

# Исследование оптических наблюдений КА «Спектр-Р»

в.н.с. Степаньянц В.А.

м.н.с. Захваткин М.В.

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН

# Орбита аппарата

## Начальная орбита

- Дата: 20.07.2011
- Время: 22:27:28

$$a = 174.041033 \text{ тыс. км.}$$

$$e = 0.958996$$

$$i = 51.591^\circ$$

$$\Omega = 341.952^\circ$$

$$\omega = 302.261^\circ$$

$$M = 110.731^\circ$$

## Текущая орбита

- Дата: 09.11.2011
- Время: 00:00:00

$$a = 173.036223 \text{ тыс. км.}$$

$$e = 0.865635$$

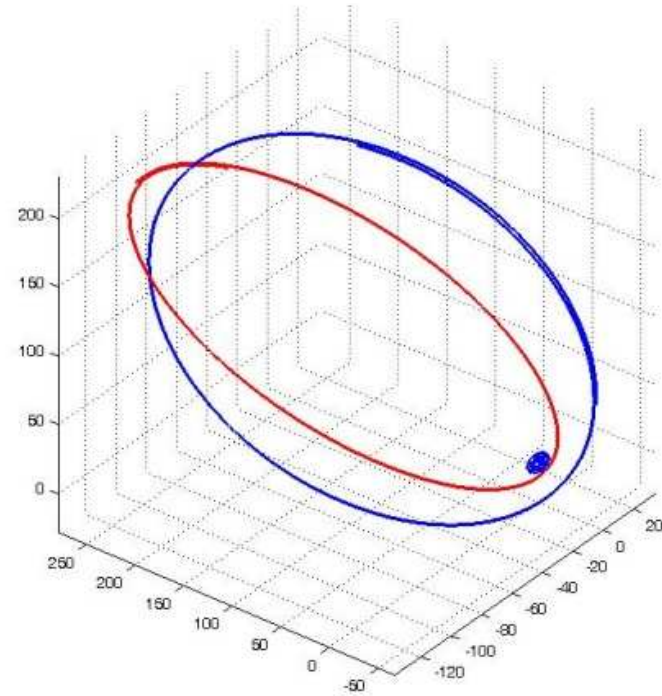
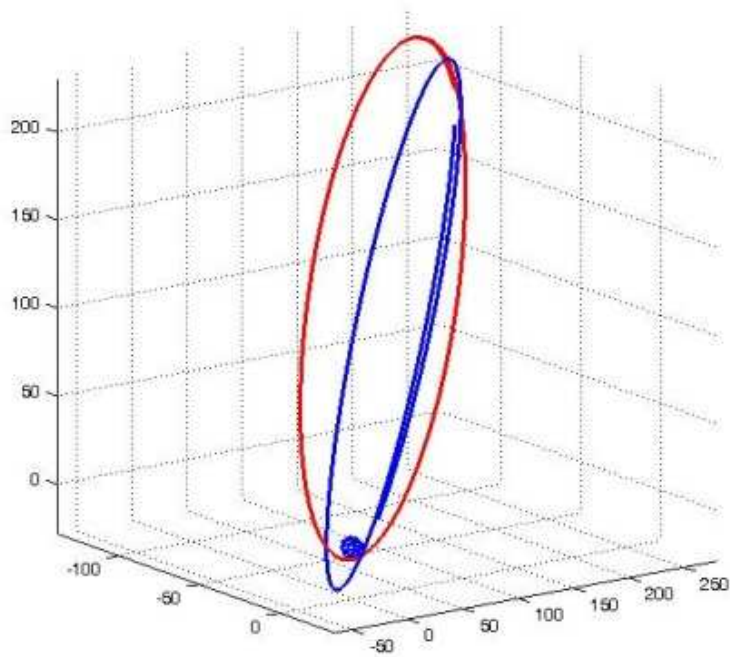
$$i = 71.675^\circ$$

$$\Omega = 311.638^\circ$$

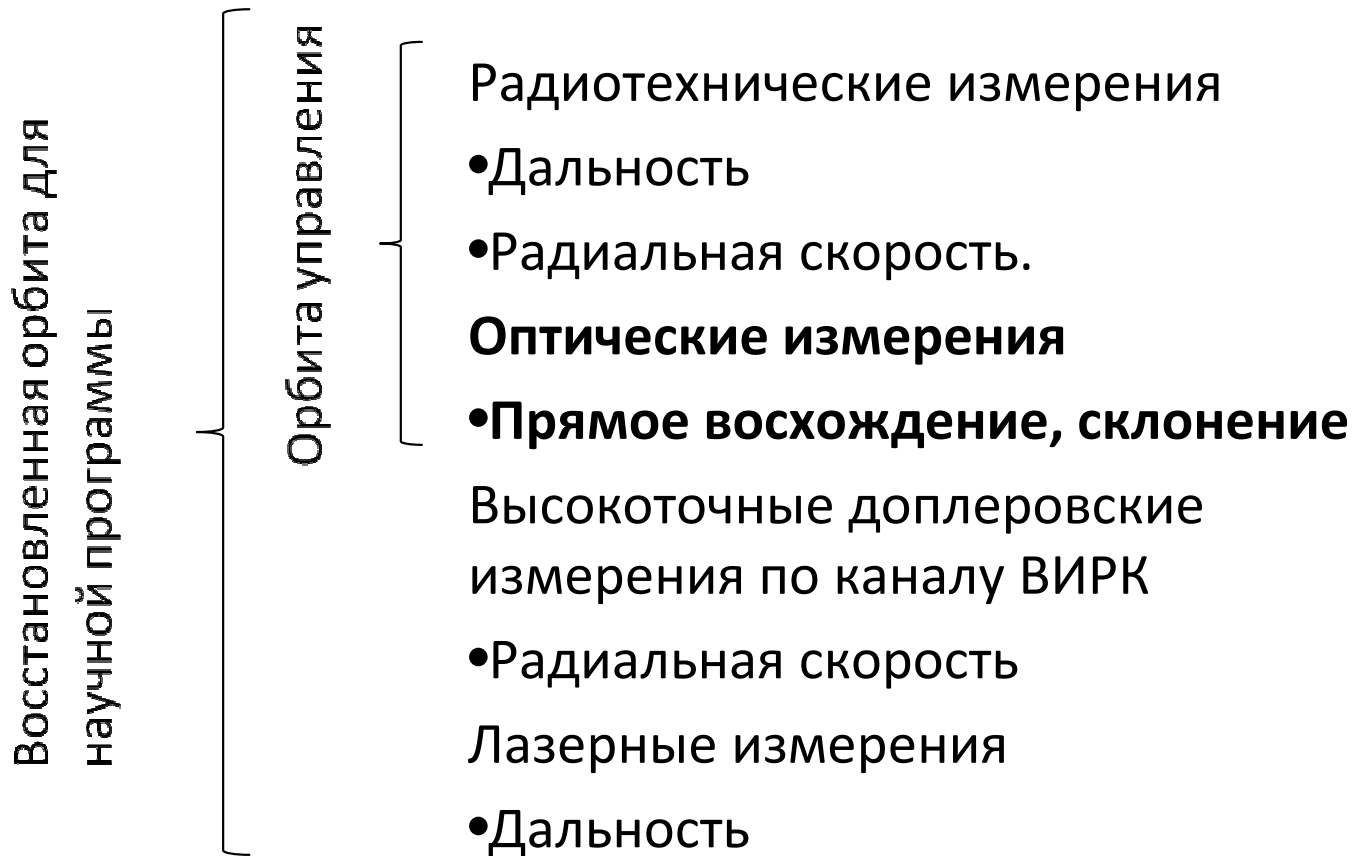
$$\omega = 314.823^\circ$$

$$M = 98.756^\circ$$

# Орбита аппарата



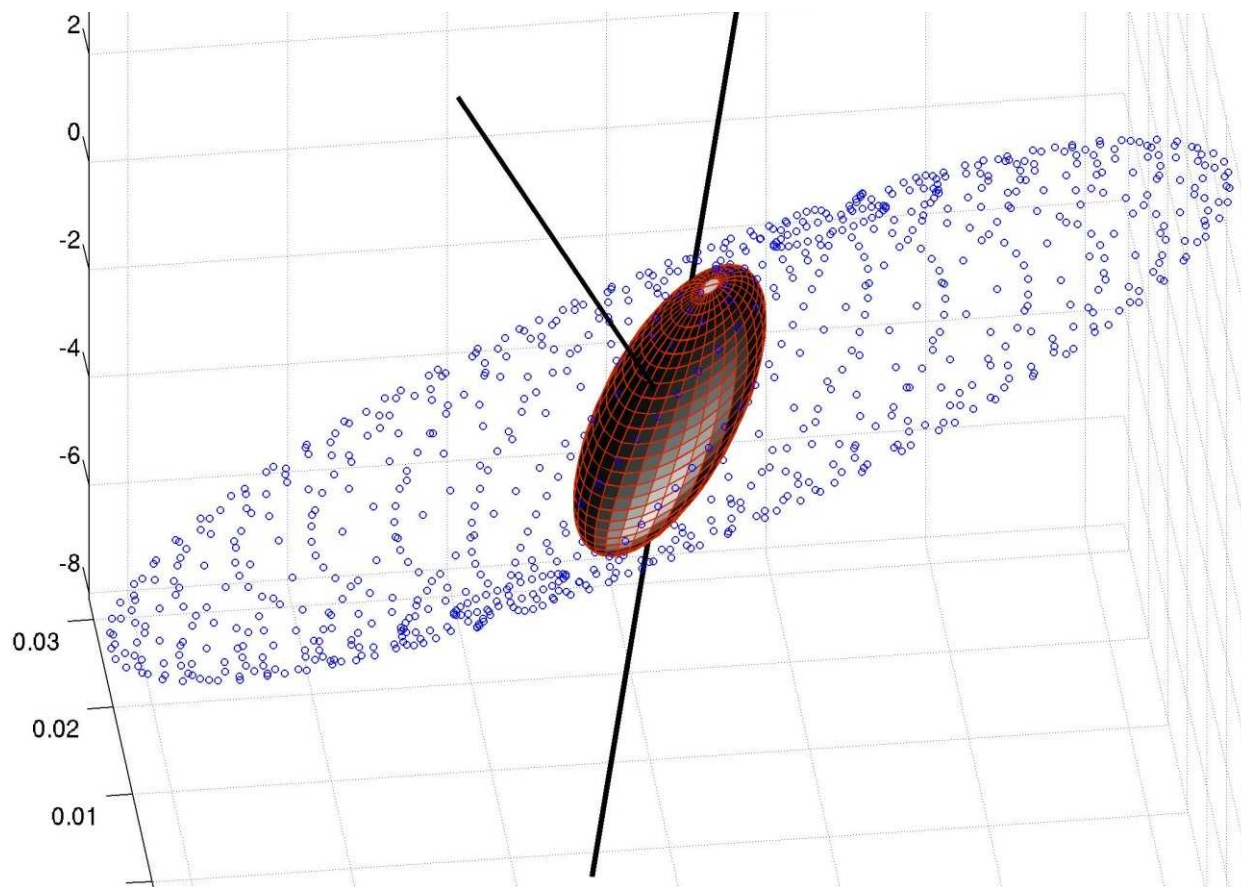
# Уточнение орбиты. Измерения.



# Оптические измерения КА «Спектр-Р»

Обсерватория	Номер	Кол-во измерений
New Mexico	10195	31
КРАО	10031	1842
	10532	1103
	10533	617
Китаб	10058	531
Монды	10103	122
	10003	261
Евпатория	10018	282
Благовещенск	10077	239
Терскол	10012	58
Уссурийск	10065	10
	10066	39
Zimmerwald	10191	19

# Влияние оптических измерений на формальную оценку погрешности

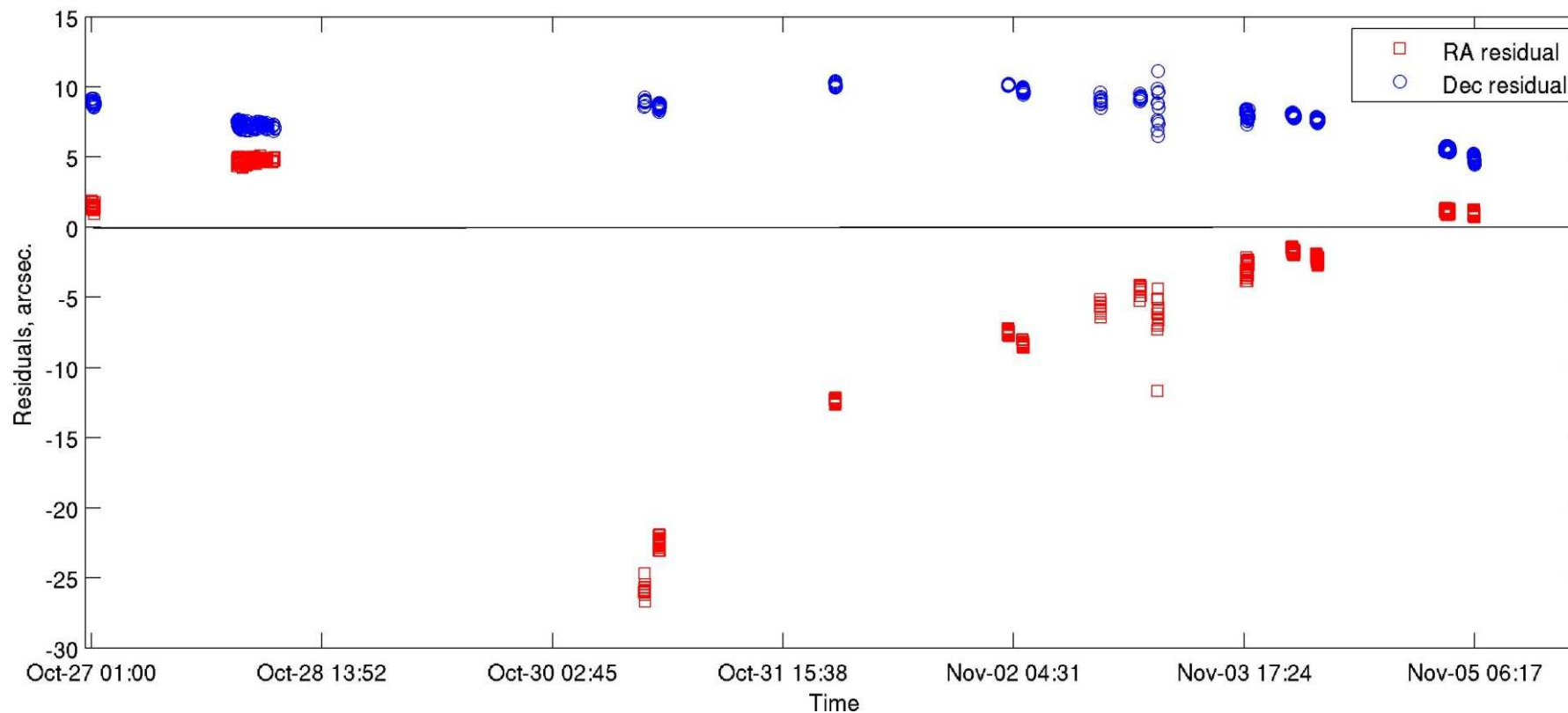


Дуга орбиты с 27.10.11  
По 09.11.10.

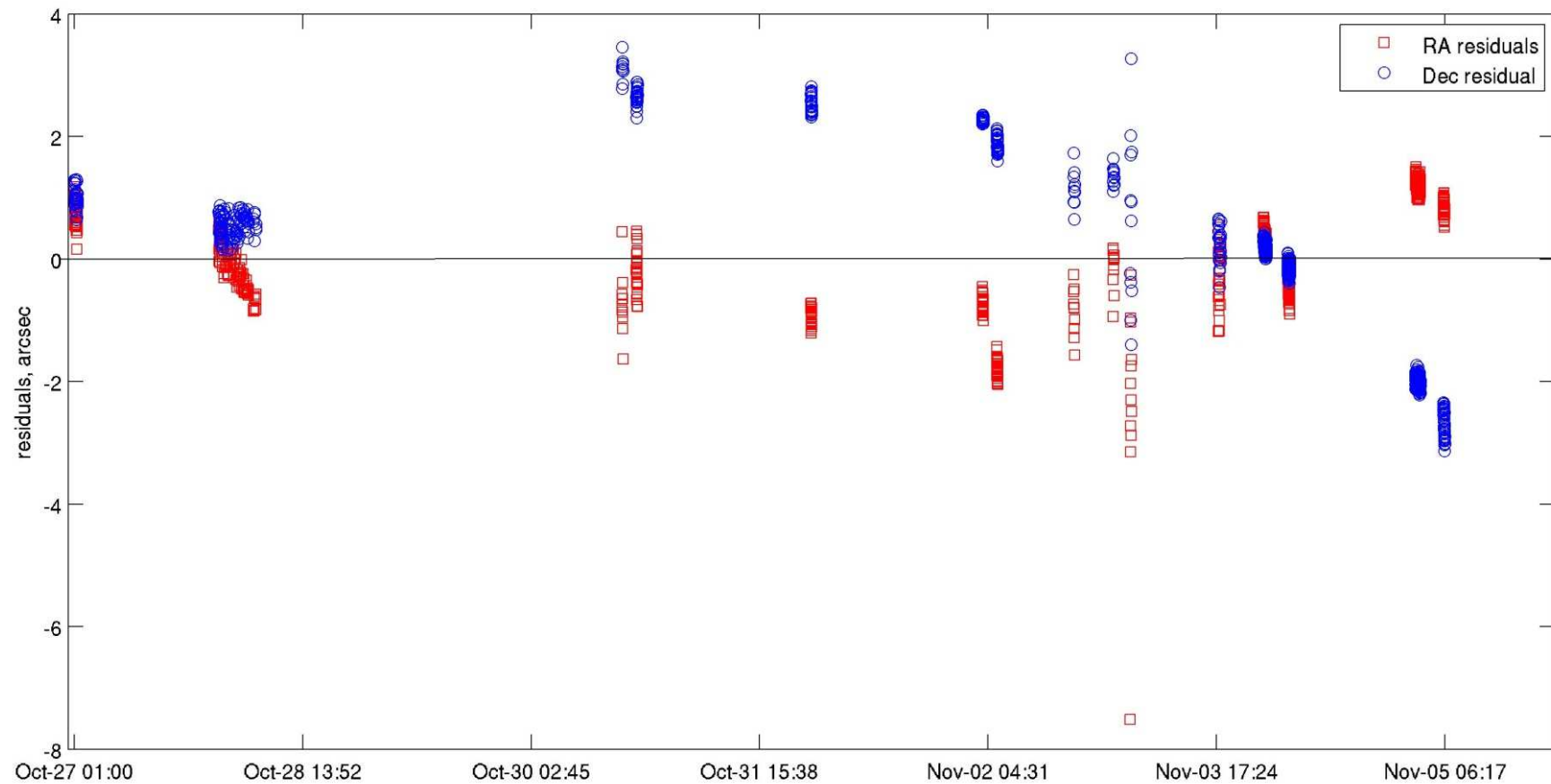
Большой эллипсоид:  
(дальность и  
радиальная скорость)  
0.8 км.  
4.3 км.  
26.5 км.

Малый эллипсоид  
(дальность, радиальная  
скорость и оптика)  
0.8 км.  
2.6 км.  
5.0 км.

# Роль оптических измерений в условиях систематических ошибок радиотехнических измерений.

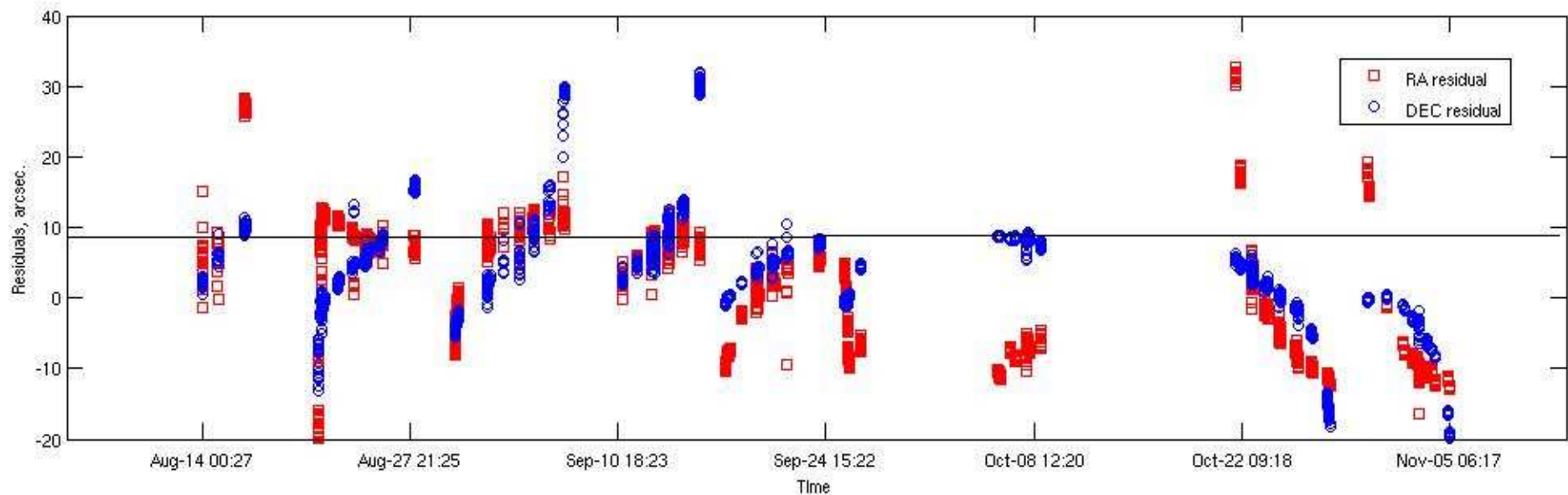


# Роль оптических измерений в условиях систематических ошибок радиотехнических измерений.





# Уточнение орбиты по длинным дугам



Рассогласование возникает из-за динамики:

- Ежедневные разгрузки маховиков, добавляющие импульсы (1-5 см/сек.)
- Сильное воздействие светового давления.

Способы улучшения модели:

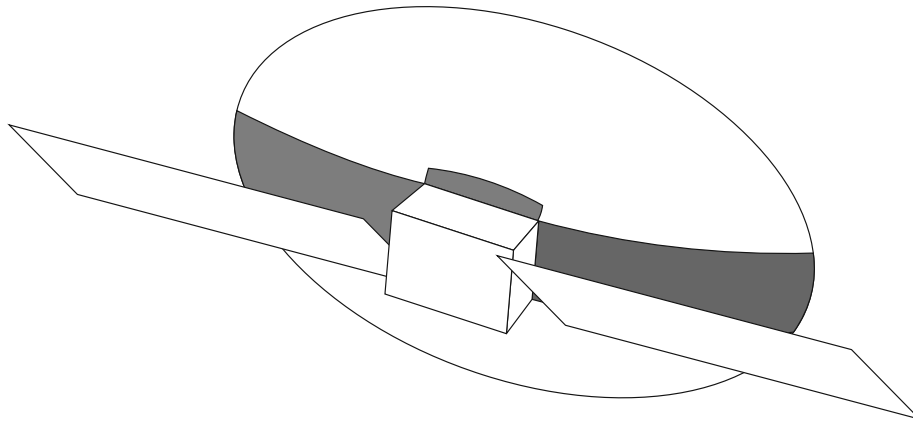
- Моделирование импульсов разгрузок при помощи телеметрической информации. Внесение величины импульса в число уточняемых параметров
- Учет формы аппарата. Введение различных коэффициентов отражения для различных частей аппарата.

# Моделирование блеска аппарата

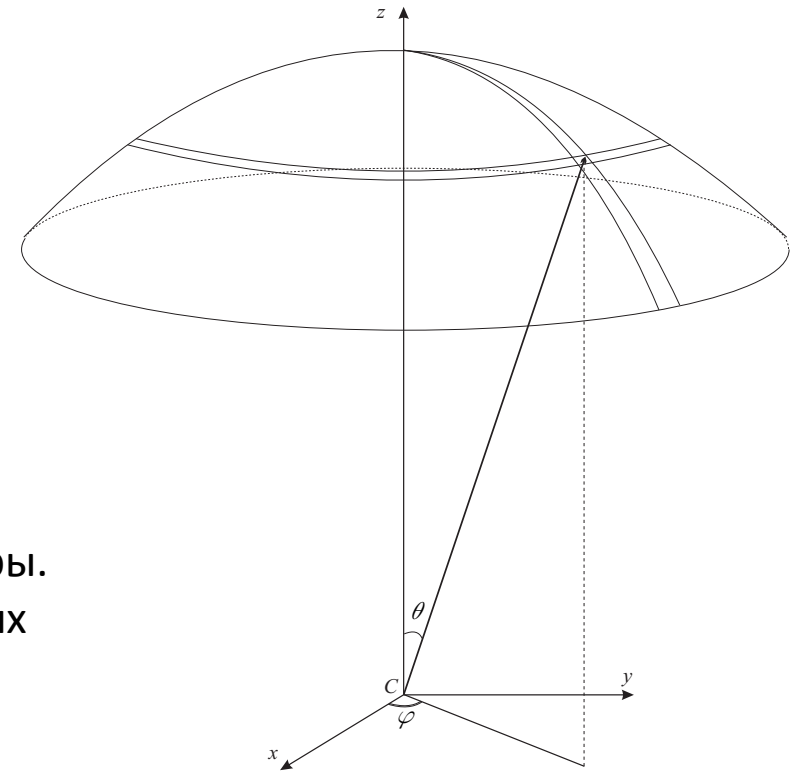
Предпосылки:

- Повышение качества целеуказаний
- Разработка точной модели возмущения, вызванного световым давлением
  - Проверка гипотез отражения света от поверхности аппарата
  - Создание формы, близкой к форме поверхности КА и легко обчисливаемой

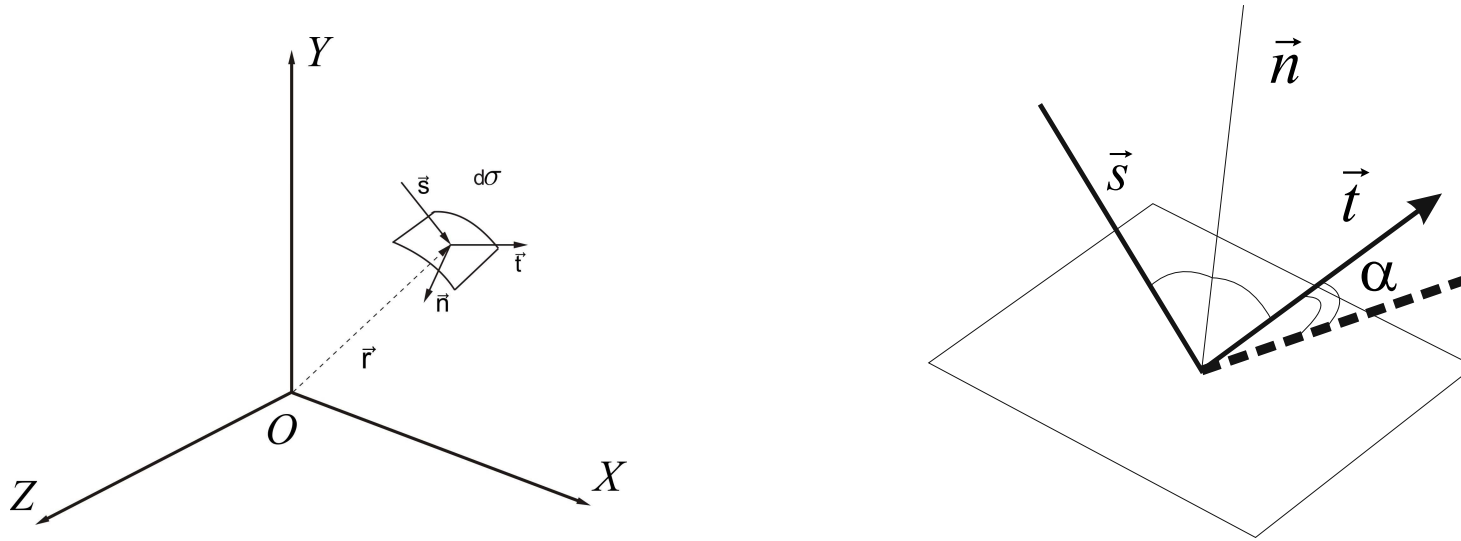
# Форма КА «Спектр-Р»



- Тарелка антенны приближается частью сферы.
- Стенки корпуса аппарата и панели солнечных батарей плоские
- Тарелка разбивается на  $N \cdot M$  элементов, каждый из которых имеет координаты:  
 $[R \sin \theta_i \cos \varphi_j, R \sin \theta_i \sin \varphi_j, R \cos \theta_i]$   
 $1 \leq i \leq N, 1 \leq j \leq N.$



# Рассеяние отраженного света

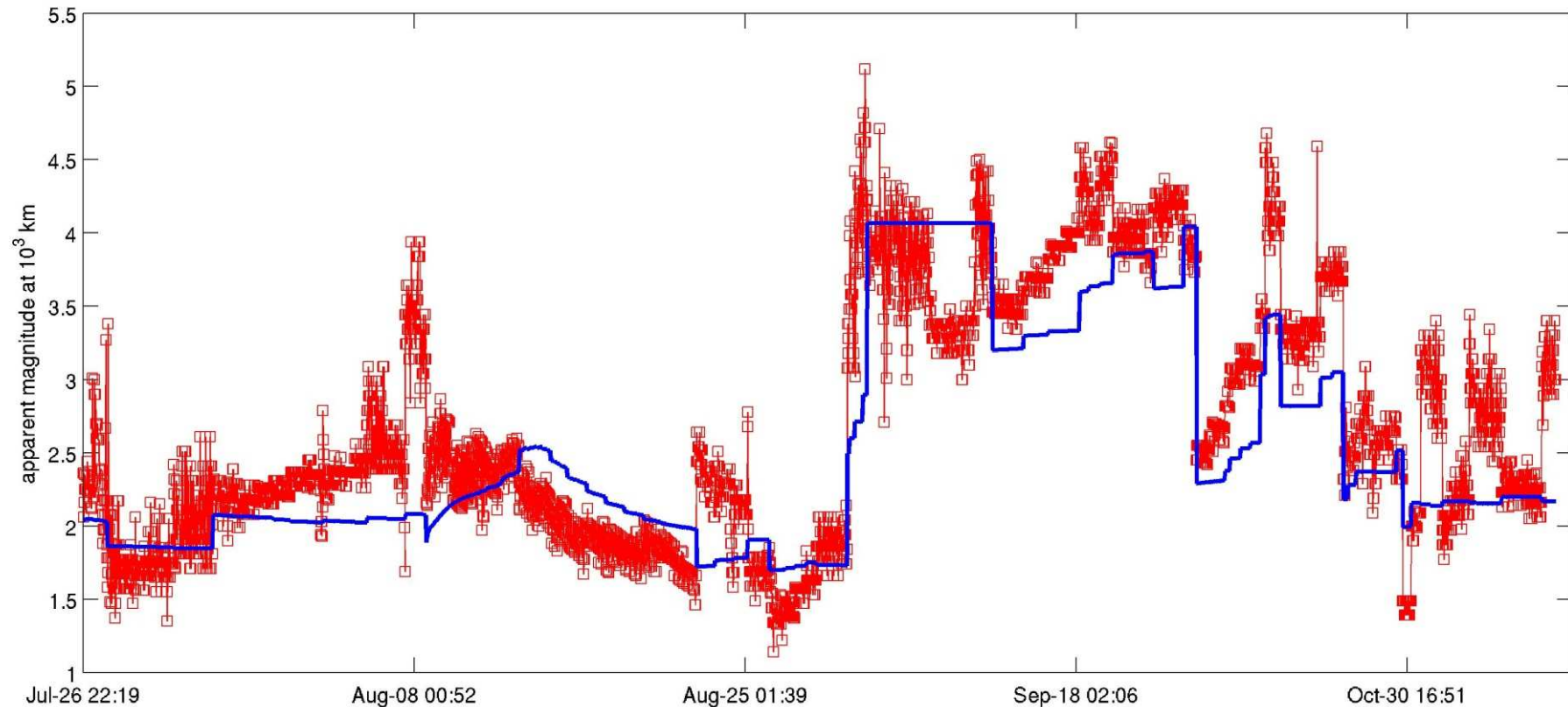


Поток света, отраженного в сторону наблюдателя зависит от угла альфа.  
Простейший случай распределения:

$$\Phi = \Phi_0, |\alpha| < \alpha_{\max},$$

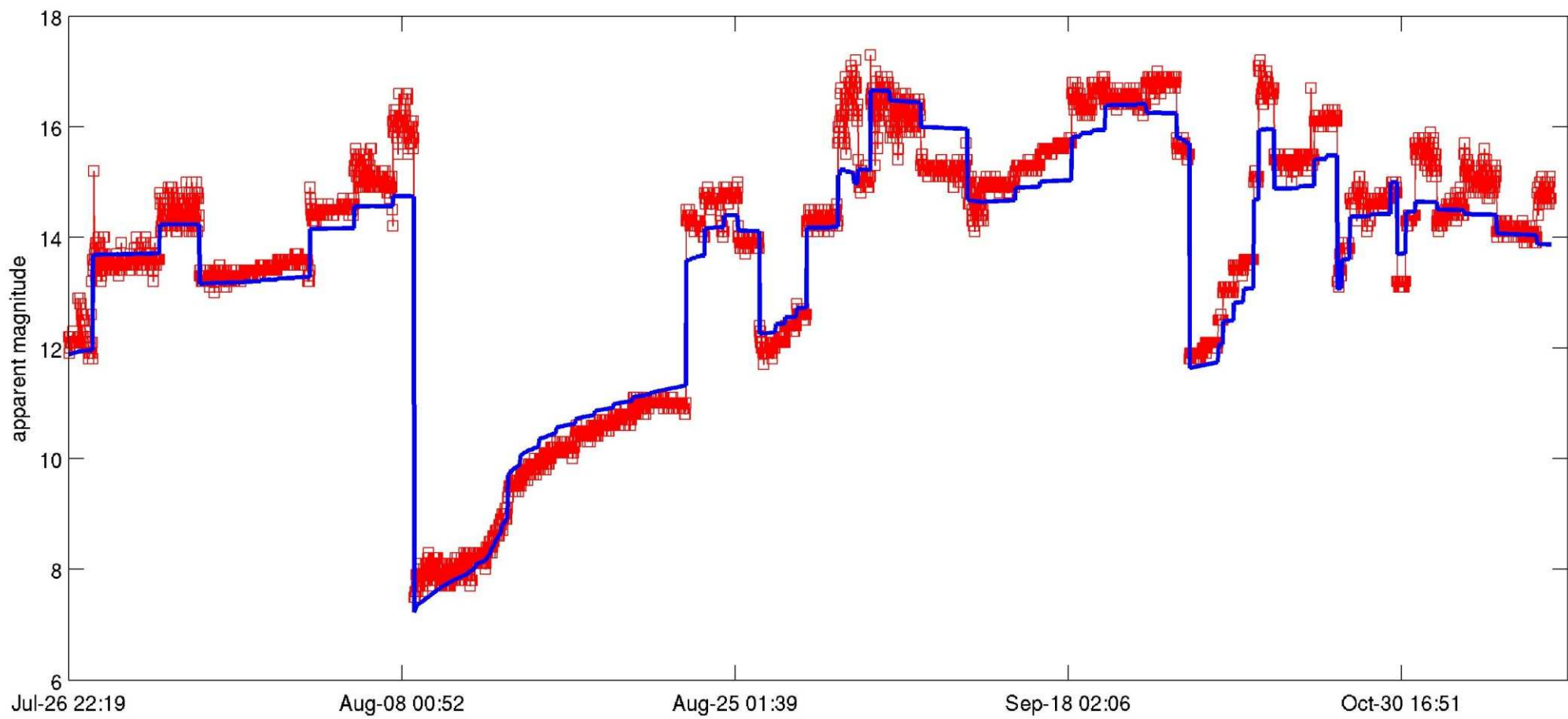
$$\Phi = 0, |\alpha| \geq \alpha_{\max}.$$

# Блеск КА на постоянном расстоянии



Блеск считается пропорциональным логарифму потока, отраженного в сторону наблюдателя. Коэффициент ищется из минимизации суммы квадратов отклонений измеренного и расчетного блеска.

Поток отраженного света состоит из двух частей: диффузно рассеянного света и света, отраженного практически зеркально.



# Заключение

- Оптические измерения Спектр-Р существенны для текущего определения орбиты.
- Частые разгрузки и световое давление препятствуют хорошему формированию орбиты на длинных (несколько месяцев) дугах.
- Модель оценки блеска показала, что наибольшую часть светового потока, формирующего блеск, составляет «околозеркальное» отражение. Схожую гипотезу следует использовать при моделировании светового давления.

Спасибо за внимание!