

К ВОПРОСУ О МОДЕРНИЗАЦИИ ВТОРИЧНОГО ЭТАЛОНА ЕДИНИЦ СИЛЫ СВЕТА И ОСВЕЩЕННОСТИ НЕПРЕРЫВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Казаков Андрей Владимирович

инженер по метрологии,
Федеральное бюджетное учреждение
«Государственный региональный центр стандартизации,
метрологии и испытаний в Республике Мордовия»,
город Саранск

Аириятв Альберт Аббясович

Доцент, доктор технических наук,
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
"Национальный исследовательский
Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва",
город Саранск

Кошин Илья Николаевич

Начальник лаборатории поверки СИ ГМ и ОФ величин,
Федеральное бюджетное учреждение
«Государственный региональный центр стандартизации,
метрологии и испытаний в Республике Мордовия»,
город Саранск

Развитие многих отраслей современной науки и техники (воздушная и морская навигация, космические исследования, военная техника), а также разработка и изготовление важнейших видов продукции требует проведения точных измерений силы света и освещенности непрерывного излучения.

Для метрологического обеспечения средств измерений световых величин, разрабатываемых и применяемых в Республике Мордовия и других регионах России, была поставлена задача по созданию вторичного эталона единиц силы света и освещенности непрерывного излучения. Территориально эталон размещен в ФБУ «Мордовский ЦСМ» г. Саранск.

Эталон создан, разработан и изготовлен во ВНИИОФИ в 1986-1987 г.г. [1]

Согласно «Государственной поверочной схемы для средств измерений световых величин непрерывного и импульсного излучений», утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от «30» декабря 2019 г. № 3460 является вторичным эталоном единиц силы света и освещенности непрерывного излучения, применяется для передачи единиц рабочим эталонам методом косвенных измерений, сличением с помощью компаратора (фотометра или светоизмерительной лампы), непосредственным сличением, методом прямых измерений, а также рабочим средствам измерений сличением с помощью компаратора, в соответствии с действующей поверочной схемой.[4]

Эталон состоит из комплекса следующих средств измерений и вспомогательных устройств:

излучатели – три (переменных по своему составу) группы по пять светоизмерительных ламп каждая типа СИС с номинальными значениями силы света 35, 100 и 500 кд при цветовых температурах (2360±15) К, (2860±15) К,

(2800±15) К, соответственно; фотометр-компаратор на базе кремниевого фотодиода с корректирующим фильтром; оптический стенд для передачи единицы силы света; оптический стенд для передачи единицы освещенности; системы питания, стабилизации, регистрации и контроля.

Излучатели

Эталон снабжен тремя излучателями. Каждый представляет собой группу переменного состава, состоящую из пяти однотипных эталонных светоизмерительных ламп. Тип ламп определяется номинальным значением силы света излучателя: СИС 107-35 – на 35 кд, СИС 40-100 – на 100 кд, СИС 107-500 – на 500 кд при цветовых температурах (2360±15) К, (2860±15) К и (2800±15) К соответственно.

Фотометр-компаратор

Фотометр-компаратор представляет собой фотометр, в котором перед фотодиодом ФД-24К установлен корректирующий светофильтр. Поле зрения фотометра ограничено апертурной диафрагмой.[5]

Результаты измерений относительной спектральной характеристики чувствительности комплекта "приемник ФД-24К + корректирующий фильтр" и расчеты относительной актиничности по 5-ти источникам в соответствии с ОСТ 16.0.800.814-81[3] и параметров коррекции Δ , α УФ, α ИК показали отклонение спектральной характеристики фотометра от относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для

дневного зрения, не превышающее $\Delta \leq 2,88\%$, что соответствует 1-му классу точности для измерительных фото головок. [6]

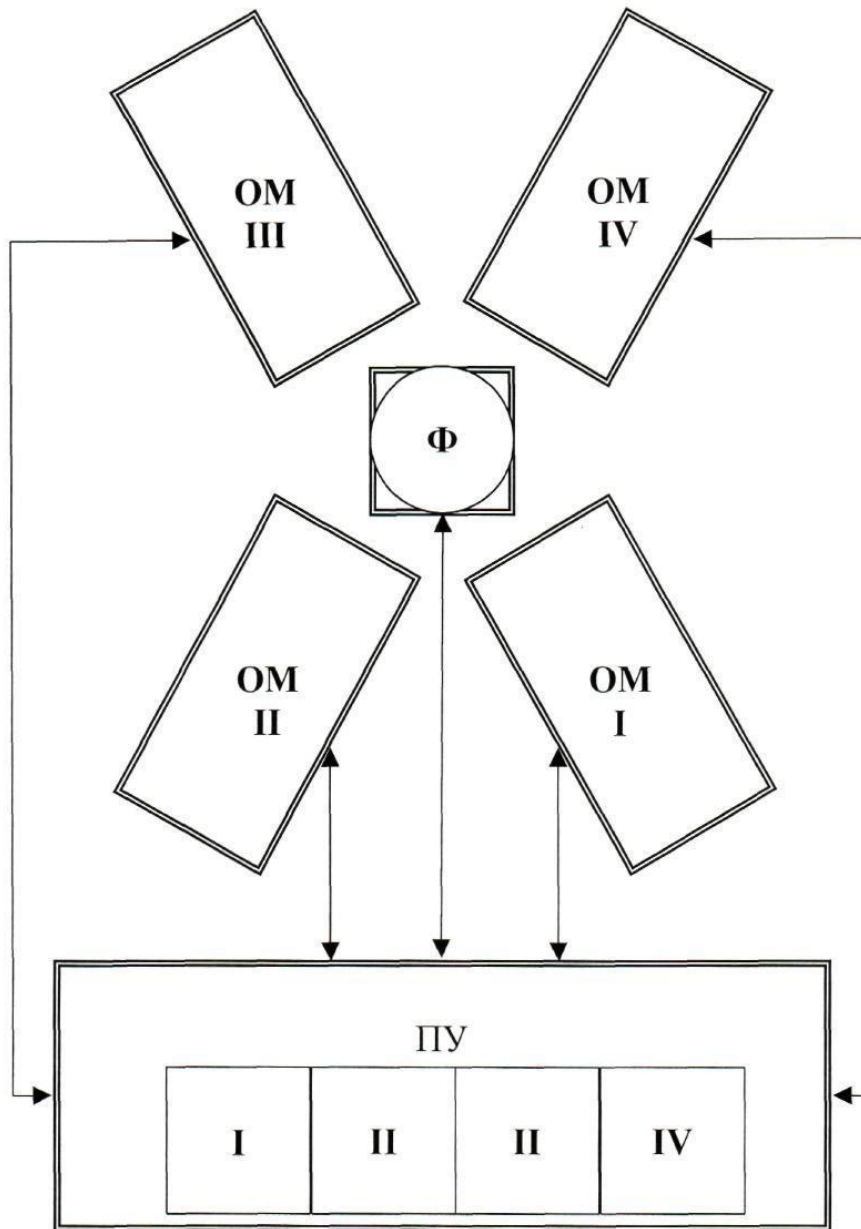
Оптический стенд для передачи единицы силы света

Оптический стенд для передачи единицы силы света (рисунок 1) состоит из четырех стоек с осветителями, стойки фотометра-компаратора и пульта управления.

На стойках с осветителями размещены узлы ламп, представляющие собой светонепроницаемые кожухи и юстируемые столики.

Стойки с осветителями размещены по окружности на одинаковом расстоянии от оси поворота фотометра в виде перекрестия. На стойке фотометра имеется поворотный стол, на котором в юстируемом держателе закреплен фотометр-компаратор.

В патронах осветителей при юстировке эталона поочередно устанавливаются лампы в ранге эталона, а при проверке – поверяемые лампы. Один из патронов используется для установки опорной лампы. С помощью юстировочных устройств – лазеров, отвесов, нутромера – тело накала лампы устанавливается перпендикулярно оптической оси приемника и центрируется относительно этой оси, фиксируется расстояние между плоскостями тела накала лампы и входной диафрагмой приемника.



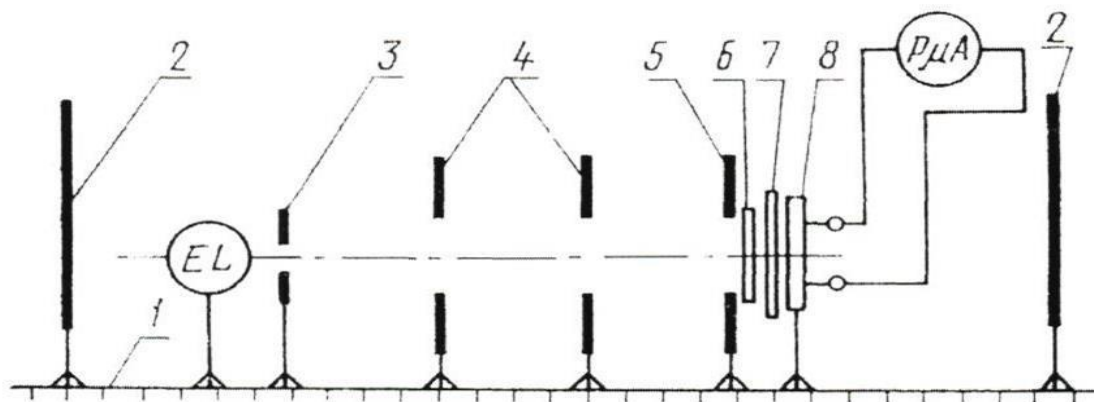
Ф- фотометр, ПУ- пульт управления, ОМ- оптический модуль,

I,II,III,IV- номера измерительных каналов

Рисунок 1 – Оптический стенд для передачи единицы силы света

Оптический стенд для передачи единицы освещенности

Оптический стенд для передачи размера единицы освещенности (рисунок 2) состоит из строенной фотометрической скамьи типа ФС-М, длиной 9 метров со стандартным набором приспособлений для установки излучателей, экранов, фотоголовок, измерителя расстояний.



1 – фотометрическая скамья; 2 – концевые экраны; 3 – диафрагма перед лампой;
4 – промежуточные диафрагмы; 5 – диафрагма перед приёмником
излучения; 6 – нейтральный светофильтр; 7 – светорассеивающее стекло; 8 – приёмник излучения;
PμA – прибор, измеряющий фототок, EL – лампа

Рисунок 2- Оптический стенд для передачи единицы освещенности

Системы питания, стабилизации, регистрации и контроля

Питание ламп эталона и поверяемых ламп осуществляется с помощью специально разработанных стабилизированных блоков питания (БП-120), поддерживающих режим работы источников в соответствии с заданной цветовой температурой.

Напряжение на лампе и ток лампы измеряется с помощью компаратора напряжений P3003. Ток лампы измеряется через катушку сопротивления P310 –

0,01 Ом. Фототок фотометра-компаратора измеряется цифровым прибором Щ300.

Любое оборудование, любой комплекс через определенный промежуток времени требует модернизации, т.к. технический прогресс не стоит на месте. Появляются более совершенное оборудование, более точные измерительные приборы, более стабильные светодиоды и т.д.

В связи с последними тенденциями возникли предпосылки модернизации действующего эталона, вот некоторые из них:

- 1) Появление высокоточного измерительного оборудования;
- 2) Имеющиеся в обороте лампы типа СИС имеют «почтенный возраст» и по неподтвержденной информации сняты с производства.
- 3) Управление эталоном происходит «вручную» (регулировка, юстировка, вывод ламп на номинальный режим и т.д.)

Модернизация предполагает как автоматизацию процесса поверки, так и замену действующего оборудования.

В связи с выходом ламп типа СИС из строя и невозможности их замены, целесообразным видится переход от традиционных источников света на светодиодные. Они имеют ряд преимуществ:

- срок службы значительно выше;
- потребляют меньше энергии;
- выше прочность;
- возможность подбора необходимой цветовой температуры.

Сегодня на рынок уже поступают светодиоды «второго поколения», отличающиеся от первого более стабильными параметрами. В связи с этим есть возможность отбора отдельных светодиодов для создания излучателей, в дальнейшем используемых в эталоне.

В настоящее время в ФГУП «ВНИИОФИ» уже используются наборы полупроводниковых излучателей из состава вторичного эталона, что доказывает возможность замены излучателей традиционных источников света на светодиодные. [7]

Для начала, обратим внимание на оборудование, используемое в эталоне. Как уже было описано выше, здесь применяется блок питания БП-120, компаратор Р3003, катушка сопротивления Р310 и цифровой прибор Щ300. Все эти приборы проходят проверку из года в год и доказали свою надежность, но реальность такова, что автоматизировать процесс проверки с данными приборами невозможно. Они не располагают интерфейсами управления с ПК. Многие компании уже давно выпускают электроизмерительное оборудование и источники питания требуемой точности для использования в эталонах, обладающие интерфейсами подключения к ПК и возможностью контролирования параметров с него (как снятие напряжения с лампы, так и плавное поднятие напряжения лампы до номинального). Данные оборудования можно объединить в один комплекс, управляемый программным обеспечением (далее ПО). Проверка ламп производится по МИ 2229-92 «ГСИ. Лампы накаливания электрические светоизмерительные образцовые и рабочие. Методика метрологической аттестации и проверки» [2]. Приведем небольшой пример автоматизации процесса: на проверку поступила лампа СИС 40-100 с номинальным напряжением 40,7В. Эталон укомплектован новейшим оборудованием и ПО, утвержденным к применению. В данном ПО мы устанавливаем исходные данные: необходимое напряжение, предыдущие значения силы света лампы, время прогрева лампы на номинальном режиме, количество необходимых замеров и максимально допустимую погрешность (в зависимости от ранга лампы) и нажимаем кнопку «СТАРТ». В это время программа подаёт команду источнику питания, что нужно «вывести» лампу на напряжение 40,7В. Источник плавно «выводит» лампу на заданное напряжение, а вольтметр в это время отслеживает напряжение на лампе. Как только напряжение на лампе достигает требуемого, программа запускает отсчёт времени прогрева и включается измерение фототока лампы. Все эти данные для контроля и наглядности визуально отображаются на графике. Как только лампа стабилизировалась, программа запускает процесс измерения. После этого ПО обрабатывает результаты измерения, рассчитывает относительную погрешность лампы, формирует протокол проверки и плавно выключает лампу. Тем самым мы исключаем субъективную погрешность и возникновение грубых погрешностей и сокращаем время на обработку полученных данных, расчёт погрешности лампы и формирование протокола проверки. Это только самый простой алгоритм ПО, который можно реализовать для автоматизации процесса.

Наряду с уже предложенными вариантами модернизации эталона (замена ламп типа СИС на светодиоды и автоматизация процесса измерения ламп) также видится модернизация оптических стендов для передачи единиц сил света и освещенности. Блок-схемы данных стендов представлены выше.

Рассмотрим возможности модернизации оптических стендов.

Основными объектами модернизации стенда для передачи единицы силы света видятся:

- юстировочный столик (замена ручных органов микроподдачи декад столика на шаговые двигатели и управление ими с помощью ПО);
- включение (отключение) лазерного визира с пульта управления;
- добавление камер с выводом изображения на пульт управления для контроля положения плоскости накала.

В оптическом стенде для передачи единицы освещенности есть возможность по модернизации кареток, используемых для перемещения ламп и фотометрических головок в целях изменения расстояния по скамье, юстировки оптической оси. В данный момент передвижение каретки по скамье производится ручным способом. Предлагается же модернизировать механизм её передвижения, добавив шаговые двигатели, которые будут управлять как перемещением каретки по скамье, так и юстировкой по оптической оси. Данными двигателями предполагается управление через специально разработанное ПО, входящее в состав данного эталона.

В связи с вышеизложенным, можно сделать вывод. Вторичный эталон единиц силы света и освещенности непрерывного излучения, установленный в ФБУ «Мордовский ЦСМ» нуждается в модернизации и автоматизации процесса. Данная модернизация позволит значительно сократить время проверки, исключить погрешности и повысить точность измерения световых и электрических параметров.

Список литературы:

1. Казаков А.В., Кошин И.Н., Мунтанилов С.И. «О необходимости модернизации вторичного эталона единиц силы света и освещенности непрерывного излучения (Тезисы)». Сб. тез. VI межрегион. конф. Молодых специалистов ФБУ ЦСМ Приволжского и Уральского федеральных округов «Участие региональных центров в инновационной деятельности» – Уфа: ФБУ «ЦСМ Республики Башкортостан», Башкирский филиал ФГАОУ ДПО «АСМС» (учебная), ФГБОУ ВПО «УГАТУ», 2019. – С.75-76.
2. МИ 2229-92 ГСИ. Лампы накаливания электрические светоизмерительные образцовые и рабочие. Методика метрологической аттестации и проверки.
3. ОСТ 16.0.800.814-81. Преобразователи излучения измерительные для световых измерений. Характеристика относительной спектральной чувствительности. Требования и классификация.

4. Приказ № 3460 от «30» декабря 2019 г. "Государственная поверочная схема для средств измерений световых величин непрерывного и импульсного излучений"
5. Столяревская Р.И. Фотометр для измерения световых величин. Метрологическое обеспечения световых измерений. Сб. научн. тр. - М.: Изд-во ВНИИФТРИ, 1986 -С. 30.
6. ФГУП ВНИИОФИ: Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений - ГЭТ 5-2003 [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.vniiofi.ru/depart/m4/get5-2003.html>
7. Хазанов В.С., Игнатьев В.Г., Машковская Т.Я. «Нормирование требований к спектральным характеристикам фотоприемников для световых измерений». 5-я Всесоюзная НТК «Фотометрия и ее метрологическое обеспечение». Тез.докл.: - М.: Изд-во ВНИИОФИ, 1984 -С. 71.