

Раздел 4

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Инна Романова, Дмитрий Муравьев, Кирилл Скобелев, Алексей Голованов, Анатолий Жирнов, Минь Тхань Чунг, Сергей Аневский, Ольга Минаева

Inna Romanova, Dmitry Muravyov, Kirill Skobelev, Alexey Golovanov, Anatoly Zhirnov, Minh Thanh Trung, Sergey Anevsky, Olga Minaeva

МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ В ОБЛАСТИ РАДИОМЕТРИИ И ФОТОМЕТРИИ

METROLOGICAL SUPPORT OF MEASURING INSTRUMENTS IN THE FIELD OF RADIOMETRY AND PHOTOMETRY

МИРЭА - Российский технологический университет, кафедра метрологии и стандартизации, г. Москва

MIREA - Russian Technological University, Department of Metrology and Standardization, Moscow

Аннотация: Основной целью статьи является рассмотрение методов оценки характеристик радиометров и фотометров для обеспечения качества результатов измерений в области радиометрии и фотометрии оптического излучения. Авторами выделены наиболее важные измерительные задачи с использованием спектрорадиометров, радиометров и фотометров в широком спектральном диапазоне. Сформулированы подходы к повышению точности и достоверности метрологических характеристик средств измерений для обеспечения качества экспериментальных результатов, включая межлабораторные сравнительные испытания.

Романова И. – соискатель
Муравьев Д. – студент магистратуры
Скобелев К. – аспирант
Голованов А. – аспирант
Жирнов А. – аспирант
Минь Тхань Чунг – аспирант
Аневский С.И. – доктор технических наук, профессор
Минаева О.А. – доктор технических наук, профессор

Annotation: The main purpose of the article is to consider methods for estimation the characteristics of radiometers and photometers to ensure the quality of measurement results in the field of radiometry and photometry for optical radiation. The authors have identified the most important measurement problems using spectroradiometers, radiometers and photometers in a wide spectral range. Approaches to improving the accuracy and reliability of metrological characteristics of measuring instruments to ensure the quality of experimental results, including interlaboratory comparison tests, are formulated.

Ключевые слова: радиометр, фотометр, угловая чувствительность, спектральная чувствительность, межлабораторные сравнительные испытания.

Keywords: radiometer, photometer, angular sensitivity, spectral sensitivity, interlaboratory comparison tests.

Одной из главных проблем радиометрии и фотометрии является контроль качества средств измерений - радиометров и фотометров, широко используемых в различных сферах государственного регулирования обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений, контролируемые при разработке и испытаниях в целях утверждения типа, а также при поверке и калибровке, определяют точность и достоверность решений измерительных задач, являются основным показателем обеспечения качества результатов измерений. В состав обязательных метрологических характеристик средств измерений, входят погрешности спектральной и угловой чувствительности, коэффициента линейности в рабочем динамическом диапазоне, абсолютной калибровки с прослеживаемостью к государственным первичным эталонам соответствующих единиц величин.

Методы контроля качества в первую очередь должны включать требования к формированию спектральной чувствительности радиометров и фотометров в соответствии с существующими национальными и международными стандартами и рекомендациями. Для обеспечения качества радиометров и фотометров, используемых для определения энергетической и эффективной освещенности, требуется:

- разработка научно-практического статистического инструментария и комплекса методов контроля качества средств измерений на протяжении всего периода эксплуатации с использованием цифровых технологий;
- поиск методов контроля качества при поверке и калибровке средств измерений; управление рисками ошибок и грубых промахов при проведении измерений и предотвращение несоответствий;

- создание научных инструментов и методов потребительской оценки качества средств измерений.
- совершенствование системы подтверждения соответствия качества, включая систему безопасности на базе технических регламентов и стандартов.

Подход к управлению качеством включает статистические методы, представляющий собой совокупность методов обнаружения неслучайных факторов при измерении энергетической и эффективной освещенности для диагностики состояния процесса измерений и его корректировки. Использование методов математической статистики позволяет существенно увеличить точность результатов измерений метрологических характеристик радиометров, особенно в тех случаях, когда реальные процессы подвержены случайным воздействиям.

Для проведения поверки и калибровки средств измерений, используемых в прикладных метрологических задачах, особенно в области ультрафиолетового излучения, требуется проведение сложных и трудоемких измерений абсолютных и относительных спектральных характеристик приемников излучения. Данные измерения включают определение порога чувствительности, линейности в рабочем динамическом диапазоне и оценку погрешностей и неопределенностей угловой и спектральной коррекции. При контроле бактерицидных облучательных установок необходимо исключить факторы, которые могут повлиять на точность и достоверность измерений, включая нестабильность приемников и источников ультрафиолетового излучения. Для этого требуется комплексный подход к определению энергетической и эффективной освещенности, в соответствии с соответствующими нормативно-техническими документами [1-5].

Спектральная чувствительность УФ радиометров должна соответствовать табулированной эффективной характеристике бактерицидного, эритемного или опасного по критерию TLV (threshold limit value) эффективного воздействия УФ излучения. Еще более трудной задачей является обеспечение спектральной коррекции чувствительности интегральных радиометров в диапазонах длин волн УФ-А (315 – 400 нм), УФ-В (280 - 315 нм) и УФ-С (200 – 280 нм) [6,7].

Наиболее важными задачами при разработке спектрометрических, радиометров и дозиметров являются формирование косинусной угловой и спектральной зависимостей чувствительности, обеспечение динамического диапазона и оценка систематической погрешности калибровки с прослеживаемостью к государственным первичным эталонам в соответствии с существующими государственными поверочными схемами.

Требование угловой коррекции чувствительности связано с тем, что отклонение зависимости чувствительности от идеальной косинусной характеристики приводит к

существенным погрешностям при измерении энергетической освещенности от нескольких источников излучения и при оценке эффективности протяженных излучателей и панелей.

Главная проблема измерений освещенности заключается в сложном для практической реализации определении относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения в соответствии с публикациями МКО (Международной комиссией по освещению) и требованиями международных и национальных стандартов [8-9]. При этом основной характеристикой качества люксметров и яркомеров является соответствие относительной спектральной чувствительности относительной спектральной световой эффективности $V(\lambda)$ монохроматического излучения.

Одним из основных направлений использования фотометров для количественной оценки и физического описания восприятия цвета является колориметрия. Международные стандарты по колориметрии, основанные на системе МКО, широко используются в технологиях химической, текстильной, фармакологической и других отраслях промышленности. Исследования, проведенные в национальных метрологических институтах, показали, что оценка систематических составляющих погрешности при определении цвета является сложной задачей [10-12].

Для лабораторий существует следующие подходы к повышению качества результатов испытаний:

- Проверки и аудиты согласно ГОСТ Р ИСО 19011–2021 для оценки соблюдения стандартов и процедур, корректность использования оборудования и методик проведения испытаний, производительность и точность работы, а также множество других факторов, влияющих на качество функционирования лаборатории.
- Управление рисками (менеджмент риска) – скоординированные действия по руководству и управлению организацией в области риска [13]. Лаборатории могут проводить анализ рисков, чтобы определить возможные проблемы, способные повлиять на качество результатов и разработать стратегии для их предотвращения или решения.
- Подбор и обучение персонала, обладающего опытом в проведении испытаний и знанием требований стандартов, а кроме того, необходимо регулярно обучать и повышать квалификацию персонала лаборатории для повышения компетентности и качества работ.

В соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» и требованиями стандарта ИСО/МЭК 17025, одно из важнейших требований обеспечения качества, подтверждения и признания достоверности результатов испытаний является проверка квалификации посредством межлабораторных сравнительных испытаний (далее – МСИ) среди аккредитованных испытательных, измерительных, поверочных и калибровочных лабораторий.

В соответствии с ГОСТ ISO/IEC 17025–2019 и ГОСТ ISO/IEC 17043-2013 лаборатории необходимо установить процедуру и критерии для проведения контроля достоверности деятельности для анализа и выявления тенденций [14,15]. Реализация программ проверки квалификации посредством МСИ среди аккредитованных испытательных лабораторий является одним из важнейших требований для подтверждения и признания достоверности результатов испытаний.

Проверки квалификации по различным объектам испытаний и определяемым показателям посредством МСИ организуют в крупных холдингах, а также на предприятиях и субъектах малого и среднего бизнеса для оперативного контроля целевых значений показателей качества. Одним из ключевых документов для установления требований к проверкам квалификации является Руководство ILAC P9:06/2014 [16], в соответствии с которым техническая компетентность лаборатории может быть продемонстрирована успешным участием лаборатории в межлабораторных сличениях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р 8.760-2011. Измерение энергетических и эффективных характеристик ультрафиолетового излучения бактерицидных облучателей : дата введения 2013-01-01 / Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии // Техэксперт : Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095426?ysclid=loh7e0udoh402123518>.
2. РМГ 70-2003. Характеристики ультрафиолетового излучения бактерицидных облучателей : дата введения 2005-01-01 / Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии // Техэксперт : Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200095426?ysclid=loh7m9ihgn674521403>.
3. ГОСТ Р 8.590-2001. Средства измерений характеристик ультрафиолетового излучения в охране труда : дата введения 2002-07-01 / Постановлением Госстандарта России // Техэксперт : Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200028910?ysclid=loh7naxjtk587713132>.
4. Р 50.2.018-2001. Средства измерений характеристик ультрафиолетового излучения бактерицидных облучателей : дата введения 2002-07-01 / Постановлением Госстандарта России // Техэксперт : Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200029414?ysclid=loh7qih7nu442697655>.
5. Р 3.5.1904-04. Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях : дата введения 2004-03-04 / Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации, Первым заместителем Министра здравоохранения Российской Федерации Г.Г.Онищенко // Техэксперт : Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200038484?ysclid=loh7sjhrvo472437866>.
6. CIE 053-1982. Methods of characterizing the performance of radiometers and photometers. URL: <https://datasheets.globalspec.com/ds/international-commission-on-illumination-cie/053-1982/ccb93acc-adf3-4591-af5e-48e458c39717>.

7. ГОСТ Р 8.901-2015. ГСИ. Средства измерений характеристик ультрафиолетового излучения источников медицинского назначения. Методика поверки : дата введения 2016-10-01 / Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии // Техэксперт : Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200127198?ysclid=loh7x3rbio275982094>.
8. ГОСТ Р 8.332-2013. Световые измерения. Значения относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения. Общие положения : дата введения 2015-10-01 / Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии // Техэксперт : Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200110969?ysclid=loh7yossry921741921>.
9. СП 52.13330.2016. «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 : дата введения 2017-05-08 / приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации // Техэксперт : Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197?ysclid=loh80l2vuh657784046>.
10. Kruisselbrink T., Dangol R., Rosemann A. Photometric measurements of lighting quality: An overview // Building and Environment. – 2018. – p. 42-52.
11. Lubin Han. The principle and characteristics of photoelectric sensors // Science and Technology Innovation and Application. – 2020. – p. 77-78.
12. Ohno Y. CIE Fundamentals for Color Measurements // IS&T NIP16 Intl. Conf. on Digital Printing Technologies. – 2000. – p. 540–545.
13. ГОСТ Р 51897–2011. Менеджмент риска. Термины и определения : дата введения 2012-12-01 / Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии // Техэксперт : Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200088035?ysclid=loh828sof3748549989>.
14. ГОСТ ISO/IEC 17025–2019. Общие требования к компетентности. Испытательных и калибровочных лабораторий : дата введения 2019-09-01 / Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии // Техэксперт : Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200166732?ysclid=loh83n3jjv917727584>.
15. ГОСТ ISO/IEC 17043–2013. Оценка соответствия. Основные требования к проведению проверки квалификации : дата введения 2015-03-01 / Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии // Техэксперт : Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200108187?ysclid=loh85eg7a5620158025>.
16. ИЛАС Р 9:06/2014 «Политика ИЛАС для участия в проверке квалификации». URL: <https://fsa.gov.ru/documents/13214/?ysclid=loh86pps6o344260435>