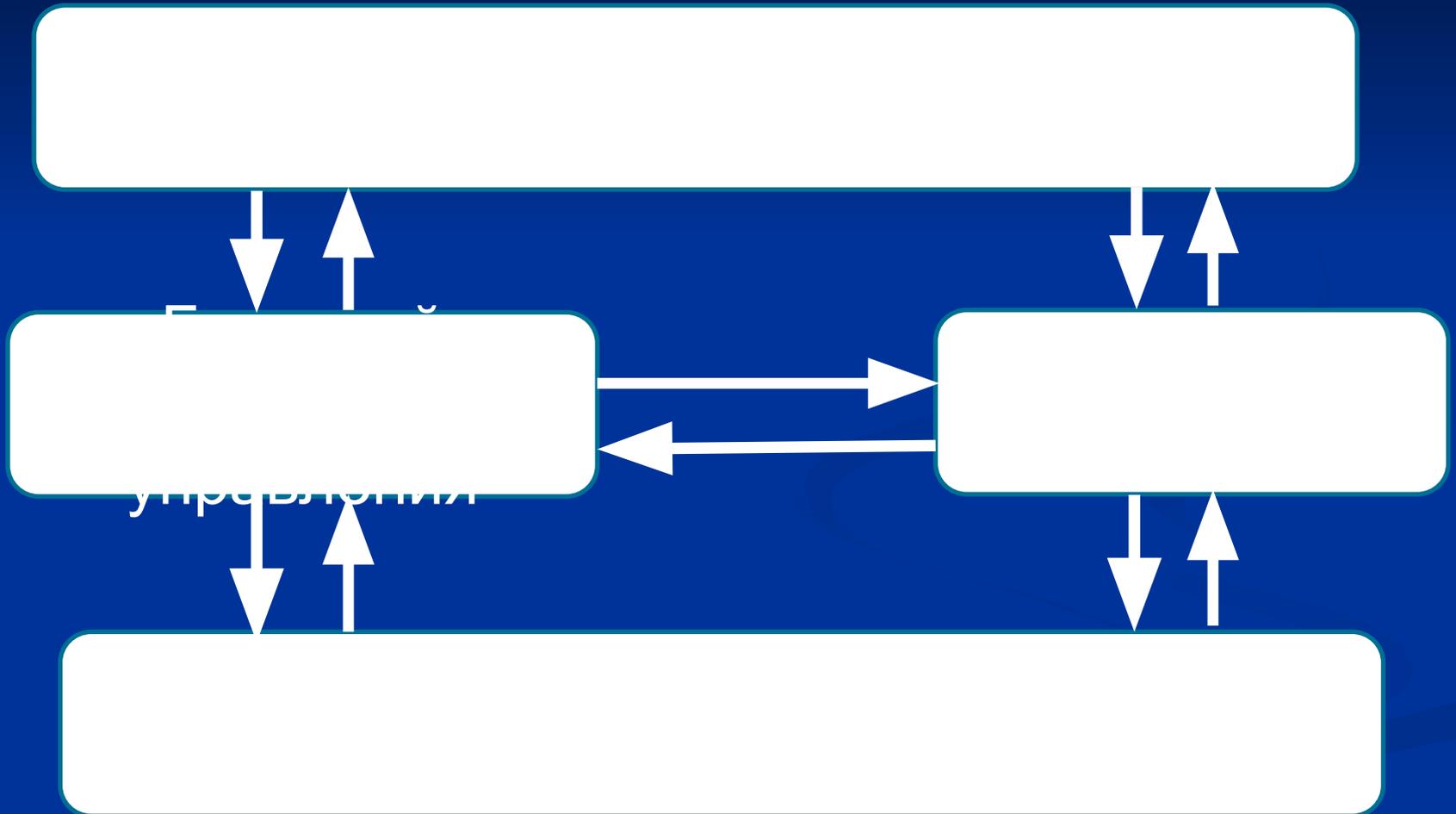


Лекции 1

Структура контура управления КА. Бортовой комплекс управления

Титов А.М.

Контур управления полетом пилотируемого космического аппарата



Бортовой комплекс управления

Бортовой комплекс управления КА представляет собой совокупность приборов и устройств с информационным и программным обеспечением, предназначенных для управления движением КА и функционирования бортового оборудования.

Основными задачами БКУ являются:

- управление движением и навигация КА;
- управление функционированием бортовой аппаратуры;
- управление элементами конструкций;
- взаимодействие с наземным комплексом управления и экипажем.

Задачи управления движением и навигации:

- гашение угловых скоростей после разделения КА;
- построение начальной ориентации;
- построение и поддержание ориентации связанных осей КА относительно опорных систем координат;
- коррекция орбиты;
- вывод КА с орбиты по завершении работы;
- определение и прогноз навигационных параметров;
- сближение и стыковка КА;
- спуск и посадка КА;
- управление приводами солнечных батарей;
- наведение целевого оборудования;
- контроль работоспособности приборов и исполнительных органов, используемых при управлении движением и навигации.

Задачи управления функционированием бортовой аппаратуры:

- координированное управление бортовыми системами при автономном функционировании КА и при взаимодействии с наземным комплексом управления и экипажем;
- командное управление бортовыми системами и элементами конструкции;
- организация контроля и диагностики бортовой аппаратурой
- реализация алгоритмов управления и контроля бортовыми системами;
- распределение питания между бортовыми потребителями;
- расчет баланса энергопотребления и управление сбросом нагрузки электросети;
- управление целевым оборудованием.

Задачи управления элементами конструкции

- управление разделением КА после выведения на орбиту;
- управление раскрытием элементов конструкции (панелей солнечных батарей и антенн);
- управление движением панелей солнечных батарей и текущая ориентация панелей на Солнце;
- защита электроподрывных устройств от несвоевременного (несанкционированного) срабатывания и от воздействия статического электричества.

Задачи взаимодействия с НКУ и экипажем

- организация информационно-командной связи НКУ через бортовой радиотехнический комплекс (БРТК);
- ввод и обработка командно-программной информации от НКУ;
- сбор, обработка, формирование и передача телеметрической информации (ТМИ);
- организация информационно-командной связи с экипажем;
- организация бортовой шкалы времени, сверка бортового и наземного времени, коррекция бортового времени;
- организация информационно-управляющей связи с наземными испытательными средствами.

Структура и состав БКУ для ТКК

Рассмотрим структуру БКУ на примере системы управления грузовым транспортным кораблем.

В состав БКУ входят:

- - бортовая цифровая вычислительная система (БЦВС) в виде вычислительных средств и устройств сопряжения, обеспечивающая информационное взаимодействие с бортовыми абонентами и предоставляющая свои вычислительные ресурсы для решения задач управления системами КА и задач контроля их работы (ранее Аргон-16, сейчас ЦВМ101);
- - система управления движением и навигацией (СУДН), предназначенная для управления движением КА как материальной точки (перемещение центра масс), так и для управления угловым движением КА (движением вокруг центра масс);

Структура и состав БКУ для ТГК (продолжение)

- система управления бортовым комплексом (СУБК), которая выполняет функции коммутации электропитания, усиления и преобразования электрических сигналов, а также выдачи команд управления в системы и приборы КА в соответствии с временными и логическими условиями;
- бортовой радиотехнический комплекс (БРТК) для обеспечения обмена информацией между БКУ и НКУ;
- система бортовых измерений (СБИ), предназначенная для сбора, обработки и передачи в НКУ и БЦВС телеметрической информации о результатах измерений, характеризующих состояние систем КА;
- программное обеспечение (ПО) бортового комплекса управления.

Назначение СУДН для ТГК

СУДН транспортных кораблей обеспечивает:

- - построение и поддержание ориентации ТГК относительно орбитальной системы координат, инерциальной системы J2000, текущей инерциальной системы координат, солнечной и лучевой систем координат;
- - развороты ТГК относительно заданной системы координат;
- - коррекцию орбиты (с выдачей импульсов по прямой информации от наземного комплекса управления и по результатам бортовых расчетов);
- - определение параметров относительного движения корабля и орбитальной станции (ОС) и управление этим движением до стыковки с ОС с заданными условиями контакта, как в автоматическом режиме, так и с использованием ручного телеоператорного режима управления;

Назначение СУДН для ТКК (продолж.)

- - управление расхождением корабля с орбитальной станцией после его отделения от ОС;
- обеспечение схода корабля с орбиты (по схеме одноимпульсной коррекции орбиты).

В состав СУДН входят:

- - бортовая вычислительная машина ЦВМ101 с программным обеспечением СУДН;
- - блоки устройств сопряжения БУС101, обеспечивающие необходимые интерфейсы ЦВМ101 с бортовой аппаратурой и НКУ;
- - процессоры навигационных модулей аппаратуры АСН-КП с соответствующим программным обеспечением.

Назначение СУДН для ТГК (продолж.)

В состав бортовой аппаратуры СУДН входят:

- - инерциальные измерители СУДН – датчики угловых скоростей и блок измерителей приращений скорости (акселерометр);
- - аппаратура «Курс-НА измерения параметров относительного движения;
- - аппаратура автономной спутниковой навигации АСН-КП;
- - приборы инфракрасной вертикали 301К, солнечный датчик 258К1.

Назначение БРТС для ТГК

Бортовая радиотехническая система (БРТС), включающая радиотехническую систему ЕКТС-ТКА и антенно-фидерное устройство ЕКТС, предназначена для обеспечения радиоуправления и радиоконтроля КА:

- – при непосредственном взаимодействии с наземными станциями «Клен-Н» в составе наземного комплекса управления (НКУ);
- – при взаимодействии с НКУ по спутниковым каналам ретрансляции через спутники ретрансляторы (СР) «Луч» и наземные станции «Клен-Р».

Назначение БРТС для ТГК (продолж.)

- - прием от НКУ и передачу в БВС СУДН массивов цифровой информации (ЦИ);
- - радиоконтроль орбиты (измерение наклонной дальности и радиальной составляющей скорости корабля при непосредственном взаимодействии с наземными станциями «Клен-Н»);
- - прием от МБИТС-ТК и передачу на НКУ телеметрической информации (ТМИ);
- - прием от телевизионной системы «Клест-М» и передачу на НКУ ТВ-информации в малокадровом режиме (ТВм);
- - обмен с БВС СУДН по мультиплексному каналу обмена.

Назначение БРТС для ТГК (продолж.)

- БРТС обеспечивает по радио-линии «Земля – Борт» прием, выделение, обработку и выдачу бортовым потребителям следующих видов цифровой информации:
 - - функциональных команд (ФК) для СУБК корабля с последующим квитированием;
 - - служебных команд (СК) внутреннего пользования для управления режимами работы БРТС с последующим квитированием;
 - - командно-программной информации (КПИ) для бортовой вычислительной системы БВС СУДН.

Назначение БРТС для ТГК (продолж.)

По радиолинии «Борт – Земля» БРТС обеспечивает передачу цифровой информации от бортовых источников:

- - квитанций командно-программной информации или другой информации от БВС СУДН;
- - собственного массива диагностической информации (ДИ) для анализа состояния аппаратуры ЕКТС-ТКА на Земле;
- - телеметрической информации (ТМИ) от системы МБИТС-ТК;
- - информации малокадрового телевидения (ТВМ) от системы «Клест-М».

По радиолинии «Борт – Земля» БРТС обеспечивает ретрансляцию сигналов измерения дальности и радиальной составляющей скорости объекта для измерения текущих навигационных параметров (ИТНП) корабля средствами НКУ.

Система бортовых измерений

Система бортовых измерений обеспечивает в автономном полете и в составе станции сбор от датчиковой аппаратуры, запоминание, преобразование и передачу на средства НКУ информации, которая характеризует функционирование конструктивных узлов и систем корабля.

При полёте в составе станции СБИ обеспечивает передачу оперативной телеметрической информации через радиотелеметрическую систему служебного модуля РС МКС (используется режим выдачи информации через БВС СУДН корабля в БВС служебного модуля для передачи на Землю).

В состав системы бортовых измерений ТКК входит малогабаритная бортовая информационно-телеметрическая система МБИТС-ТКМ, антенно-фидерное устройство (АФУ) радиопередатчика МБИТС-ТКМ.

Система бортовых измерений (продолж.)

Система бортовых измерений, построенная на базе МБИТС-ТКМ, обеспечивает:

- – программно–адресный сбор телеметрической информации (ТМИ) от бортовых систем, приборов, агрегатов и конструктивных узлов корабля;
- – преобразование и хранение текущей ТМИ в своем банке данных (БД);
- – передачу информации через собственную радиолинию или радиолинию бортовой радиотехнической системы БРТС;
- – выдачу текущей информации в БВС СУДН (по адресным запросам) для использования в целях мониторинга и выдачи в БВС служебного модуля для передачи на Землю при полёте корабля в составе РС МКС;

Система бортовых измерений (продолж.)

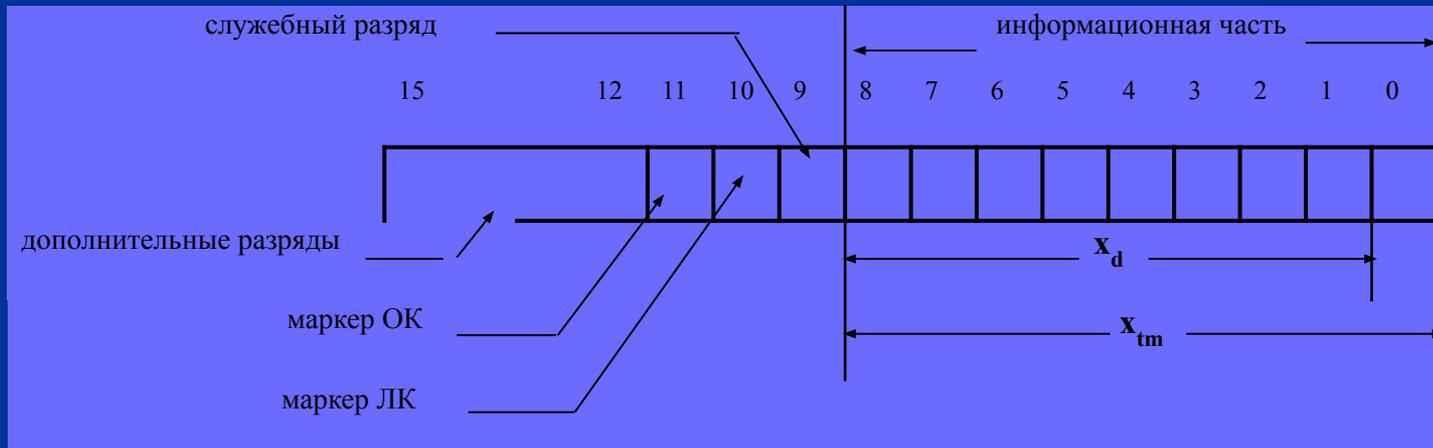
- – прием массивов цифровой информации от БВС СУДН по мультиплексному каналу обмена (МКО);
- – запоминание ТМИ в статическом запоминающем устройстве (СЗУ) с объемом памяти не менее 32 Мбайт;
- – воспроизведение информации, накопленной в СЗУ через собственную радиолинию или радиолинию БРТС;
- – передачу ТМИ по низкочастотному каналу при наземных испытаниях (на НТК СИ).

Структура телеметрического слова при передаче с КА

служебный разряд

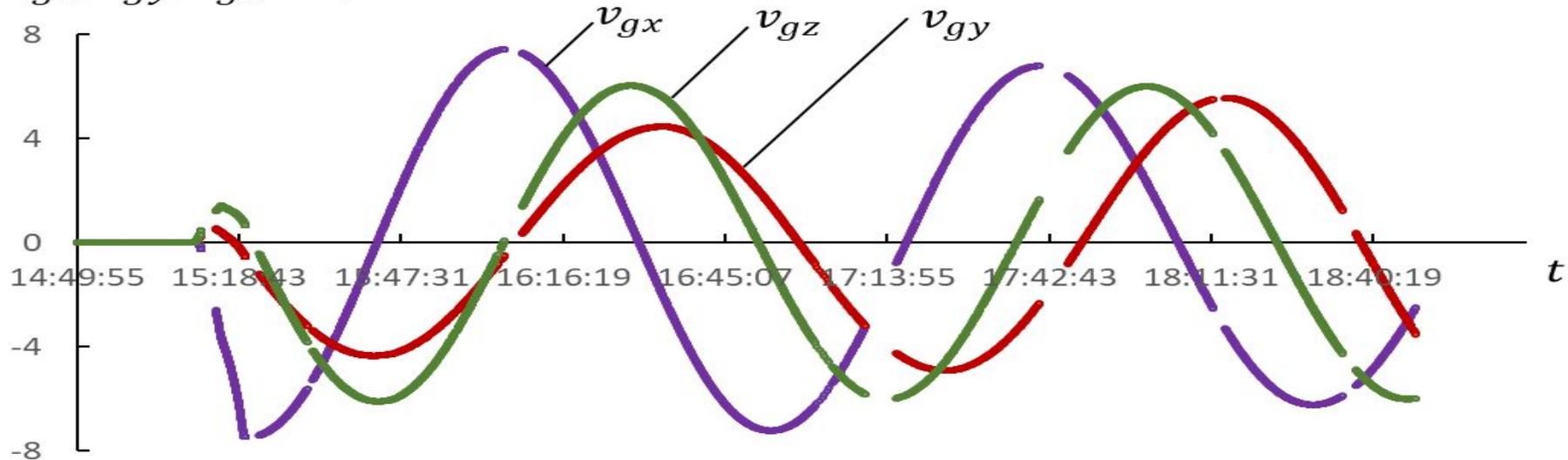


Наземные станции приема ТМИ добавляют к значениям телеметрических слов служебные биты, которые используются при обработке информации для контроля структуры телеметрических кадров.

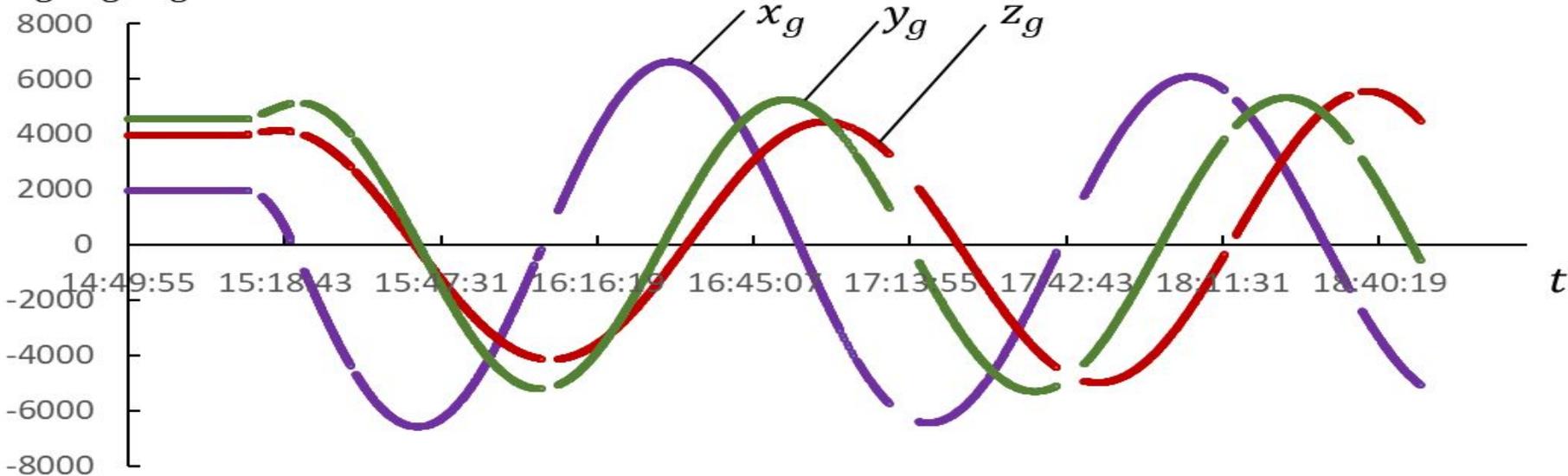


Структура телеметрического массива данных «Именованный массив»

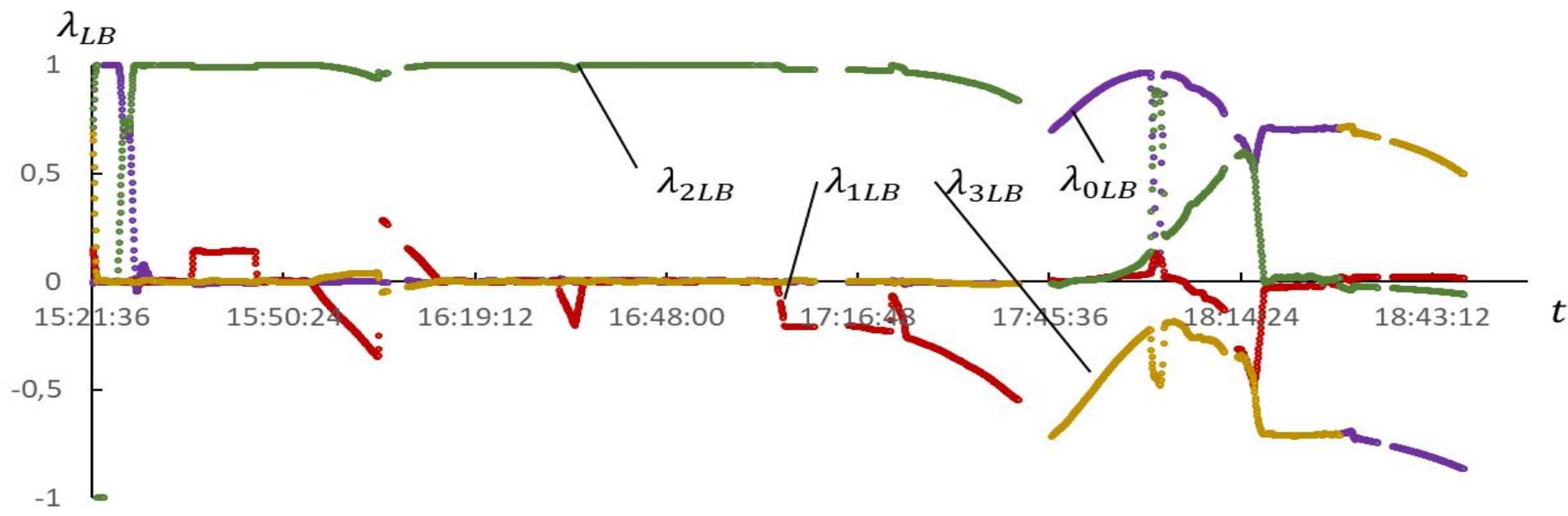
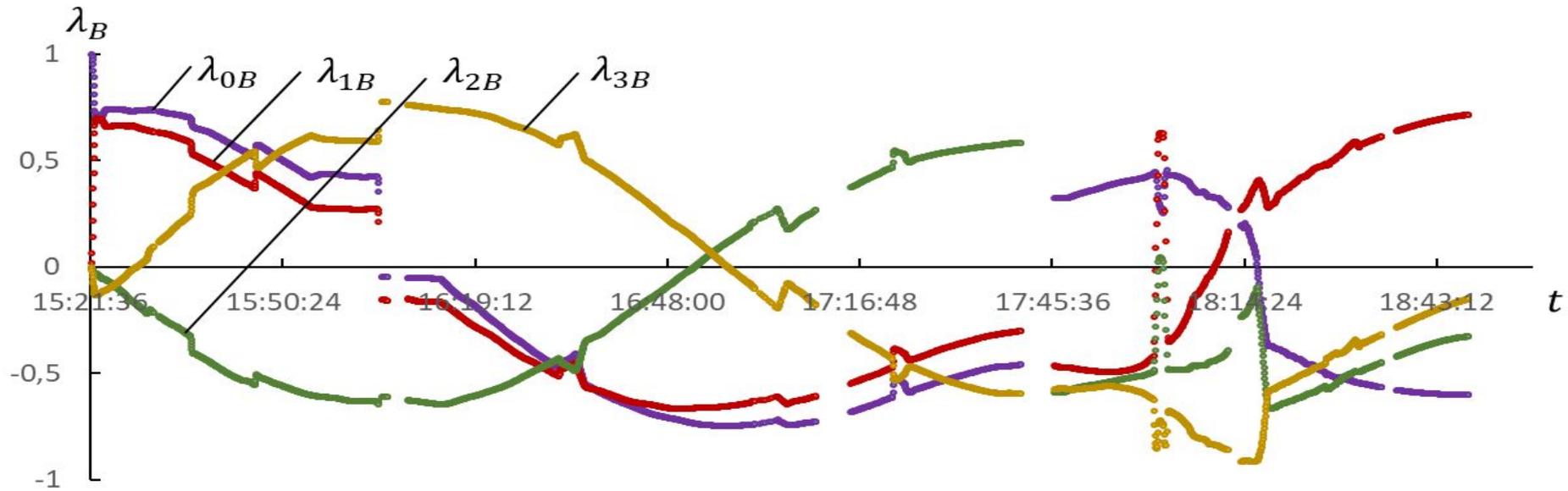
$v_{gx}, v_{gy}, v_{gz}, \text{KM/C}$



x_g, y_g, z_g, KM



Скорости и координаты «Прогресс МС-12»



Кватернионы «Прогресс МС-12»