

СПЕКТРОМЕТРИЯ САЛАСЫНДАҒЫ ЖОСПАРЛАНҒАН САЛЫСТЫРУЛАР

АНДАТПА

«Фотометрия және радиометрия» саласындағы КОOMET шеңберінде бағытталған өткізудің спектрлік коэффициенті және спектрлік – селективті өткізгіш материалдың толқын ұзындығы бойынша салыстыру жоспарлануда. Халықаралық салыстыруларға Ресей Федерациясының, Беларусь Республикасының және Өзбекстан Республикасының оптикалық-физикалық өлшемдері саласындағы ұлттық эталондар қатысады. Мақалада салыстыру объектілері, оларды жүргізу схемалары, Қазақстанның эталоны және оның салыстыруға қатысу мақсаттары туралы ақпарат берілген.

Түйінді сөздер: спектрлік-селективті өткізгіш материалдың толқын ұзындығының қосымша салыстырулары, спектрлік бағыттағы өткізгіштік коэффициентінің негізгі салыстырулары, ұлттық эталон, фотометрия, радиометрия.

ПЛАНИРУЕМЫЕ СЛИЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ СПЕКТРОМЕТРИИ

АННОТАЦИЯ

В рамках КОOMET в области «Фотометрия и радиометрия» планируются сличения по спектральному коэффициенту направленного пропускания и длин волн спектрально – селективного пропускающего материала. В международных сличениях принимают участие национальные эталоны в области оптико-физических измерений Российской Федерации, Республики Беларусь и Республики Узбекистан. В статье представлена информация об объектах сличений, схемах их проведения, эталоне Казахстана и цели его участия в сличениях.

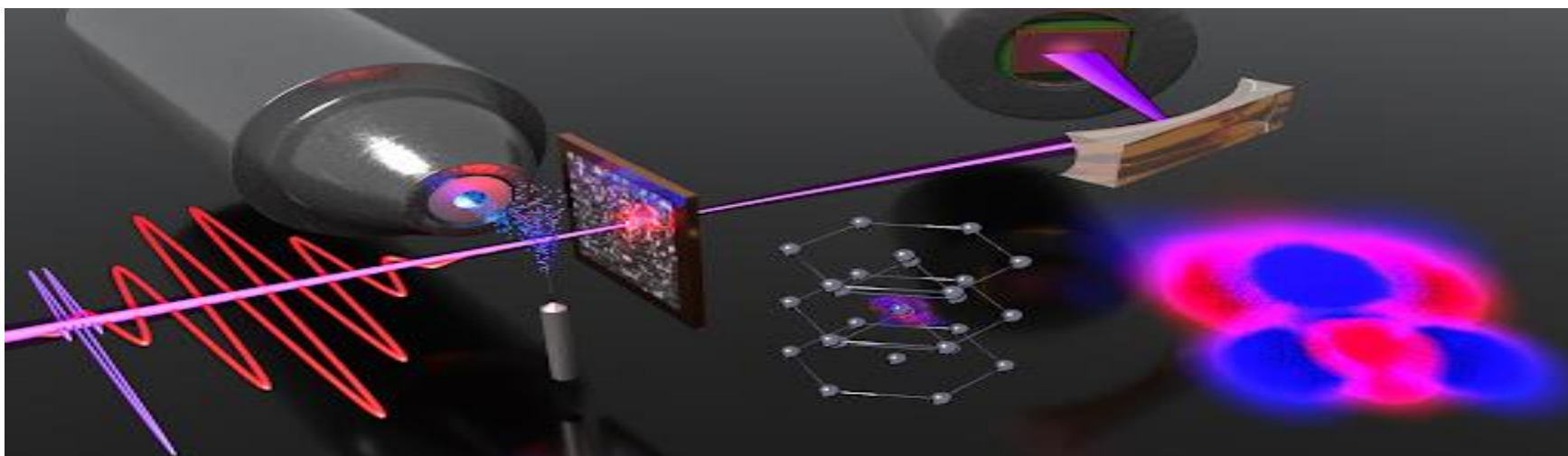
Ключевые слова: дополнительные сличения длин волн спектрально – селективного пропускающего материала, ключевые сличения спектрального коэффициента направленного пропускания, национальный эталон, фотометрия, радиометрия.

PLANNED COMPARISONS IN THE FIELD OF SPECTROMETRY

ANNOTATION

Within the framework of COOMET in the field of «Photometry and radiometry», comparisons are planned on the spectral coefficient of directional transmission and the wavelengths of a spectrally selective transmission material. National standards in the field of optical and physical measurements of the Russian Federation, the Republic of Belarus and the Republic of Uzbekistan take part in international comparisons. The article provides information about the objects of comparisons, their schemes, the standard of Kazakhstan and the purpose of its participation in comparisons.

Keywords: additional comparisons of wavelengths of a spectrally selective transmission material, key comparisons of the spectral coefficient of directional transmission, national standard, photometry, radiometry.



В 2021 году Республиканским государственным предприятием «Казахстанский институт стандартизации и метрологии» (РГП «КазСтандарт») модернизирован государственный эталон единиц координат цвета и цветности прецизионным спектрофотометром Lambda 1050+, производства компании «PerkinElmer», Великобритания, что восполнило недостающую часть существующего эталона согласно ГОСТ 8.205 – 2014 «Государственная поверочная схема для средств измерений координат цвета и цветности, показателей белизны и блеска» и расширило возможности эталона воспроизведением, хранением и передачей размера единиц координат цвета и цветности, спектральных коэффициентов направленного пропускания, диффузного отражения и длин волн в спектральном диапазоне от 0,2 до 2,5 мкм светоотражающих и светопропускающих образцов.

Эталон единиц величин должны быть прослеживаемые к государственным первичным эталонам соответствующих единиц величин, а при их отсутствии должна быть обеспечена прослеживаемость к национальным эталонам единиц величин иностранных государств, степень эквивалентности которых подтверждена в базе данных ключевых сличений Международного бюро мер и весов (ст. 10 Закона Республика Казахстан «Об обеспечении единства измерений»).

Важность обеспечения метрологической прослеживаемости подтверждается различными международными организациями, такими как BIPM, МОЗМ, IUPAC, EURACHEM и документами, в т.ч ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий».

В целях решения вопроса метрологической прослеживаемости Международным Комитетом мер и весов (CIPM\МКМВ) предложена Договоренность о взаимном признании национальных эталонов, сертификатов калибровки и измерений, выдаваемых национальными метрологическими институтами (Arrangement on Mutual recognition of national measurement standards and calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes - CIPM MRA), которая поддержана и подписана Республикой Казахстан.

Согласно CIPM MRA предполагается публикация Национальными институтами метрологии калибровочных и измерительных возможностей (СМС строки в базе данных KCDB), подтверждающих прослеживаемость к международным эталонам единиц SI и определяющих наилучшие возможности измерений или калибровок, предлагаемых клиентам, на основании работ по установлению эквивалентности национальных эталонов единиц величин путем их сличения.



Для подтверждения метрологической сопоставимости результатов измерений модернизированного государственного эталона и в соответствии с направлением работ Технического комитета 1.7 «Фотометрия и радиометрия» Организации сотрудничества государственных метрологических учреждений стран Центральной и Восточной Европы (КООМЕТ) (далее ТК 1.7 КООМЕТ) в рамках реализации CIPM MRA РГП «КазСтандарт» поддержал предложенные КООМЕТ темы и проводит работы по двум проектам:

- ✓ ключевые сличения «Спектральный коэффициент направленного пропускания» COOMET.PR-K6.2024 (проект КООМЕТ 877/RU/23);
- ✓ дополнительные сличения «Длина волны спектрально – селективного пропускающего материала» COOMET.PR - S13 (проект КООМЕТ 878/RU/23).

Целью данных проектов является определение метрологической эквивалентности национальных эталонов в области спектрофотометрических измерений длины волны и спектрального коэффициента пропускания участников сличений:

Всероссийского Научно-исследовательского института оптических и физических измерений («ВНИИОФИ»), Российская Федерация, Белорусского государственного института метрологии («БелГИМ»), Республика Беларусь, Казахстанского института стандартизации и метрологии («КазСтандарт»), Республика Казахстан, Узбекского национального института метрологии («UzNIM»), Республика Узбекистан.

Технический протокол проекта **КОOMET 877/RU/23** составлен в соответствии протоколом сличений Консультативного комитета по фотометрии и радиометрии СИРМ (ССРР СИРМ) - ССРР-К6.2010 для сличений спектрального коэффициента пропускания. Он определяет измеряемые величины и процедуру измерений, которой необходимо следовать при измерениях.

«Пилотом» сличений является ВНИИОФИ, выполняющий функции связующей лаборатории с ключевыми сличениями по направленному пропусканию ССРР-К6.2010. В качестве артефакта (объекта сличений) планируется использовать набор стандартных фильтров. Набор фильтров для проверки фотометрической шкалы состоит из 7 нейтральных фильтров. Фильтры установлены в металлических рамах и закреплены резьбовыми кольцами с номинальным коэффициентом пропускания на длине волны 550 нм, равным 0.9, 0.75, 0.5, 0.3, 0.1, 0.05 и 0,01. Каждый фильтр идентифицируется по номеру, указанному на рамке: код комплекта, номер комплекта, номер фильтра.

Основные характеристики фильтров приведены в следующей таблице:

Номинальное пропускание	Номер фильтра
0.90 ± 0.03	№1
0.75 ± 0.1	№2
0.50 ± 0.1	№3
0.30 ± 0.1	№4
0.10 ± 0.05	№5
0.050 ± 0.03	№6
0.010 ± 0.003	№7

Сличение планируется в форме сравнения по звездочке, состоящего из 4 этапов:

1. Артефакты (фильтры) участников будут доставлены в пилотную лабораторию, будут откалиброваны пилотной лабораторией.
2. Затем артефакты (фильтры) будут розданы участникам, которые проведут калибровку.
3. Артефакты (фильтры) будут возвращены в экспериментальную лабораторию для проведения повторной калибровки.
4. Затем артефакты (фильтры) будут распределены между участниками для проведения повторной калибровки.

Сличения планируется закончить в 2026 году.

Измерения РГП «КазСтандарт» будут проводиться на спектрофотометре Lambda 1050+, производства компании «PerkinElmer», Великобритания, который представляет собой универсальный прибор, работающий в ультрафиолетовой, видимой (УФ/Вид) и в ближней инфракрасной (БИК) областях спектра. Спектрофотометр обладает двулучевой оптической системой с двойным монохроматором, которая регистрирует отношения интенсивностей излучения с широким выбором способов сканирования. Оба монохроматора спектрофотометра имеют голографическую дифракционную решетку с 1440 штрихами/мм для ультрафиолетовой и видимой областей и 360 штрихами/мм для ближней инфракрасной области; оптический компенсатор толщины образца; вольфрам-галогеновую и дейтериевую лампы. Спектрофотометры оснащены отражающими оптическими элементами с покрытием SiO₂.

Отделение детекторов имеется блок из трех детекторов. Фотоумножитель (PMT) используется в УФ и видимой области (175 – 860 нм). Для ближней инфракрасной области установлен широкополосный (860 – 2500 нм) детектор InGaAs, а также детектор на основе сульфида свинца (PbS) с Пелетье-охлаждением (860 – 3300 нм).

Оптическая схема отделения детекторов приведена на рисунке 1.



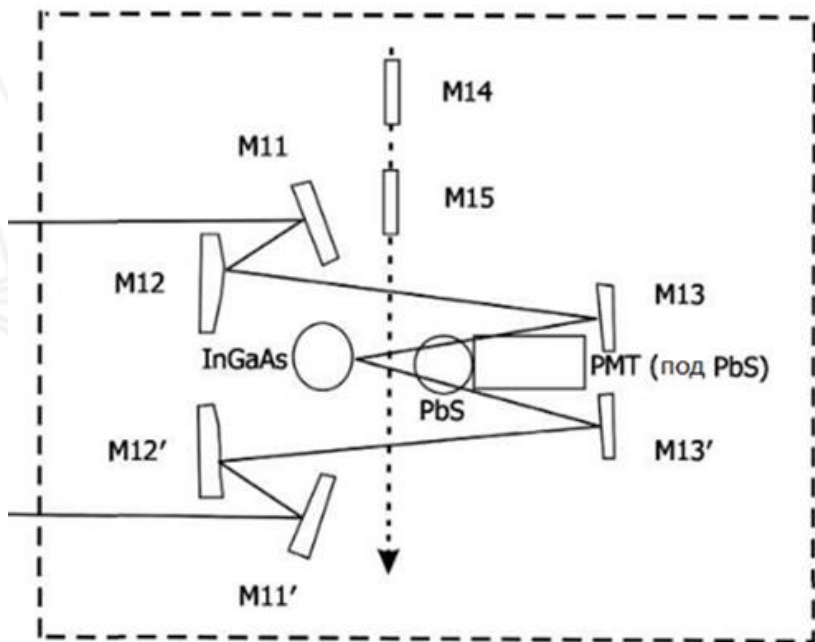


Рис. 1. Оптическая система отделения детекторов спектрометра Lambda 1050+

Излучение, проходящее попеременно через образец и через кювету сравнения, отражается от зеркал M11', M12', M13' и M11, M12, M13 соответственно и направляется на подходящий детектор в блоке детекторов. Зеркала M14 и M15 используются для того, чтобы выбирать нужный детектор. Устройство для перемещения зеркал имеет три положения. В положении 1 зеркало M14 (из алюминия, покрытого SiO₂) направляет луч к детектору – фотоэлектронному умножителю (PMT) в нижней части отделения. В положении 2 ни одно из зеркал не находится на пути луча, и луч попадает на детектор InGaAs. В положении 3 зеркало M15 (золотое) направляет луч на детектор PbS в верхней части отделения. Смена детекторов происходит при заранее определенных длинах волн и контролируется с помощью программного обеспечения.

Принцип действия спектрофотометра основан на спектрально-избирательном поглощении потока ультрафиолетового, видимого или инфракрасного излучения при прохождении его через различные материалы, вещества и растворы в спектральном диапазоне от 175 нм до 3300 нм.

Измеряемой величиной при сличениях является средний спектральный коэффициент пропускания каждого фильтра на круглой поверхности диаметром 17 мм, расположенной в центре фильтра в полосе пропускания 1 нм с центром на длинах волн: 380 нм, 400 нм, 500 нм, 600 нм, 700 нм, 800 нм, 900 нм и 1000 нм для параллельного пучка с нормальным углом

падения. Условия окружающей среды при измерениях должны быть: температура в помещении - 23°C, относительная влажность воздуха не более 60 %.

Коэффициент пропускания фильтра должен быть измерен независимо несколько раз, при этом количество измерений должно соответствовать количеству, которое обычно используется участвующей в сличениях лабораторией для получения соответствующей точности конкретного измерительного оборудования.

«Пилотом» сличений по проекту КОOMET 878/RU/23 «Длина волны спектрально – селективного пропускающего материала» также является ВНИИОФИ. При измерениях будет использоваться набор из двух фильтров. «Пилот» планирует измерять оба фильтра два раза. Остальные участники измерят оба фильтра по одному разу. Срок окончания сличений – 2025 год.

Набор артефактов состоит из двух фильтров, изготовленных из стекла ПС-7 и кристалла неодим-галлий (НГГ), имеющих полосы поглощения на определенных длинах волн. Размер фильтров составляет 12 мм x 12 мм x 4 мм. Фильтры показаны на рисунке 2.



Рис. 2. Общий вид артефактов (фильтров)

Измеряемой величиной по этому проекту сличений являются значения длин волн минимальных коэффициентов пропускания в областях следующих номинальных длин волн:

- ✓ фильтр ПС7: 328 нм, 351 нм, 431 нм, 473 нм, 478 нм, 513 нм, 528 нм, 585 нм, 685 нм, 740 нм, 808 нм, 878 нм;



- ✓ фильтра НГГ: 262 нм, 264 нм, 292 нм, 365 нм, 431 нм, 434 нм, 548 нм, 682 нм, 826 нм, 890 нм, 930 нм, 936 нм, 1572 нм, 1731 нм, 2297 нм, 2484 нм

для области размером 5 мм в ширину x 15 мм в высоту в середине фильтра при температуре от 21 до 25 °С.

Фильтры должны быть измерены несколько раз во всех спектральных диапазонах. Количество использованных измерений должно быть указано в отчете об измерениях. Спектральная ширина полосы для измерений длины волны ПС7 должна составлять не более 0,5 нм.

Спектральная ширина полосы для измерений длины волны НГГ должна составлять:

- ✓ не более 0,25 нм для спектрального диапазона 250-780 нм;
- ✓ не более 1,0 нм для спектрального диапазона 780-1000 нм;
- ✓ не более 2,0 нм для спектрального диапазона 1000-2500 нм;

Оценка неопределенности измерений результатов сличений осуществляется согласно Руководству ИСО по выражению неопределенности измерений, с представлением бюджета неопределенности.

В результате сличений по окончании работ и одобрению отчета сличений будут определены степень эквивалентности национального государственного эталона и наилучшие калибровочные возможности.

Понятие «эквивалентность» эталонов подразумевает их сопоставимость при решении поставленных задач. Для эталонов этими задачами является передача единиц измерений. Роль сличений национальных эталонов заключается в обеспечении объективной основы для взаимного признания результатов измерений, в т.ч. при калибровке, в подтверждении достоверности приписанных характеристик точности эталонов. Международные сличения эталонов единиц величин с эталонами ведущих зарубежных национальных метрологических институтов является необходимым условием международного признания измерительно-калибровочных возможностей страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Закон Республики Казахстан от 7 июня 2000 года N 53-II «Об обеспечении единства измерений»;
2. CIPM MRA-G-11. Сличения в рамках CIPM MRA. Руководство по организации, участию и представлению отчетов. Версия 1.0 от 11.01.2021
3. Key comparison «Spectral regular transmittance» COOMET.PR-K6.2024 (COOMET project 877/RU/23). Technical protocol.
4. Supplementary comparison «Wavelength of spectrally-selective transmitting material» COOMET.PR- S13 (COOMET project 878/RU/23). Technical protocol.