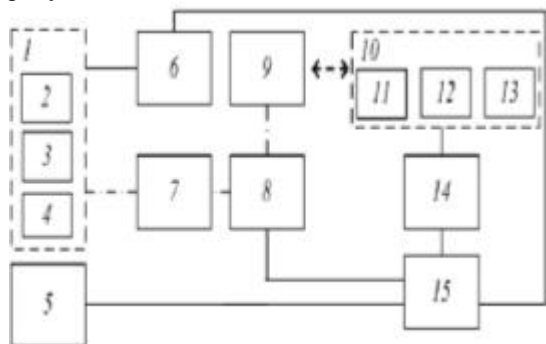


УДК: 535.3

## МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ИСТОЧНИКОВ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Длугунович В.А.<sup>1</sup>, Никоненко С.В.<sup>1</sup>, Савкова Е.Н.<sup>2</sup>, Демидович А.Г.<sup>2</sup><sup>1</sup> Институт физики НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь<sup>2</sup> Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

В настоящее время в Республике Беларусь создаются и широко применяются в медицине, промышленности, приборостроении, науке и других областях источники ультрафиолетового излучения (далее УФИ), что связано с полезными свойствами данного излучения. Однако с целью обеспечения безопасности и снижения рисков вредных влияний УФИ на здоровье человека и окружающую среду возникает необходимость в ужесточении методов и средств контроля характеристик источников УФИ. В связи с этим в научно-испытательной лаборатории лазерной техники и поляриметрии Института физики НАН Беларуси создан комплекс для измерений спектральной плотности энергетической яркости (далее СПЭЯ) и силы излучения источников УФИ и чувствительности фотоприемников «Лямбда УФ» (далее комплекс). Комплекс предназначен для испытаний источников УФИ, производимых и используемых в Республике Беларусь, а также войдет в систему эталонов, измерительных и калибровочных установок, являющихся основой метрологического обеспечения светодиодной техники в Республике Беларусь. Структурная схема комплекса приведена на рисунке 1.



1 – блок УФ излучателей; 2 – субблок лазерных излучателей; 3 – субблок светодиодных излучателей; 4 – субблок ламповых излучателей; 5 – гониометрическая система; 6 – блок питания и контроля параметров источников излучения; 7 – блок входной оптики; 8 – монохроматор; 9 – блок экспресс-анализа; 10 – блок приемников излучения; 11 – фотоэлектронный умножитель (ФЭУ); 12 – трап-детектор; 13 – фотодиод; 14 – блок регистрации; 15 – персональный компьютер.

Рисунок 1 – Структурная схема комплекса по СПЭО эталонной дейтериевой лампы

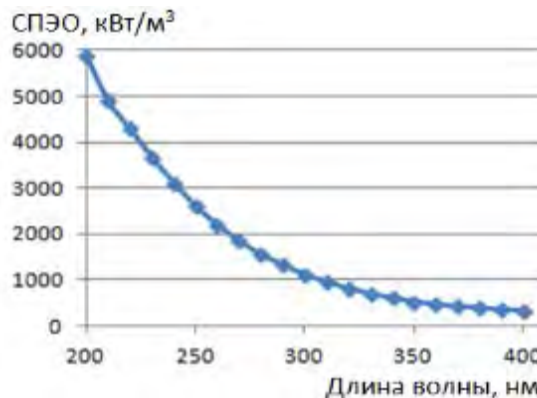


Рисунок 2 – Результаты калибровки комплекса по СПЭО дейтериевой лампы

В процессе метрологической аттестации были установлены следующие характеристики комплекса:

- диапазон измерений СПЭО дейтериевых ламп и светодиодов, Вт·м<sup>-3</sup>;
- относительная расширенная неопределенность измерений СПЭО дейтериевых ламп и светодиодов, %;
- спектральный диапазон измерения СПЭО дейтериевых ламп и светодиодов, нм;
- диапазон измерений СПЭЯ светодиодов, Вт·м<sup>-3</sup>·ср<sup>-1</sup>;
- относительная расширенная неопределенность измерений СПЭЯ светодиодов, %.

Для обеспечения необходимого уровня доверия к результатам измерений, испытаний, калибровок аккредитованная измерительная лаборатория в соответствии с СТБ ISO/IEC 17025 должна осуществлять их мониторинг, поэтому применяемые лабораторией методы измерений, должны быть валидированы. С целью валидации и последующей верификации метода был разработан план внутрिलाбораторного эксперимента по оценке точности метода измерений спектрорадиометрических характеристик источников УФИ. При проведении эксперимента был выбран двухфакторный эксперимент с полной группировкой, схематический план которого представлен на рисунке 3.

Комплекс функционирует в режимах:

- 1) «калибровка комплекса по СПЭЯ»;
- 2) «измерения спектральной плотности энергетической освещенности (далее СПЭО) и силы

излучения светодиодов и светодиодных осветителей»;

3) «измерения СПЭЯ светодиодов и светодиодных осветителей; измерения спектральной чувствительности фотоприемников».



Рисунок 3 – Схематический план эксперимента

В соответствии с требованиями ТКП 8.004 и ТКП 8.014 была разработана программа и методика метрологической аттестации, а также утверждена методика калибровки комплекса. Основной задачей при проведении метрологической аттестации комплекса является установление его метрологических характеристик.

Согласно разработанной методике метрологической аттестации неопределенность измерений и диапазон измерений СПЭО определяют: для дейтериевых ламп в спектральном диапазоне от 200 до 400 нм в точках – 200 нм, 250 нм, 300 нм и 400 нм, для светодиодов в спектральном диапазоне от 250 до 400 нм в точках – 280 нм, 360 нм. Измерения повторяют не менее 10 раз в каждой исследуемой точке. Значения неопределенности измерений для любой точки из спектрального диапазона определяются путем интерполяции.

В Республике Беларусь отсутствуют эталоны, обеспечивающие измерения и передачу размеров спектрорадиометрических величин средствами измерений по поверочной схеме. Государственная поверочная схема средств измерений устанавливается по ГОСТ 8.195, путем передачи единиц СПЭЯ и СПЭО от государственных первичных эталонов Российской Федерации. Таким образом, в качестве средства метрологической аттестации была использована эталонная дейтериевая лампа в защитном кожухе CL7-Н, с относительной расширенной неопределенностью измерений СПЭО 2 % и спектральным диапазоном от 200 до 400 нм. Перед проведением метрологической аттестации выполнялась калибровка комплекса по СПЭО эталонной дейтериевой лампой. Калибровку комплекса по СПЭО проводят в спектральном диапазоне от 200 до 400 нм с шагом 10 нм. Результаты калибровки комплекса

При проведении эксперимента, необходимо выделить показатели, которые будут наиболее полно характеризовать качество процесса, а за-

тем периодически контролироваться и поддерживаться на заданном уровне. Основными показателями качества количественных результатов измерений являются показатели, связанные с точностью.

Обработка результатов измерений осуществлялась в соответствии с СТБ ИСО 5725. Для практического применения показателей прецизионности и воспроизводимости установлены значения пределов повторяемости и воспроизводимости и критических разностей в соответствии с СТБ ИСО 5725-6. При этом значение стандартного отклонения разности не должно превышать критическую разность.

При проверке результатов испытаний при числе измерений  $n = 10$  и 95 %-ном уровне вероятности, полученных в условиях повторяемости или воспроизводимости, сравнение проводится с использованием значения предела повторяемости

$$r = 6,2 \sigma_r = 2687 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-3} \quad (2)$$

или предела воспроизводимости

$$R = 6,2 \sigma_R = 3599 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-3} \quad (3)$$

где  $\sigma_r$  и  $\sigma_R$  – стандартные отклонения повторяемости и воспроизводимости, соответственно.

Стандартное отклонение разности:

$$\sigma = \sqrt{10\sigma_R^2 + 0,4\sigma_r^2} = 1,251 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-3} \quad (4)$$

Критическая разность:

$$CD = \sqrt{R^2 + 0,8r^2} = 2679 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-3} \quad (5)$$

Поскольку  $\sigma < CD$ , результаты, полученные при проведении эксперимента, признаются приемлемыми.

1. ТКП 8.004-2012 (03220) Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Метрологическая аттестация средств измерений. Правила проведения работ.
2. ТКП 8.014-2012 (03220) Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Калибровка средств измерений. Правила проведения работ.
3. ГОСТ 8.195-89 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения и спектральной плотности энергетической освещенности
4. СТБ ИСО/МЭК 17025 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий.
5. СТБ ИСО 5725-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Части 1-6.