



**МЛНСС**

ЛАЗЕРНЫЙ ГЛОНАСС  
Intersatellite laser navigating link system

## **Межспутниковая лазерная навигационно-связная система**

**С.В. Дмитриев, В.В. Сумерин, А.А. Чубыкин, В.Д. Шаргородский**  
ОАО «НПК «Системы прецизионного приборостроения»

## **Intersatellite laser navigating link system**

**Dr.Chubykin Alexey, Dmitriev Sergei, dr. Shargorodskiy Victor,  
Sumerin Victor**

Open Joint-stock Company

«Research-and-Production Corporation «Precision Systems and Instruments»,  
Russia



## Основное назначение

- Получение измерительных данных для обновления частотно-временной информации с дискретностью не менее 24( или 48) раз в сутки и субнаносекундной точностью определения расхождения бортовых шкал времени при дислокации наземных средств синхронизации только на территории России.
- Проведение многократных измерений межспутниковых дальностей с погрешностью не более 3 см для коррекции эфемеридной информации.

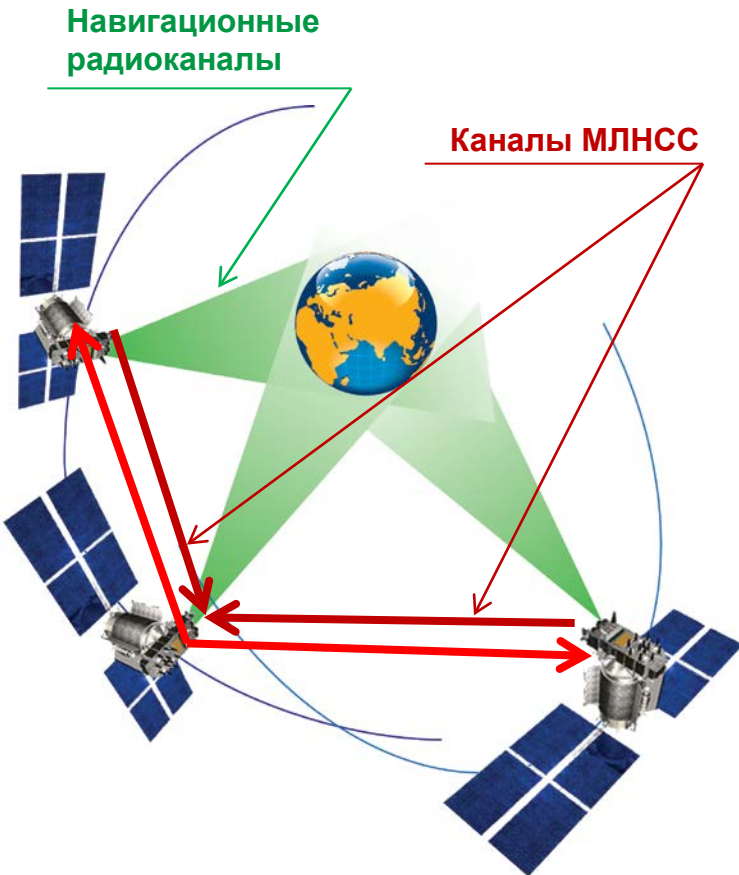


## Main purpose

- To obtain measurement data for update of time and frequency information at least 24 (or 48) times a day and sub-nanosecond accuracy of on-board time scale differences determination, with location of ground synchronization stations on Russian territory only.
- To conduct multiple measurements of inter-satellite ranges with the error of not greater than 3 cm for correction of ephemeris information.



## Основные технические характеристики



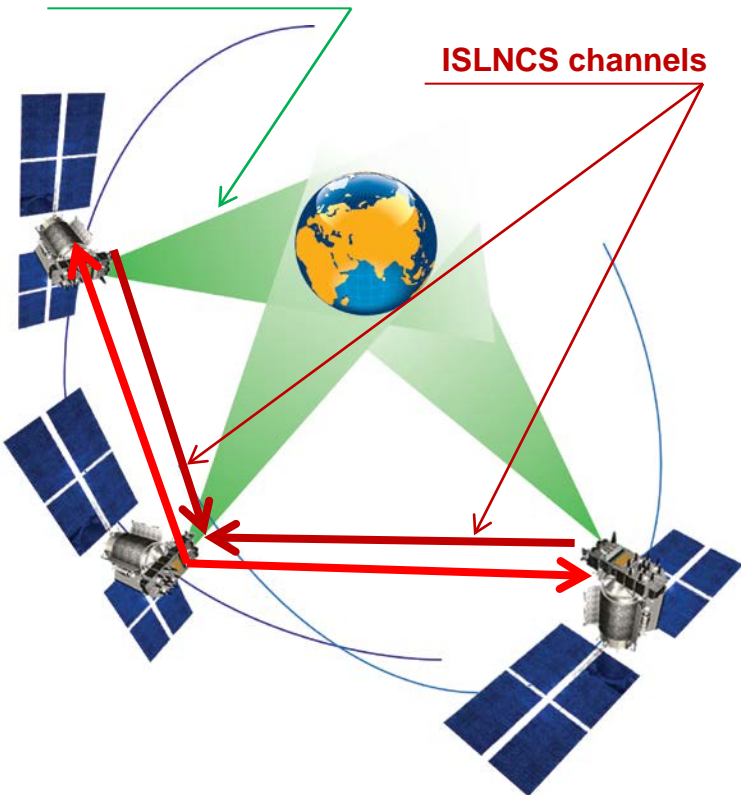
Характеристика	Значение
Дальность действия	до 55 000 км
Погрешность измерения дальности ( $\sigma$ )	не более 3 см
Погрешность определения относительных сдвигов между приборными шкалами времени двух космических аппаратов	не более 1 нс
Скорость передачи информации	до 50 кБит/с
Зона перенацеливания	полусфера:
Скорость программного перенацеливания	~ 10 /с по каждой координате
Вероятность ошибки на бит передаваемой информации	не более $10^{-4}$
Режим работы	сеансный



#### Main technical characteristics

Navigation radio channels

ISLNCS channels



Parameter	Value
Operating distance	up to 55 000 km
Range measurement error ( $\sigma$ )	not greater than 3 cm
Error of determination of the relative shift between time scales of two spacecraft	not greater than 1 ns
Information transfer rate	up to 50 kbit/s
Retargeting area	hemisphere:
Program-guided retargeting	$\sim 10$ /s in each coordinate
Probability error per bit of transmitted information	not greater than $10^{-4}$
Operation mode	session



## Принцип действия

- Получение на основе обработанных встречных измерений однопутевых дальностей (псевдодальностей), дальностей между НКА и расхождений бортовых шкал времени (БШВ) этих НКА;
- *Под встречными измерениями псевдодальностей понимается фиксация на взаимодействующих НКА моментов излучения «своих» дальномерных сигналов, приёма – «чужих», определение интервала времени между этими моментами и обмена результатами этих измерений между НКА.*
- *В случае однозначного соответствия между четырьмя измерениями моментов времени, - полуразность между измеренными интервалами определяет сдвиг бортовых шкал, в которых фиксируются моменты времени, а полусумма – дальность между НКА.*
- Для обмена результатами измерений и передачи служебной информации в МЛНСС используется метод ОВИМ (относительная время-импульсная модуляция).



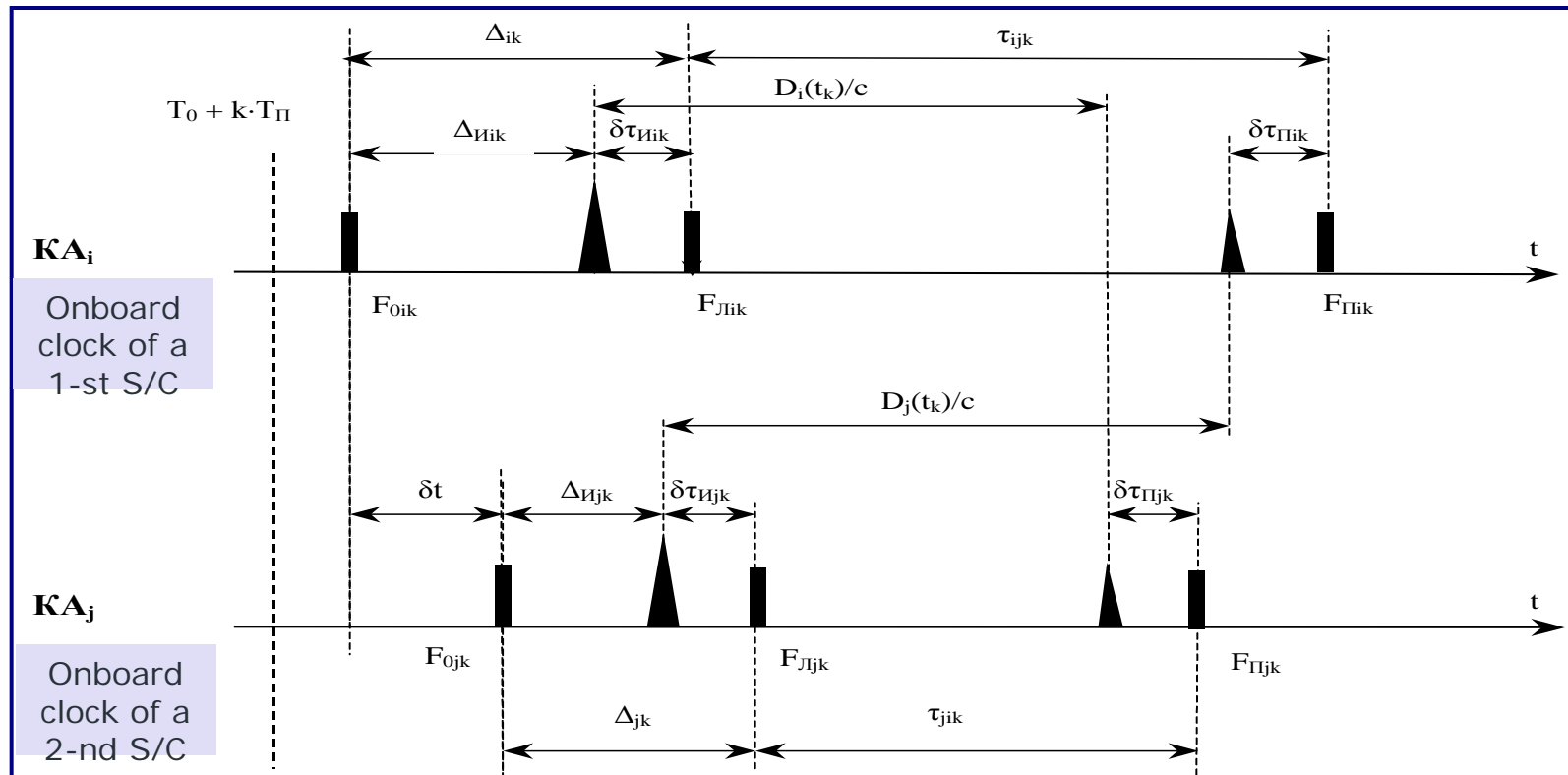
## Operating principle

- Obtaining ranges between navigation satellites (NS) and differences between time scales of these NS based on processed measurements of counter one-way ranges (pseudo-ranges);
- ***Counter pseudo-range measurements between interacting NS are registration of start time of “own” ranging signals, registration of reception time of “other’s” ranging signals, determination of time interval between these moments of time and exchange of these results between NS.***
- ***In case of one-to-one correspondence between four measurements of moments in time, half-difference between measured time intervals will define shift between onboard time scales used for recording of moments in time, and their half-sum – range between NS.***
- RTPM (relative time-pulse modulation) is used for exchange of measurement results and housekeeping information in ISLNCS.



## Диаграмма временных измерений

### Time diagram of operations at the single laser ranging measurement

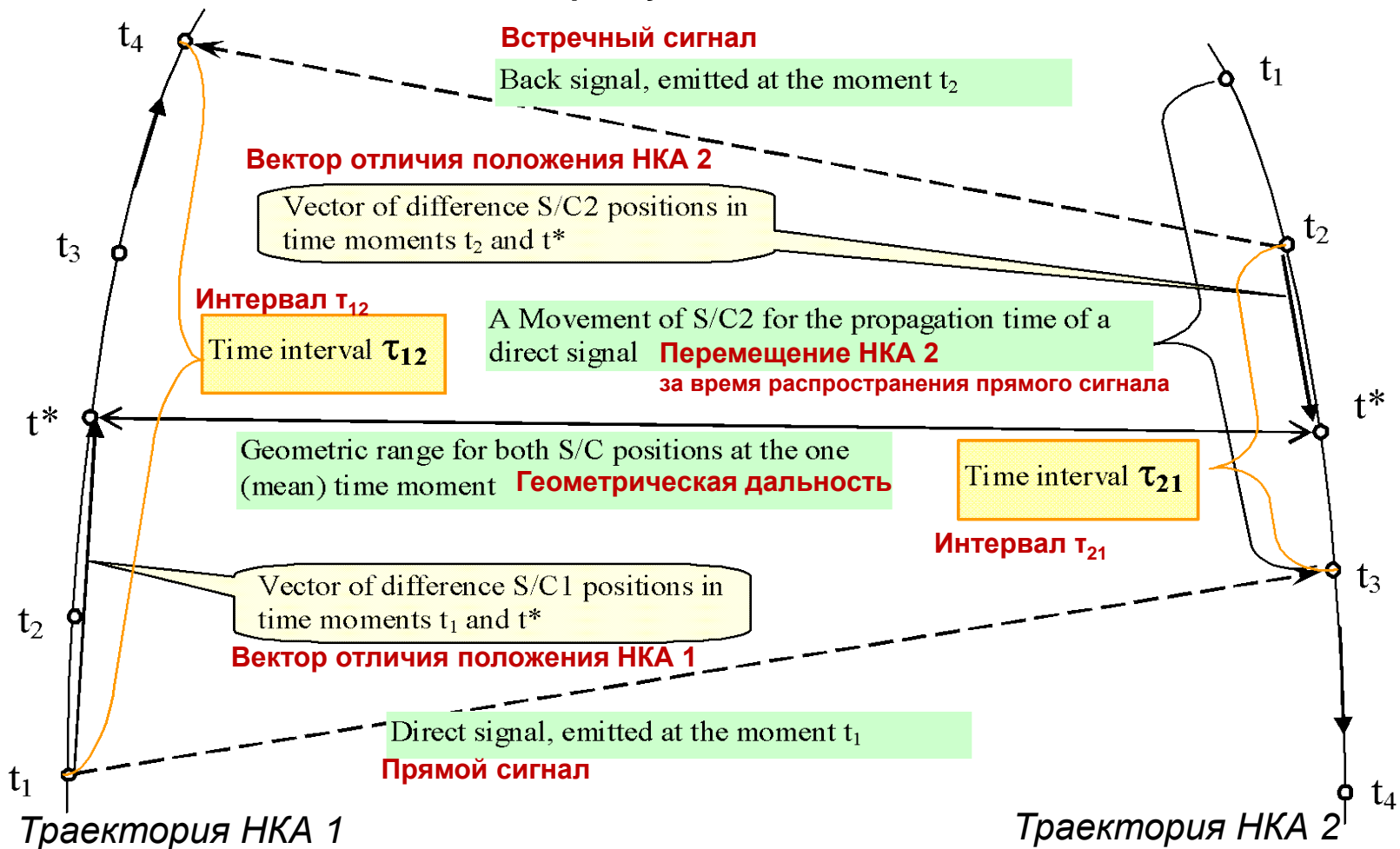






## Определение геометрической дальности между НКА

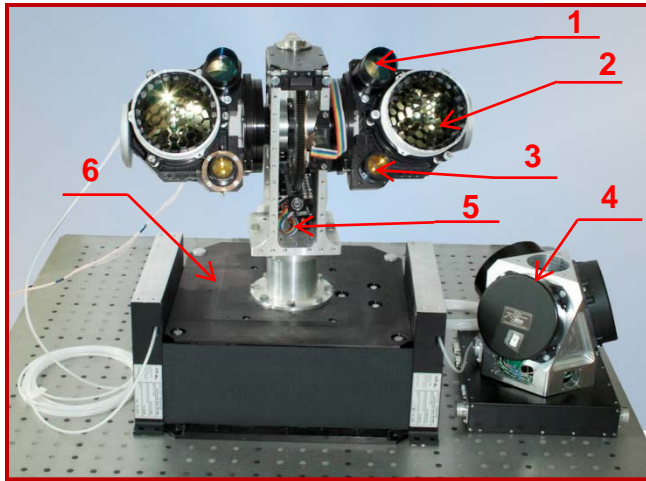
Geometry connections for InterSat Measurements at determination of the Time Scales discrepancy and a mutual distance between SCs





# МЛНСС

ЛАЗЕРНЫЙ ГЛОНАСС  
Intersatellite laser navigating link system



**Штатная МЛНСС**



**Экспериментальная МЛНСС**



**КА Глонасс-М**

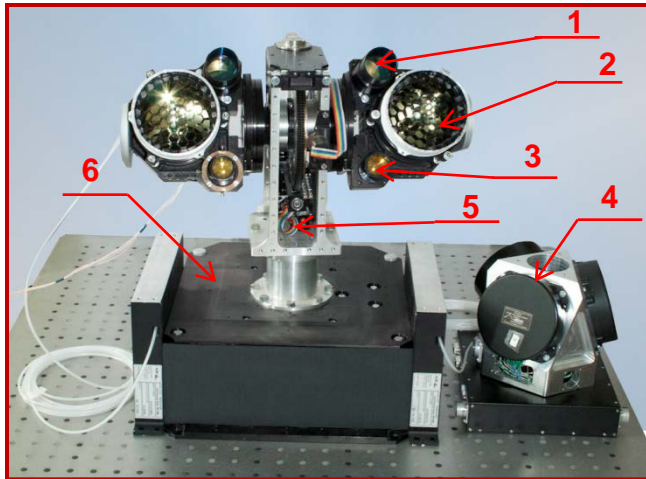
- 1 – объектив информационного лазерного передатчика
- 2 – объектив приемной системы
- 3 – объектив маяка
- 4 – гироблок
- 5 – опорно-поворотное устройство
- 6 – приборный блок



# ISLNCS

LASER GLONASS

Inter-satellite laser navigation and communication system



**Standard ISLNCS**



**Experimental ISLNCS**

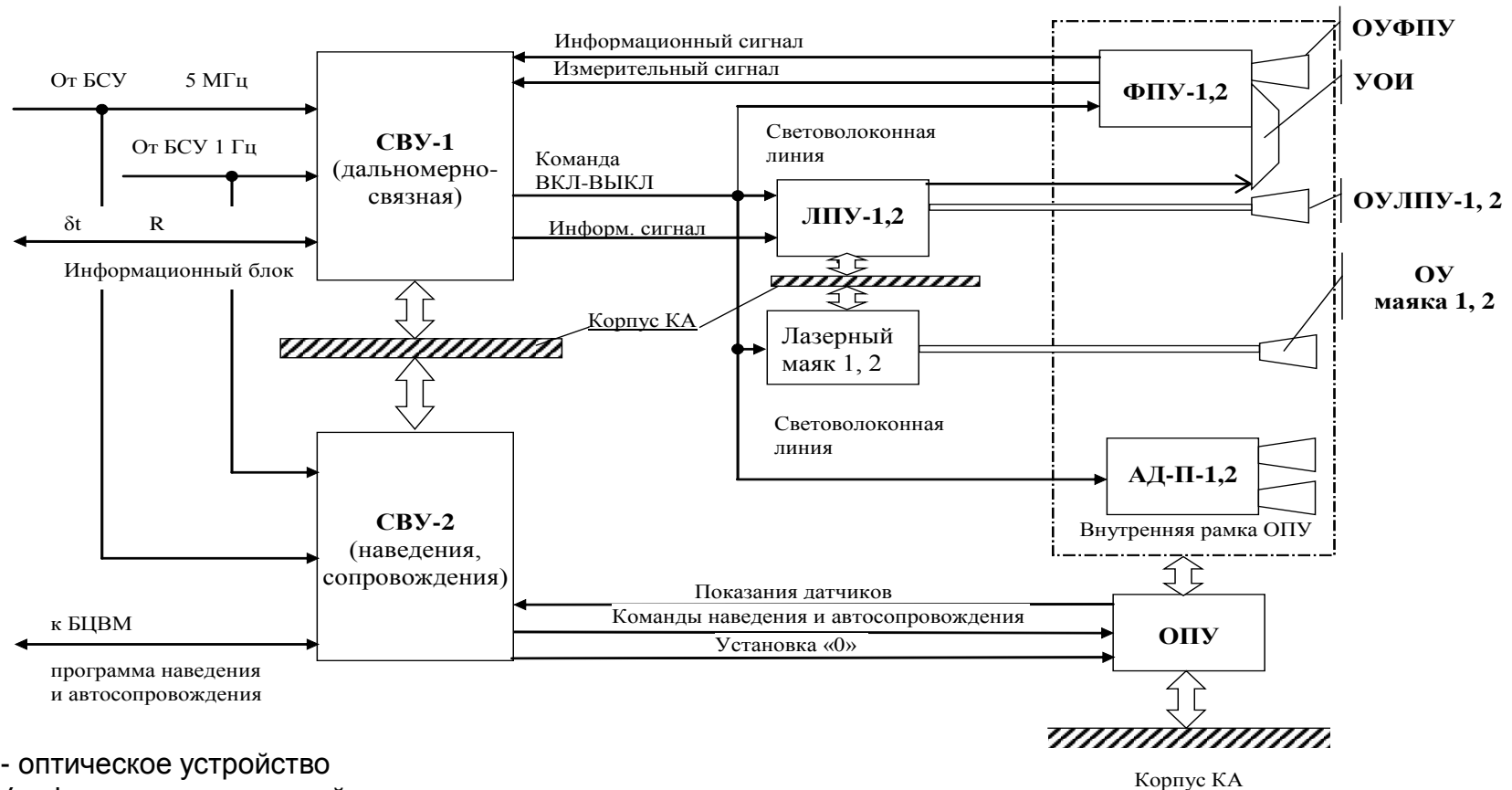


**GLONASS-M S/C**

- 1 – Information transmission laser lens
- 2 – receiver lens
- 3 – beacon lens
- 4 – gyro module
- 5 – mount
- 6 – electronics box



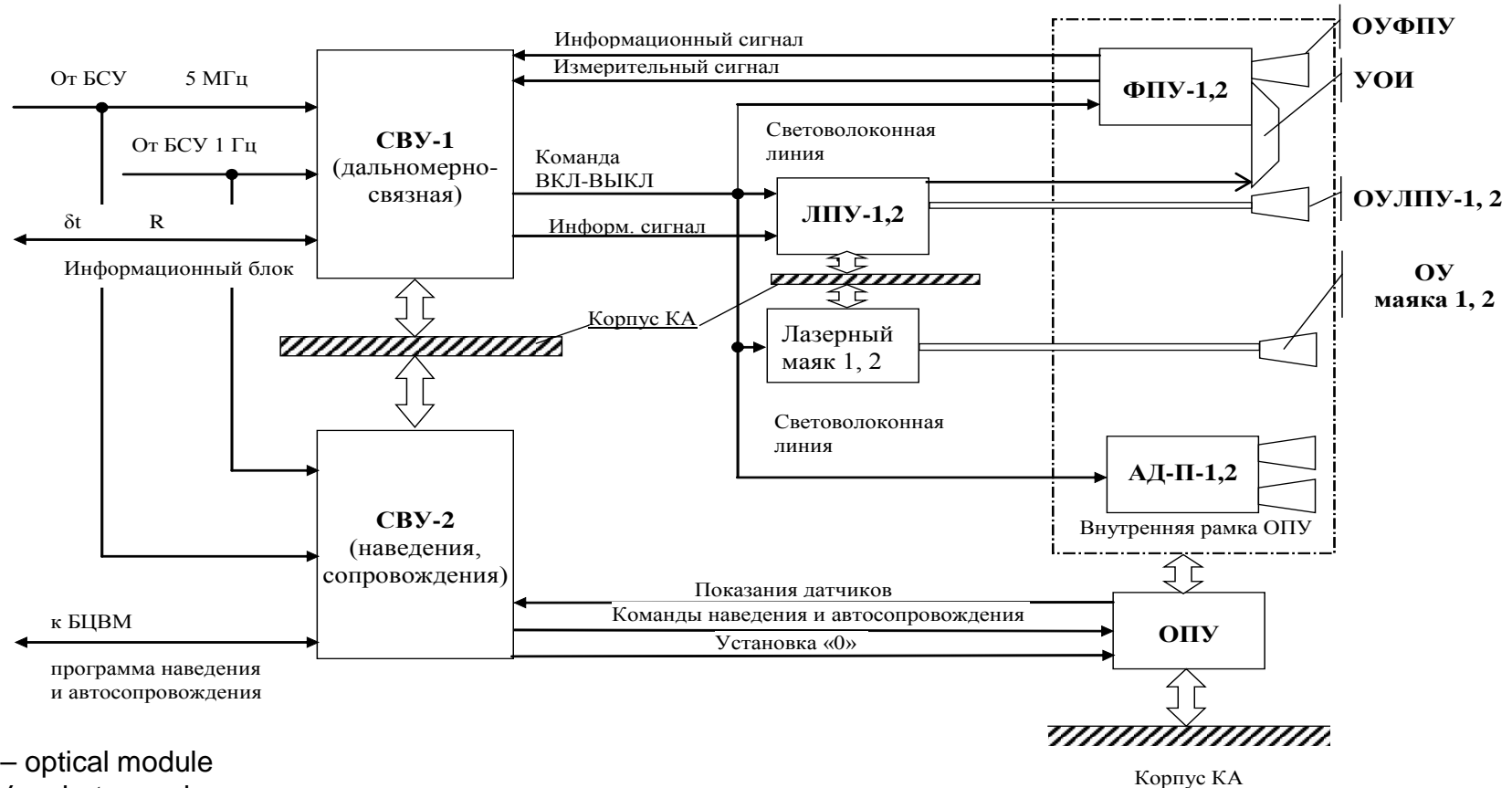
### Структурная схема экспериментальной МЛНСС



- ОУ - оптическое устройство
- ФПУ – фотоприемное устройство
- ЛПУ – лазерное передающее устройство
- ОПУ – опорно-поворотное устройство
- АД-П – астродатчик – пеленгатор
- СВУ – специальное вычислительное устройство



## Structural diagram of experimental ISLNCS



- ОУ – optical module
- ФПУ – photo receiver
- ЛПУ – laser transmitter
- ОПУ – mount
- АД-П – astro sensor – direction finder
- СВУ – computer



## Основные результаты космического эксперимента

- Экспериментально подтверждена возможность определения расхождения шкал времени двух терминалов МЛНСС с погрешностью (СКО) 0,1 нс
- Доказана возможность измерения расстояний между терминалами со случайной погрешностью не превышающей 3 см и нестабильностью систематической ошибки на месячном интервале не превышающей 10 см (по данным СВОЭВП)
- Отработано программное обеспечение взаимного нацеливания МЛНСС и наведения на навигационные звезды
- Получены данные по созданию штатных бортовых элементов МЛНСС, в частности, впервые в мировой практике испытан в условиях космического полета волоконный лазер
- Отработаны процедуры перепрограммирования СВУ МЛНСС в условиях космического полета



## Main results of space experiment

- Confirmed possibility to determine difference between two ISLNCS terminals time scales with RMS error 0.1 ns.
- Confirmed possibility to measure distance between terminals them with RMS error of 3 cm respectively, with instability of systematic error of not greater than 10 cm over a month (SVOEVP data).
- Refined software for mutual targeting of ISLNCS terminals and targeting of navigation stars
- Obtained data for development of serial onboard elements of ISLNCS; in particular, first time in the world practice a fiber laser has been tested in space flight
- Refined procedures for in-flight reprogramming of ISLNCS computer



## Сравнительные характеристики космических навигационных систем GPS, Галилео и ГЛОНАСС с МЛНСС

Характеристика	GPS (31 КА)	Галилео (проект)	ГЛОНАСС (базовый показатель в 2011г.)	ГЛОНАСС (2015 г.)	ГЛОНАСС (24 МЛНСС)
SISRE – эквивалентная погрешность псевдодальности за счёт космического сегмента (signal-in-space range error)	1,1 м (2 $\sigma$ )	0,6 м ( $\sigma$ )	1,4м ( $\sigma$ )	0,7 м ( $\sigma$ )	0,1 м, не более (2 $\sigma$ )
Область покрытия комплекса управления	Глобально	Глобально	Территория России	Территория России и зарубежные пункты с действующими БИС	Глобально (при наземной поддержке прежде всего временной синхронизации КА только с территории России)
Скорость передачи информации	-	-	до 0,5 кБит/с	до 0,5 кБит/с	до 50 кБит/с
Внутрисистемный контроль и передача сигналов нарушения целостности	нет	нет	нет	нет	Есть, Оперативность 6 с





### Comparison of characteristics of Space Navigation Systems GPS, Galileo and GLONASS with ISLNCS

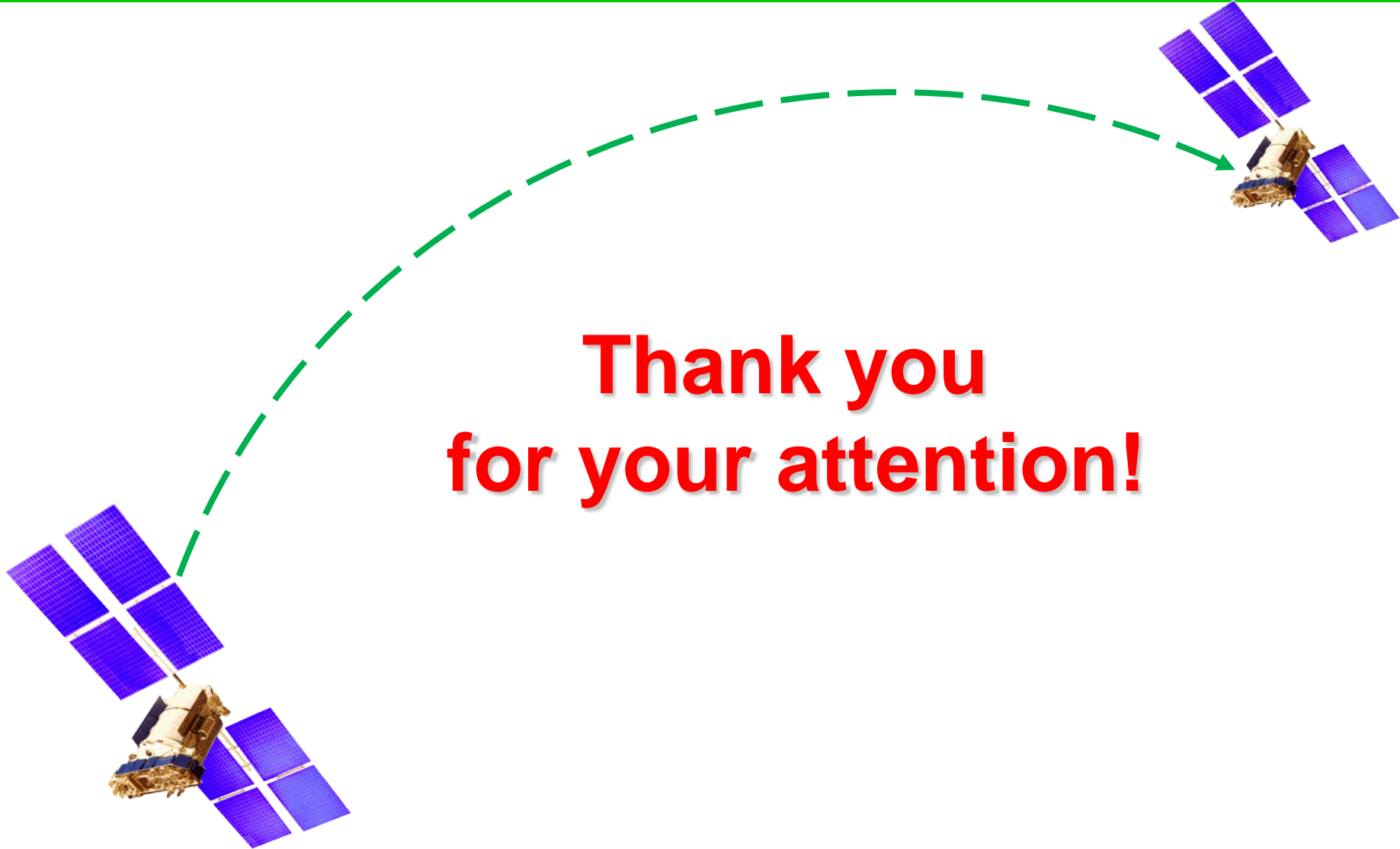
Parameter	GPS (31 NS)	Galileo (project)	GLONASS (base, 2011)	GLONASS (2015)	GLONASS (24 ISLNCS)
SISRE – signal-in-space range error due to space segment	1.1 m (2 $\sigma$ )	0.6 m ( $\sigma$ )	1.4 m ( $\sigma$ )	0.7 m ( $\sigma$ )	0.1 m, not greater than (2 $\sigma$ )
Control system coverage area	Global	Global	Russian territory	Russian territory and stations abroad with operational GMS	Global (ground support of time synchroning on Russian territory only)
Information transmission rate	-	-	up to 0.5 kbit/s	up to 0.5 kbit/s	up to 50 kbit/s
Internal integrity check and transmission of integrity violation signals	no	no	no	no	Yes, Responsiveness 6 s



# МЛНСС

Intersatellite laser navigating link system

ЛАЗЕРНЫЙ ГЛОНАСС



**Thank you  
for your attention!**