



СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ

НЕРАДОВСКИЕ ЧТЕНИЯ

ХРАНЕНИЕ,
ИССЛЕДОВАНИЕ,
РЕСТАВРАЦИЯ
МУЗЕЙНЫХ
ПРЕДМЕТОВ
И КОЛЛЕКЦИЙ

История,
современное состояние
и перспективы развития



Константин Абрамович ТОМСКИЙ

доктор технических наук,
генеральный директор,
Научно-техническое предприятие «ТКА»

tka46@mail.ru



ПРИБОРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И НОРМИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ И ЭКСПОНИРОВАНИЯ МУЗЕЙНЫХ КОЛЛЕКЦИЙ

1. Нормирование освещения музеиных экспонатов

Научно-техническое предприятие «ТКА» является основным поставщиком фотометрических приборов для измерения музеиного освещения и параметров микроклимата. Поэтому нормирование света в музеях, в соответствии с которым должен выполняться контроль, всегда являлось для нас важнейшей установкой для разработки и производства фотометров.

Специфика музеиного освещения связана с необходимостью выбирать источники света не только безопасные для экспонатов и людей, но и дающие максимальные возможности для адекватного восприятия произведений искусства. Сегодня в мировой музейной практике нет серьезной альтернативы светодиодному освещению. Практически все новые и модернизированные музеи освещены светодиодными светильниками.

Проблемы безопасности воздействия света на музеиные и библиотечные экспонаты только за последние пять лет обсуждались более чем на десяти международных и отечественных конференциях и семинарах. Рассматривались также отдельные рекомендации для включения в проекты инструкций и правил хранения. При этом отмечалось, что неконтролируемое применение новых источников освещения может привести к серьезному повреждению экспонатов. В числе первоочередных задач отмечен выпуск нормативного

документа – отраслевого стандарта или руководства по светотехнике для музеиных хранителей.

Последние публикации Международной комиссии по освещению (далее МКО) о воздействии света на сохранность музейных экспонатов [1, 2] датированы самым началом века, и, естественно, в них ничего не говорится о светодиодном освещении. Действующие в нашей стране нормативные документы [3, 4, 5] также не учитывают повсеместное внедрение светодиодного освещения. В проекте новой инструкции по хранению музейных предметов повторяются положения 20-летней давности, в том числе рекомендации для ламп накаливания. Не обсуждая их качества, просто отметим, что выпуск ламп накаливания остановлен законодательно.

На текущей конференции было заслушано сообщение главного метролога ВНИСИ им. С.И. Вавилова о подготовке и публикации проектов новых стандартов по музейному освещению. Это очень нужные документы, и, судя по проекту, готовятся они высокопрофессионально и будут востребованы музейным сообществом. Возможно, излишняя гармонизация зарубежных стандартов для нашей страны может несколько ослабить эффект от долгожданных стандартов. Неслучайно в публикациях МКО рекомендовано устанавливать нормы для каждой страны (региона) индивидуально. Но главное, по нашему мнению, – по-прежнему отсутствуют натурные испытания светостойкости экспонатов под воздействием светодиодного освещения. Предыдущее нормирование опиралось на многолетние исследования [6, 7], выполненные специалистами-светотехниками разных стран.

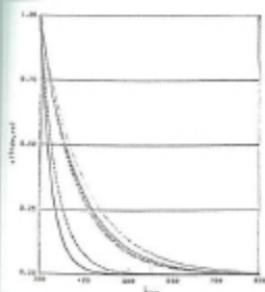
В первых научных публикациях о воздействии светового излучения на выцветание акварельных красок было установлено, что эффект выцветания зависит от количества освещения, времени экспонирования и используемого источника освещения. Так были установлены первые качественные зависимости процессов изменения и разрушения объектов.

По заданию Библиотеки Конгресса США Национальное бюро стандартов провело более серьезные исследования по определению степени светового воздействия на различные материалы в зависимости от длины волны и длительности экспозиции, в результате чего стало возможным классифицировать источники освещения в соответствии с их повреждающим

эффектом [8] и сформулировать первые нормы освещенности для экспонатов длительного хранения. Более поздние исследовательские и практические работы позволили установить простые эмпирические правила для рекомендаций музеям ограничить максимальную освещенность для большинства светочувствительных объектов величиной 50 лк и позже – 200 лк для картин маслом и темперой. На этом подходе базировались системы освещения различных музеев, в частности Тейт-галереи, открытой в 1979 году.

В дальнейшем вместо фиксированной освещенности вводится годовая экспозиция дневного и искусственного освещения, которая контролируется и поддерживается до установленного значения 0,5 млн ч/год. В работе профессора Берлинского университета Крохманна «Повреждение музейных экспонатов под воздействием оптического излучения» описывалось проведение облучения музейных материалов ксеноновой лампой с использованием отрезающих фильтров. Впервые был использован спектральный метод. Измерения проводились прямоотсчетным спектролориметром. На ил. 1 и 2 показаны спектральная чувствительность и годовая доза облучения для типичных музейных материалов.

В 1996 году по заказу Министерства культуры НТП «ТКА» совместно с ГосНИИР провело исследования с целью установления допустимого уровня УФ-облучения для групп музейных



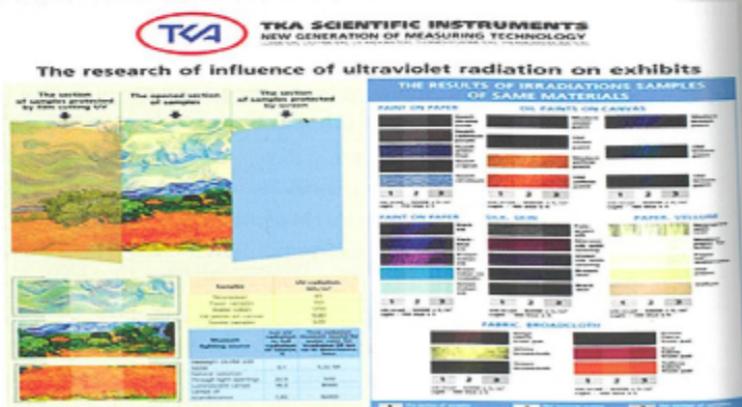
Ил. 1. Спектральная чувствительность материалов музеиных экспонатов

№	Образцы	N Вт/час·м ²
1	Акварель	175
2	Масляная краска	850
3	Образцы бумаги	1200
4	Образцы газет	5
5	Текстильные образцы	290

Ил. 2. Допустимые дозы облучения с учетом актиничности материалов

материалов. Применялся метод, аналогичный методу Крохманна, и в результате впервые в мировой практике были получены конкретные пороговые значения УФ-облученности и разработан проект рекомендаций для музеев [9]. В ходе работы исследовано влияние УФ-излучения на широкий ряд специально подобранных типичных музейных материалов в соответствии с выбранным комплексом методов исследования количественных данных. Примененные методы исследования включают в себя объективные количественные сравнительные измерения оптических свойств материалов до и после облучения их УФ-излучением. Приведены результаты измерений коэффициента яркости и координат цвета исследуемых образцов до и после облучения. Предложены рекомендации по введению норм допустимого уровня УФ-излучения в зависимости от времени экспозиции (ил. 3).

Проведенные исследования позволяют приступить к работам, в результате которых удастся, с одной стороны, повысить защиту экспонатов от разрушения и порчи, вызванных оптическим излучением, а с другой – улучшить световой режим и снизить затраты в учреждениях культуры, связанные с защитой от света.



Ил. 3. Изменения свойств музейных материалов под действием оптического излучения

Как правило, соответствующие нормы разрабатываются светотехниками совместно с гигиенистами на основании психо-физиологических экспериментов. В отличие от остальных физических величин, свет оценивается исходя из тех визуальных ощущений, которые он вызывает.

Восприятие у всех разное, и только эксперименты и обработка большого количества статистических данных позволяют с той или иной степенью достоверности судить о свете.

Нормы не являются чем-то перманентным и статичным, они всегда отражают баланс между желаемым и выполнимым, между комфортом и экономическими/техническими возможностями. Прогресс не стоит на месте, в настоящее время бурно развиваются светодиодные технологии освещения, и, несомненно, существующие нормы будут пересматриваться, будут найдены и приняты дополнительные критерии, что позволит продвинуться еще на один шаг в сторону оптимизации условий освещения.

2. Средства измерений световых характеристик

в музейных помещениях

В упомянутых проектах стандартов по музеиному освещению рекомендованы для измерений следующие параметры освещения:

- средняя/полуцилиндрическая освещенность на поверхности экспоната;
- равномерность и неравномерность распределения освещенности по поверхности экспоната;
- освещенность и равномерность ее распределения на уровне пола;
- годовая световая экспозиция музейных предметов;
- приведенная мощность УФ- и ИК-излучения в спектре воздействующего на предметы света;
- контраст между освещенностью на экспонате и освещенностью фона;
- коррелированная цветовая температура воздействующего света;
- общий индекс цветопередачи;
- коэффициент пульсации освещенности, в том числе и на музейном предмете;
- распределение яркости в поле зрения посетителя.

Рассмотрим виды измерений и соответствующие приборы.

2.1. Измерение освещенности. Люксметры

В конце прошлого века в соответствии с рекомендациями МКО во всем мире прошла смена поколений приборов для измерения освещенности.

В нашей стране взамен люксметров на основе селеновых чувствительных элементов (ил. 4) начали выпускаться приборы на базе спектрально скорректированных фотодиодов (ил. 5).



Ил. 4. Люксметр Ю-16
(до 1996 г.)



Ил. 5. Люксметр ТКА-Люкс
(1995-2016)

Известны причины, вызвавшие необходимость срочной смены целого поколения фотометрических приборов:

1. Расширение номенклатуры источников освещения, имеющих существенно различный спектр излучения.
2. Введение оценки погрешности коррекции $F1(z)$ по специально отобранным источникам.
3. Необходимость повышения потребительских свойств измерительной техники.
4. Использование при разработке фотометров новой элементной базы, в том числе микропроцессорной.

Нормальная освещенность определяется по формуле:

$$E_n = d\Phi / d\sigma_n = I \cdot dw / dw \cdot r^2 = I / r^2$$

Это выражение установленного Кеплером закона квадратов расстояний: освещенность обратно пропорциональна квадрату расстояния от точечного источника. Прожекторы и лазеры, принимаемые за точечные источники излучения, подчиняются

этому закону лишь на расстояниях, превышающих дистанцию формирования полного расходящегося пучка. При измерении объектов конечного размера a прибором с входным зрачком d закономерность выполняется, когда расстояние r в 10–100 раз больше наибольшего из размеров a или d .

В соответствии с законом наклона, или косинуса (освещенность пропорциональна косинусу угла падения луча), получаем выражение освещенности произвольной плоскости через силу света, которое объединяет законы косинуса и квадратов расстояний:

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \varphi$$

По утвержденной методике поверки погрешность коррекции, рассчитанная для каждого контрольного источника, должна быть не более 6 %. В качестве контрольных источников в настоящее время применяются: натриевый (НЛВД), ртутный высокого давления (РПВД), трехполосный люминесцентный (ЛЛ), металлогалоидный (МГЛ) с тремя добавками и редкоземельными добавками.

Среди вышеназванных источников отсутствуют светодиодные осветители, внедрение которых, как было отмечено ранее, стремительно происходит во всем мире. МКО намерено внести в методику оценки погрешности спектральной чувствительности люксметра изменения, добавив в качестве контрольных источников светодиодные, при сохранении допустимого уровня погрешности коррекции 5–6 %.

2.2. Измерение яркости. Яркомеры

Как известно, глаз реагирует на яркость, то есть на световой поток, отраженный от поверхности в направлении линии зрения наблюдателя. Поэтому измерение яркости наиболее правильно характеризует восприятие световой среды и ощущение от видимого экспоната в зависимости от типа источника света.

Яркость обозначается L и определяется по следующей формуле:

$$L = \frac{d\Phi}{d\sigma \cdot \cos \psi \cdot d\omega},$$

где $d\Phi$ – поток излучения, переносимый в элементарном пучке лучей, проходящем через данную точку и распространяющемся

в телесном угле $d\omega$, содержащем данное направление; $d\sigma$ – площадь сечения данного пучка, проходящего через данную точку; φ – угол между нормалью к данному сечению и направлением пучка лучей.

Физическая величина «яркость» само по себе коварное понятие. Создается впечатление, что при уменьшении угла наблюдения яркость площадки возрастает, причем значительно. На самом деле яркость площадки не изменяется вместе с уменьшением угла наблюдения. Одновременно совершенство пропорционально уменьшается поток, посыпаемый площадкой в направлении наблюдения:

$$\Phi = L \cdot \sigma \cdot \omega \cdot \cos \varphi$$

Яркость пучка всегда постоянна.

С другой стороны, яркость зависит от физического состояния среды, через которую проходит луч.

Примером дистанционного измерителя яркости может быть модернизированный яркомер «ТКА-КИНО» (ил. 6).

Такой яркомер применяется при измерении яркости прямым методом, определении объединенного показателя дискомфорта (UGR), дистанционном определении равномерности



Ил. 6. Дистанционный яркомер «ТКА-КИНО»

и неравномерности распределения яркости по поверхности экспоната.

2.3. Измерение пульсации света

СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение», которым руководствуются при проектировании и контроле систем искусственного освещения, регламентирует для разных ситуаций максимально допустимое значение коэффициента пульсации освещенности Кп в процентах. В документе также дано определение этой характеристики:

Кп – критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в осветительной установке в результате

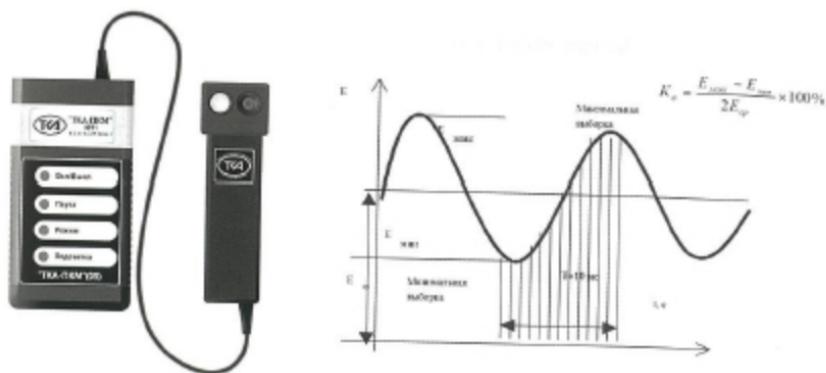
измерения во времени светового потока источников света при их питании переменным током, выражаящийся формулой:

$$K_p = 100 \times (E_{\max} - E_{\min}) / 2E_{\text{ср}} (\%),$$

где E_{\max} и E_{\min} – соответственно максимальное и минимальное значения освещенности за период ее колебания, лк; $E_{\text{ср}}$ – среднее значение освещенности за этот же период, лк.

Пульсметр должен измерять пульсации светового потока любых сигналов до 300 Гц и одновременно не реагировать на пульсации светового потока частотой выше 300 Гц (ТКА-ПКМ08/09, ил. 7).

По имеющейся информации, МКО на основе исследований о вреде пульсаций света и особенностях светодиодных излучателей готовит к выпуску рекомендации, ужесточающие требования к пульсметрам.



Ил. 7. Люксметр-пульсметр-яркометр ТКА-ПКМ/09
и принцип измерения пульсации света

2.4. Измерение ультрафиолетового излучения

Очень важно раздельное прямое измерение ультрафиолетовой радиации. Учитывая специфику музеиного освещения, требуется, чтобы единица младшего разряда была не больше 1 мВт/м², а максимальный уровень можно ограничить 40 тыс. мВт/м². Измерения видимого и ультрафиолетового

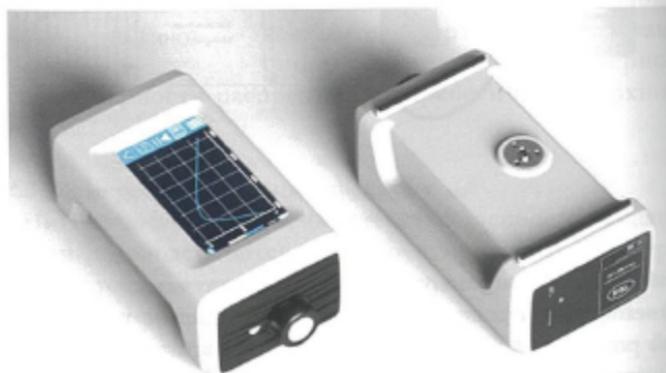


Ил. 8. Комбинированный прибор
«ТКА-Хранитель»

излучения целесообразно производить одновременно, с использованием одного комбинированного прибора. Близкое расположение входных окон ультрафиолетового и видимого канала (менее 10 мм друг от друга) позволяет считать измерения произведенными из одной точки пространства. Разработанный в сотрудничестве со специалистами ведущих музеев России, не имеющий аналогов в мире комбинированный прибор «ТКА-Хранитель» (ил. 8) – единственный специальный прибор для музеев, обеспечивающий единовременное измерение пяти основных параметров микроклимата: температуры, относительной влажности воздуха, скорости движения воздуха, освещенности и УФ-облученности.

2.5. Измерение цветовых характеристик источников света

Контроль спектрального состава света может иметь решающее значение для обеспечения безопасного хранения и экспозиции музейных экспонатов. Множество моделей, в том числе компактных, в принципе могут обеспечить измерение основных спектральных характеристик музейного освещения.



Ил. 9. Модернизированный спектрорадиометр
«ТКА-СПЕКТР»

В современных приборах измерение колориметрических характеристик производится спектральным методом – путем разложения падающего излучения на диспергирующей дифракционной решетке и регистрации спектра излучения на фотодиодной линейке. Новый модернизированный спектрорадиометр «ТКА-СПЕКТР» (ил. 9) обладает повышенной чувствительностью, дополнительными элементами настройки и возможностью дистанционной передачи измеренных параметров.

Литература

1. CIE 89-1991. On the deterioration of exhibited museum objects by optical radiation // CIE Technical Collection 1990. Vienna, 1991.
2. CIE 157:2004. Control of damage to museum objects by optical radiation. Vienna, 2004.
3. Единые правила организации формирования, учета, сохранения и использования музейных предметов и музейных коллекций, находящихся в музеях Российской Федерации. 2009.
4. ГОСТ Р 8.586–2001. Средства измерений характеристик искусственного и естественного излучения для обеспечения сохранности музейных экспонатов. Методика поверки.
5. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственноому и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
6. Aydinli S., Hilbert G. S., Krochmann J. Über die Gefährdung von Ausstellungsgegenständen durch optische Strahlung // Licht-Forschung 5. 1983. N. 1. S. 35–47.
7. Thomson G. The Museum Environment. 2nd ed. Oxford, 1986. – Пер. на рус. яз.: Томсон Г. Музейный климат / [пер. с англ. А. Варсоню]. СПб., 2005.
8. Preservation of the Declaration of Independence and the Constitution of the United States : A Report by the National Bureau of Standards to the Library of Congress. Washington, 1951. (National Bureau of Standards Circular ; 505).
9. Министерство культуры Российской Федерации. Рекомендации по нормированию и обеспечению в музеях и библиотеках уровней освещенности в видимом и ультрафиолетовом диапазонах. М., 1997.
10. НИОКР. Исследование изменений свойств материалов музейных и библиотечных фондов под воздействием ультрафиолетового излучения : Отчет о выполнении исследовательской работы. 1996. ВНИИ реставрации, НТП «ТКА», Министерство культуры РФ.