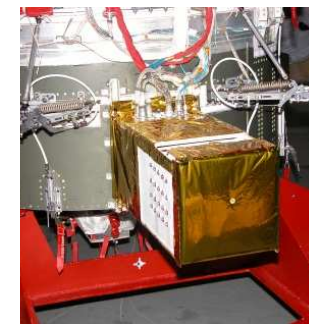
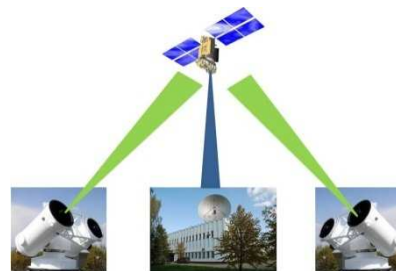




## International Technical Workshop WPLTN-2012

### РОССИЙСКАЯ СЕТЬ ЛАЗЕРНОЙ ДАЛЬНОМЕТРИИ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ЗАДАЧАХ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО И ЭФЕМЕРИДНО-ВРЕМЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЛОНАСС

### RUSSIAN LASER RANGING NETWORK AND ITS APPLICATION FOR GLONASS GEODETIC AND EPHEMERIS-TIME SUPPORT



**В.Б. Бурмистров, Ю.А. Рой, М.А. Садовников, В.В. Сумерин, В.Д. Шаргородский**

**«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОРПОРАЦИЯ «СИСТЕМЫ ПРЕЦИЗИОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ»  
Москва, Россия**

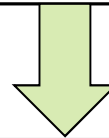


Перспективные требования к точности геодезического и эфемеридно-временного обеспечения ГЛОНАСС

## Future requirements for GLONASS geodetic and ephemeris-time support

In accordance with the Federal program "GLONASS" for 2012-2020 should be solved problem of increasing the accuracy of the following indicators:

- погрешность определения местоположения без использования дополнительных систем  
**positioning accuracy with no additional systems**..... < 0.6 м (2.8 м);
- погрешность определения местоположения с использованием дополнительных систем  
**positioning accuracy with additional systems**
  - в оперативном режиме (on-line operation)..... < 0.1 м (1 м);
  - в апостериорном режиме (in the posterior mode)..... 0.03 м (0.1 м);
- погрешность определения времени потребителя в системной шкале времени  
**uncertainty in determining the time of the user in the system time scale**..... < 1 нс (5 нс);
- погрешность привязки государственной геоцентрической системы координат к центру масс Земли  
**uncertainty of reference of the Federal Geocentric Coordinate System to the Earth center of mass**..... < 0.01 м (0.5 м);
- погрешность передачи параметров ГСК эфемеридами ГЛОНАСС  
**uncertainty of translation of the Federal Geocentric Coordinate System by GLONASS ephemeris**..... < 0.02 м (0.2 м)



Точность определения и контроля геодезических, эфемеридных и частотно-временных параметров ГЛОНАСС должна быть повышена до уровня десятых долей сантиметра и десятых долей нс

**The accuracy of geodetic, ephemeris and frequency-time parameters of GLONASS must be improved to the level of tenths of centimeter and tenths of a nanosecond**



Лазерные технологии повышения точности геодезического и эфемеридно-временного обеспечения ГЛОНАСС

## Laser techniques to improve the accuracy of geodetic and ephemeris-time support GLONASS

С целью повышения точности геодезического и эфемеридно-временного обеспечения ГЛОНАСС разработаны новые лазерные измерительные технологии, которые реализуются через межспутниковую лазерную навигационно-связную систему и наземную сеть лазерной дальнометрии

In order to improve the accuracy of geodetic and ephemeris-time support GLONASS developed new laser measuring technology, which are realized through inter-satellite laser navigation and communications system and Russian laser ranging network

Межспутниковая лазерная навигационно-связная система



Inter-satellite laser navigation and communications system

Российская сеть станций лазерной дальнометрии



Russian laser ranging network



## Применение лазерных данных для повышения точности эфемеридного обеспечения ГЛОНАСС

### The use of laser data to improve the accuracy of GLONASS ephemeris support

Повышение точности эфемеридного обеспечения с использованием двухсторонней лазерной дальнометрии

Результат применения в ГЛОНАСС	Метод измерений с использованием КОС
Контроль точности эфемерид ГЛОНАСС с миллиметровым уровнем погрешностей	Сравнение лазерной дальности и проекции эфемеридных данных НКА на наклонную дальность. Сравнение орбиты НКА, полученной по лазерным измерениям полностью развернутой сети КОС и по измерениям штатных радиосистем
Контроль точности передачи параметров ГГСК эфемеридами ГЛОНАСС с миллиметровым уровнем погрешностей	Определение координат пунктов по лазерным дальностям до КА Лагеос (Блиц) и сравнение их с координатами тех же пунктов, полученным по лазерным дальностям до НКА Глонасс и эфемеридным данным навигационного сообщения

### Improving accuracy of the ephemeris support with two-way laser ranging

The result of applying in GLONASS	Measurement method using SLR
GLONASS ephemeris control with millimeter level accuracy	Comparison of laser range and the projection of the ephemeris data NSC to the inclined range. Comparison orbit of NSC obtained from laser measurements and obtained from monitor stations
Control of translation of the Federal Geocentric Coordinate System by GLONASS ephemeris with millimeter level accuracy	Determination the coordinates of sites from laser observation of SC Lageos (Blits) and comparison with coordinates of the same site obtained from laser observation of NSC Glonass and data of navigation message



## Применение лазерных данных для повышения точности геодезического обеспечения ГЛОНАСС

### The use of laser data to improve the accuracy of GLONASS geodetic support

Повышение точности геодезического обеспечения с использованием двухсторонней лазерной дальнометрии

Результат применения в ГЛОНАСС	Метод измерений с использованием КОС
Уточнение координат пунктов измерительных средств, уточнение привязки ГГСК к центру масс Земли, уточнение параметров связи ГГСК с ITRF с миллиметровым уровнем погрешностей	Определение координат пунктов по лазерным дальностям до КА Лагеос (Блиц) и Глонасс, в том числе в узлах колокации КОС и БИС
Формирование комбинированных решений, взаимная увязка моделей измерений параметров орбит, координат пунктов, параметров вращения Земли, уточнение фундаментальных геодезических параметров миллиметровым уровнем погрешностей	Определение лазерных дальностей до КА Лагеос (Блиц) в узлах колокации КОС, БИС, РСДБ

### Improving accuracy of the geodetic support with two-way laser ranging

The result of applying in GLONASS	Measurement method using SLR
Refinement of coordinates of measurement means, refinement of reference FGCS to the Earth center of mass, refinement FGSC to ITRF translation parameters with millimeter level accuracy	Determination the coordinates of sites from laser observation of SC Lageos (Blits) and network adjustment, including collocation data SLR and GMS
Formation of combined solutions, harmonization of the measurement model of the orbit, Earth orientation parameters and sites coordinates with millimeter level accuracy	Laser observation of SC Lageos (Blits) and NSC Glonass on collocation sites SLR, VLBI, GMS





## Stations of the Russian laser ranging network

**Third-generation SLR station (in operation since 1982 in Komsomolsk-in-Amur)**



**Telescope with two optical systems with a diameter of 500 mm for laser ranging and angle measurements and technical building**



## Stations of the Russian laser ranging network

Fourth-generation SLR station (in operation since 1999 in Moscow region)



Telescope with two optical systems with a diameter of 600 mm and 200 mm for laser ranging and angle measurements and its shelter



## Stations of the Russian laser ranging network

**Fourth-generation SLR station (in operation since 2003 in Savvushka, Altay region)**



**Telescope with three optical systems for laser ranging, angular coordinates measurements and for obtaining detailed images. General view of the first stage of the Altay optical-laser center**





## Stations of the Russian laser ranging network



**Mobile version of the fourth-generation SLR station  
(in operation since 2006 at the Baikonur cosmodrome)**



## Stations of the Russian laser ranging network

**Serial fifth- generation compact SLR station  
(Observatory "Svetloe" of the Institute of Applied Astronomy of the Russian Academy of Sciences)**



**Telescope with two optical systems with a diameter of 250 mm in the mount with gearless drive and optical sensors for laser ranging and angle measurements and the tower**





## Stations of the Russian laser ranging network



**Fundamental site of collocation VLBI, SLR and GMS**  
(Observatory "Svetloe" of the Institute of Applied Astronomy of the Russian Academy of Sciences)



## Location of Russian laser ranging network stations

### The main characteristics of the Russian network

Number of stations (2012 / 2013) .....10 / 24  
 Operation range.....> 25 000 km  
 Normal point accuracy.....3-8 mm  
 Performance.....50-100 NP/day



### 10 stations brought into service:

- three stations (Altai, Moscow region and Komsomolsk-on-Amur) in the ground segment of GLONASS;
- three stations form a collocation with VLBI stations (Svetloe, Zelenchukskaya, Badary);
- two stations are part SVOEVP (Baikonur station and optical observations station Arkhyz);
- Two stations are placed on sites of VNIIFTRI (Irkutsk and Mendeleev).

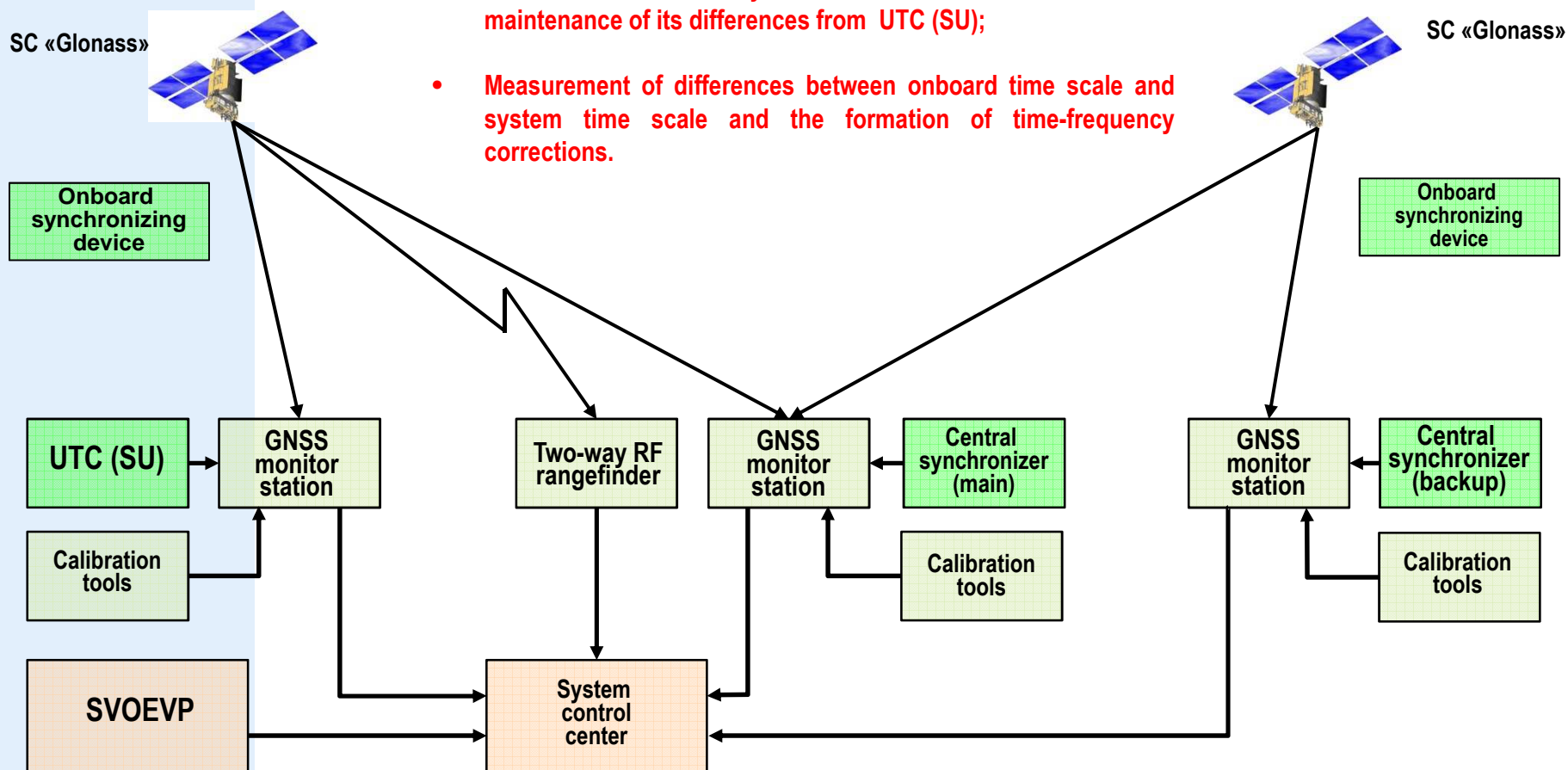




## Main tasks and technical tools of the frequency-time support of GLONASS

### Main tasks of the frequency-time support of GLONASS

- Formation GLONASS system time scale, measurement and maintenance of its differences from UTC (SU);
- Measurement of differences between onboard time scale and system time scale and the formation of time-frequency corrections.





Точность существующих средств и методов частотно-временного обеспечения:

**The accuracy of existing tools and methods of frequency-time support**

- Погрешность сличения бортовых и наземных шкал времени на момент измерений.....2-3 нс;
- Погрешность сличения шкал времени удаленных стандартов частоты и времени.....2-5 нс;
- Погрешность калибровки беззапросных радиотехнических измерительных систем.....1-10 нс.
  
- **Accuracy of comparison of onboard and ground time scales at the time of measurement.....2-3 ns;**
- **Accuracy of comparison of the time scales of remote time and frequency standards.....2-5 ns;**
- **Calibration accuracy of the GNSS monitor stations.....1-10 ns.**

Экспериментальная лазерная система контроля синхронизации ГЛОНАСС  
позволит повысить точность определения частотно-временной информации:

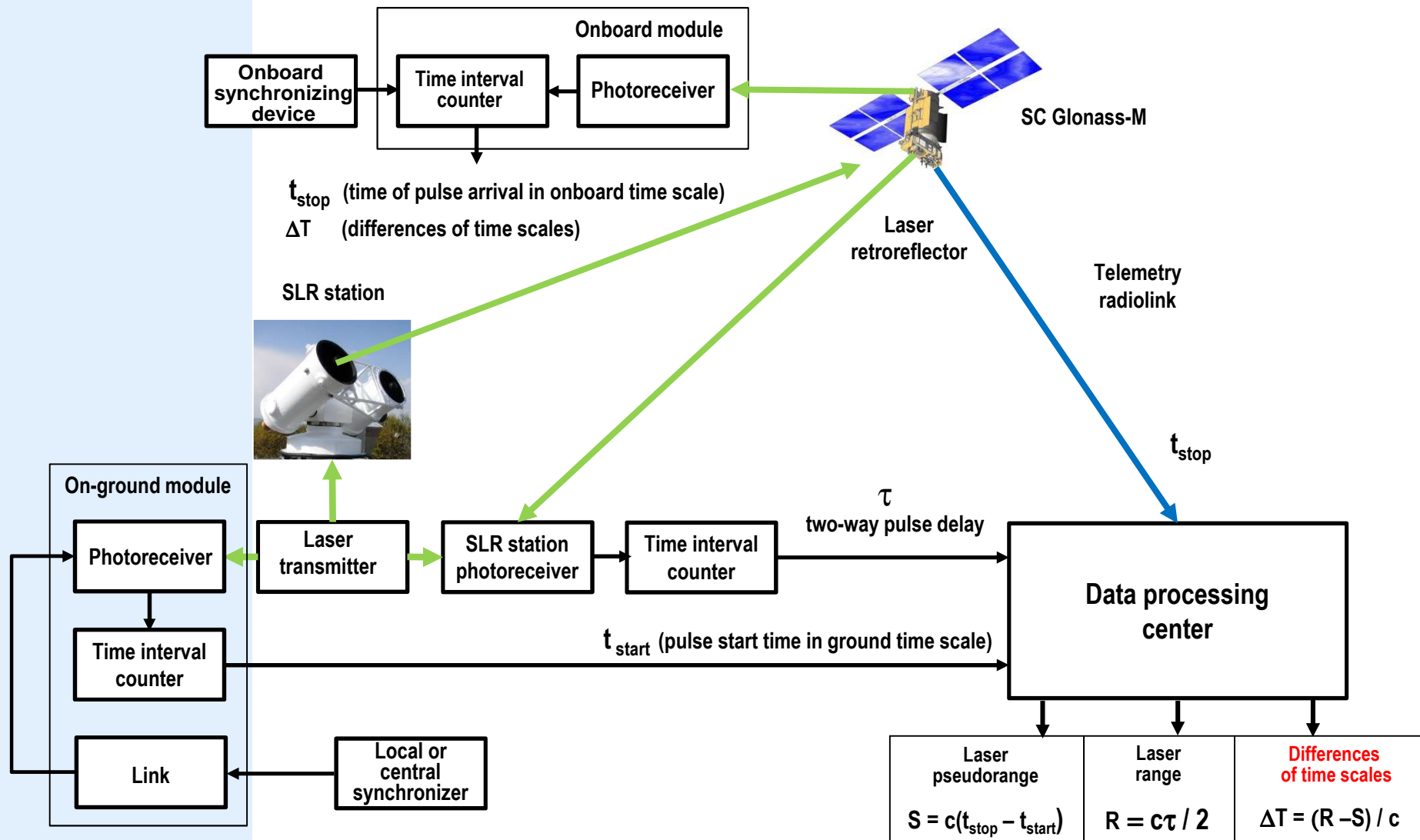
- Погрешность сличения бортовых и наземных шкал времени на момент измерений.....< 0.1 нс;
- Погрешность сличения шкал времени удаленных стандартов частоты и времени.....< 0.1 нс.

**Experimental laser system for GLONASS synchronization control will improve the accuracy of time-frequency information:**

- **Accuracy of comparison of onboard and ground time scales at the time of measurement.....< 0.1 ns;**
- **Accuracy of comparison of the time scales of remote time and frequency standards .....< 0.1 ns.**

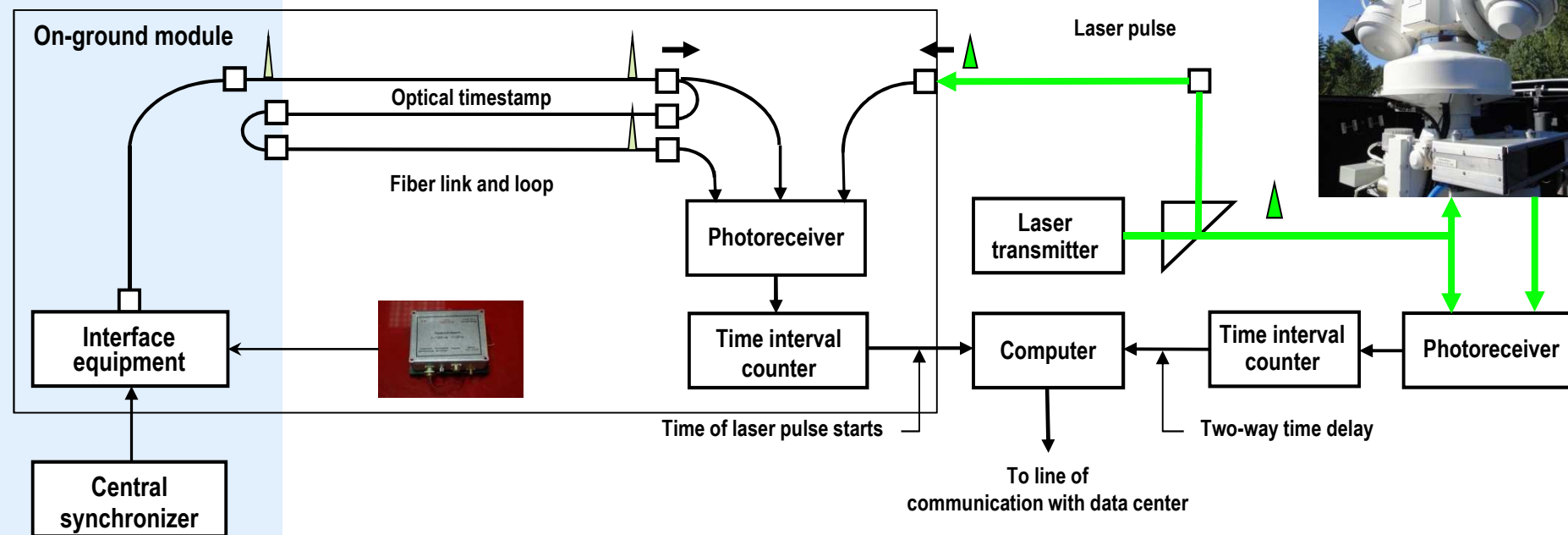


## Principle of laser measurements of differences of onboard and on-ground time scales





## Composition and principle of operation of on-ground module of one-way SLR station



**Composition of module:** interface equipment, fiber link with fiber loop, measurement photoreceiver and time interval counter.

**Principle of operation:** start time of the laser pulse is measured in the scale of CS using time interval counter by measuring intervals between optical time stamp and laser pulse with the calibration correction continuously measured using fiber loop.

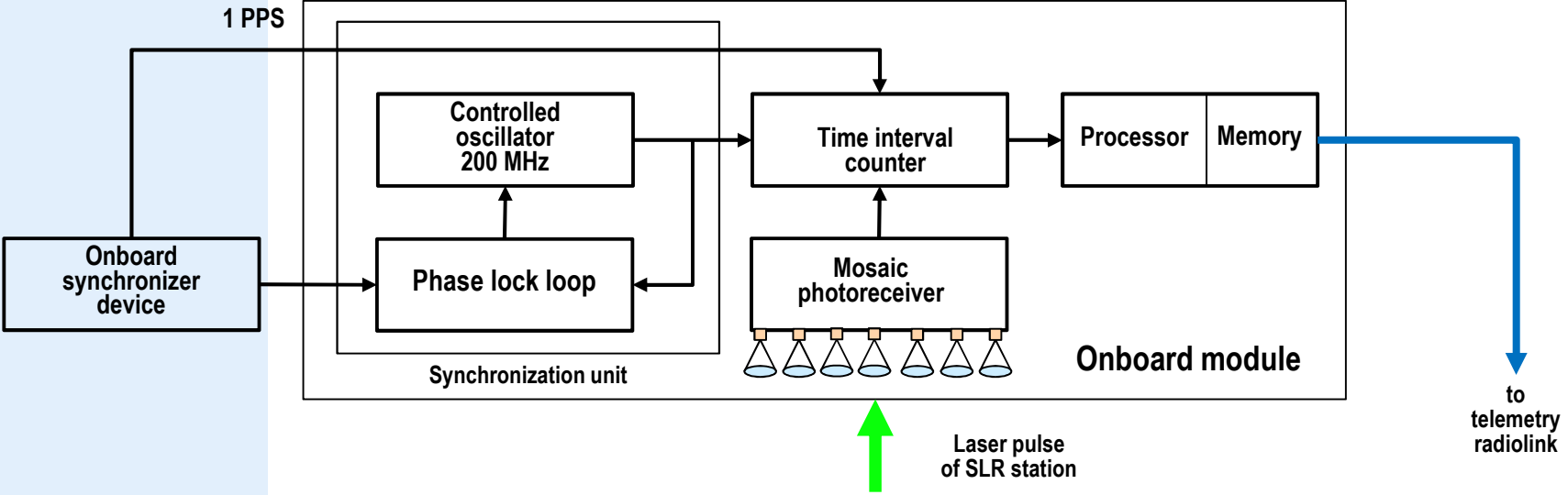
Uncertainties of a single measurement start time of the laser pulse.....not more than 90 ps.

Uncertainties of a multiple measurement time scales differences.....less than 10 ps.





# Composition and principle of operation of onboard module of one-way SLR station



**Composition of module:** mosaic photoreceiver device, time interval counter, processor with memory, synchronization unit with controlled oscillator and phase lock loop.

**Principle of operation:** arrival time of the laser pulse in time scale of onboard synchronizer is measured using time interval counter of the relative to stable time scale synchronized with onboard synchronizer device.

Uncertainties of a single measurement of arrival time of the laser pulse.....not more than 130 ps.

Uncertainties of a multiple measurement of time scales differences.....less than 10 ps.



Onboard module, mounted on the SC Glonass-M



## Application of one-way SLR for improvement of accuracy of the time-frequency support of GLONASS

Результат применения в ГЛОНАСС	Метод измерений с использованием КОС
Контроль точности частотно-временных поправок с погрешностью на уровне 0.1 нс	Определение расхождения бортовых шкал времени НКА с системной шкалой ГЛОНАСС по разности лазерной псевдодальности и лазерной дальности
Контроль точности параметров расхождения наземных шкал времени с погрешностью на уровне 0.1 нс	Определение расхождения шкал времени удаленных эталонов ЧВ по разности их расхождений с бортовой шкалой одного и того же НКА
Калибровка беззапросных измерительных систем с погрешностью на сантиметровом уровне	Сравнение лазерной псевдодальности с радиочастотной псевдодальностью
Калибровка запросных измерительных систем в процессе эксплуатации с погрешностью на миллиметровом уровне	Сравнение лазерной дальности с радиочастотной дальностью

The result of applying in GLONASS	Measurement method using SLR
Frequency-time correction control with accuracy 0.1 ns	Determination of difference of laser range and laser pseudorange
Remote on-ground time scales control with accuracy 0.1 ns	Comparison of on-ground time scales with a time scale of the same NSC
Calibration of monitor stations with centimeter level accuracy	Comparison of laser pseudorange and RF pseudorange
Calibration of two-way RF rangefinders with millimeter level accuracy	Comparison of laser range and radiofrequency range



**Thank you for your attention ! 😊**

