

57 научная конференция МФТИ

**Обзор средств и методов
определения движения гибких
элементов конструкции
космических аппаратов**

Докладчик Шестаков С. А.

Постановка задачи



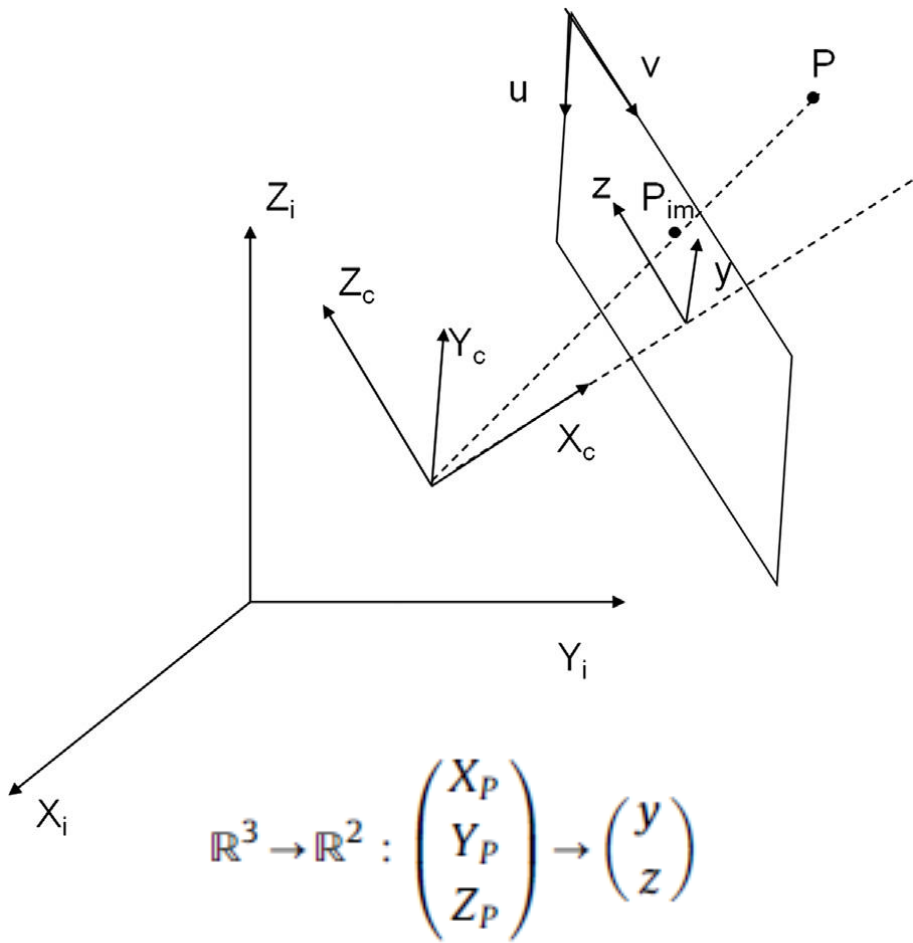
- Движение гибких элементов конструкции оказывает влияние на движение КА
- Необходимо определять угловое движение гибких элементов
- Требуется распознать и оценить колебания гибких элементов КА

Определение движения гибких элементов конструкции

- С помощью оптического сенсора, видеокамеры, дальномера
- По измерениям от акселерометров, пьезодатчиков
- С помощью навигационных сигналов
- По измерениям датчиков системы ориентации



Распознавание с помощью видеокамеры



- Проецирует трёхмерное пространство на плоскость
- Требуется наличие меток, позволяющих камере распознавать колеблющуюся точку
- Источники света – могут вносить изменения в характер колебаний
- Нанесённые метки – требуют высокой разрешающей способности камеры

Распознавание с помощью видеокамеры



Изображение, получаемое камерой: жёстко установленная на спутнике камера распознаёт красную метку на гибком «крыле». Серый след – траектория метки в течение исследования.

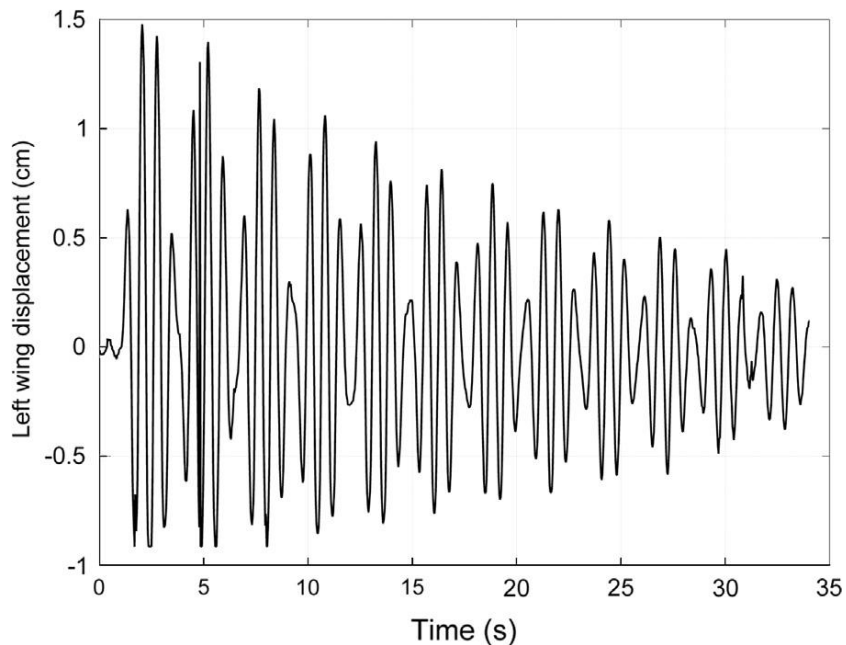
Используется простейшая модель камеры – фотографический аппарат без объектива.

В общем случае, требуется учитывать шум и искажения изображения

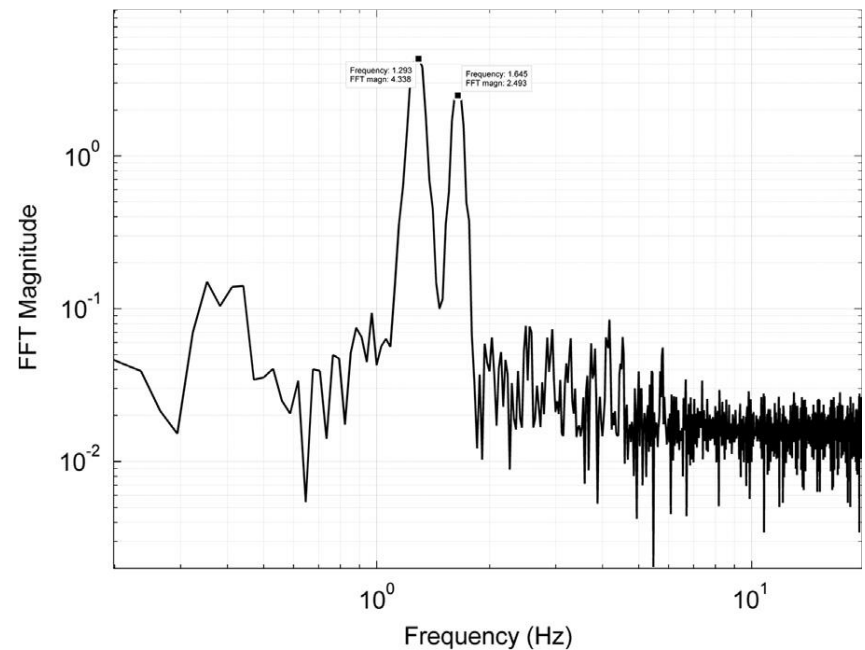
Operational modal analysis via image based technique of very flexible space structures, M. Sabatini et. al.

Распознавание с помощью видеокамеры

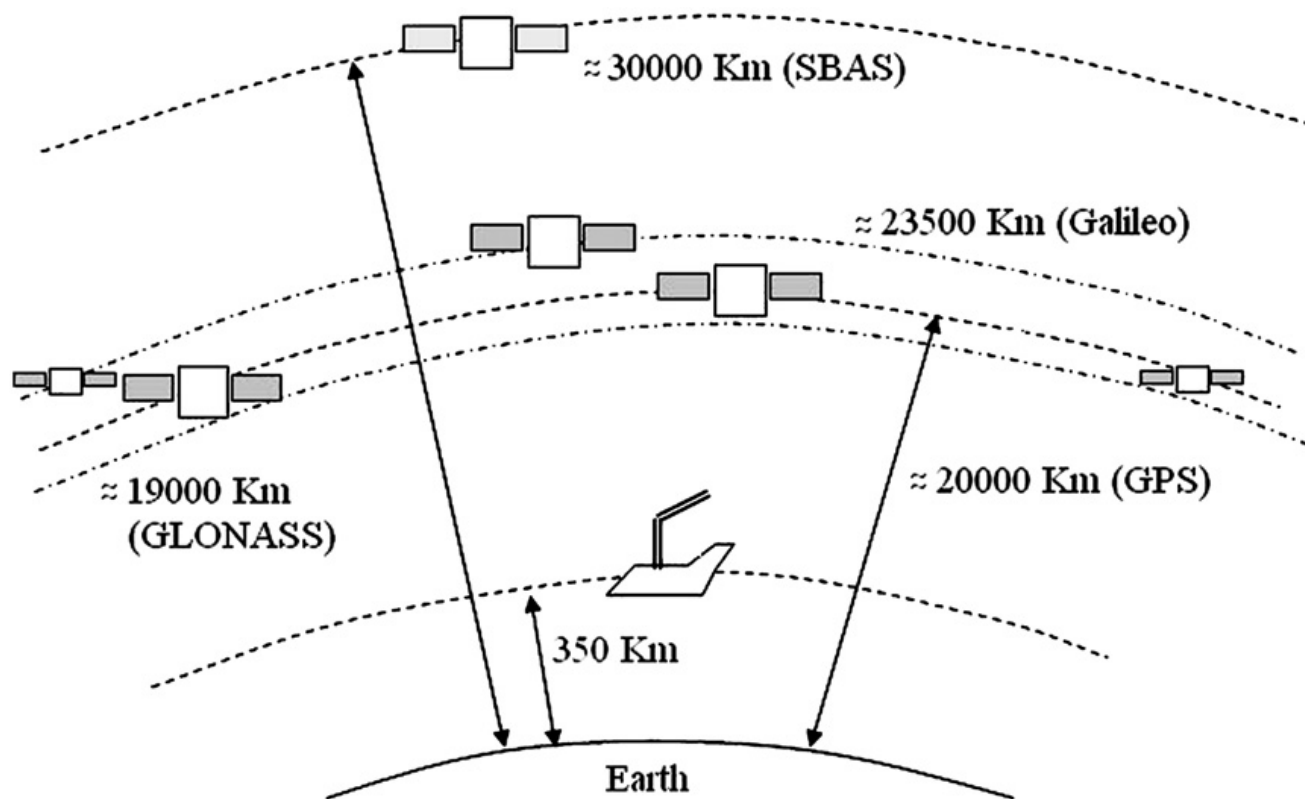
Вычисляется отклонение
метки на изображении от нуля
(в пикселях и сантиметрах)



Анализируется спектр
полученного сигнала



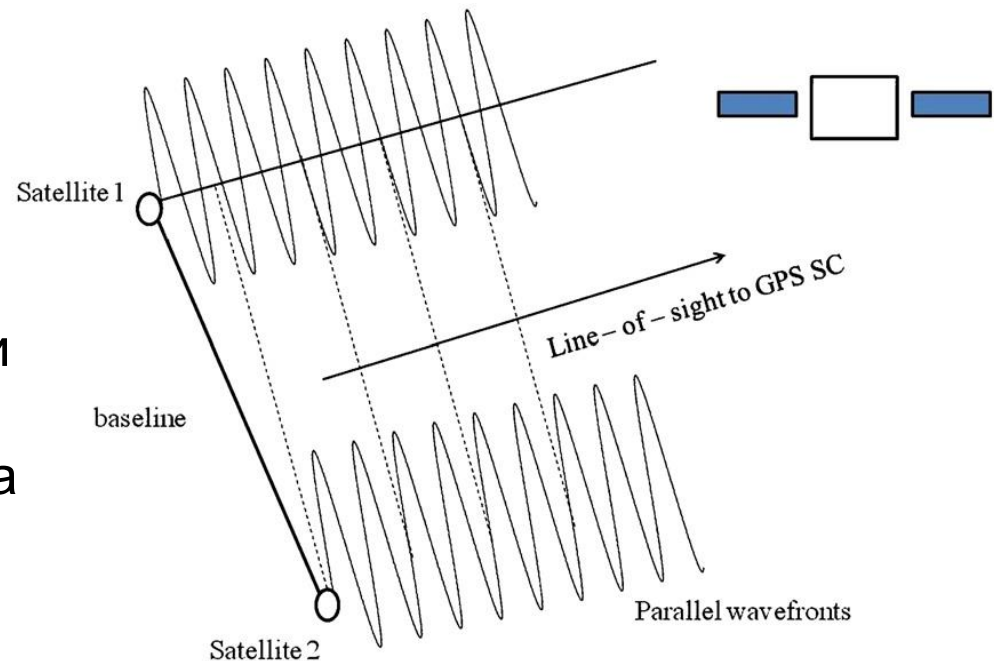
Распознавание с помощью навигационных сигналов



$$\Psi = AX_{C/A}(t)D(t) \sin(2\pi f_{L1}t + \phi) \quad - \text{сигнал GPS}$$

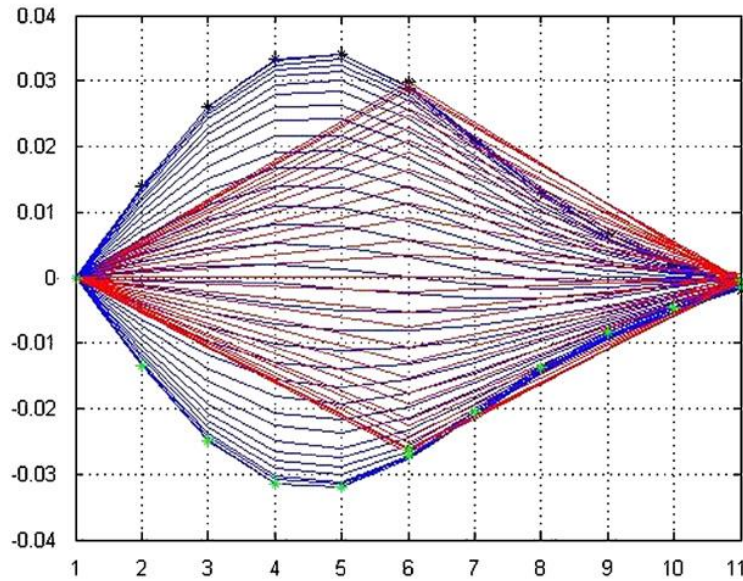
Распознавание с помощью навигационных сигналов

- На гибких частях установлены антенны
- Вычисляется сдвиг фаз принимаемого сигнала между разными антеннами
- Данные вычисляются для каждого видимого спутника глобального позиционирования
- Простейший случай шарнирного соединения – на рисунке

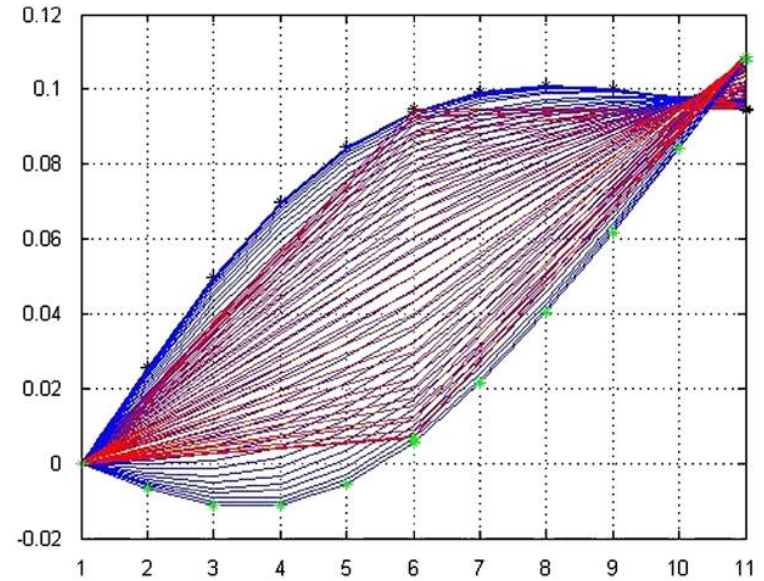


Determination of kinematic state of an orbiting multibody using GNSS signals, G. Palmerini et. al.

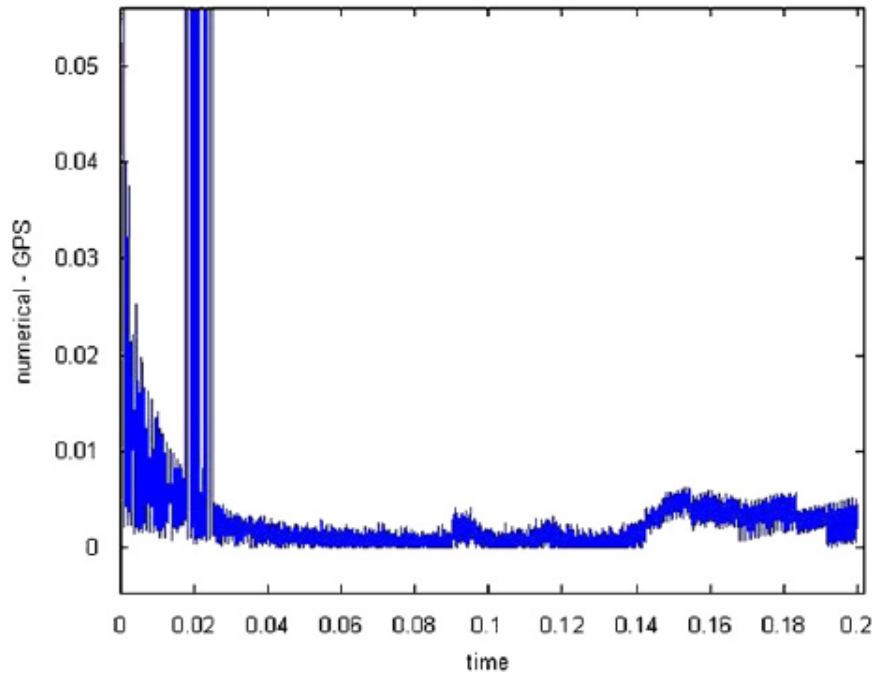
a



b



Реконструированная форма гибкого «крыла»



Разница в форме между результатами, рассчитанным по сигналам и полученному численным интегрированием уравнений движения

Распознавание с помощью навигационных сигналов

Плюсы:

- Высокая точность метода
- Масштабируемость и увеличение точности за счёт увеличения числа антенн
- Вычисление может проводиться непрерывно, что позволяет отслеживать форму гибких элементов конструкции

Минусы:

- Требуется наличие значительных вычислительных мощностей
- Велико время обработки сигнала (особенно при учёте зашумления)

Заключение

- Рассмотрены способы распознавания и оценки движения гибких элементов КА
- Проведено сравнение двух алгоритмов определения колебаний