Пример протокола контроля качества для оборудования системы синхронизации с дыханием

Контролируемая характеристика	Результат (указывается в установленной форме, или если это численное значение, то в пределах допустимого отклонения)
Время запуска системы синхронизации с дыханием	≤ 3 с (допустимое значение)
ПЗС-камера	+ (работает)
Обнаружение маркера	+ (работает)
Микрофон	+ (работает)
Динамик	+ (работает)
Громкость динамика	+ (громкость достаточна)
Четкость звука из динамика	+ (речь хорошо различима)
Перемещение маркера	≤ 2 мм (допустимое отклонение от показателей полученных ПЗС-камерой)

Целесообразность введения девятого пункта можно объяснить тем, что для проведения контроля качества медицинскому физическому необходимы методические указания как проводить данную процедуру, иначе есть риск, что измерения могут быть неточными или неверными.

Новые методы внедряются в клиническую практику только после утверждения Министерством здравоохранения Республики Беларусь. Они могут применяться не только в медицинском учреждении, где были разработаны, но и в других учреждениях здравоохранения, где установлено такое же оборудование.

Представленная методика применима для разработки новых протоколов контроля качества и является универсальной. При разработке новых протоколов контроля качества необходим персонал, который хорошо знаком с процедурой, где применяется оборудование для которого разрабатывается протокол контроля качества, имеющий достаточные для этого знания и опыт. Эту задачу успешно решает медицинский физик. Данную методику можно использовать в процессе обучения студентов в вузе по специальности «медицинская физика».

ЛИТЕРАТУРА

1. МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ, Разработка программы лучевой терапии: аспекты клинической практики, медицинской физики, радиационной защиты и безопасности, МАГАТЭ, Вена – 2015. – С. 265.
2. Контроль качества характеристик современных медицинских ускорителей электронов / Е. В. Титович [и др.] // Приборы и методы измерений – 2011. – № 1 (2). – С. 112-116.
3. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Selecting megavoltage treatment technologies in external beam radiotherapy, IAEA Human health reports No. 17, IAEA, Vienna – 2022. – P. 43.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТОВОЙ СРЕДЫ, ФОРМИРУЕМОЙ ИСКУССТВЕННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ СВЕТА, НА РАБОЧИХ МЕСТАХ В ПОМЕЩЕНИЯХ

METHOD FOR SPECTRAL COMPOSITION DETERMINATION OF THE ARTIFICIAL LUMINOUS ENVIRONMENT OF INDOOR WORKPLACES

А. Ю. Баслык¹, В. А. Коноплянко¹, В. И. Цвирко²

A. Baslyk¹, V. Konoplyanko¹, V. Tsvirka²

¹Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр гигиены»,

²Республиканское научно-производственное унитарное предприятие «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий Национальной академии наук Беларуси»,

г. Минск, Республика Беларусь

¹rspch@rspch.by

²info@ledcenter.by

¹Republican unitary enterprise «Scientific practical centre of hygiene»,

²SE «Center of LED and Optoelectronic Technologies of National Academy of Sciences of Belarus»,
Minsk, Republic of Belarus

Спектральный состав световой среды, формируемой электрическими источниками света, на рабочих местах в помещениях следует рассматривать в том числе как потенциально неблагоприятный производственный

фактор, периодический лабораторный контроль которого при эксплуатации систем искусственного освещения помещений является важным этапом гигиенической оценки условий труда по показателям световой среды. В работе представлены методические подходы к оценке координат цветности (x , y) и коррелированной цветовой температуры как цветовых характеристик спектрального состава искусственной световой среды на рабочих местах в помещениях. Описаны способы определения коррелированной цветовой температуры, основные рабочие характеристики методики измерений. Предложен алгоритм оценки соответствия результатов нормативным требованиям.

The spectral structure of the illumination environment formed by electric light sources of indoor workplaces should be considered among other things as a potentially unfavorable production factor the periodic laboratory control of which during the operation of artificial lighting systems is an important stage in the hygienic assessment of working conditions in terms of the illumination. The study presents methodological approaches to assessing the chromaticity coordinates (x , y) and correlated color temperature as color characteristics of the spectral composition of an artificial luminous environment of indoor workplaces. Determination method of the correlated color temperature the main performance characteristics of the measurement technique were described. An assessing algorithm of compliance of results with regulatory requirements was proposed.

Ключевые слова: световая среда, освещение, коррелированная цветовая температура, координаты цветности.

Keywords: illumination environment, lighting, correlated colour temperature, chromaticity coordinates.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2023-1-314-317>

Искусственное освещение рабочих мест является важным фактором, обеспечивающим, посредством адекватного зрительного восприятия, выполнение работниками профессиональных задач и безопасность хода технологического процесса. При этом количественные (световой поток, освещенность, яркость и др.) и качественные (спектральный состав, цветопередача, пульсация светового потока и иные) характеристики некогерентного электромагнитного излучения оптического диапазона, рассматриваются как потенциально неблагоприятный производственный фактор, затрудняющий безопасное ведение трудовой и производственной деятельности. Определение фактических значений показателей световой среды с использованием методов измерений, отвечающих критериям точности установленных соответствующими техническими нормативными правовыми актами, является одним из ключевых этапов оценки соответствия данных показателей действующим нормативам требованиям.

Применяемые в настоящее время для освещения помещений электрические источники света существенно отличаются спектральным составом генерируемого оптического излучения. Лампы накаливания излучают непрерывный (сплошной) спектр излучения, с преобладающей длинноволновой («красной») составляющей спектра, разрядные (люминесцентные) лампы характеризуются дискретностью оптического спектра с несколькими выраженными пиками излучения на разных отрезках видимого диапазона, наиболее доступные и широко представленные на рынке светодиодные источники света отличаются преобладанием коротковолновой («синей») составляющей спектра видимого излучения. При этом не редки случаи применения в системе освещения помещения электрических источников света с отличающимися спектральными характеристиками или одновременное использование разных типов источников света в одном помещении. Таким образом, спектральный состав искусственной световой среды помещения может существенно отличаться в зависимости от сочетания применяемых в помещении электрических источников света, их комбинаций, срока и условий эксплуатации светильников и иных факторов [1].

Определенное сочетание спектра электромагнитного излучения в видимом диапазоне проявляется соответствующей цветностью источника света или световой среды. Для инструментальной оценки цветности используется множество разных показателей цветовых характеристик исследуемого света (индекс цветопередачи, цветовая температура, цветовое смещение (цветовое различие, цветовой сдвиг), координаты цветности и др.). Цветовой характеристикой световой среды, получившей наибольшее распространение как в профессиональных сообществах, так и среди обычных пользователей является коррелированная цветовая температура (далее – КЦТ), которая определяется как температура абсолютно черного тела (излучателя Планка), воспринимаемый цвет которого наиболее близко напоминает цвет данного стимула при той же яркости и при определенных условиях наблюдения (измеряется в градусах по шкале Кельвина (К)) [2]. КЦТ рассматривается как мера объективной оценки ощущения и восприятия цвета света, являясь при этом интуитивно воспринимаемым и удобным для широкого применения показателем («шкалой») характеризующим цветность или оттенок белого света.

Республиканским унитарным предприятием «Научно-практический центр гигиены» совместно с Республиканским научно-производственным унитарным предприятием «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий Национальной академии наук Беларуси» в рамках выполнения научно-исследовательской работы «Обосновать и разработать гигиенические критерии к спектральному составу световой среды, формируемой искусственными источниками света на рабочих местах» подпрограммы «Безопасность среды обитания человека» государственной научно-технической программы «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг» разработана методика измерений АМИ.МН 0014-2021 «Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Цветовые характеристики искусственной световой среды на рабочих местах в помещениях. Методика измерений» (далее – Методика измерений).

Методика измерений позволяет определять цветовые границы для белого света в международной колориметрической системе Международной Комиссии по Освещению (далее – МКО), посредством вычисления КЦТ или координат цветности (x , y), которые определяются на основе стандартного колориметрического наблюдателя МКО 1931 г. по СТБ ISO 11664-1-2018 [3]. Значение КЦТ исследуемой искусственной световой среды может быть получено либо посредством прямых измерений с помощью соответствующих средств измерений (спектрометров), либо через измерение координат цветности (x , y) с последующим определением номинального значения КЦТ по точке с установленными координатами цветности (x , y) на графике цветностей МКО 1931 г. или по табличным значениям координат цветности (x , y) четырехугольников допустимых отклонений КЦТ (таблица 1) [4].

Таблица 1

Номинальные значения КЦТ и соответствующие диапазоны допустимых значений КЦТ и координат цветности (x , y)

Номинальное значение КЦТ, К	Допустимые значения КЦТ, К	Координаты цветности	Центральная точка	Точки координат цветности в вершинах четырехугольников			
				A	B	C	D
2700	2725 ± 145	x	0,4578	0,4813	0,4562	0,4373	0,4593
		y	0,4101	0,4319	0,4260	0,3893	0,3944
3000	3045 ± 175	x	0,4339	0,4562	0,4303	0,4150	0,4373
		y	0,4033	0,4260	0,4173	0,3821	0,3893
3500	3465 ± 245	x	0,4078	0,4303	0,4003	0,3895	0,4150
		y	0,3930	0,4173	0,4035	0,3709	0,3821
4000	3985 ± 275	x	0,3818	0,4003	0,3737	0,3671	0,3895
		y	0,3797	0,4035	0,3880	0,3583	0,3709
4500	4503 ± 243	x	0,3613	0,3737	0,3550	0,3514	0,3672
		y	0,3670	0,3882	0,3754	0,3482	0,3585
5000	5028 ± 283	x	0,3446	0,3550	0,3375	0,3366	0,3514
		y	0,3551	0,3753	0,3619	0,3373	0,3481
5700	5665 ± 355	x	0,3287	0,3375	0,3205	0,3221	0,3366
		y	0,3425	0,3616	0,3476	0,3256	0,3374
6500	6530 ± 510	x	0,3123	0,3205	0,3026	0,3067	0,3221
		y	0,3283	0,3477	0,3311	0,3119	0,3255

Если измеренные значения КЦТ и координат цветности (x , y) не соответствуют диапазонам допустимых значений, приведенным в таблице 1, то значение КЦТ исследуемой световой среды следует считать не соответствующим установленному диапазону номинальных значений КЦТ, а цветность данной световой среды, не отвечающей требованиям, предъявляемым к белому свету. Необходимо иметь в виду, прямое измерение КЦТ позволяет выполнить приблизительную оценку цвета световой среды, а измерения координат цветности (x , y) и определение номинального значения КЦТ – окончательную.

При проведении измерений по Методике измерений необходимо соблюдать ряд нижеприведенных условий, влияющих на получаемые результаты. Средства измерений цветовых характеристик должны позволять выполнять измерения в спектральном диапазоне от 380 нм до 780 нм. С целью нивелирования искажения результатов определения цветовых характеристик искусственной световой среды естественным светом, проникающим через световые проемы (при совмещенном освещении), измерения в оцениваемом помещении следует проводить при условии соблюдения отношения естественной освещенности к нормируемой искусственной в точке измерения не более 0,01. Оператор, выполняющий измерения, должен быть одет в черную или темно-серую одежду. При выполнении измерений цветовых характеристик на оцениваемом рабочем месте оптическую головку спектрометра важно располагать неподвижно в плоскости рабочей поверхности (стол, верстак, стеллаж и иное). Методикой измерений установлены следующие метеорологические условия проведения измерений: температура воздуха на оцениваемом рабочем месте от 15 °С до 25 °С, относительная влажность воздуха в помещении не более 70 %, атмосферное давление от 80 кПа до 110 кПа. Измерения цветовых характеристик световой среды на обследуемой рабочей поверхности допускается проводить после стабилизации светового потока электрических источников света. Время стабилизации светового потока электрических источников света после их включения на номинальное напряжение сети, если иное время стабилизации светового потока не указано в технической документации на данный тип источника света, должно быть не менее: 5 мин для ламп накаливания, 15 мин для разрядных ламп высокого давления, 40 мин для люминесцентных ламп; 30 мин для светодиодных ламп (светодиодных модулей); 45 мин для иных искусственных источников света [5].

Для оценки цветовых характеристик световой среды количество точек измерения на рабочей поверхности в пределах рабочего места определяется площадью зоны зрительной работы аналогично [5]. За результат измерений цветовых характеристик световой среды на оцениваемом рабочем месте принимается среднее арифметическое значение характеристик световой среды в точках измерений. Результаты измерений координат цветности (x , y) представляют в виде десятичного дробного числа с четырьмя знаками после запятой. Результат непосредственно измеренной КЦТ округляют до целого значения. При определении КЦТ по точке координат цветности (x , y) на графике цветностей МКО 1931 г. за результат принимается номинальное значение КЦТ, соответствующее четырехугольнику допустимых отклонений КЦТ, включающему данную точку. Если точка координат цветности (x , y) не попадает ни в один из четырехугольников на графике цветностей МКО 1931 г., номинальное значение КЦТ не может быть определено [4].

Основные рабочие характеристики Методики измерений приведены в таблице 2.

Таблица 2

Рабочие характеристики Методики измерений

Измеряемая величина	Диапазон измерений	Расширенная неопределенность (U)
Коррелированная цветовая температура, К	От 2000 до 8000	61
Координата цветности (x)	От 0,3020 до 0,4820	0,0079
Координата цветности (y)	От 0,3110 до 0,4320	0,0116

Полный результат измерения КЦТ световой среды представляется в форме

$$T_{cp} \pm U, (P = 0,95, k = 2),$$

где T_{cp} – результат измерения КЦТ световой среды;

U – расширенная неопределенность измерений КЦТ световой среды;

P – вероятность охвата;

k – коэффициент охвата.

При наличии необходимости представления заключения о соответствии измеренной КЦТ требованиям нормативных документов Методикой измерений сформулировано правило принятия решения. Учитывая, что допустимые значения цветовых характеристик в подавляющем большинстве случаев регламентируются соответствующими диапазонами, правило принятия решения о соответствии нормативным требованиям следует интерпретировать следующим образом:

- если измеренные значения цветовых характеристик находятся в области нижней границы нормируемого диапазона, должно выполняться условие

$$X - U \geq X_{LVmin},$$

- если измеренные значения цветовых характеристик находятся в области верхней границы нормируемого диапазона, должно выполняться условие

$$X + U \leq X_{LVmax},$$

где X – результат измерения цветовой характеристики световой среды;

U – расширенная неопределенность измерений цветовой характеристики световой среды;

X_{LVmin} – минимально допустимое значение цветовой характеристики световой среды;

X_{LVmax} – максимально допустимое значение цветовой характеристики световой среды.

Таким образом, разработанная Методика измерений позволяет получать репрезентативные данные при выполнении инструментальных измерений цветовых характеристик, формируемых электрическими источниками света, на рабочих местах, что является важным элементом оценки соответствия гигиеническим критериям безопасности параметров спектрального состава искусственной световой среды помещений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Результаты измерений цветовой температуры искусственной световой среды на рабочих местах в помещениях / А. Ю. Баслык [и др.] // Молодежь в науке – 2020 : тезисы докладов XVII Международной научной конференции «Молодежь в науке» (Минск, 22–25 сентября 2020 г.) / Нац. акад. наук Беларуси, Совет молодых ученых ; редкол.: В. Г. Гусаков (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2020. – С. 348–350.
2. Лампы с ненаправленным светозлучением бытовые. Энергетическая эффективность. Требования и методы контроля : СТБ 2476–2020. – Введ. 01.11.2020. – Минск : Госстандарт, 2022. – 48 с.
3. Колориметрия. Часть 1. Стандартные колориметрические наблюдатели CIE : СТБ ISO 11664–1–2018. – Введ. 01.08.2018. – Минск : Госстандарт, 2018. – 36 с.
4. Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний : ГОСТ 34819–2021. – Введ. 01.03.2023. – Минск : Госстандарт, 2023. – 60 с.
5. Методы гигиенической оценки показателей искусственной световой среды в помещениях зданий и сооружений : инструкция по применению, рег. № 007-1217 : утв. Гл. гос. санитар. врачом Респ. Беларусь 12.06.2018. – Минск, 2018. – 14 с.