

# Привязка космических радиометрических данных оптического диапазона длин волн к международной системе единиц СИ

А.С. Панфилов, А.А. Бурдакин, Ю.М. Гектин, В.С. Иванов,  
В.Н. Крутиков, Б.Е. Лисянский, С.П. Морозова, Н.В. Новикова,  
С.А. Огарев, М.Н. Павлович, М.Л. Самойлов, Б.Б. Хлевной,  
В.И. Саприцкий



ИКИ РАН (10 – 14).11.2008



Привязка космических радиометрических данных оптического диапазона длин волн к международной системе единиц СИ

## **10-летний План создания Глобальной системы наблюдения Земли (ГСНЗ) Мероприятия по обеспечению качества данных ГСНЗ**

- I. В 2006 г. 1-ый пленум Комитета по архитектуре и данным Группы наблюдения за Землей (GEO) поставил задачу DA-06-02:**  
«Разработать стратегию обеспечения качества данных ГСНЗ, начиная с наблюдений средствами космического базирования и оценкой расширения до контактных наблюдений, принимая во внимание существующие работы в этой области»  
Ведущая организация: Комитет по спутникам наблюдения Земли (CEOS).
  
- II. 26 - 29 пленумы Рабочей группы по калибровке и валидации CEOS (2006 – 2008 г.г.) - большое внимание уделено решению задачи DA-06-02.**
  
- III. Международные совещания GEO/CEOS по разработке базового документа в области стратегии обеспечения качества данных ГСНЗ (2007 г., Швейцария; 2008 г., США).**



## Принятие базового документа в области стратегии обеспечения качества данных ГСНЗ

- На 29 пленуме Рабочей группы по калибровке и валидации CEOS (2008 г., Франция) одобрен документ:

**«Quality Assurance Framework for Earth Observation (QA4EO)»  
(«Стратегия обеспечения качества данных наблюдения Земли» )**

- На очередных пленумах CEOS и GEO (ноябрь 2008 г.) он будет представлен для принятия в качестве международного документа



## QA4EO – обязательные признаки «качества данных»

- В результате калибровки аппаратуры должна быть обеспечена их прослеживаемость к международно признанным эталонам физических величин, выражаемых в единицах международной системы СИ;
- Должны быть указаны четко определенные точностные характеристики данных и представлены исчерпывающие сведения по неопределенности измерений;
- Обязательно проведение периодического контроля стабильности характеристик аппаратуры и валидации ее данных в процессе эксплуатации;
- Используемые при этом средства измерений должны быть откалиброваны (привязаны к международной системе единиц СИ);
- Тестовые участки для валидации должны быть тщательно отобраны, охарактеризованы и сертифицированы CEOSom;
- Методы и процедуры калибровки и валидации должны быть стандартизованы и гармонизированы с международными;
- На создаваемом международном портале по калибровке и валидации для каждого прибора должны быть представлены описание его калибровки и валидации и полученные результаты.



## Схема реализации прослеживаемости в рамках ГСНЗ

- Проведение калибровки аппаратуры, обеспечивающей прослеживаемость получаемых с ее помощью данных к национальным эталонам;
- Сличение национальных эталонов.

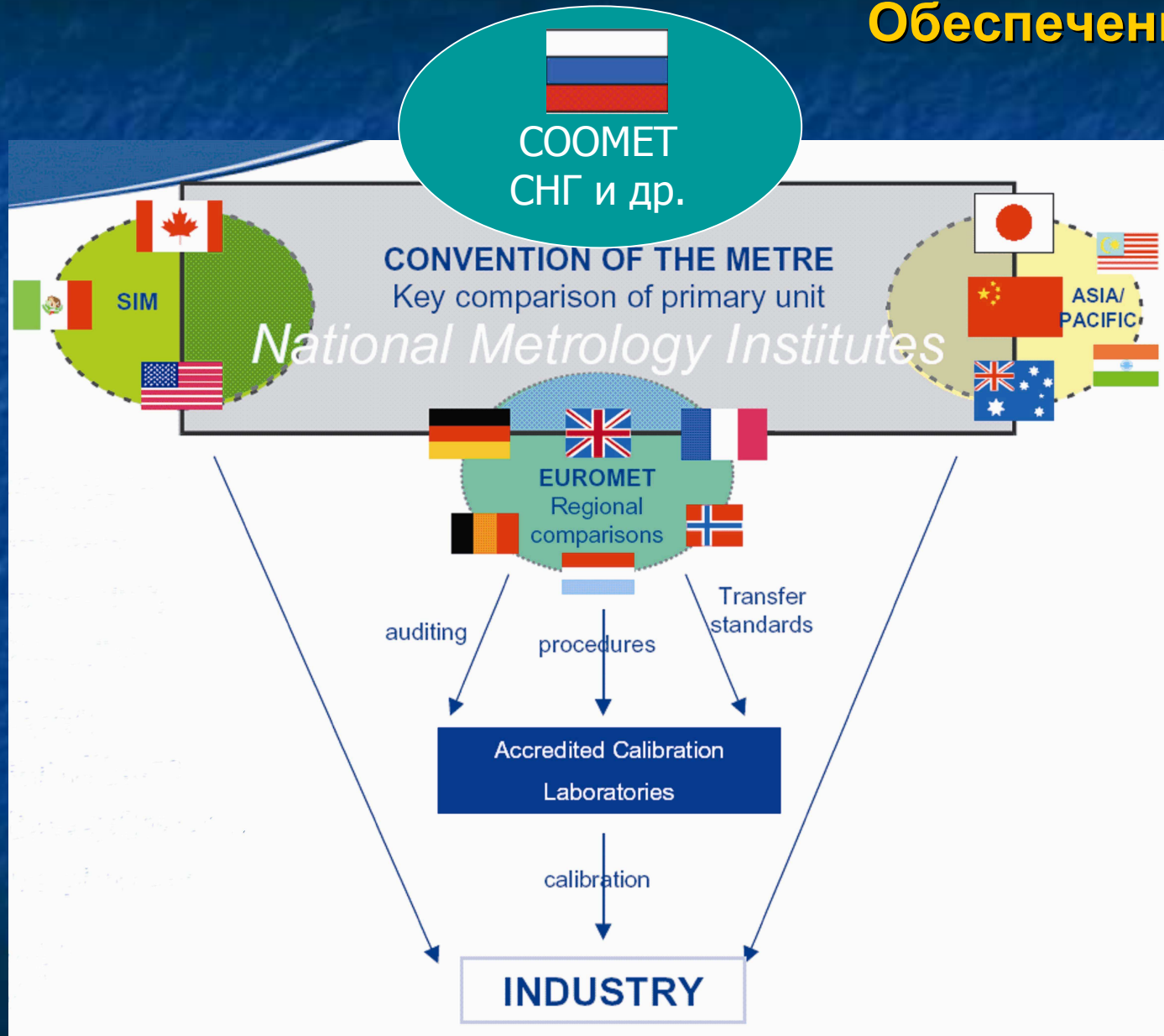
Измеряемая величина - эффективная энергетическая яркость:

$$L = \int_0^{\infty} L(\lambda) \cdot \bar{S}(\lambda) d\lambda$$



Тривязка космических радиометрических данных оптического диапазона длин волн к международной системе единиц СИ

## Обеспечение единства измерений





## Документальная основа действующей системы признания «качества данных» в области метрологии

- **ГОСТ 8.195-89 ГСИ.** Государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения и спектральной плотности энергетической освещенности в диапазоне длин волн 0,25–25,00 мкм; силы излучения и энергетической освещенности в диапазоне длин волн 0,2–25,00 мкм.
- Соглашение о взаимном признании национальных эталонов, калибровочных и измерительных сертификатов под эгидой Международного комитета мер и весов - **CIPM Mutual Recognition Arrangement. 1999.**  
(Россия представлена метрологическими институтами Ростехрегулирования, включая ВНИИОФИ и ВНИИФТРИ).
- Аккредитация калибровочных лабораторий осуществляется в соответствии с международным стандартом ИСО, принятым в России - **ГОСТ Р ИСО/МЭК 17025-2006.**



## Привязка космических радиометрических данных оптического диапазона длин волн к международной системе единиц СИ



### Authorization for use of the CIPM MRA Logo

I, Prof. Andrew J. Wallard, Director of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM), on behalf of the International Committee for Weights and Measures (CIPM), hereby authorize the **Institute for Optico-Physical Measurements, Rostekhregulirovaniye of Russia (VNIIOFI), Russian Federation,**

to display the CIPM MRA Logo in their calibration and measurement certificates covered by Calibration Measurement Capabilities (CMCs) published in Appendix C of the CIPM Mutual Recognition Arrangement (MRA) and listed in the BIPM key comparison database (KCDB).

This authorization for use of the CIPM MRA Logo is given on the condition that the **Institute for Optico-Physical Measurements, Rostekhregulirovaniye of Russia (VNIIOFI)**

fully applies the *Guidelines for use of the CIPM MRA Logo* and could be revoked upon breach of any of the provisions set out in the afore-mentioned guidelines. The authorization is valid for two years and it shall be subsequently renewed on a yearly basis by tacit agreement.

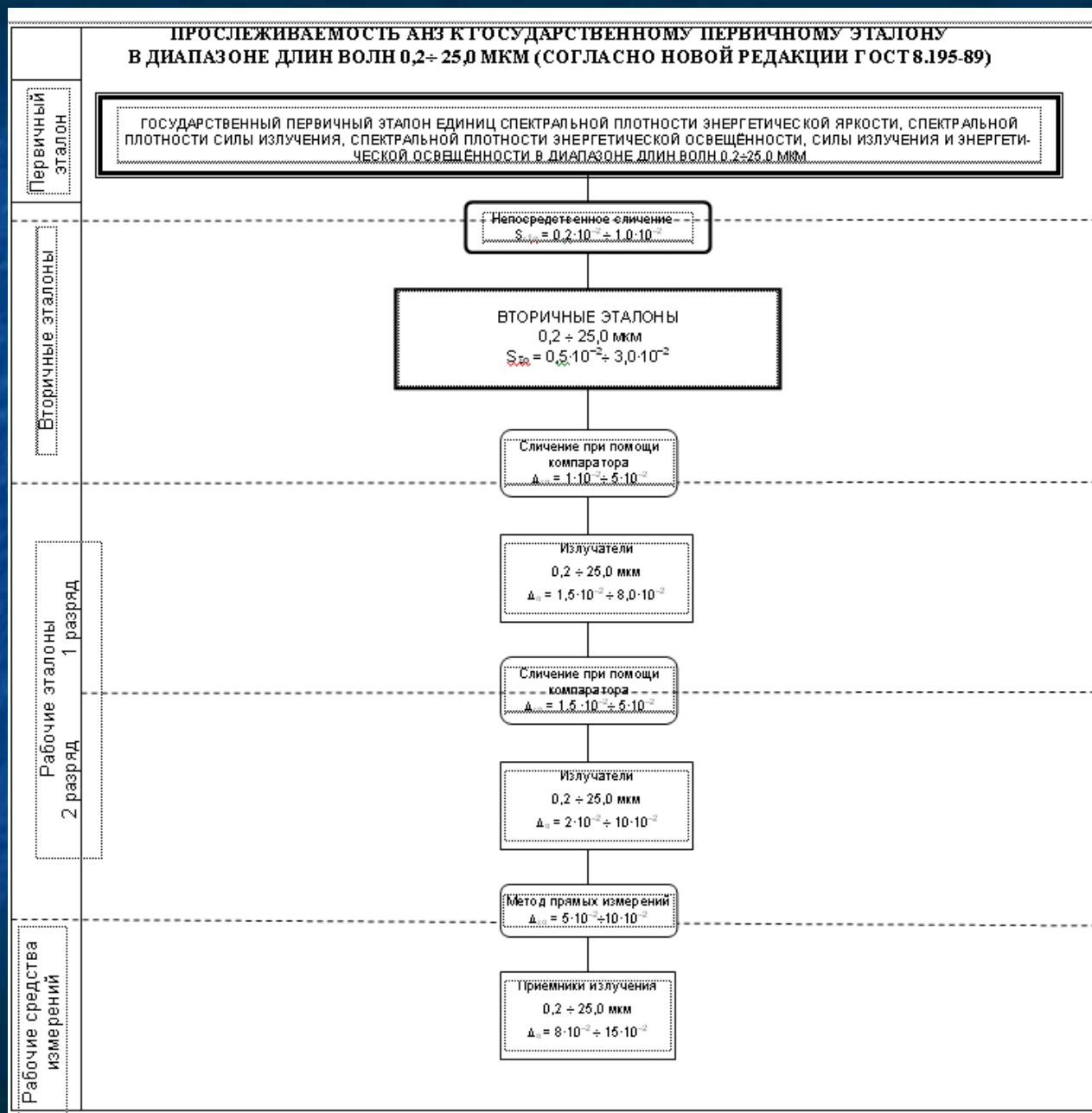
Prof. Andrew J. Wallard  
Director of the BIPM

14 November 2006





# Тривязка космических радиометрических данных оптического диапазона длин волн к международной системе единиц СИ

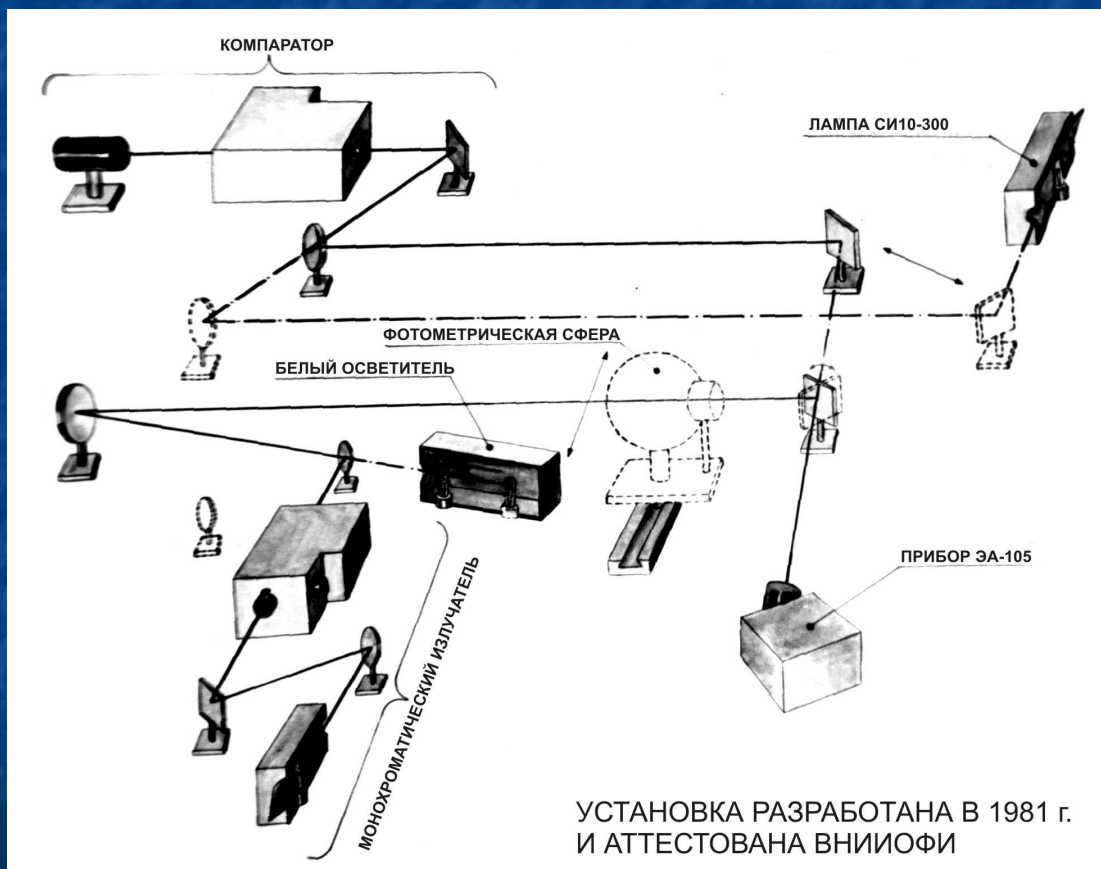




Согласно ГОСТ 8.195-89 излучатели установок, на которых калибруется аппаратура наблюдения Земли (АНЗ) в диапазоне 0,3 – 2,5 мкм, и сама АНЗ могут быть отнесены соответственно

- к рабочим эталонам 2-го разряда,
  - к рабочим средствам измерений
- с пределами допускаемых относительных погрешностей (2 – 10) % и (8 – 15) %.

## Установка РНИИКП «Камелия» для калибровки аппаратуры наблюдения Земли





Тривязка космических радиометрических данных оптического диапазона длин волн к международной системе единиц СИ

## Комплекс измерительный «Камелия»

(в 2008 г. зарегистрирован в Государственном реестре средств измерений под № 38477-08)

### Точностные характеристики

Диапазон длин волн, мкм	0.4 – 2.5
Пределы допускаемых доверительных границ суммарной относительной погрешности результата измерений абсолютного значения спектральной плотности энергетической яркости диффузного осветителя на длине волны 0.98 мкм, %	$\pm 9.0$
Пределы допускаемых доверительных границ суммарной относительной погрешности результата измерений относительного распределения спектральной плотности энергетической яркости диффузного осветителя, %	$\pm 6.5$
Пределы допускаемых доверительных границ суммарной относительной погрешности результата измерений относительного распределения излучения монохроматического осветителя, %	$\pm 5.0$



Тривязка космических радиометрических данных оптического диапазона длин волн к международной системе единиц СИ

## Максимальные требования к точности и долговременной стабильности аппаратуры наблюдения Земли [1, 2]

Параметр	Требуемая точность	Требуемая радиометрическая точность	Требуемая радиометрическая стабильность (за десятилетие)
Высота нижней границы облачности	0.5 km	1 К	0.2 К
Высота верхней границы облачности	0.15 km	1 К	0.2 К
Давление на верхней границе облачности	15 hPa	1 К	0,2 К
Температура на верхней границе облачности	0.5 К	0.5 К	0.2 К
Оптическая толщина облачности	10 %	5 %	1 %
Тепловое излучение в узких спектральных зонах	0.1 К	0.1 К	0.04 К
Температурный профиль атмосферы	0.5 К	0.5 К	0.04 К
Профиль влажности атмосферы	5 %	1 К	0.03 К
Озонный профиль	3 %	1 %	0.1 %
Альbedo поверхности	0.01	5 %	1 %
Нормированный дифференциальный вегетационный индекс	1 %	≤ 0.5 %	0.8 %
Температура земной поверхности	0.3 К	0,3 К	-
Температура поверхности океана	0.1 К	0.1 К	0.01 К

In columns 3 and 4 requirements: [%] — for radiance measurements within the spectral bandwidth from 0.2 to 3.0  $\mu\text{m}$   
[K] –for radiance temperature measurements within the spectral bandwidth from 3  $\mu\text{m}$  to 25  $\mu\text{m}$

[1] – WMO requirements

[2] – Satellite Instrument Calibration for Measuring Global Climate Change. NISTIR 7047.



## Привязка космических радиометрических данных оптического диапазона длин волн к международной системе единиц СИ

С целью значительного повышения точности калибровки с привязкой получаемых данных к международной системе единиц СИ

Ростехрегулирование поставило перед ВНИИОФИ задачу разработки специального эталонного радиометрического комплекса для калибровки оптико-электронной аппаратуры

со сроками выполнения работы: 2006 – 2009 гг.



Тривязка космических радиометрических данных оптического диапазона длин волн к международной системе единиц СИ

**Создание специального эталонного радиометрического комплекса для калибровки оптико-электронной аппаратуры космического базирования в диапазоне длин волн 0,3 – 25 мкм**

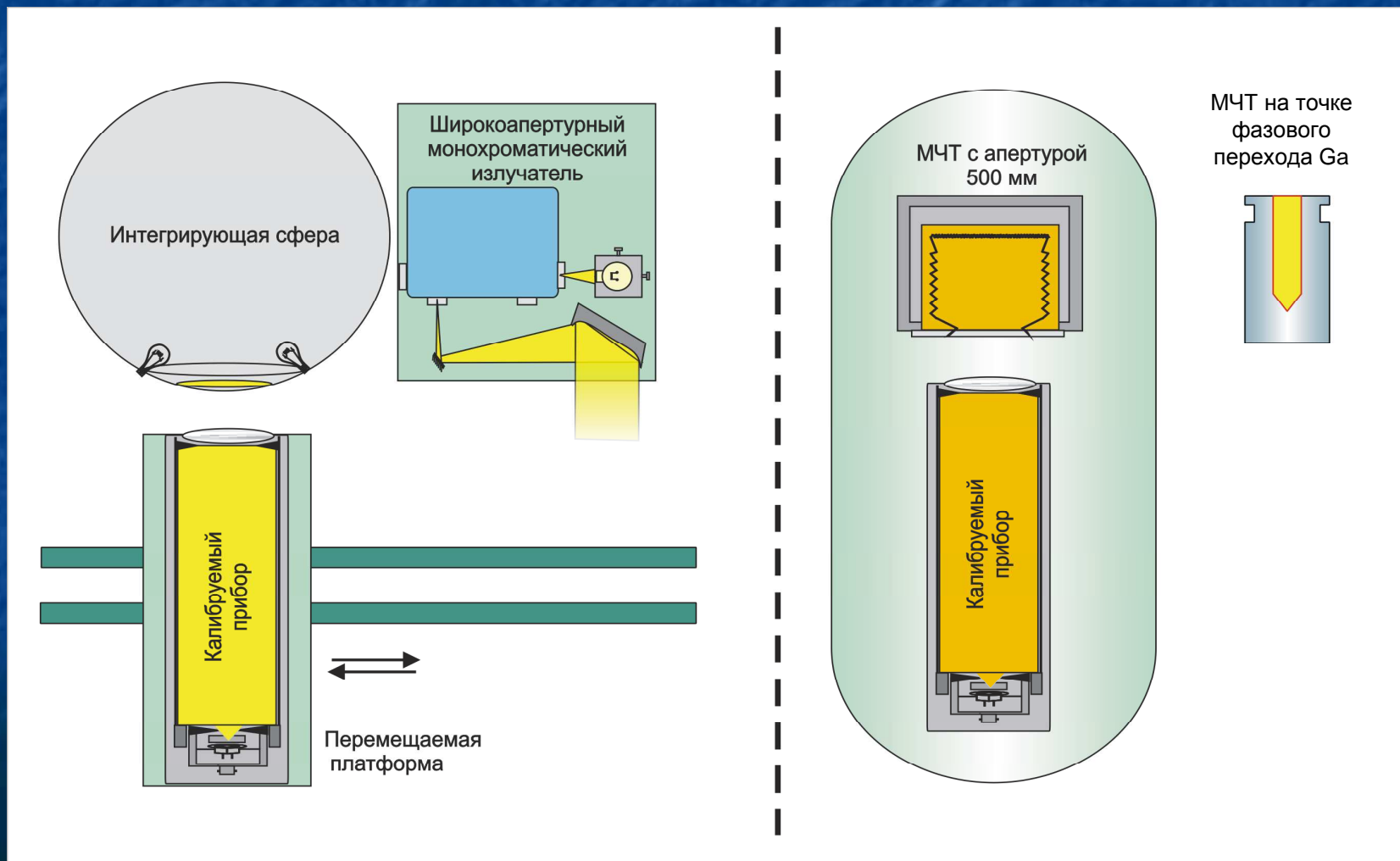
Требования согласно техническому заданию

Параметры	Спектральный диапазон	
	0,3 – 3 мкм	3 – 25 мкм
Воспроизводимый диапазон СПЭЯ Вт/(м <sup>2</sup> ср мкм)	0,06 – 530	
Стандартная неопределенность воспроизведения СПЭЯ	0,5 – 1,5 %	
Воспроизводимый диапазон радиационных температур		210 – 450 К
Стандартная неопределенность воспроизведения радиационных температур		0,1 – 0,3 К
Размеры выходных зрачков	100 - 600 мм	100 – 500 мм

**Специальный эталонный радиометрический комплекс для калибровки оптико-электронной аппаратуры космического базирования в диапазоне 0,3 – 25 мкм**

Радиометрическая калибровка в диапазоне 0,3-3 мкм

Радиометрическая калибровка в диапазоне 3-25 мкм в крио-вакуумной камере

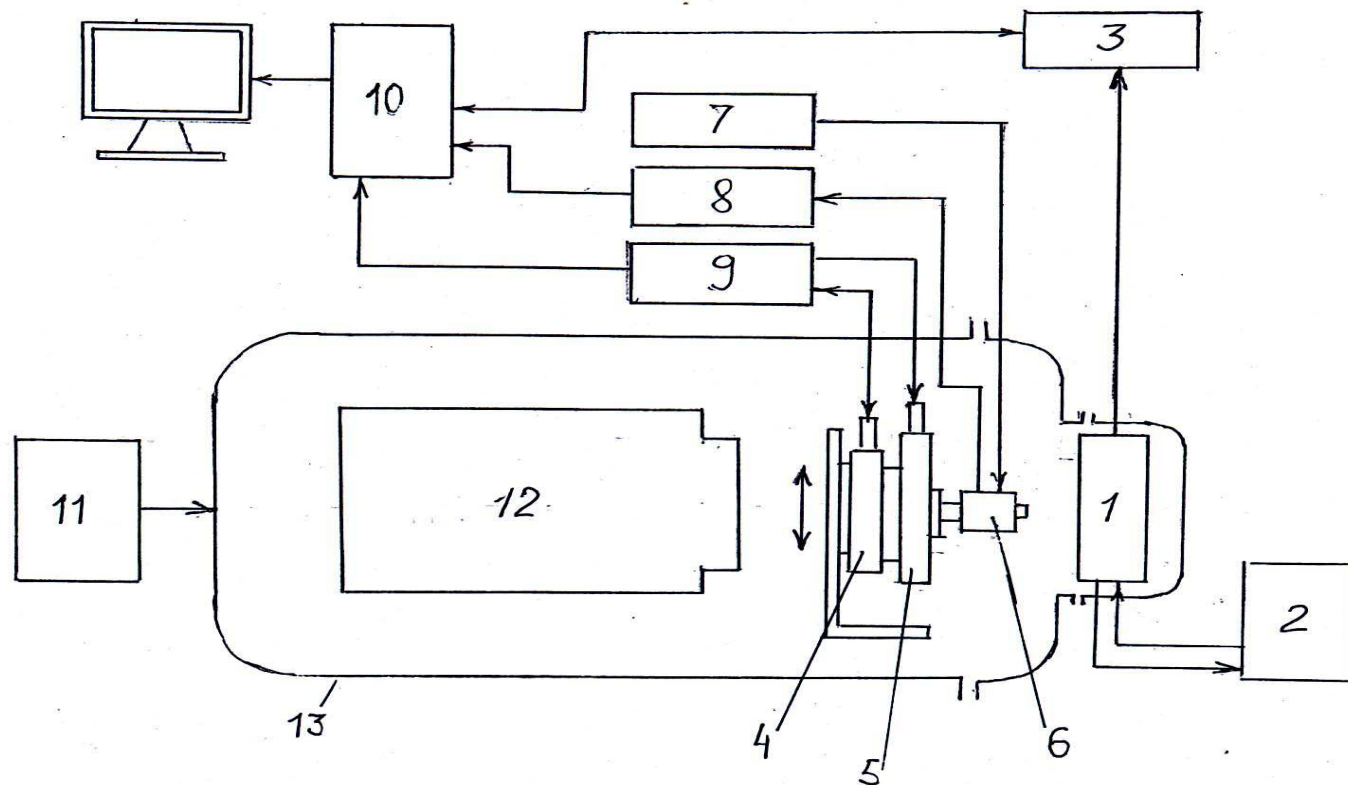




## Схема с монохроматическим источником излучения



## Схема с широкоапертурной моделью черного тела (МЧТ)



1 – широкоапертурная МЧТ; 2 – жидкостный термостат; 3 – цифровой мультиметр;  
 4 – поворотный позиционер; 5 – линейный позиционер; 6 – ИК приемник излучения;  
 7 – температурный контроллер; 8 – цифровой мультиметр; 9 – контроллер позиционеров;  
 10 – компьютер; 11 – система вакуумной откачки; 12 – калибруемый прибор; 13 – вакуумная камера

Спасибо  
за внимание