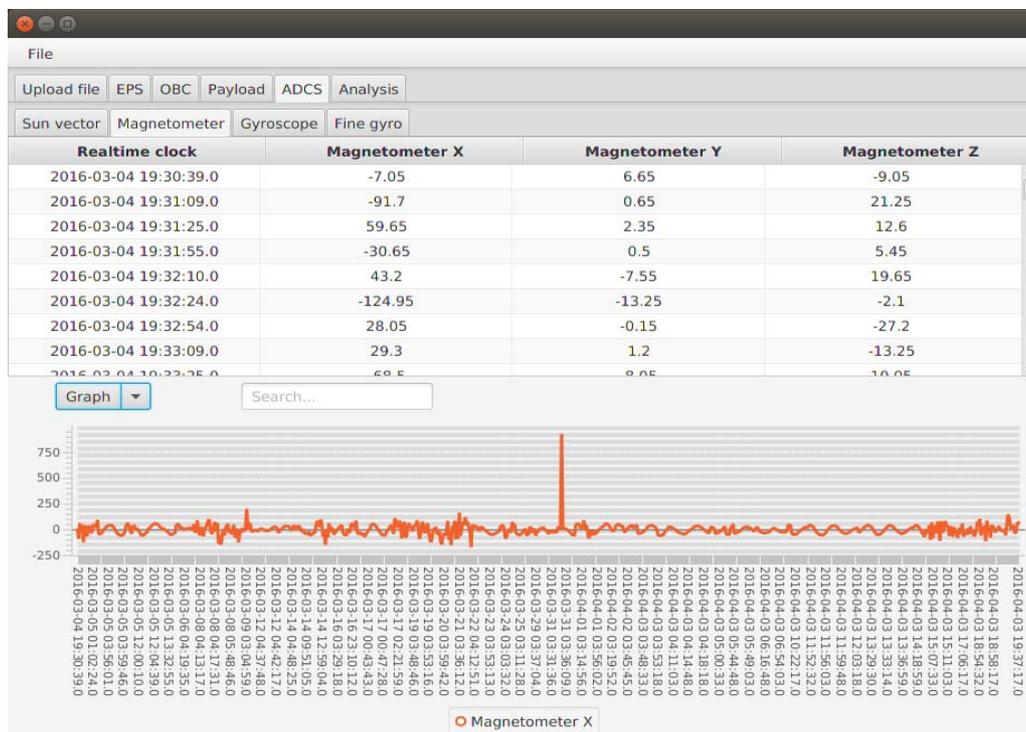


Рис. 2. Визуализация данных блока ADCS(Attitude Determination and Control System)

На графике виден выброс данных, который соответствует ошибке показаний магнитометра.

### ВТОРИЧНАЯ ОБРАБОТКА ВКЛЮЧАЕТ В СЕБЯ:

- Сравнение измерений датчиков с модельными значениями физических параметров (например данные магнитометра с данными модельного поля Земли);
- Калибровка данных солнечного датчика и магнитометра по телеметрическим данным с учетом данных других датчиков КА;
- Оценка точности показаний датчиков;
- Оперативный анализ полетной ситуации КА (определение ошибок в потоке телеметрии, диапазона изменений телеметрических параметров заданного интервала времени, привязка телеметрических данных к орбитальным параметрам и различным системам координат и т.д);
- Выявление и оповещение о наличии внештатных ситуаций в работе бортовых систем космического аппарата;
- Определение ориентации КА.

Было проведено сравнение данных магнитометра КА Bugsat 1 с модельными данными магнитного поля Земли. По экспериментальным данным рассчитывался модуль вектора магнитной индукции магнитометра.

В качестве модели была использована дипольная модель магнитного поля Земли, которая является грубым приближением реального поля Земли, но позволяющая качественно анализировать работу магнитометра. С использованием начальных орбитальных данных КА в формате TLE и упрощенной модели возмущенного движения КА, был вычислен модуль вектора магнитной индукции дипольной модели.

Результаты сравнения представлены на рис.3.

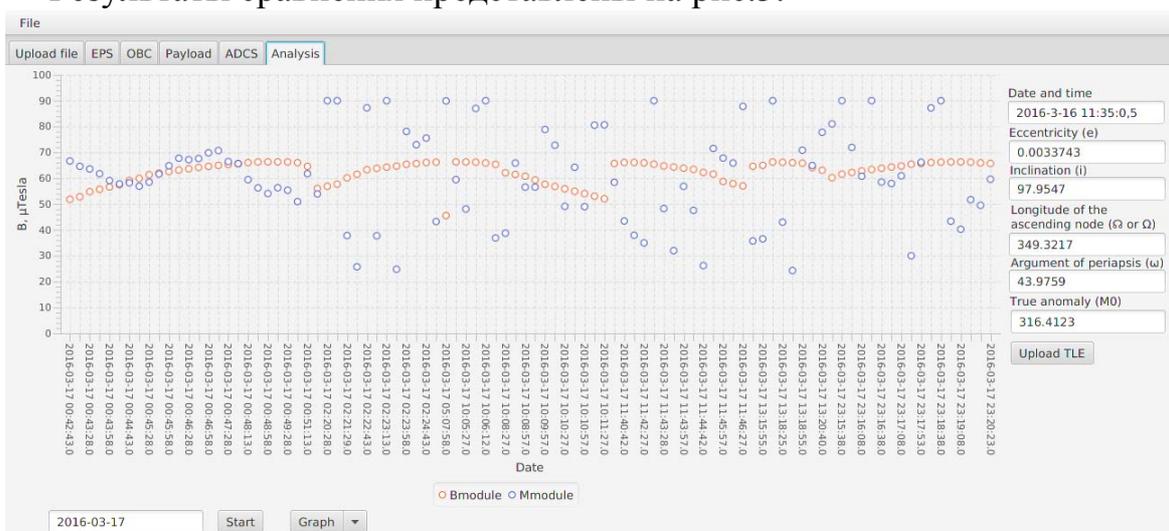


Рис. 3. Модуль вектора магнитной индукции (модели и магнитометра)

В результате проделанной работы:

- Был разработан программный модуль по обмену данными между базой данной и ПО, который позволяет проводить выборку данных для обработки по конкретному датчику за произвольный интервал времени и передавать данные в программный модуль по вторичной обработке телеметрии;
- Разработан программный модуль по обработке данных магнитометра КА который позволяет проводить сравнение данных магнитометра с данными модели магнитного поля Земли; определять ошибки в измерениях датчика; проводить коррекцию и калибровку магнитометра.

Результаты работы программного модуля по обработке данных магнитометра КА Buzsat 1 показали, что дальнейшее усовершенствование должно быть связано более точной обработкой данных датчика магнитного поля с учетом постоянных и переменных во времени смещений показаний по каждой из трех осей с учетом влияния различных источников ошибок (наличие постоянного магнита на борту, ошибок мягкого и твердого железа, цепи постоянного тока, из-за изменения ориентации аппарата при взаимодействии магнитного момента спутника с магнитным полем Земли).



Рис.4. Вектор ошибок модуля вектора магнитной индукции (модели и магнитометра)

## Литература

1. Назаров А.В., Козырев Г.И – «Современная телеметрия в теории и на практике. Учебный курс» СПб.: Наука и Техника, 2007. – 672 с.;
2. Inamori T., Sako N., & Nakasuka S. Magnetic dipole moment estimation and compensation for an accurate attitude control in nano-satellite missions // Acta Astronautica. – 2011. Vol. 68, No 11–12. – P. 2038–2046.
3. Alonso R., Shuster M.D. Attitude-independent magnetometer-bias determination: a survey // Journal of the Astronautical sciences. – 2002. – Vol. 50, No 4. – P. 453–475