

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому
регулированию и метрологии
от «21» ноября 2023 г. № 2414

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА ДЛЯ СРЕДСТВ
ИЗМЕРЕНИЙ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН
НЕКОГЕРЕНТНОГО ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
В УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ, ВИДИМОЙ И ИНФРАКРАСНОЙ
ОБЛАСТИ СПЕКТРА**

1 Область применения

1.1 Настоящая государственная поверочная схема распространяется на средства измерений спектральной плотности энергетической яркости (СПЭЯ), спектральной плотности силы излучения (СПСИ), спектральной плотности энергетической освещенности (СПЭО), силы излучения (СИ), энергетической освещенности (ЭО) непрерывного оптического излучения в диапазоне длин волн от 0,001 до 25,000 мкм, средства измерений спектральной плотности потока излучения (СППИ), в том числе полного (СПППИ), потока излучения (ПИ), энергетической яркости (ЭЯ) непрерывного оптического излучения в диапазоне длин волн от 0,001 до 2,500 мкм, средства измерений спектральной чувствительности (СЧ) непрерывного оптического излучения в диапазоне длин волн от 0,2 до 14,0 мкм, средства измерений ЭО и ЭЯ монохроматического излучения в диапазоне длин волн от 0,45 до 1,60 мкм, средства измерений СППИ возбуждения флуоресценции в диапазоне длин волн от 0,25 до 0,80 мкм и СППИ эмиссии флуоресценции в диапазоне длин волн от 0,25 до 0,85 мкм, средства измерений СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, коэффициента пульсации (Кп), ПИ и СИ импульсного оптического излучения в диапазоне длин волн от 0,001 до 1,600 мкм и устанавливает порядок передачи единиц СПЭЯ – ватта настерадиан-кубический метр ($\text{Вт}/(\text{ср} \cdot \text{м}^3)$), СПСИ – ватта настерадиан-метр ($\text{Вт}/(\text{ср} \cdot \text{м})$), СПЭО – ватта на кубический метр ($\text{Вт}/\text{м}^3$), СИ – ватта настерадиан ($\text{Вт}/\text{ср}$), ЭО – ватта на квадратный метр ($\text{Вт}/\text{м}^2$), СППИ – ватта на метр ($\text{Вт}/\text{м}$), ЭЯ – ватта настерадиан-квадратный метр ($\text{Вт}/(\text{ср} \cdot \text{м}^2)$), ПИ – ватта (Вт), СЧ – ампера на ватт ($\text{А}/\text{Вт}$), вольт на ватт ($\text{В}/\text{Вт}$), ампера на ватт-квадратный метр ($\text{А}/(\text{Вт} \cdot \text{м}^2)$), вольт на ватт-квадратный метр ($\text{В}/(\text{Вт} \cdot \text{м}^2)$), относительных единиц от государственных первичных эталонов с помощью вторичных и рабочих эталонов средствам измерений с указанием погрешностей и основных методов поверки.

1.2 Поверочную схему возглавляют государственный первичный эталон единиц радиометрических и спектрометрических величин в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм ГЭТ 86-2017 и государственный первичный эталон единиц спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности потока излучения, спектральной плотности энергетической освещенности, спектральной плотности силы излучения, потока и силы излучения, энергетической освещенности, энергетической яркости в диапазоне длин волн от 0,001 до 1,600 мкм ГЭТ 84-2015.

1.3 Государственная поверочная схема состоит из четырех частей и представлена в Приложении А:

Часть 1 – Средства измерений СПЭЯ, СПСИ, СПЭО, ЭО, СИ, ЭЯ непрерывного излучения в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм.

Часть 2 – Средства измерений СИ, ЭО и СЧ.

Часть 3 – Средства измерений СППИ, ПИ и ЭО и ЭЯ монохроматического излучения, СППИ возбуждения и эмиссии флуоресценции.

Часть 4 – Средства измерений СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, ПИ, СИ непрерывного излучения в диапазоне длин волн от 0,001 до 0,200 мкм и СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, ПИ, СИ, Кп импульсного излучения в диапазоне длин волн от 0,001 до 1,600 мкм.

1.4 Соотношение показателей точности вторичных эталонов и поверяемых по ним рабочих эталонов и средств измерений, рабочих эталонов и поверяемых по ним средств измерений должно быть не более 1:1,5.

Допускается проводить поверку средств измерений при помощи эталонов более высокой точности, чем предусмотрено настоящей поверочной схемой.

2 Средства измерений СПЭЯ, СПСИ, СПЭО, ЭО, СИ, ЭЯ непрерывного излучения в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм

2.1 Государственный первичный эталон ГЭТ 86-2017

2.1.1 Государственный первичный эталон единиц радиометрических и спектрометрических величин в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм (далее – ГЭТ 86-2017) в части хранения и воспроизведения единиц СПЭЯ, СПСИ и СПЭО состоит из комплекса следующих технических средств:

2.1.1.1 Эталонная установка на основе высокотемпературной модели черного тела (далее – МЧТ) с регулируемой температурой от 1500 до 3200 К и спектрального компаратора для воспроизведения и передачи единиц СПЭЯ, СПСИ, СПЭО в диапазоне длин волн от 0,2 до 2,5 мкм, включающая:

абсолютный криогенный радиометр;

МЧТ с регулируемой температурой в диапазоне от 1500 до 3200 К для воспроизведения и передачи единиц СПЭЯ, СПСИ и СПЭО; комплект эталонных источников излучения для хранения и передачи единиц СПЭЯ, СПСИ и СПЭО;

систему определения термодинамической температуры МЧТ, включающую: высокотемпературные МЧТ на фазовых переходах металлоуглеродных соединений Co-C, Re-C и W-C, радиационный термометр, трэп-детектор, фильтровый радиометр, систему измерений спектральной чувствительности к освещенности фильтрового радиометра;

спектральный компаратор на основе двойного дифракционного монохроматора, набора приемников излучения, фокусирующей оптики и интегрирующей сферы для передачи единиц СПЭЯ, СПСИ и СПЭО.

2.1.1.2 Эталонная установка на основе МЧТ с температурой фазового перехода плавления/затвердевания меди и спектрального компаратора для воспроизведения и передачи единиц СПЭЯ, СПСИ и СПЭО в диапазоне длин волн от 2,5 до 25,0 мкм, включающая:

МЧТ с температурой фазового перехода плавления/затвердевания меди для воспроизведения и передачи единиц СПЭЯ, СПСИ и СПЭО;

спектральный компаратор на основе дифракционного монохроматора, набора приемников излучения и фокусирующей оптики для передачи единиц СПЭЯ, СПСИ и СПЭО.

2.1.2 Диапазоны воспроизведения ГЭТ 86-2017 единиц СПЭЯ, СПСИ, СПЭО приведены в таблице 1.

2.1.3 ГЭТ 86-2017 обеспечивает воспроизведение единиц СПЭЯ, СПСИ и СПЭО с точностными характеристиками, приведенными в таблицах 2 – 7.

2.1.4 ГЭТ 86-2017 применяют для передачи единиц величин вторичным эталонам методом сличения при помощи компаратора и методом прямых измерений, методом непосредственных сличений и методом косвенных измерений.

Таблица 1 – Диапазоны воспроизведения ГЭТ 86-2017 единиц СПЭЯ, СПСИ и СПЭО

Величина	Диапазон воспроизведения единицы	
	Спектральный диапазон от 0,2 до 2,5 мкм	Спектральный диапазон от 2,5 до 25,0 мкм
СПЭЯ	от $1,0 \cdot 10^5$ до $1,4 \cdot 10^{12}$ Вт/(ср·м ³)	от $2,4 \cdot 10^7$ до $1,7 \cdot 10^{10}$ Вт/(ср·м ³)
СПСИ	от $1,0 \cdot 10^2$ до $2,4 \cdot 10^8$ Вт/(ср·м)	от $4,1 \cdot 10^3$ до $3,1 \cdot 10^6$ Вт/(ср·м)
СПЭО	от $1,0 \cdot 10^2$ до $1,0 \cdot 10^9$ Вт/м ³	от $4,1 \cdot 10^3$ до $3,1 \cdot 10^6$ Вт/м ³

Таблица 2 – Точностные характеристики ГЭТ 86-2017 при воспроизведении единицы СПЭЯ в диапазоне длин волн от 0,2 до 2,5 мкм

Длина волны, мкм	Погрешности		Неопределенности			
	S_0 , %	θ_0 , %	u_A , %	u_B , %	u_c , %	U_p , %
0,20	0,14	0,91	0,14	0,37	0,40	1,20
0,22	0,12	0,85	0,12	0,35	0,37	1,11
0,25	0,11	0,71	0,11	0,29	0,31	0,93
0,35	0,08	0,50	0,08	0,20	0,22	0,66
0,50	0,05	0,33	0,05	0,13	0,14	0,42
0,90	0,03	0,23	0,03	0,10	0,10	0,30
1,00	0,03	0,21	0,03	0,09	0,09	0,27
2,50	0,01	0,14	0,01	0,06	0,06	0,18

S_0 – среднее квадратическое отклонение (СКО) случайной погрешности результата измерений при воспроизведении;

θ_0 – доверительные границы неисключенной систематической погрешности (НСП) результата измерений при доверительной вероятности $p = 0,99$;

u_A и u_B – стандартные неопределенности по типу А и В, соответственно;

u_c – суммарная стандартная неопределенность;

U_p – расширенная неопределенность для уровня доверия $p = 0,99$ ($k = 3$).

Таблица 3 – Точностные характеристики ГЭТ 86-2017 при воспроизведении единицы СПСИ в диапазоне длин волн от 0,2 до 2,5 мкм

Длина волны, мкм	Погрешности		Неопределенности			
	S_0 , %	θ_0 , %	u_A , %	u_B , %	u_c , %	U_p , %
0,20	0,14	0,92	0,14	0,38	0,40	1,20
0,22	0,12	0,86	0,12	0,35	0,37	1,11

0,25	0,11	0,72	0,11	0,30	0,32	0,95
------	------	------	------	------	------	------

Окончание таблицы 3

0,35	0,08	0,51	0,08	0,21	0,22	0,66
0,50	0,05	0,35	0,05	0,14	0,15	0,45
0,90	0,03	0,26	0,03	0,11	0,11	0,33
1,00	0,03	0,25	0,03	0,10	0,11	0,33
2,50	0,01	0,19	0,01	0,08	0,08	0,24

Таблица 4 – Точностные характеристики ГЭТ 86-2017 при воспроизведении единицы СПЭО в диапазоне длин волн от 0,2 до 2,5 мкм

Длина волны, мкм	Погрешности		Неопределенности			
	S_0 , %	θ_0 , %	u_A , %	u_B , %	u_C , %	U_p , %
0,20	0,14	0,92	0,14	0,38	0,40	1,20
0,22	0,12	0,86	0,12	0,35	0,37	1,11
0,25	0,11	0,72	0,11	0,30	0,32	0,95
0,35	0,08	0,51	0,08	0,22	0,23	0,69
0,50	0,05	0,36	0,05	0,15	0,15	0,45
0,90	0,03	0,27	0,03	0,12	0,12	0,36
1,00	0,03	0,26	0,03	0,11	0,11	0,33
2,50	0,01	0,20	0,01	0,08	0,08	0,24

Таблица 5 – Точностные характеристики ГЭТ 86-2017 при воспроизведении единицы СПЭЯ в диапазоне длин волн от 2,5 до 25,0 мкм

Длина волны, мкм	Погрешности		Неопределенности			
	S_0 , %	θ_0 , %	u_A , %	u_B , %	u_C , %	U_p , %
2,5	0,02	0,12	0,02	0,05	0,05	0,15
5,0	0,02	0,10	0,02	0,04	0,05	0,15
10,0	0,01	0,07	0,01	0,03	0,04	0,12
15,0	0,01	0,07	0,01	0,03	0,04	0,12
25,0	0,01	0,07	0,01	0,03	0,04	0,12

Таблица 6 – Точностные характеристики ГЭТ 86-2017 при воспроизведении единицы СПСИ в диапазоне длин волн от 2,5 до 25,0 мкм

Длина волны, мкм	Погрешности		Неопределенности			
	S_0 , %	θ_0 , %	u_A , %	u_B , %	u_C , %	U_p , %
2,5	0,02	0,27	0,02	0,11	0,11	0,33
5,0	0,02	0,27	0,02	0,11	0,11	0,33
10,0	0,01	0,27	0,01	0,11	0,11	0,33

Окончание таблицы 6

15,0	0,01	0,27	0,01	0,11	0,11	0,33
25,0	0,01	0,27	0,01	0,11	0,11	0,33

Таблица 7 – Точностные характеристики ГЭТ 86-2017 при воспроизведении единицы СПЭО в диапазоне длин волн от 2,5 до 25,0 мкм

Длина волны, мкм	Погрешности		Неопределенности			
	S_0 , %	θ_0 , %	u_A , %	u_B , %	u_c , %	U_p , %
2,5	0,02	0,27	0,02	0,11	0,12	0,36
5,0	0,02	0,27	0,02	0,11	0,11	0,33
10,0	0,01	0,27	0,01	0,11	0,11	0,33
15,0	0,01	0,27	0,01	0,11	0,11	0,33
25,0	0,01	0,27	0,01	0,11	0,11	0,33

2.2 Государственный первичный эталон ГЭТ 84-2015

2.2.1 Государственный первичный эталон единиц СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, ПИ и СИ в диапазоне длин волн от 0,001 до 1,600 мкм (далее – ГЭТ 84-2015) состоит из комплекса следующих технических средств:

электронный синхротрон с сильным магнитным полем 10 Тл, энергией электронов 50 МэВ с каналом синхротронного излучения;

канал синхротронного излучения электронного накопительного кольца с энергией электронов 450 МэВ;

канал синхротронного излучения электронного накопительного кольца с энергией электронов 2,5 ГэВ;

комплект измерительной и вспомогательной аппаратуры для измерений энергии и числа ускоренных частиц и радиуса орбиты;

комплект спектральных компараторов, УФ излучателей и многослойных зеркал;

комплект приемников излучения, радиометров, спектрометрических камер, ПЗС-камер;

гониометр и интегрирующая сфера;

компараторы СИ, ЭЯ и ЭО;

комплект излучателей на основе светодиодов с системой температурной стабилизации потока излучения.

2.2.2 ГЭТ 84-2015 обеспечивает воспроизведение единиц величин в динамическом и спектральном диапазонах, указанных в таблице 8, с точностными характеристиками, указанными в таблице 9.

2.2.3 ГЭТ 84-2015 применяют для передачи единиц величин вторичным эталонам методом сличения при помощи компаратора.

Таблица 8 – Спектральные диапазоны и диапазоны воспроизведения ГЭТ 84-2015 единиц СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, ПИ и СИ

Величина	Диапазон длин волн, мкм	Диапазон воспроизведения	Единица
СПЭЯ	0,001 – 1,600	$1 \cdot 10^8 - 1 \cdot 10^{14}$	Вт/(ср·м ³)
СППИ		$10 - 1 \cdot 10^6$	Вт/м
СПЭО		$1 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^{10}$	Вт/м ³
СПСИ		$1 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^9$	Вт/(ср·м)
ЭЯ	0,12 – 1,10	$1 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^3$	Вт/(ср·м ²)
ЭО		$1 \cdot 10^{-1} - 1 \cdot 10^3$	Вт/м ²
ПИ	0,001 – 1,600	$1 \cdot 10^{-6} - 2 \cdot 10^{-2}$	Вт
СИ		$1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^2$	Вт/ср

Таблица 9 – Точностные характеристики при воспроизведении ГЭТ 84-2015 единиц СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, ПИ и СИ

Величина	Диапазон длин волн, мкм	$S_0, \cdot 10^{-2}$	$\theta_0, \cdot 10^{-2}$	$U_p, \cdot 10^{-2}$
СПЭЯ	0,001-1,600	0,3-1,0	0,7-1,4	1,3-3,6
СППИ		0,1-1,0	0,2-1,4	0,4-3,6
СПЭО		0,3-1,0	0,7-1,4	1,3-3,6
СПСИ		0,01-0,05	0,04-0,06	0,06-0,18
ЭЯ и ЭО	0,12-1,10	0,3-0,8	0,5-0,9	1,2-3,0
ПИ и СИ	0,4-1,6	0,2	0,2	0,7
ПИ и СИ	0,001-0,400	0,8	0,7	2,6
S_0 – относительное среднее квадратическое отклонение результата измерений при 15 независимых измерениях; θ_0 – относительная неисключенная систематическая погрешность; U_p – относительная расширенная неопределенность для уровня доверия $p = 0,99$ ($k=3$)				

2.3 Вторичные эталоны

2.3.1 В качестве вторичных эталонов единиц СПЭЯ в диапазоне измерений от $1 \cdot 10^5$ до $1 \cdot 10^{12}$ Вт/(ср·м³), СПСИ в диапазоне измерений от $1 \cdot 10^2$ до $1 \cdot 10^{10}$ Вт/(ср·м), СПЭО в диапазоне измерений от $1 \cdot 10^2$ до $1 \cdot 10^{10}$ Вт/м³ в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм или на отдельных участках диапазона используют технические средства: излучатели (группы переменного состава ламп накаливания, газоразрядных ламп, светоизлучающих диодов, моделей черного тела, диффузных источников), приемники излучения (спектрорадиометры, яркомеры, фотометры и т.п.) с компараторами и комплексами измерительной и вспомогательной аппаратуры.

2.3.2 Суммарные средние квадратические отклонения результатов сличений $S_{\Sigma 0}$ вторичных эталонов единиц СПЭЯ, СПСИ, СПЭО с первичным эталоном не превышают значений, указанных в таблице 10.

Таблица 10 – Относительные средние квадратические отклонения результатов сличений $S_{\Sigma 0}$ вторичных эталонов единиц СПЭЯ, СПСИ, СПЭО с первичным эталоном, пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 рабочих эталонов СПЭЯ, СПСИ, СПЭО, пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 средств измерений СПЭЯ, СПСИ, СПЭО

Длина волны излучения, мкм	$S_{\Sigma 0}$ вторичных эталонов, %	Δ_0 рабочих эталонов, %	Δ_0 средств измерений, % , поверяемых по	
			вторичным эталонам	рабочим эталонам
0,20	3,0	8,0	11,0	13,0
0,22	2,5	5,0	9,5	12,0
0,25	2,0	4,0	7,0	10,0
0,35	1,2	3,8	6,5	7,0
0,50	0,6	2,0	4,0	4,5
0,90	0,55	1,7	3,0	3,5
1,00	0,5	1,8	3,0	3,5
2,50	1,0	3,0	5,0	6,0
5,00	1,5	4,0	6,0	8,0
10,00	1,8	5,0	8,0	10,0
15,00	2,2	6,0	9,0	12,0
25,00	2,5	8,0	11,0	16,0

2.3.3 В качестве вторичных эталонов единиц ЭО, СИ, ЭЯ в диапазоне измерений от $1 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^3$ Вт/м² , от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^3$ Вт/ср, от $1 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^3$ Вт/(ср·м²) в диапазоне длин волн от 0,2 до 2,5 мкм или на отдельных участках диапазона используют следующие технические средства: излучатели (групп переменного состава ламп накаливания, газоразрядных ламп, светоизлучающих диодов, моделей черного тела, диффузных источников и т.п.), приемники излучения (радиометры, спектрометрические, яркомеры, фотометры и т.п.) с компараторами и комплексами измерительной и вспомогательной аппаратуры.

2.3.4 Суммарные средние квадратические отклонения результатов сличений $S_{\Sigma 0}$ вторичных эталонов единиц ЭО, СИ, ЭЯ с первичным эталоном составляют от 0,5 до 1,6 %.

2.3.5 В качестве вторичных эталонов единиц СПСИ и СПЭО малых уровней используют технические средства - комплексы, состоящие из излучателей (групп переменного состава ламп накаливания, светоизлучающих диодов, моделей черного тела) в диапазонах измерений

от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^3$ Вт/(ср·м), от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^3$ Вт/м³, соответственно, в диапазоне длин волн от 0,32 до 1,20 мкм, компаратора и системы регистрации.

2.3.6 Суммарные средние квадратические отклонения результатов сличений $S_{\Sigma 0}$ вторичных эталонов единиц СПСИ и СПЭО малых уровней с первичным эталоном составляют от 1 до 2 %.

2.3.7 В качестве вторичных эталонов единицы ЭО малых уровней в диапазоне измерений от $5 \cdot 10^{-11}$ до $5 \cdot 10^{-7}$ Вт/м² в диапазоне длин волн от 0,35 до 1,10 мкм используют технические средства - комплексы, состоящие из излучателей (групп переменного состава светоизмерительных ламп, светоизлучающих диодов, моделей черного тела), компаратора и системы регистрации.

2.3.8 Суммарные средние квадратические отклонения результатов сличений $S_{\Sigma 0}$ вторичных эталонов единицы ЭО малых уровней с первичным эталоном составляют от 1,5 до 3,0 %.

2.3.9 Вторичные эталоны применяют для передачи единиц величин рабочим эталонам и высокоточным средствам измерений методом прямых измерений и сличением при помощи компаратора.

Вторичные эталоны СПЭО, применяются для передачи единиц рабочим эталонам СППИ и ПИ методом косвенных измерений.

2.4 Рабочие эталоны

2.4.1 В качестве рабочих эталонов единиц СПЭЯ, СПСИ, СПЭО в диапазонах измерений от $1 \cdot 10^4$ до $1 \cdot 10^{12}$ Вт/(ср·м³), от $1 \cdot 10^2$ до $1 \cdot 10^{10}$ Вт/(ср·м), от $1 \cdot 10^2$ до $1 \cdot 10^{10}$ Вт/м³, соответственно, в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм или на отдельных его участках используют излучатели (лампы накаливания, газоразрядные лампы, светоизлучающие диоды, модели черного тела, диффузные источники и т.п.), приемники излучения (спектрорадиометры, яркомеры, фотометры и т.п.) с компараторами и комплексами измерительной и вспомогательной аппаратуры.

2.4.2 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 рабочих эталонов единиц СПЭЯ, СПСИ, СПЭО не превышают значений, указанных в таблице 10.

2.4.3 В качестве рабочих эталонов единиц ЭО, СИ, ЭЯ в диапазонах измерений от $1 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^3$ Вт/м², от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^3$ Вт/ср, от $1 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^3$ Вт/(ср·м²) в диапазоне длин волн от 0,2 до 2,5 мкм или на отдельных участках диапазона используют излучатели (лампы накаливания, газоразрядные лампы, светоизлучающие диоды, модели черного тела, диффузные источники и т.п.), приемники излучения (радиометры, спектрорадиометры, яркомеры, фотометры и т.п.) в том числе и с компараторами и комплексами измерительной и вспомогательной аппаратуры.

2.4.4 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 рабочих эталонов единиц ЭО, СИ, ЭЯ составляют от 2,5 до 6,0 %.

2.4.5 В качестве рабочих эталонов единиц СПСИ и СПЭО малых уровней в диапазоне длин волн от 0,32 до 1,20 мкм используют излучатели (лампы

накаливания, светоизлучающие диоды, радиолюминесцентные излучатели, модели черного тела) в диапазонах измерений от $1 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^3$ Вт/(ср·м) и от $1 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^3$ Вт/м³, соответственно, и приемники излучения с комплексом измерительной и вспомогательной аппаратуры в диапазонах измерений от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^3$ Вт/(ср·м) и от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^3$ Вт/м³, соответственно.

2.4.6 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 рабочих эталонов единиц СПСИ и СПЭО малых уровней составляют от 4 до 7 %.

2.4.7 В качестве рабочих эталонов единицы ЭО малых уровней в диапазонах измерений от $5 \cdot 10^{-11}$ до $5 \cdot 10^{-7}$ Вт/м² в диапазоне длин волн от 0,35 до 1,10 мкм используют приёмники излучения и излучатели (светоизмерительные лампы, светоизлучающие диоды, модели черного тела) с комплексом измерительной и вспомогательной аппаратуры.

2.4.8 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 рабочих эталонов единицы ЭО малых уровней составляют от 5 до 12 %.

2.4.9 Рабочие эталоны применяют для поверки средств измерений методом прямых измерений и сличением при помощи компаратора.

2.5 Средства измерений

2.5.1 В качестве средств измерений СПЭЯ, СПСИ, СПЭО в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм или на отдельных участках диапазона в диапазонах измерений от $1 \cdot 10^4$ до $1 \cdot 10^{12}$ Вт/(ср·м³), от $1 \cdot 10^2$ до $1 \cdot 10^{10}$ Вт/(ср·м), от $1 \cdot 10^2$ до $5 \cdot 10^{10}$ Вт/м³, соответственно, используют излучатели (лампы накаливания, газоразрядные лампы, полостные лампы, светоизлучающие диоды, модели черного тела, диффузные источники и т.п.), приемники излучения (спектрорадиометры, радиометры, яркомеры, фотометры и т.п.).

2.5.2 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 средств измерений СПЭЯ, СПСИ, СПЭО не превышают значений, указанных в таблице 10.

2.5.3 В качестве средств измерений ЭО, СИ, ЭЯ в диапазонах измерений от $1 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^3$ Вт/м², от $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^3$ Вт/ср, от $1 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^3$ Вт/(ср·м²) в диапазоне длин волн от 0,2 до 2,5 мкм или на отдельных участках диапазона используют излучатели (лампы накаливания, газоразрядные лампы, светоизлучающие диоды, модели черного тела, диффузные источники), приемники излучения (радиометры, спектрорадиометры, яркомеры, фотометры и т.п.).

2.5.4 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 средств измерений единиц ЭО, СИ, ЭЯ составляют от 6 до 10 %.

2.5.5 В качестве средств измерений СПСИ и СПЭО малых уровней в диапазоне длин волн от 0,32 до 1,20 мкм в диапазонах измерений от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^3$ Вт/(ср·м), от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^3$ Вт/м³, соответственно, используют излучатели (лампы накаливания, светоизлучающие диоды, радиолюминесцентные излучатели, модели черного тела), в диапазонах

измерений от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^3$ Вт/(ср·м), от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^3$ Вт/м³, соответственно, используют приемники излучения.

2.5.6 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 средств измерений СПСИ и СПЭО малых уровней составляют от 6 до 10 % при передаче единиц от вторичных эталонов и от 8 до 16 % при передаче единиц от рабочих эталонов.

2.5.7 В качестве средств измерений ЭО малых уровней в диапазонах измерений от $5 \cdot 10^{-11}$ до $5 \cdot 10^{-7}$ Вт/м² в диапазоне длин волн от 0,35 до 1,10 мкм используют приёмники излучения и излучатели (светоизмерительные лампы, светоизлучающие диоды, модели черного тела).

2.5.8 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 средств измерений ЭО малых уровней составляют от 6 до 12 % при передаче единиц от вторичных эталонов и от 8 до 16 % при передаче единиц от рабочих эталонов.

3 Средства измерений СИ, ЭО и СЧ

3.1 Государственный первичный эталон ГЭТ 86-2017

3.1.1 ГЭТ 86-2017 в части хранения и воспроизведения единиц СИ и ЭО состоит из комплекса следующих технических средств:

абсолютного радиометра МАР-1 для воспроизведения единиц СИ и ЭО в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм с системой термостабилизации;

комплекта эталонных приемников излучения для передачи единиц СИ и ЭО;

системы слежения за Солнцем.

3.1.2 Диапазоны значений СИ и ЭО, в которых воспроизводятся единицы величин, приведены в таблице 11.

3.1.3 ГЭТ 86-2017 обеспечивает воспроизведение единиц СИ и ЭО с точностными характеристиками, приведенными в таблице 12.

3.1.4 ГЭТ 86-2017 применяют для передачи единиц величин вторичным эталонам методами непосредственного сличения, прямых измерений, сличения при помощи компаратора и косвенных измерений.

Таблица 11 – Диапазоны воспроизведения ГЭТ 86-2017 единиц СИ и ЭО

Величина	Диапазон воспроизведения единицы
СИ	от 10 до 100 Вт/ср в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм
ЭО	от 10 до 2000 Вт/м ² в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм

Таблица 12 – Точностные характеристики ГЭТ 86-2017 при воспроизведении единиц СИ и ЭО в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм

Погрешности		Неопределенности			
S_0 , %	θ_0 , %	u_A , %	u_B , %	u_c , %	U_p , %

0,07	0,12	0,07	0,05	0,09	0,27
S_0 – среднее квадратическое отклонение (СКО) случайной погрешности результата измерений при воспроизведении; θ_0 – доверительные границы неисключенной систематической погрешности (НСП) результата измерений при доверительной вероятности $p = 0,99$; u_A и u_B – стандартные неопределенности по типу А и В, соответственно; u_c – суммарная стандартная неопределенность; U_p – расширенная неопределенность для уровня доверия $p = 0,99$ ($k = 3$).					

3.2 Эталоны, заимствованные из других поверочных схем

3.2.1 В качестве эталонов, заимствованных из других поверочных схем, используют:

средства измерений силы постоянного тока из ГПС для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне от $1 \cdot 10^{-16}$ до 100 А, утвержденной приказом Росстандарта от 01.10.2018 № 2091, в диапазоне от $1 \cdot 10^{-13}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ А с пределами допускаемой относительной погрешности Δ_0 от 1,5 до 0,5 %;

средства измерений электрического напряжения из ГПС для средств измерений постоянного электрического напряжения и электродвижущей силы, утвержденной приказом Росстандарта от 28.07.2023 № 1520, в диапазоне до 1000 В с пределами допускаемой относительной погрешности Δ_0 от $0,5 \cdot 10^{-4}$ до $2,0 \cdot 10^{-4}$.

3.3 Вторичные эталоны

3.3.1 В качестве вторичных эталонов единицы ЭО солнечным излучением в диапазоне измерений от 400 до 1360 Вт/м² в диапазоне длин волн от 0,3 до 10,0 мкм используют комплексы технических средств, состоящие из неселективных приемников излучения (полостных или с плоской приемной площадкой), системы слежения за Солнцем и системы регистрации.

3.3.2 Суммарные средние квадратические отклонения результатов сличений S_{Σ_0} вторичных эталонов единицы ЭО солнечным излучением с первичным эталоном не превышают 0,2 %.

3.3.3 В качестве вторичных эталонов единиц СИ и ЭО в диапазонах измерений от 10 до 100 Вт/ср и от 10 до 2000 Вт/м², соответственно, в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм или на отдельных его участках используют комплексы технических средств, состоящие из неселективных приемников излучения (полостных или с плоской приемной площадкой), излучателей (групп светоизмерительных ламп, моделей черного тела) и систем контроля и регистрации.

3.3.4 Суммарные средние квадратические отклонения результатов сличений S_{Σ_0} вторичных эталонов единиц СИ и ЭО с первичным эталоном составляют от 0,2 до 3,0 % на различных участках динамического диапазона.

3.3.5 В качестве вторичных эталонов единицы спектральной чувствительности приемников излучения в диапазонах измерений, от $1 \cdot 10^{-6}$ до 10 А/Вт, от 1 до $1 \cdot 10^{16}$ В/Вт, от 0,01 до 1,0 отн. ед. в диапазоне длин волн от 0,2 до 14,0 мкм или на отдельных его участках используют комплексы

технических средств, состоящие из приемников излучения, спектрального компаратора и системы регистрации.

3.3.6 Суммарные средние квадратические отклонения результатов сличений S_{Σ} вторичных эталонов спектральной чувствительности приемников излучения с первичным эталоном составляют от 0,3 до 1,5 %.

3.3.7 Вторичные эталоны применяют для передачи единиц величин рабочим эталонам и средствам измерений методом прямых измерений, непосредственным сличением и сличением при помощи компаратора.

3.4 Рабочие эталоны

3.4.1 В качестве рабочих эталонов 1-го разряда единицы ЭО солнечным излучением в диапазоне измерений от 400 до 1360 Вт/м² в диапазоне длин волн от 0,3 до 10,0 мкм используют актиометры и пиргелиометры.

3.4.2 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 рабочих эталонов 1-го разряда единицы ЭО солнечным излучением не превышают 1,3 %.

3.4.3 В качестве рабочих эталонов 1-го разряда единиц СИ и ЭО в диапазонах измерений от 1 до 100 Вт/ср и от 1 до 5000 Вт/м², соответственно, в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм или на отдельных его участках используют излучатели (группы светоизмерительных ламп, моделей черного тела) и неселективные приёмники излучения (полостные или с плоской приемной площадкой) с комплексом измерительной и вспомогательной аппаратуры.

3.4.4 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 рабочих эталонов 1-го разряда единиц СИ и ЭО составляют от 1 до 10 %.

3.4.5 В качестве рабочих эталонов 1-го разряда единицы спектральной чувствительности в диапазоне значений спектральной чувствительности от $1 \cdot 10^{-6}$ до 10 А/Вт, от 1 до $1 \cdot 10^{16}$ В/Вт, от $1 \cdot 10^{-12}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ А/(Вт/м²), от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{12}$ В/(Вт/м²), от 0,01 до 1,0 отн. ед. в диапазоне длин волн от 0,2 до 14,0 мкм или на отдельных его участках используют приемники излучения с комплексом измерительной и вспомогательной аппаратуры.

3.4.6 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 рабочих эталонов 1-го разряда спектральной чувствительности составляют от 0,6 до 8,5 %, относительной спектральной чувствительности не превышают 8 %.

3.4.7 Рабочие эталоны 1-го разряда применяют для передачи единиц величин рабочим эталонам 2-го разряда и средствам измерений методами прямых измерений, непосредственным сличением и сличением при помощи компаратора.

3.4.8 В качестве рабочих эталонов 2-го разряда единицы ЭО солнечным излучением применяют актиометры и пиргелиометры в диапазоне измерений от 400 до 1100 Вт/м² в диапазоне длин волн от 0,2 до 10,0 мкм и пиранометры в диапазоне измерений от 400 до 1600 Вт/м² в диапазоне длин волн от 0,28 до 4,00 мкм.

3.4.9 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 рабочих эталонов 2-го разряда энергетической освещенности солнечным излучением не превышают 1,7 % для актинометров и 2,3 % для пиранометров.

3.4.10 Рабочие эталоны единицы ЭО солнечным излучением 2-го разряда применяют для передачи единицы величины средствам измерений методом непосредственного сличения и сличением при помощи компаратора. В натурных условиях передача осуществляется непосредственным сличением с использованием естественного солнечного излучения, а в лабораторных условиях – сличением с помощью компаратора с использованием имитатора солнечного излучения. Актинометры в ранге рабочих эталонов 2-го разряда применяются для передачи единицы величины всем средствам измерений ЭО солнечным излучением. Пиранометры в ранге рабочих эталонов 2-го разряда применяются для передачи единицы ЭО солнечным излучением только пиранометрам.

3.5 Средства измерений

3.5.1 В качестве средств измерений ЭО солнечным излучением используют актинометры и пиргелиометры в диапазоне измерений от 10 до 1600 Вт/м² в диапазоне длин волн от 0,2 до 10,0 мкм, балансомеры в диапазоне измерений от 10 до 1600 Вт/м² в диапазоне длин волн от 0,3 до 10,0 мкм, пиранометры в диапазоне измерений от 10 до 1600 Вт/м² в диапазоне длин волн от 0,28 до 4,00 мкм.

3.5.2 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 средств измерений ЭО солнечным излучением составляют от 3 до 4 % для актинометров и пиргелиометров, от 10 до 20 % для балансомеров и от 6 до 11 % для пиранометров.

3.5.3 В качестве средств измерений СИ и ЭО в диапазонах измерений от 1 до 100 Вт/ср и от 1 до 5000 Вт/м², соответственно, в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм или на отдельных его участках используют излучатели (светоизмерительные лампы, модели черного тела и т.п.) и неселективные приемники излучения и радиометры.

3.5.4 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 средств измерений СИ и ЭО составляют от 1,5 до 10,0 % при передаче единицы величин от вторичных эталонов, и от 2 до 15 % при передаче единицы от рабочих эталонов 1-го разряда.

3.5.5 В качестве средств измерений спектральной чувствительности используют приемники излучения в диапазоне значений от $1 \cdot 10^{-6}$ до 10 А/Вт, от 1 до $1 \cdot 10^{16}$ В/Вт, от $1 \cdot 10^{-12}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ А/(Вт/м²), от $1 \cdot 10^{-6}$ до $1 \cdot 10^{12}$ В/(Вт/м²), от 0,01 до 1,00 отн. ед. в диапазоне длин волн от 0,2 до 14,0 мкм или на отдельных его участках.

3.5.6 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 средств измерений спектральной чувствительности при передаче единицы величины от вторичных эталонов составляют от 0,7 до 10,0 %, относительной спектральной чувствительности не превышают 9 %, и пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 средств измерений спектральной

чувствительности при передаче единицы величины от рабочих эталонов составляют от 1 до 16 %, относительной спектральной чувствительности не превышают 15 %.

4 Средства измерений СППИ и ПИ

4.1 Государственный первичный эталон ГЭТ 86-2017

4.1.1 Государственный первичный эталон единиц радиометрических и спектрометрических величин в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм в части хранения и воспроизведения единицы СППИ состоит из технического средства - эталонной установки для воспроизведения и передачи единицы СППИ в диапазоне длин волн от 0,3 до 1,1 мкм, включающей:

гониометр типа С с системой фотометрирования в координатах С-γ;
измерительный блок, включающий интегрирующую сферу, спектрометр и фотометр;

комплект эталонных источников излучения для воспроизведения и передачи единицы СППИ.

4.1.2 Диапазон значений СППИ, воспроизводимых ГЭТ 86-2017, составляет от $5 \cdot 10^5$ до $1 \cdot 10^9$ Вт/м в диапазоне длин волн от 0,3 до 1,1 мкм.

4.1.3 ГЭТ 86-2017 обеспечивает воспроизведение единицы СППИ с точностными характеристиками, приведенными в таблице 13.

4.1.4 ГЭТ 86-2017 применяют для передачи единиц величины вторичным эталонам методом сличения при помощи компаратора и методом прямых измерений.

Таблица 13 – Точностные характеристики ГЭТ 86-2017 при воспроизведении единицы СППИ

Длина волны, мкм	Погрешности		Неопределенности			
	S_0 , %	θ_0 , %	u_A , %	u_B , %	u_C , %	U_p , %
0,30	0,90	0,65	0,90	0,27	0,94	2,82
0,35	0,12	0,56	0,12	0,23	0,26	0,78
0,40	0,11	0,51	0,11	0,21	0,24	0,72
0,45	0,09	0,49	0,09	0,20	0,22	0,66
0,50	0,09	0,44	0,09	0,18	0,20	0,60
0,55	0,10	0,41	0,10	0,17	0,20	0,60
0,60	0,10	0,41	0,10	0,17	0,19	0,57
0,65	0,10	0,41	0,10	0,17	0,19	0,57
0,70	0,10	0,41	0,10	0,17	0,20	0,60
0,75	0,10	0,41	0,10	0,17	0,20	0,60
0,80	0,10	0,41	0,10	0,17	0,20	0,60
0,85	0,11	0,41	0,11	0,17	0,20	0,60
0,90	0,11	0,39	0,11	0,16	0,20	0,60

1,00	0,13	0,39	0,13	0,16	0,20	0,60
1,10	0,19	0,36	0,19	0,15	0,24	0,72

S_0 – среднее квадратическое отклонение (СКО) случайной погрешности результата измерений при воспроизведении;
 θ_0 – доверительные границы неисключенной систематической погрешности (НСП) результата измерений при доверительной вероятности $p = 0,99$;
 u_A и u_B – стандартные неопределенности по типу А и В, соответственно;
 u_c – суммарная стандартная неопределенность;
 U_p – расширенная неопределенность для уровня доверия $p = 0,99$ ($k = 3$).

4.2 Государственный первичный эталон ГЭТ 84-2015

4.2.1 ГЭТ 84-2015 описан в п.2.2.

4.3 Вторичные эталоны

4.3.1 В качестве вторичных эталонов единиц СППИ и ПИ в диапазонах измерений от 10 до $1 \cdot 10^9$ Вт/м и от $1 \cdot 10^{-6}$ до 20 Вт, соответственно, в диапазоне длин волн от 0,2 до 1,6 мкм или на отдельных участках диапазона используют комплексы технических средств, состоящие из излучателей (ламп накаливания, газоразрядных ламп, светодиодных источников и т.п.), компаратора и системы регистрации.

4.3.2 Суммарные средние квадратические отклонения результатов сличений $S_{\Sigma 0}$ вторичных эталонов единицы СППИ и ПИ с первичным эталоном составляют от 0,5 до 3,0 %. Суммарные средние квадратические отклонения результатов сличений $S_{\Sigma 0}$ вторичных эталонов единицы СПППИ не превышают значений, указанных в таблице 14.

4.3.3 Вторичные эталоны применяют для передачи единиц величин рабочим эталонам и высокоточным средствам измерений методом сличения с помощью компаратора или методом прямых измерений.

Таблица 14 – Суммарные средние квадратические отклонения результатов сличений $S_{\Sigma 0}$ вторичных эталонов единицы СПППИ с первичным эталоном

Диапазон длин волн, мкм	$S_{\Sigma 0}$, %
0,3 – 0,4	3,0
0,4 – 0,5	1,0
0,5 – 1,0	0,5
1,0 – 1,1	1,5

4.4 Рабочие эталоны

4.4.1 В качестве рабочих эталонов единицы СППИ и ПИ в диапазонах измерений от 10 до $1 \cdot 10^9$ Вт/м, от $1 \cdot 10^{-6}$ до 20 Вт в диапазоне длин волн от 0,2 до 2,5 мкм или на отдельных участках диапазона используют излучатели (лампы накаливания, газоразрядные лампы, светодиодные источники и т.п.)

и приемники излучения, в том числе спектральные, с комплексом измерительной и вспомогательной аппаратуры.

4.4.2 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 рабочих эталонов единиц СППИ и ПИ составляют от 2 до 6 %. В диапазонах длин волн от 0,2 до 0,3 мкм и от 1,1 до 2,5 мкм единицы СППИ и ПИ передаются от вторичных эталонов единицы СПЭО.

4.4.3 Рабочие эталоны применяют для передачи единиц СППИ и ПИ средствами измерений методом сличения при помощи компаратора или методом прямых измерений.

4.5 Средства измерений

4.5.1 В качестве средств измерений СППИ и ПИ в диапазонах измерений от 10 до $3 \cdot 10^{10}$ Вт/м, от $1 \cdot 10^{-6}$ до 20 Вт в диапазоне длин волн от 0,2 до 2,5 мкм или на отдельных участках диапазона используют излучатели (лампы накаливания, газоразрядные лампы, светодиодные источники и т.п.) и приемники излучения, в том числе спектральные, с комплексом измерительной и вспомогательной аппаратуры.

4.5.2 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 средств измерений СППИ и ПИ составляют от 2,2 до 7,5 % при передаче единицы величин от первичных эталонов, от 2,5 до 10,0 % при передаче единицы величин от вторичных эталонов, и от 4 до 12 % при передаче единицы величин от рабочих эталонов.

5 Средства измерений ЭО и ЭЯ монохроматического излучения

5.1 Государственный первичный эталон ГЭТ 86-2017

5.1.1 Государственный первичный эталон единиц радиометрических и спектрометрических величин в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм в части хранения и воспроизведения единицы ЭО монохроматического излучения и единицы ЭЯ монохроматического излучения состоит из технического средства - установки для воспроизведения и передачи единиц ЭО и ЭЯ монохроматического излучения в диапазоне длин волн от 0,45 до 1,60 мкм, включающей:

- лазерную систему («белый лазер»);
- двойной дифракционный монохроматор;
- интегрирующую сферу с прецизионной апертурной диафрагмой;
- набор эталонных приемников излучения, оснащенных прецизионной апертурной диафрагмой;
- линзы и зеркала для формирования оптических пучков;
- оптическую обратную связь, включающую фотодатчик, усилитель и встроенный ПИД регулятор.

5.1.2 Диапазоны значений ЭО и ЭЯ монохроматического излучения, воспроизводимых первичным эталоном, составляют от $7,9 \cdot 10^{-6}$ до $1,9 \cdot 10^{-5}$ Вт/м² и от $2,1 \cdot 10^{-2}$ до $5,1 \cdot 10^{-2}$ Вт/(ср·м²), соответственно, в диапазоне длин волн от 0,45 до 1,60 мкм.

5.1.3 ГЭТ 86-2017 обеспечивает воспроизведение единиц ЭО и ЭЯ монохроматического излучения с точностными характеристиками, приведенными в таблицах 15 и 16.

5.1.4 ГЭТ 86-2017 применяют для передачи единиц ЭО монохроматического излучения и ЭЯ монохроматического излучения в диапазоне длин волн от 0,45 до 1,60 мкм вторичным эталонам и высокоточным средствам измерений сличением при помощи компаратора и методом прямых измерений.

Таблица 15 – Точностные характеристики ГЭТ 86-2017 при воспроизведении единицы ЭО монохроматического излучения

Длина волны, мкм	Погрешности		Неопределенности			
	S_0 , %	θ_0 , %	u_A , %	u_B , %	u_C , %	U_p , %
0,45	0,87	0,46	0,87	0,19	0,89	2,67
0,50	0,85	0,62	0,85	0,26	0,89	2,66
0,55	0,82	0,62	0,82	0,26	0,86	2,58
0,60	0,80	0,62	0,80	0,26	0,84	2,52
0,65	0,80	0,53	0,80	0,22	0,83	2,49
0,70	0,84	0,53	0,84	0,22	0,87	2,60
0,80	0,85	0,53	0,85	0,22	0,88	2,63
0,90	0,87	0,53	0,87	0,22	0,90	2,69
1,00	0,87	0,53	0,87	0,22	0,90	2,69
1,10	0,92	0,46	0,92	0,19	0,94	2,82
1,20	0,92	0,46	0,92	0,19	0,94	2,82
1,30	0,94	0,46	0,94	0,19	0,96	2,88
1,40	0,94	0,46	0,94	0,19	0,96	2,88
1,60	0,95	0,46	0,95	0,19	0,97	2,91

Таблица 16 – Точностные характеристики ГЭТ 86-2017 при воспроизведении единицы ЭЯ монохроматического излучения

Длина волны, мкм	Погрешности		Неопределенности			
	S_0 , %	θ_0 , %	u_A , %	u_B , %	u_C , %	U_p , %
0,45	0,87	0,48	0,87	0,20	0,89	2,68
0,50	0,85	0,64	0,85	0,26	0,89	2,67
0,55	0,82	0,64	0,82	0,26	0,86	2,58
0,60	0,80	0,64	0,80	0,26	0,84	2,53
0,65	0,80	0,55	0,80	0,23	0,83	2,49
0,70	0,84	0,55	0,84	0,23	0,87	2,61
0,80	0,85	0,55	0,85	0,23	0,88	2,64

0,90	0,87	0,55	0,87	0,23	0,90	2,70
1,00	0,87	0,55	0,87	0,23	0,90	2,70
1,10	0,92	0,48	0,92	0,20	0,94	2,82
1,20	0,92	0,48	0,92	0,20	0,94	2,82
1,30	0,94	0,48	0,94	0,20	0,96	2,88
1,40	0,94	0,48	0,94	0,20	0,96	2,88
1,60	0,95	0,48	0,95	0,20	0,97	2,91

5.2 Вторичные эталоны

5.2.1 В качестве вторичных эталонов единиц ЭО монохроматического излучения и ЭЯ монохроматического излучения в диапазонах измерений от $7,9 \cdot 10^{-6}$ до $1,9 \cdot 10^{-5}$ Вт/м² и от $2,1 \cdot 10^{-2}$ до $5,1 \cdot 10^{-2}$ Вт/(ср·м²) в диапазоне длин волн от 0,45 до 1,60 мкм или на отдельных участках диапазона используют комплексы технических средств, состоящие из монохроматических излучателей, приемников излучения, компаратора и системы регистрации.

5.2.2 Суммарные средние квадратические отклонения результатов сличений $S_{\Sigma 0}$ вторичных эталонов единиц ЭО монохроматического излучения и ЭЯ монохроматического излучения с первичным эталоном составляют от 1,2 до 3,0 %.

5.2.3 Вторичные эталоны применяют для передачи единиц величин рабочим эталонам и высокоточным средствам измерений сличением при помощи компаратора и методом прямых измерений.

5.3 Рабочие эталоны

5.3.1 В качестве рабочих эталонов единиц ЭО монохроматического излучения и ЭЯ монохроматического излучения в диапазонах измерений от $7,9 \cdot 10^{-6}$ до $1,9 \cdot 10^{-5}$ Вт/м² и от $2,1 \cdot 10^{-2}$ до $5,1 \cdot 10^{-2}$ Вт/(ср·м²) в диапазоне длин волн от 0,45 до 1,60 мкм или на отдельных участках диапазона используют комплексы технических средств, состоящие из монохроматического излучателя, приемника излучения, компаратора и системы регистрации.

5.3.2 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 рабочих эталонов единиц ЭО монохроматического излучения и ЭЯ монохроматического излучения составляют от 2,8 до 8,0 %.

5.3.3 Рабочие эталоны применяют для передачи единиц средствам измерений сличением при помощи компаратора и методом прямых измерений.

5.4 Средства измерений

5.4.1 В качестве рабочих средств измерений ЭО монохроматического излучения и ЭЯ монохроматического излучения используют приемники излучения в диапазонах измерений от $7,9 \cdot 10^{-6}$ до $1,9 \cdot 10^{-5}$ Вт/м² и от $2,1 \cdot 10^{-2}$ до $5,1 \cdot 10^{-2}$ Вт/(ср·м²) в диапазоне длин волн от 0,45 до 1,60 мкм или на отдельных участках диапазона.

5.4.2 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 средств измерений ЭО монохроматического излучения и ЭЯ монохроматического

излучения составляют от 3 до 8 % при передаче единицы величин от ГЭТ 86, от 3,5 до 8,5 % при передаче единицы величин от вторичных эталонов и от 5 до 12 % при передаче единицы величин от рабочих эталонов.

6 Средства измерений СППИ возбуждения и эмиссии флуоресценции

6.1 Государственный первичный эталон ГЭТ 86-2017

6.1.1 ГЭТ 86-2017 в части хранения и воспроизведения единиц СППИ возбуждения и эмиссии флуоресценции состоит из технических средств: флуорометрической установки на основе спектрорадиометра, интегрирующей сферы и монохроматора для воспроизведения и передачи единицы СППИ возбуждения флуоресценции в диапазоне длин волн от 0,25 до 0,80 мкм и единицы СППИ эмиссии флуоресценции в диапазоне длин волн от 0,25 до 0,85 мкм.

6.1.2 ГЭТ 86-2017 воспроизводит СППИ возбуждения флуоресценции в диапазоне от $1 \cdot 10^3$ до $5 \cdot 10^5$ Вт/м со средним квадратическим отклонением S_0 от 0,1 до 0,5 %, неисключенной систематической погрешностью θ_0 от 3,3 до 3,9 % и расширенной неопределенностью от 3,9 до 5,1 % для уровня доверия $p = 0,99$ ($k = 3$), СППИ эмиссии флуоресценции в диапазоне от 10 до $5 \cdot 10^4$ Вт/м со средним квадратическим отклонением S_0 от 0,2 до 0,6 %, неисключенной систематической погрешностью θ_0 от 3,6 до 4,4 % и расширенной неопределенностью от 4,5 до 5,7 % для уровня доверия $p = 0,99$ ($k = 3$)

6.1.3 ГЭТ 86-2017 применяют для передачи единиц СППИ возбуждения и эмиссии флуоресценции вторичному эталону методом прямых измерений.

6.2 Вторичный эталон

6.2.1 В качестве вторичных эталона единицы СППИ возбуждения флуоресценции в диапазоне от $1 \cdot 10^3$ до $5 \cdot 10^5$ Вт/м в диапазоне длин волн от 0,25 до 0,80 мкм и единицы СППИ эмиссии флуоресценции в диапазоне от 10 до $5 \cdot 10^4$ Вт/м в диапазоне длин волн от 0,25 до 0,85 мкм используют техническое средство - спектрофлуориметр, состоящий из излучателя на основе ксеноновой лампы, монохроматоров каналов возбуждения и эмиссии, оптических элементов для фокусировки возбуждающего излучения на образец и сбора излучения флуоресценции, фотоприемников опорного и эмиссионного каналов.

6.2.2 Суммарные средние квадратические отклонения результатов сличений $S_{\Sigma 0}$ вторичных эталонов флуоресценции с первичным эталоном составляют от 3,2 до 4,6 % для СППИ возбуждения и от 3,5 до 5,4 % для СППИ эмиссии.

6.2.3 Вторичные эталоны применяют для передачи единиц СППИ возбуждения и эмиссии флуоресценции рабочим эталонам методом прямых измерений.

6.3 Рабочие эталоны

6.3.1 В качестве рабочих эталонов единицы СППИ возбуждения флуоресценции в диапазоне от $1 \cdot 10^3$ до $5 \cdot 10^5$ Вт/м в диапазоне длин волн

от 0,25 до 0,80 мкм применяют фотоприемники на основе кремниевых фотодиодов, выполненные в форме имитаторов стандартной флуорометрической кюветы.

6.3.2 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 рабочих эталонов единицы СППИ возбуждения флуоресценции составляют от 5,0 до 7,5 %.

6.3.3 В качестве рабочих эталонов единицы СППИ эмиссии флуоресценции в диапазоне от 10 до $5 \cdot 10^4$ Вт/м и в диапазоне длин волн от 0,25 до 0,90 мкм применяют меры флуоресценции на основе растворов флуорофоров, неорганических или органических стекол. Меры осуществляют передачу единицы СППИ эмиссии флуоресценции на отдельных участках диапазона длин волн от 0,25 до 0,90 мкм в относительных единицах (нормирование относительно максимального значения единицы СППИ на данном участке диапазона длин волн), а также энергетического выхода (эффективности) флуоресценции на длине волны, соответствующей максимуму единицы СППИ эмиссии при заданной длине волны возбуждения.

6.3.4 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 рабочих эталонов единицы СППИ эмиссии флуоресценции составляют от 5,5 до 9,3 %.

6.3.5 Рабочие эталоны применяют для передачи единиц СППИ возбуждения и эмиссии флуоресценции средствам измерений методом прямых измерений.

6.4 Средства измерений

6.4.1 В качестве средств измерений СППИ эмиссии и возбуждения флуоресценции в диапазоне от $1 \cdot 10^3$ до $5 \cdot 10^5$ Вт/м в диапазоне длин волн от 0,25 до 0,80 мкм и в диапазоне от 10 до $5 \cdot 10^4$ Вт/м в диапазоне длин волн от 0,25 до 0,90 мкм, соответственно, используют флуориметры, спектрофлуориметры, микропланшетные флуоресцентные анализаторы и др. с диапазоном длин волн возбуждения от 0,25 до 0,80 мкм и длин волн эмиссии от 0,25 до 0,90 мкм.

6.4.2 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 средств измерений составляют от 9,0 до 12,5 % для СППИ возбуждения и от 10 до 15 % для СППИ эмиссии.

7 Средства измерений СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, ПИ, СИ непрерывного излучения в диапазоне длин волн от 0,001 до 0,200 мкм и СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, ПИ, СИ, Кп импульсного излучения в диапазоне длин волн от 0,001 до 1,600 мкм

7.1 Государственный первичный эталон ГЭТ 84-2015

7.1.1 ГЭТ 84-2015 описан в п.2.2.

7.2 Вторичные эталоны

7.2.1 В качестве вторичных эталонов СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, ПИ и СИ непрерывного излучения применяют технические средства - измерительные комплексы, включающие эталонные излучатели, в том числе

светодиоды, водородные, дейтериевые, ксеноновые газоразрядные лампы, радиометры, работающие в динамических диапазонах, указанных в таблице 8 в диапазоне длин волн от 0,001 до 0,200 мкм.

7.2.2 В качестве вторичных эталонов СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, ПИ, СИ и Кп импульсного излучения применяют технические средства - измерительные комплексы, включающие эталонные импульсные излучатели, в том числе импульсные светодиоды, радиометры и приборы для измерения пульсации (пульсметры), работающие в динамических диапазонах, указанных в таблице 8, и для Кп в диапазоне от 1 до 100 % в диапазоне длин волн от 0,001 до 1,600 мкм.

7.2.3 Суммарные средние квадратические отклонения результатов сличений $S_{\Sigma 0}$ вторичных эталонов единиц СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, ПИ и СИ непрерывного излучения с ГЭТ 84-2015 составляют от 0,5 до 1,6 %.

7.2.4 Среднее квадратическое отклонение результатов сличений $S_{\Sigma 0}$ вторичных эталонов единиц СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, ПИ, СИ и Кп импульсного излучения с ГПЭ 84-2015 составляют от 1,5 до 2,0 %.

7.2.5 Вторичные эталоны применяют для передачи единиц величин рабочим эталонам сличением при помощи компаратора.

7.3 Рабочие эталоны

7.3.1 В качестве рабочих эталонов единиц СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, ПИ, СИ непрерывного излучения применяют технические средства - измерительные комплексы, включающие эталонные излучатели, в том числе светодиоды, и радиометры, работающие в динамических диапазонах, указанных в таблице 8, в диапазоне длин волн от 0,001 до 0,200 мкм.

7.3.2 В качестве рабочих эталонов единиц СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, ПИ, СИ и Кп импульсного излучения применяют технические средства - измерительные комплексы, включающие эталонные импульсные излучатели, в том числе импульсные светодиоды, импульсные газоразрядные лампы, радиометры, дозиметры и приборы для измерения пульсации (пульсметры), работающие в динамических диапазонах, указанных в таблице 8, и для Кп в диапазоне от 1 до 100 % в диапазоне длин волн от 0,001 до 1,600 мкм.

7.3.3 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 рабочих эталонов единиц СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, ПИ, СИ непрерывного излучения с вторичными эталонами составляют от 2,5 до 6,0 %.

7.3.4 Пределы допускаемых относительных погрешностей Δ_0 рабочих эталонов единиц СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, ПИ, СИ и Кп импульсного излучения с вторичными эталонами составляют от 6,0 до 8,4 %.

7.3.5 Рабочие эталоны применяют для поверки средств измерений сличением при помощи компаратора.

7.4 Средства измерений

7.4.1 В качестве средств измерений СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, ПИ, СИ непрерывного излучения применяют излучатели, включая светодиоды с системой температурной стабилизации потока излучения, водородные, дейтериевые и ксеноновые газоразрядные лампы, радиометры и спектрорадиометры с интегрирующими сферами, работающие в динамических диапазонах, указанных в таблице 8, в диапазоне длин волн от 0,001 до 0,200 мкм.

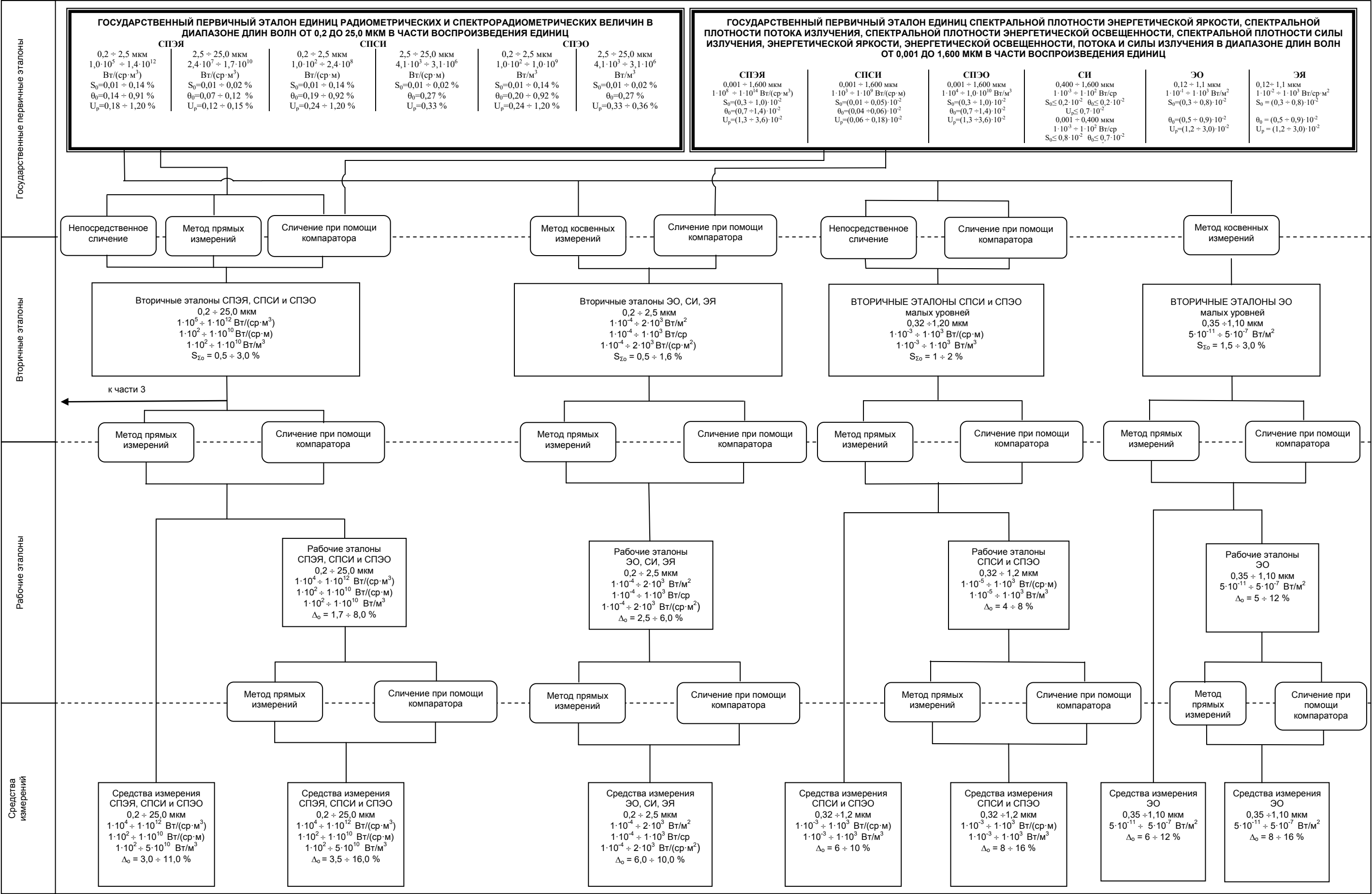
7.4.2 В качестве средств измерений СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, ПИ, СИ и Кп импульсного излучения применяют УФ излучатели, включая импульсные светодиоды с системой температурной стабилизации потока излучения, импульсные газоразрядные лампы, радиометры, дозиметры и приборы для измерения коэффициента пульсации (пульсметры), работающие в динамических диапазонах, указанных в таблице 8, и для Кп в диапазоне от 1 до 100 % в диапазоне длин волн от 0,001 до 1,600 мкм.

7.4.3 Предел допускаемой относительной погрешности Δ_0 средств измерений СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, ПИ, СИ непрерывного излучения составляет от 6 до 10 %.

7.4.4 Предел допускаемой относительной погрешности Δ_0 средств измерений СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, ПИ, СИ и Кп импульсного излучения составляет от 8 до 15 %.

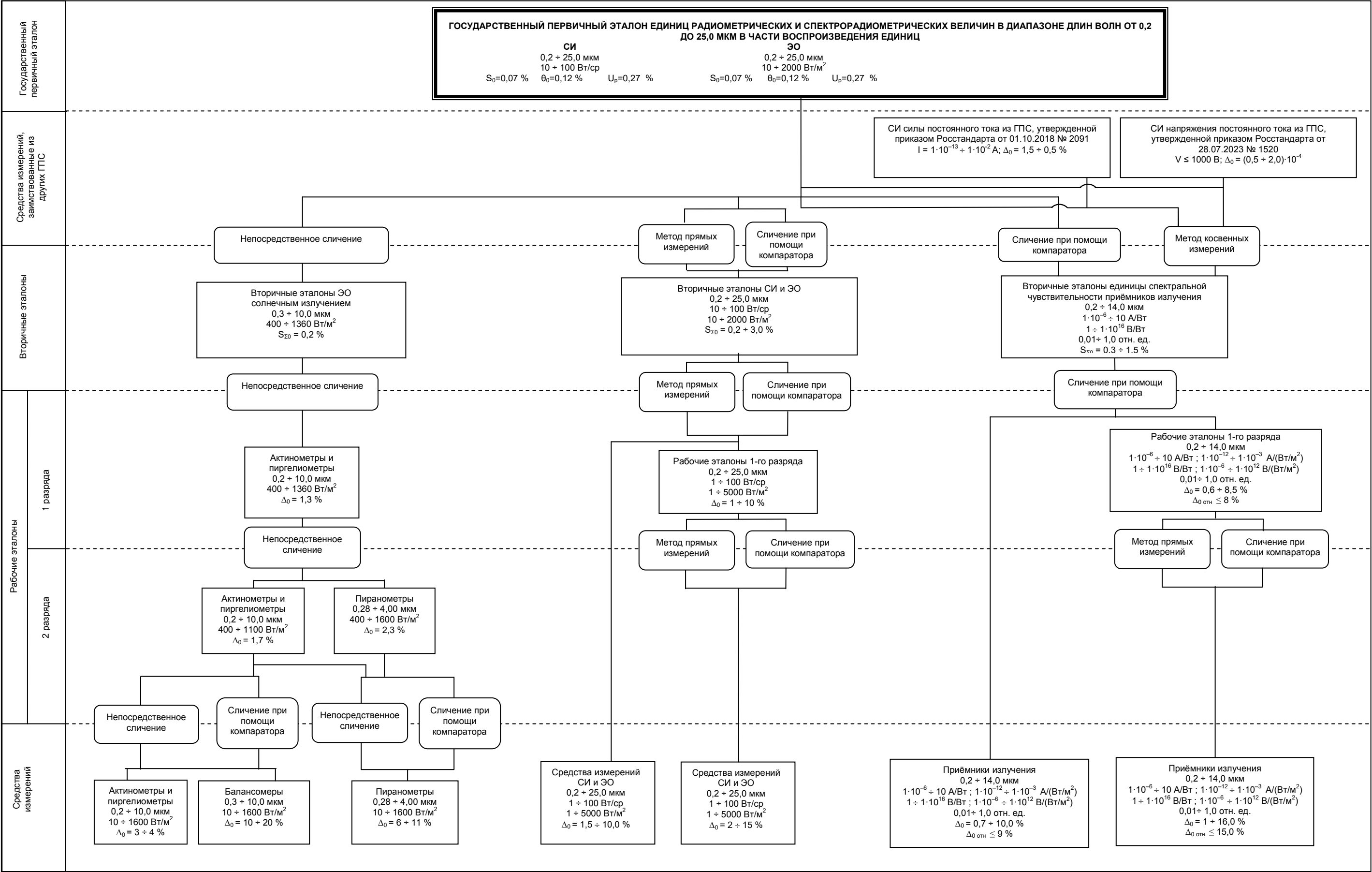
ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН НЕКОГЕРЕНТНОГО ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ, ВИДИМОЙ И ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА

Часть 1. Средства измерений СПЭЯ, СПСИ, СПЭО, ЭО, СИ, ЭЯ непрерывного излучения в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм



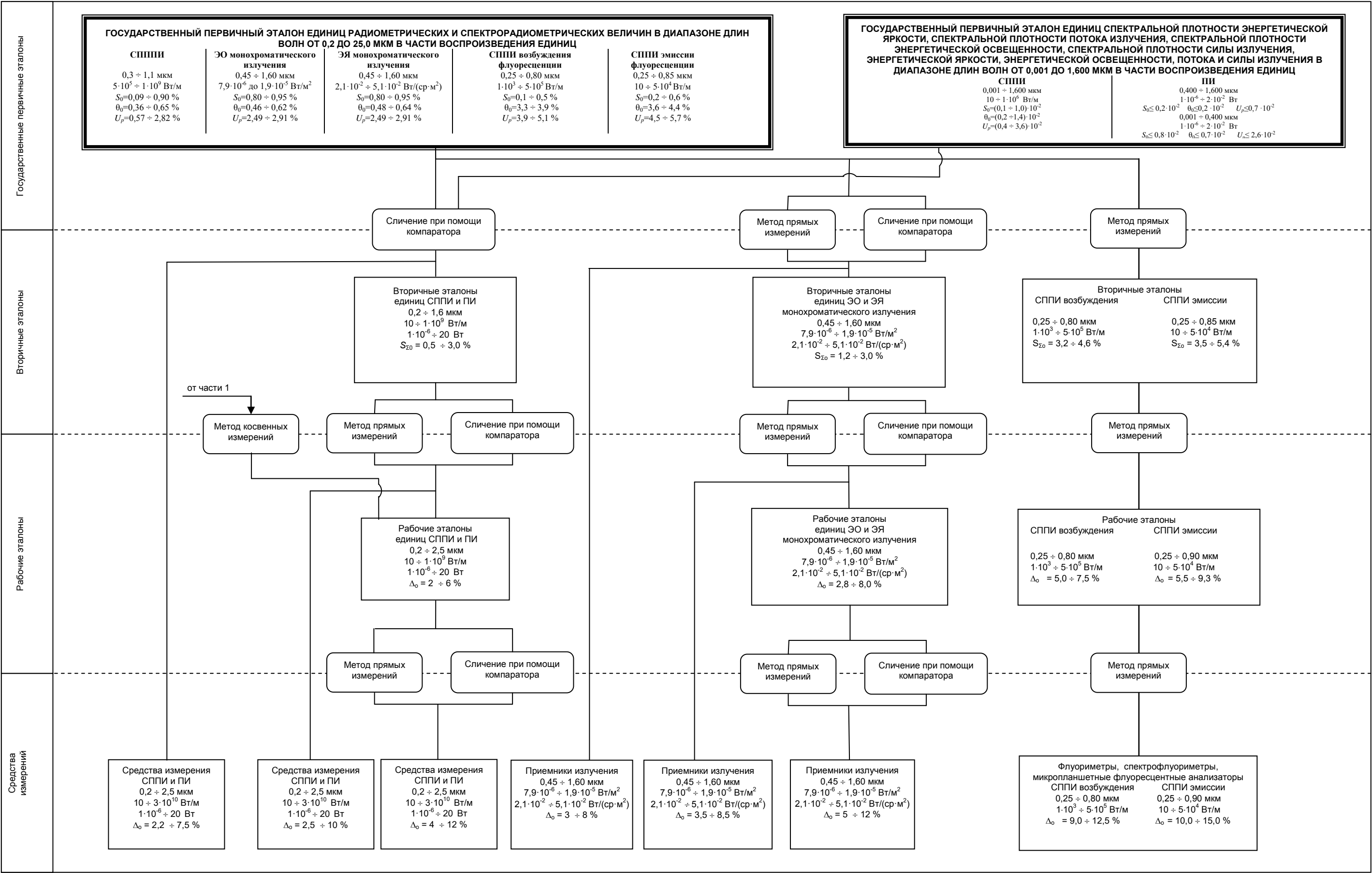
ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН НЕКОГЕРЕНТНОГО ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ, ВИДИМОЙ И ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА

Часть 2. Средства измерений СИ, ЭО и СЧ



ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН НЕКОГЕРЕНТНОГО ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ, ВИДИМОЙ И ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА

Часть 3. Средства измерений СППИ, ПИ и ЭО и ЭЯ монохроматического излучения, СППИ возбуждения и эмиссии флуоресценции



ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ РАДИОМЕТРИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН НЕКОГЕРЕНТНОГО ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЙ, ВИДИМОЙ И ИНФРАКРАСНОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА

Часть 4. Средства измерений СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, ПИ, СИ непрерывного излучения в диапазоне длин волн от 0,001 до 0,200 мкм и СПЭЯ, СППИ, СПЭО, СПСИ, ЭЯ, ЭО, ПИ, СИ, Кп импульсного излучения в диапазоне длин волн от 0,001 до 1,600 мкм

