
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ** **ГОСТ Р МЭК 62471-
(МЭК 62471:2006)**

**СВЕТОБИОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЛАМП И
ЛАМПОВЫХ СИСТЕМ**

**IEC 62471:2006
Photobiological safety of lamps and lamp systems
(IDT)**

*Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его при-
нятия*

**Москва
Стандартинформ
2011**

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. №184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации – ГОСТ Р 1.0 – 2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1. ПОДГОТОВЛЕН Государственным унитарным предприятием Республики Мордовия «Научно-исследовательский институт источников света имени А.Н.Лодыгина» (ГУП Республики Мордовия НИИИС им. А.Н.Лодыгина») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык стандарта, указанного в пункте 4

2. ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 332 «Светотехнические изделия»

3. УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от _____ N _____

4. Настоящий стандарт является идентичным по отношению к международному стандарту МЭК 62471:2006 «Светобиологическая безопасность ламп и ламповых систем» (IEC 62471:2006 «Photobiological safety of lamps and lamp systems»).

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок – в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартиформ, 2010

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения.....	
2 Нормативные ссылки.....	
3 Термины и определения	
4 Пределы облучения.....	
4.1 Общие положения.....	
4.2 Удельные коэффициенты, введенные для определе- ния и применения пределов облучения сетчатки.....	
4.2.1 Диаметр зрачка.....	
4.2.2 Угловая хорда источника и измерение поля обзора...	
4.3 Пределы опасного облучения.....	
4.3.1 Предел опасного актиничного УФ облучения для ко- жи или глаз.....	
4.3.2 Предел опасности ближнего УФ облучения для глаз..	
4.3.3 Предел опасности облучения сетчатки синим цветом.	
4.3.4 Предел опасности облучения сетчатки синим светом - небольшой источник.....	
4.3.5 Предел опасности теплового облучения сетчатки.....	
4.3.6 Предел опасности теплового облучения сетчатки - слабый визуальный стимул.....	
4.3.7 Предел опасности инфракрасного облучения для глаз.....	
4.3.8 Предел опасности теплового облучения кожи.....	
5. Измерение ламп и ламповых систем.....	
5.1 Условия измерений.....	
5.1.1 Отжиг лампы.....	
5.1.2 Испытательная среда.....	
5.1.3 Внешнее излучение	
5.1.4 Работа лампы.....	

5.1.5	Работа ламповой системы.....
5.2	Методика измерений.....
5.2.1	Измерение облученности.....
5.2.2	Измерение энергетической яркости.....
5.2.3	Измерение размеров источника.....
5.2.4	Измерение ширины импульса импульсных источни- ков.....
5.3	Методы анализов.....
5.3.1	Интерполяция взвешенной кривой
5.3.2	Подсчеты.....
5.3.3	Измерение ненадежности
6	Классификация ламп.....
6.1	Лампы непрерывной волны.....
6.1.1	Свободная группа
6.1.2	Группа риска 1 (Небольшой риск).....
6.1.3	Группа риска 2 (Средний риск).....
6.1.4	Группа риска 3 (Большой риск).....
6.2	импульсные лампы.....
	Приложение А (справочное) Суммирование биологических эффектов.....
	Лист с параметрами биоэффекта #1: Инфракрасная ката- ракта.....
	Лист с параметрами биоэффекта #2: Светокератит.....
	Лист с параметрами биоэффекта #3: Светоратинит.....
	Лист с параметрами биоэффекта #4: Тепловое поврежде- ние сетчатки.....
	Лист с параметрами биоэффекта #5: Ультрафиолетовая катаракта.....
	Лист с параметрами биоэффекта #6: Ультрафиолетовая эритема.....

Приложение В (справочное) Метод измерения.....	
В.1 Приборы.....	
В.1.1 Двойной монохроматор. Рекомендуемый прибор.....	
В.1.2 Широкополосные детекторы.....	
В.2 Ограничения приборов.....	
В.2.1 Шум, эквивалентный облученности.....	
В.2.2 Спектральная реакция прибора.....	
В.2.3 Точность длины волны.....	
В.2.4 Случайная лучистая мощность	
В.2.5 Входная оптика для измерения спектральной облу- ченности: Рекомендация.....	
В.2.6 Линейность В.3 Источники калибровки.....	
Приложение С (справочное) Анализ ненадежности.....	
Приложение D (справочное) Общий справочный материал.	

Введение

Лампы были разработаны и изготовлены в больших количествах и стали банальными в то время, когда промышленные стандарты безопасности не были нормой. Оценка и контроль опасности оптического излучения от ламп и ламповых систем намного сложнее, чем подобные задачи для одноволновой лазерной системы. Вводятся необходимые радиометрические измерения, т.к. это касается не простой оптики точечного источника, а скорее распределенного источника, который может меняться диффузорами проекционной оптикой или не меняться. Также и распределение длины волны лампы может меняться от вспомогательных оптических элементов, диффузоров, линз и т.п., а также от колебаний рабочих условий.

Для оценки широкополосных оптических источников, таких как дуговая лампа, лампа накаливания, люминесцентная лампа, ряда ламп или ламповых систем, необходимо, во-первых, определить спектральное распределение оптического излучения источника в точке или точках, ближайших к человеку. Это доступное эмиссионное спектральное распределение осветительной системы может отличаться от фактически излучаемого лампой из-за фильтрации оптическими элементами (например, проекционной оптикой). Во-вторых, размер источника или проекции должен характеризоваться в опасной спектральной зоне сетчатки. В-третьих, может потребоваться определение колебания облученности и эффективной энергетической яркости в зависимости от расстояния. Проведение необходимых измерений обычно не простая задача без подделанных приборов. Поэтому решено включить в настоящий стандарт справочную технику измерения ламп и ламповых систем. Техника измерения вместе с указанной классификацией группы риска обеспечивает общий фон для изготовителей ламп и потребителей для определения конкретной светобиологической опасности лю-

бой лампы или ламповой системы.

И наконец, хорошо известны опасности оптического излучения от некоторых ламп и ламповых систем. Целью настоящего стандарта является обеспечение стандартной техники для оценки потенциальной опасности излучения, связанной с различными лампами и ламповыми системами.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**СВЕТОБИОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЛАМП И ЛАМПОВЫХ СИСТЕМ**

Photobiological safety of lamps and lamp systems

Дата введения – – –**1 Область применения**

Настоящий стандарт содержит руководство по оценке светобиологической безопасности ламп и ламповых систем, включая светильники, устанавливает пределы облучения, справочную технику измерения и схему классификации для оценки и контроля светобиологической опасности от всех электрически не связанных широкополосных источников оптического излучения, включая светодиоды, кроме лазеров с длиной волны от 200 нм до 3000 нм.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

МКО 17.4-1987 Международный светотехнический словарь (МСС) – Объединенная публикация МЭК/МКО (*CIE 17/4-1987, International lighting vocabulary (ILV) – Joint publication IEC/CIE*)

МКО 53-1982 Методы, характеризующие эксплуатационные параметры радиометров и фотометров (*CIE 53-1982, Methods of characterizing the performance of radiometers and photometers*)

МКО 63-1984 Спектрорадиометрическое измерение источников света (*CIE 63-1984, The spectroradiometric measurement of light sources*)

МКО 105-1993 Спектрорадиометрия импульсных оптических источников излучения (CIE 105-1993, *Spectroradiometry of pulsed optical radiation sources*)

ИСО Руководство по выражению надежности измерения, ИСО, Женева, 1995 г. (*ISO, Guide to the expression of uncertainty in measurement, ISO, Geneva, 1995*).

П р и м е ч а н и е – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 актиничная доза (actinic dose): Величина, полученная путем спектральной оценки дозы, в соответствии со значением спектра актиничного действия на соответствующей длине волны.

Единица: Дж·м⁻²

П р и м е ч а н и е В этом определении подразумевается, что спектр действия берется для данного рассматриваемого актиничного эффекта, причем его максимальное значение обычно равно 1. Когда приводится количественная характеристика, тогда важно определить, какая величина дозы или актиничной дозы имеется в виду, т.к. единица измерения и в том, и в другом случае одинаковая.

3.2 угловой размер (α) (angular subtense (α)): Визуальный угол от видимого источника в глазу наблюдателя или в точке измерения. В настоящем стандарте эти углы обозначают полным значением, а не половинным

Единица: радиан

П р и м е ч а н и е Угловая хорда α будет изменяться в основном введением линз или зеркал в оптику проектов, т.е. угловая хорда видимого источника будет отличаться от угловой хорды физического источника

3.3 отверстие, диафрагма (aperture, aperture stop): Раскрытие, определяющее площадь, на которой измеряют среднюю оптическую эмиссию. Для измерения спектральной облученности это раскрытие является обычно входом небольшой сферы впереди входной щели радиометра/спектрорадиометра.

3.4 опасность синего света (blue light hazard (BLH)): Возможность светохимического повреждения сетчатки от лучистого облучения длиной волн от 400 до 500 нм. Этот механизм повреждения доминирует над тепловым механическим повреждением в течение более 10 с.

3.5 лампа непрерывной волны (continuous wave (CW) lamp): Лампа, работающая с непрерывной отдачей в течение более 0,25 с, т.е. не импульсная лампа.

П р и м е ч а н и е В настоящем стандарте лампы общего назначения (ЛОН) определяются как лампы непрерывной волны.

3.6 эритема (см. МСС 845-06-15) (erythema): Покраснение кожи; в настоящем стандарте покраснение кожи, вызванное солнечным излучением или искусственным оптическим излучением.

3.7 расстояние облучения (exposure distance): Ближайшая точка облучения человека от лампы или ламповой системы. Для ламп, излучаемых во всех направлениях, расстояние измеряют от центра тела накала или дуги источника. Для рефлекторных ламп расстояние измеряют от внешней кромки линзы или плоскости, определяющей конец отражателя, в котором нет линзы.

Единица: м

3.8 предел облучения (exposure limit (EL)): Уровень облучения глаза или кожи, который предположительно не вызовет отрицательных биологических эффектов.

3.9 движение глаз (eye movements): Нормальный глаз, сфокусированный на объект, слегка передвигается с частотой несколько герц. Это быстрое перемещение глаза вызывает расширение изображения точечного источника на сетчатке до угловой хорды около 0,011 радиан. Кроме того, за время более 100 с. сфокусированный взгляд нарушается, вызывая таким образом дальнейшее расширение лучистой мощности по сетчатке из-за движения глаз, например, при чтении.

3.10 поле обзора (field of view): Телесный угол, «видимый» таким детектором (приемочный угол), как радиометр/спектрометрический детектор, из которого детектор получает излучение.

Единица: стерadian

Примечание 1 Поле обзора нельзя путать с угловой хордой видимого источника α .

Примечание 2 Для описания кольцевого симметричного пространственного угла поля обзора иногда используют плоский угол.

3.11 лампы общего назначения (ЛОН) (general lighting service (GLS) lamp): Термин для ламп, предназначенных для освещения пространств, которые обычно заняты или наблюдаются людьми. Примерами являются лампы для освещения офисов, школ, домов, заводов, дорог или автомобилей. К ним не относят лампы для кинопроекции, репрографии, «загорания» промышленных процессов, медицинского обслуживания и прожекторов.

3.12 опасное расстояние (hazard distance): См. опасное расстояние для кожи и опасное расстояние для глаз.

3.13 освещенность (в точке поверхности (E_v) см. МСС 845-01-38) (illuminance (at a point of a surface) (E_v) (see ILV 845-01-38)): Отношение светового потока $d\Phi_v$, падающего на элемент поверхности, содержащий рассматриваемую точку, к площади dA этого элемента.

$$E_v = \frac{d\Phi_v}{dA} \quad (3.1)$$

Единица: люкс

3.14 инфракрасное излучение (см. МСС 845-01-04) (infrared radiation (IR) (see ILV 845-01-04)): Оптическое излучение, у которого длины волн больше длин волн видимого излучения.

П р и м е ч а н и е Для инфракрасного излучения диапазон между 780 нм и 10⁶ нм обычно подразделяется на поддиапазоны: IR-A (от 780 нм до 1400 нм), IR-B (от 1400 нм до 3000 нм), и IR-C (от 3000 нм до 10⁶ нм).

Инфракрасное излучение часто оценивается как отношение спектрального общего излучения, падающего на поверхность, на единицу этой поверхности (облученность). Примерами применения инфракрасного излучения являются промышленный нагрев, сушка, спекание и фоторепродукция. При некоторых применениях, таких как инфракрасные наблюдательные системы, используют детекторы, чувствительные к ограниченному диапазону длин волн. В этих случаях важными являются спектральные характеристики источника и детектора.

3.15 предусматриваемое применение (intended use): Применение изделия, процесса или обслуживания в соответствии со спецификациями, инструкциями или информацией, предоставленными поставщиком.

3.16 облученность (в точке поверхности) (см. МСС 845-01-37) (irradiance (at a point of the surface) (see ILV 845-01-37)): Отношение потока излучения $d\Phi$, падающего на элемент поверхности, содержащий рассматриваемую точку, к площади dA этого элемента, т.е.:

$$E = \frac{d\Phi}{dA} \quad (3.2)$$

Единица: Вт·м⁻²

3.17 лампа (см. МСС 845-07-03) (lamp (see ILV 845-07-03)): Источник для создания оптического излучения, обычно видимого.

П р и м е ч а н и е Термин «лампа» иногда используют для некоторых типов светильников.

Эти типы светильников состоят из лампы с абажуром, отражателем, шаром, корпусом или другими аксессуарами.

В настоящем стандарте термин означает электрический источник света, кроме лазера, который создает излучение в видимой области электромагнитного спектра. Устройства, генерирующие свет и имеющие встроенные компоненты для оптического контроля, такие как линзы или отражатели, также считают лампами. Примером являются светодиоды с линзами и рефлекторные типы, которые состоят из источника с параболическим или эллиптическим отражателем с рассеивателем.

3.18 **ламповая система** (lamp system): Любое изготовленное изделие или блок компонентов, предназначенных **для встраивания в лампу.**

3.19 **большой источник** (large source): Такое большое изображение источника на сетчатке, что радиальное тепло, текущее в радиальном направлении от центра изображения к окружающей биологической ткани, незначительно по сравнению с теплом, идущим в осевом направлении.

3.20 **лазер** (laser): Источник с когерентным оптическим излучением, создаваемым вынужденной эмиссией.

3.21 **свет** (light): См. видимое излучение.

3.22 **светодиод** (СД) (см. МСС 845-04-40) (light emitting diode (LED) see ILV 845-04-40): Полупроводниковый прибор с p-n переходом, испускающий некогерентное видимое излучение при пропускании через него прямого тока.

3.23 **люмен** (см. МСС 845-01-51) (lumen): Единица СИ светового потока: Световой поток, излучаемый телесным углом в 1 стерadian равномерным источником света с силой света 1 кандела. Эквивалентное определение, световой поток пучка монохроматического излучения, у которого частота равна $540 \cdot 10^{12}$ герц и поток излучения равен 1/683 ватт.

3.24 **светильник** (см. МСС 845-10-01) (luminaire (see ILV 845-10-01)): Световой прибор, перераспределяющий, фильтрующий и преобразующий свет, излучаемый одной или несколькими лампами, и содержащий все необходимые детали для крепления и защиты ламп, а также электрические цепи и приспособления для подключения к питающей цепи.

Слово «светильник» и «ламповая система» часто считают синонимами. Для настоящего стандарта «светильник» считают прибором, перераспределяющим свет в общем освещении, а «ламповая система» предполагает применение ламп не для общего освещения.

3.25 яркость (в данном направлении, в данной точке реальной или воображаемой поверхности) (L_v) (см. МСС 845-01-35) (luminance (in a given direction, at a given point of a real or imaginary surface) (L_v) (see ILV 845-01-35)): Значение, определяемое формулой

$$L_v = \frac{d\Phi_v}{dA \cdot \cos \theta \cdot d\Omega} \quad (3.3)$$

где $d\Phi_v$ – световой поток, переносимый элементарным пучком лучей, проходящем через данную точку и распространяющемся в телесном угле $d\Omega$,

dA – площадь сечения данного пучка;

θ – угол между нормалью к данному сечению и направлением пучка лучей.

Единица: $\text{кд} \cdot \text{м}^{-2}$.

3.26 люкс (см. МСС 845-01-52) (lux (see ILV 845-01-52)): Единица освещенности СИ: Освещенность, создаваемая световым потоком в 1 люмен, равномерно распределенным по поверхности, площадь которой равна 1 квадратному метру.

3.27 опасное расстояние для глаз (ocular hazard distance): Расстояние от источника, на котором энергетическая яркость или облученность для данной продолжительности облучения превышает предел приемлемого облучения.

3.28 оптическое излучение (см. МСС 845-01-02) (optical radiation (see ILV 845-01-01)): Электромагнитное излучение с длинами волн, лежащими в пределах между областью перехода к рентгеновским лучам (длина волны около 1 нм) и областью перехода к радиоволнам (длина волны около 10^6 нм)).

Ультрафиолетовое излучение с длиной волны менее 180 нм (вакуумный УФ) сильно поглощается кислородом на воздухе. Для настоящего стандарта ширина длина волны оптического излучения принимается более 200 нм. Кроме того, глаз передает сетчатку оптическое излучение от 380 нм до 1400 нм. Таким образом,

этот диапазон длины волны требует специального рассмотрения для определения светобиологической безопасности сетчатки.

3.29 светокератоконъюнктивит (photokeratoconjunctivitis): Возникающая реакция роговицы и конъюнктивы на облучение ультрафиолетовым (УФ) излучением. Длина волны менее 320 нм наиболее эффективна для этого. Пиковое действие спектра около 270 нм.

Примечание Различные действия спектра опубликованы для светокератита и светоконъюнктивита (МКО 106/2 и МКО 106/3-1993); однако, более поздние изучения поддерживают единое действие спектра для обоих воздействий на глаз (МКО 106/3-1993).

3.30 импульсная лампа (pulsed lamp): Лампа, передающая энергию одним или рядом импульсов, когда предполагается, что каждый импульс имеет продолжительность менее 0,25 с. Лампа с непрерывным рядом импульсов или модулированной лучистой энергией, когда пиковая излучаемая мощность равна 10-кратной средней излучаемой мощности.

Примечание 1 **Продолжительность** импульса лампы – интервал времени между точками половины мощности и крайней точкой импульса.

Примечание 2 В настоящем стандарте ЛОН определены как лампы непрерывной волны (см. 3.5). Примерами импульсных ламп являются лампы фото вспышки, импульсные лампы в фотокопировальных машинах, светодиоды с модулированными импульсами и импульсный огонь.

3.31 энергетическая яркость (в данном направлении, в данной точке реальной или воображаемой поверхности) (L) (см. МСС 845-01-34) (radiance (in a given direction at a given point of a real or imaginary surface (L) (see ILV 845-01-34)): Значение, определяемое формулой

$$L = \frac{d\Phi}{dA \cdot \cos \theta \cdot d\Omega} \quad (3.4)$$

где $d\Phi$ – мощность (поток) излучения, переносимый в элементарном пучке лучей, проходящим через данную точку и распространяющемся в телесном угле $d\Omega$, содержащем данное направление;

dA – площадь сечения данного пучка, проходящего через данную точку;

θ – угол между нормалью к данному сечению и направлением пучка лучей.

Единица: $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \text{ср}^{-1}$

Такая же формула справедлива для энергетической яркости с интегрированным временем, если в уравнение для L лучистую мощность $d\Phi$ заменить на энергию излучения dQ .

3.32 энергия излучения (см. МСС 845-01-27) (radiant energy (see ILV 845-01-27)): Интегральная мощность излучения Φ за данный отрезок времени Δt .

$$Q = \int_0^t \Phi \cdot dt \quad (3.5)$$

Единица: Дж

3.33 энергетическая экспозиция (в точке поверхности, для данной длительности) (см. МСС 845-01-42) (radiant exposure (at a point of a surface, for a given duration (see ILV 845-01-42))): Отношение энергии излучения dQ , падающей на элемент поверхности, содержащей данную точку, в течение данной длительности, к площади dA этого элемента.

$$H = \frac{dQ}{dA} \quad (3.6a)$$

Единица: $\text{Дж} \cdot \text{м}^{-2}$

Эквивалентное определение: Интеграл облученности E в данной точке за данную длительность Δt

$$H = \int_{\Delta t} E \cdot dt \quad (3.6b)$$

3.34 мощность излучения (Φ) (см. МСС 845-01-24) (radiant power (Φ) (see ILV 845-01-24)): Мощность, излучаемая, передаваемая или

принимаемая в виде излучения. Мощность излучения часто называют лучистым потоком.

Единица: ватт (Вт).

3.35 сетчатка (см. МСС 845-02-01) (retina (see ILV 845-02-01)): Светочувствительная оболочка на глазном дне, состоящая собственно из приемника света, колбочек и палочек, и нервных клеток, от которых возбуждение передается зрительному нерву.

3.36 опаление сетчатки (retinal burn): Светохимическое или тепловое разрушение сетчатки.

3.37 опасная зона для сетчатки (retinal hazard region): Спектральная зона от 380 нм до 1400 нм (видимая плюс IR-A), в которой нормальный глаз передает оптическое излучение на сетчатку.

3.38 опасное расстояние для кожи (skin hazard distance): Расстояние, на котором облученность превышает приемлемый предел облучения в течение 8 ч.

Единица: м

3.39 спектральное распределение (см. МСС 845-01-17) (spectral distribution): Отношение энергетической, световой или фотонной величины $dX(\lambda)$, взятой в малом спектральном интервале $d\lambda$, содержащем данную длину волны λ , к этому интервалу.

$$X_{\gamma} = \frac{dX(\lambda)}{d\lambda} \quad (3.7)$$

Единица: $[X] \cdot \text{нм}^{-1}$

П р и м е ч а н и е Термину *спектральное распределение* отдается предпочтение, когда имеют дело с функцией $X_{\lambda}(\lambda)$ на широком диапазоне длин волн, а не на какой-либо определенной длине волны.

3.40 спектральная облученность (spectral irradiance): Отношение лучистой мощности $d\Phi(\lambda)$ в интервале длин волн $d\lambda$, падающую на элементарную поверхность, к площади dA этого элемента и интервалу длин волн $d\lambda$.

$$E_{\lambda} = \frac{d\Phi(\lambda)}{dA \cdot d\lambda} \quad (3.8)$$

Единица: Вт·м⁻²·нм⁻¹

3.41 спектральная энергетическая яркость (для интервала длин волн $\Delta\lambda$ в заданном направлении в данной точке) (L_{λ}) (spectral radiance (for a wavelength interval $d\lambda$, in a given direction at a given point) (L_{λ})): Отношение лучистой мощности $d\Phi_{\lambda}$, проходящей через эту точку в телесном угле $d\Omega$ в данном направлении, к произведению интервала длин волн, площади сечения пучка на плоскость, перпендикулярную этому направлению и содержащую данную точку, и телесного угла $d\Omega$.

$$L_{\lambda} = \frac{d\Phi(\lambda)}{dA \cdot \cos \theta \cdot d\Omega \cdot d\lambda} \quad (3.9)$$

Единица: Вт·м⁻²·нм⁻¹·ср⁻¹

3.42 стерадиан (см. МСС 845-01-20) (steradian): Единица СИ телесного угла. Телесный угол с вершиной в центре сферы, вырезающий на поверхности сферы площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы.

3.43 ультрафиолетовое излучение (УФ) (см. МСС 845-01-05) (ultraviolet radiation (UV) (see ILV 845-01-05)): Оптическое излучение, у которого длина волны меньше длин волн видимого излучения.

П р и м е ч а н и е Для ультрафиолетового (УФ) излучения диапазон между 100 нм и 400 нм обычно разбивают на поддиапазоны: УФ-А от 315 нм до 400 нм; УФ-В от 280 нм до 315 нм и УФ-С от 100 нм до 280 нм.

Эти обозначения для УФ не имеют точных пределов, в частности для светобиологических эффектов.

В некоторых областях светобиологии берутся полосы длин волн от 200 нм до 290 нм, от 290 нм до 320 нм и от 320 нм до 400 нм. Иногда они называются (неправильно) УФ-А, УФ-В и УФ-С соответственно. Ультрафиолетовое излучение с длиной волны менее 180 нм считают вакуумным ультрафиолетовым излучением. Излучение от 380 нм до 400 нм считают видимым излучением хотя формально по определению оно относится к ультрафиолетовой полосе.

3.44 видимое излучение (см. МСС 845-01-03) (visible radiation):
Оптическое излучение, которое может непосредственно вызвать зрительное ощущение.

П р и м е ч а н и е Не существует точных пределов спектрального диапазона видимого излучения т.к. они зависят от мощности достигающего сетчатки излучения и чувствительности наблюдателя. За нижний предел обычно принимают диапазон от 360 нм до 400 нм, а за верхний предел – диапазон от 760 нм до 830 нм.

3.45 визуальный угол (visual angle): Угол от объекта или детали в точке наблюдения считают визуальным углом. Единицей СИ для угла является радиан, хотя он может быть измерен в миллирадианах, градусах или минутах дуги.

4 Пределы облучения

4.1 Общие положения

Люди вблизи ламп и ламповых систем не должны облучаться до уровней, превышающих предельные значения, разработанные в следующих разделах. Значения пределов облучения берутся из разных руководств ICNIRP, которые в свою очередь основаны на лучшей информации по экспериментальным исследованиям (см. приложение А по обзору этих публикаций).

Пределы облучения представляют собой такие условия, при которых есть уверенность, что люди могут многократно облучаться без вреда своему здоровью. Однако они не распространяются на людей обладающих светочувствительностью или людей, облучаемых в средах, которые делают людей чувствительными к вредному воздействию оптического излучения на здоровье.

Пределы облучения в настоящем стандарте применимы к непрерывным источникам, у которых продолжительность облучения не менее 0,01 с и не более 8 ч и должны использоваться как руководства

для контроля облучения. Значения не являются точными границами между опасными и безопасными уровнями.

Пределы облучения широкополосным видимым и ИК-А излучением для глаза требует знания спектральной энергетической яркости источника L_λ и полной облученности E , измеренных в облученном глазу человека. Такие подробные спектральные данные источника света в основном требуются только когда яркость источника превышает 10^4 кд·м⁻². Ожидается, что при меньшем значении яркости пределы облучения не будут превышать. Пределы облучения приведены в 4.3.

4.2 Удельные коэффициенты, введенные для определения и применения пределов облучения сетчатки

4.2.1 Диаметр зрачка

Лучистый поток, входящий в глаз и поглощаемый сетчаткой (от 300 нм и до 1400 нм), пропорционален площади зрачка. Известно, что диаметр зрачка уменьшается от около 7 мм при очень низкой яркости (<0,01 кд·м⁻²) до около 2 мм при значениях яркости порядка 10000 кд·м⁻². Слабым визуальным стимулом определяется здесь стимул с максимальной яркостью (усредненной для кольцевого поля обзора в 0,011 радиан) менее 10 кд·м⁻². Для данной яркости значительно отличаются диаметры конкретных зрачков. Поэтому для установления этих пределов облучения оцениваются только два различных диаметра зрачков:

- когда яркость источника достаточно высока (>10 кд·м⁻²), а продолжительность облучения более 0,25 с, например, при опасном синем свете или тепловой опасности для сетчатки используют для установления предела облучения диаметр зрачка 3 мм (площадь 7 мм²).

- когда яркость источника мала, например, инфракрасное излучение с небольшим или отсутствующим светом, тогда предел облученности основан на диаметре зрачка 7 мм (площадь 38,5 мм²). Диаметр 7 мм также принимают при оценке светобиологической опасности от им-

пульсных источников и/или для облучения продолжительностью менее 0,25 с.

- в тех случаях, когда источник с ближним ИФ излучением используют с высокими световыми уровнями, может приниматься диаметр зрачка 3 мм, а пределы облучения могут быть приведены к более высоким значениям квадрата отношений зрачков. При этом пределы облучения могут быть увеличены на коэффициент $(7/3)^2=5,5$.

4.2.2 Угловая хорда источника и измерение поля обзора

Для излучения в диапазоне длин волн от 380 нм до 1400 нм площадь облучаемой сетчатки является важным элементом при определении пределов облучения при опасном синем свете и тепловой опасности для сетчатки. Так как роговица и хрусталик глаза фокусируют на сетчатке видимый источник поэтому лучшим методом для описания облученной поверхности является отношение этой площади к угловой хорде видимого источника α . Из-за физических возможностей самое малое изображение, которое может быть получено на сетчатке неподвижного глаза, ограничивается минимальным значением α мин даже для точечного источника. В настоящем стандарте α мин равно 0,017 радиан. Измерения излучений от видимых точечных источников, импульсных или очень высокой лучистой непрерывной волной, которые относятся к тепловому пределу для сетчатки при 0,25 с (время мерцающего отражения) должны использовать угловую хорду 0,0017 при измерении поля обзора.

Для продолжительностей более 0,25 с быстрое движение глаза начинает смазывать изображение источника под большим углом, называемом в настоящем стандарте $\alpha_{эфф}$. Для облучения в течение десяти секунд смазанное изображение точечного источника охватывает площадь сетчатки, эквивалентную углу около 0,011 радиан. Таким образом эффективная угловая хорда $\alpha_{эфф}$, используемая при измерении энергетической яркости по сравнению с пределами облучения для теп-

ловой опасности сетчатки или опасности синего света при облученности в течение десяти секунд, должна составлять 0,011 радиан. Для постоянства зависимости $\alpha_{\text{эфф}}$ между 0,25 с и 10 с предполагается увеличить $\alpha_{\text{мин}}$ до 0,011 радиан как квадратный корень из времени, т.е. $\alpha_{\text{эфф}}$ пропорционально $\alpha_{\text{мин}} t^{0,5}$, т.е. $\alpha_{\text{эфф}} = \alpha_{\text{мин}} \cdot \sqrt{(t/0,25)}$. Необходимо немного данных для поддержания этого времени зависимости поэтому это должно быть использовано с осторожностью. Это отношение времени зависимости обычно не требуется т.к. энергетическая яркость источника обычно оценивается при 0,25 с или 10 с т.к. может быть определено пересмотром критерия риска, указанного в разделе 6.

Кроме того, для опасного синего света при облучении в течение 100 с облучаемая площадь сетчатки от небольшого источника будет расширяться на большую площадь при заданных движениях глаза за исключением тех случаев, когда глаз медицински неподвижен, например, при офтальмологических операциях. Для измерений энергетической яркости источника, которая должна быть сравнима с пределом облучения опасным синим светом, эффективная угловая хорда $\alpha_{\text{эфф}}$ устанавливается равной 0,011 радиан на время менее 100 с. Для времени более 10000 с $\alpha_{\text{эфф}}$ устанавливается равной 0,1 радиан. Опять же для удобства предполагается, что $\alpha_{\text{эфф}}$ растет приблизительно как квадратный корень от времени для времени от 100 с до 1000 с, т.е. $\alpha_{\text{эфф}} = 0,011 \cdot \sqrt{(t/100)}$ (формула не точная). В настоящем стандарте для всех опасностей для сетчатки максимальное значение угловой хорды $\alpha_{\text{макс}}$ составляет 0,1 радиан. Таким образом, при более 10000 с $\alpha_{\text{эфф}} = \alpha_{\text{мин}}$.

Для видимых источников с максимальной угловой хордой $\alpha_{\text{макс}}$ предел облученности для сетчатки не зависит от размера источника.

Угловая хорда продолговатого источника должна определяться как средне арифметическое значение максимальных и минимальных угловых размеров источника. Например, для трубчатого источника

длиной 20 мм, диаметром 3 мм, рассматриваемого с расстояния $r=200$ мм в направлении, перпендикулярном оси лампы, α должна определяться как среднее значение Z .

$$Z = (20+3)/2 = 11,5 \text{ мм.}$$

Таким образом, $\alpha = Z/r = 11,5/200 = 0,058$ радиан.

Для определения средне арифметического значения любой угловой размер более $\alpha_{\text{макс}}$ должен ограничиваться значением $\alpha_{\text{макс}}$, а менее $\alpha_{\text{мин}}$ – значение $\alpha_{\text{мин}}$. Таким образом, в вышеприведенном примере если бы линейное расстояние было больше 20 мм, то для оценки эффективного размера источника должно использоваться только значение 20 мм.

4.3 Пределы опасного облучения

4.3.1 Предел опасного актиничного УФ облучения для кожи или глаз

Пределы облучения УФ излучением, падающем на незащищенную кожу или глаза, относятся к облучению в течение 8 ч. Непрерывное облучение в течение более 8 ч в сутки рассматривать не обязательно. Предел эффективного облучения составляет $30 \text{ Дж}\cdot\text{м}^{-2}$.

Для защиты глаз и кожи от повреждения УФ облучением от широкополосного источника эффективная интегральная спектральная облученность E_s источника света не должна превышать уровней, определенных по формуле:

$$E_s \cdot t = \sum_{200}^{400} \sum_t E_\lambda(\lambda, t) \cdot S_{UV}(\lambda) \cdot \Delta t \cdot \Delta \lambda \leq 30 \quad (4.1)$$

где:

$E_\lambda(\lambda, t)$ – спектральная облученность в $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{нм}^{-1}$,

$S_{UV}(\lambda)$ – актиничная взвешенная функция УФ опасности,

$\Delta \lambda$ – ширина полосы в нм,

t – время облучения в секундах.

Активная взвешенная функция $S_{UV}(\lambda)$ показана графически на рисунке 4.1. Т.к. функция меняется от многих факторов поэтому величина $S_{UV}(\lambda)$ показана логарифмически. Кроме того, спектральные значения $S_{UV}(\lambda)$ указаны в таблице 4.1.

Допустимое время для облучения УФ излучением, падающем на незащищенные глаза или кожу, подсчитывают по формуле:

$$t_{\max} = \frac{30}{E_s} \quad \text{с} \quad (4.2)$$

где:

t_{\max} - допустимое время облучения в секундах,

E_s – эффективная УФ облученность в $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$.

Таблица 4.1 Спектральная взвешенная функция для оценки УФ опасности для кожи и глаз

Длина волны ¹ λ , нм	Функция УФ опасности $S_{UV}(\lambda)$	Длина волны ¹ λ , нм	Функция УФ опасности $S_{UV}(\lambda)$
200	0,030	313*	0,006
205	0,051	315	0,003
210	0,075	316	0,0024
215	0,095	317	0,0020
220	0,120	318	0,0016
225	0,150	319	0,0012
230	0,190	320	0,0010
235	0,240	322	0,00067
240	0,300	323	0,00054
245	0,360	325	0,00050
250	0,430	328	0,00044
254*	0,500	330	0,00041
255	0,520	333*	0,00037
260	0,650	335	0,00034
265	0,810	340	0,00028
270	1,000	345	0,00024

окончание таблицы 4.1

Длина волны ¹ λ , нм	Функция УФ опасности SUV(λ)	Длина волны ¹ λ , нм	Функция УФ опасности SUV(λ)
275	0,960	350	0,00020
280*	0,880	355	0,00016
285	0,770	360	0,00013
290	0,640	365*	0,00011
295	0,540	370	0,000093
297*	0,460	375	0,000077
300	0,300	380	0,000064
303*	0,120	385	0,000053
305	0,060	390	0,000044
308	0,026	395	0,000036
310	0,015	400	0,000030

¹ Выбраны представительные длины волн: другие значения должны быть получены путем логарифмической интерполяции в промежуточные длины волн.
* Линии эмиссии ртутного разряда.

4.3.2 Предел опасности ближнего УФ облучения для глаз

Для спектральной зоны от 315 нм до 400 нм (УФ-А) полное облучение для глаз не должно превышать 10000 Дж·м⁻² при времени облучения менее 1000 с. При облучении в течение более 1000 с (около 16 мин) энергетическая яркость УФ-А для незащищенного глаза E_{UVA} не должна превышать 10 Вт·м⁻².

Это может быть выражено следующим образом:

$$E_{UVA} \cdot t = \sum_{315}^{400} \sum_t E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot \Delta t \cdot \Delta \lambda \leq 10000 \quad \text{Дж} \cdot \text{м}^{-2} \quad (t < 1000 \text{ с}) \quad (4.3a)$$

$$E_{UVA} \leq 10 \quad \text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \quad (t \geq 1000 \text{ с}) \quad (4.3b)$$

где

$E_{\lambda}(\lambda, t)$ – спектральная облученность в Вт·м⁻²·нм⁻¹,

$\Delta\lambda$ – ширина полосы в нм,

t – время облучения в секундах

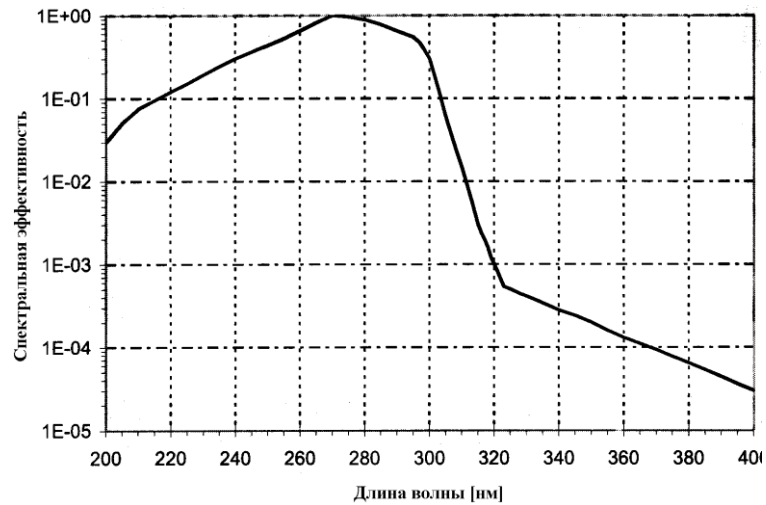


Рисунок 4.1 Спектральная взвешенная функция $S_{UV}(\lambda)$ для актиничной УФ опасности для кожи и глаз

Допустимое время УФ облучения, падающего на незащищенный глаз в течение менее 1000 с, подсчитывают по формуле:

$$t_{\max} \leq \frac{10000}{E_{UVA}} \quad \text{с} \quad (4.4)$$

Примечание Для облучения глаза УФ-А излучением CNIRP в 1989 г изменил вышеприведенный предел облучения, увеличив продолжительность облучения до $10000 \text{ Дж}\cdot\text{м}^{-2}$ с 1000 с до 10000 с (2,6 ч) и до $1 \text{ Вт}/\text{м}^2$ для $10000 \text{ с} \leq t \leq 30000 \text{ с}$ (8 ч).

4.3.3 Предел опасности облучения сетчатки синим светом

Для защиты сетчатки от фотохимического повреждения от хронического облучения синим светом интегрированная спектральная энергетическая яркость источника света, оцененная по функции опасности от синего света $B(\lambda)$, т.е. взвешенная энергетическая яркость синего света L_B не должна превышать уровней, определенных по формуле:

$$L_B \cdot t = \sum_{300}^{700} \sum_t L_\lambda(\lambda, t) \cdot B(\lambda) \cdot \Delta t \cdot \Delta \lambda \leq 10^6 \quad \text{Дж} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1} \quad (\text{для } t \leq 10^4 \text{ с}) \quad (4.5a)$$

$$L_B = \sum_{300}^{700} L_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta \lambda \leq 100 \quad \text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1} \quad (\text{для } t > 10^4 \text{ с}) \quad (4.5b)$$

где $L_\lambda(\lambda, t)$ – спектральная энергетическая яркость в $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1} \cdot \text{нм}^{-1}$,

$B(\lambda)$ – взвешенная функция опасности от синего света,

$\Delta \lambda$ – ширина полосы в нм,

t – время облучения в секундах.

Спектральная взвешенная функция синего света $B(\lambda)$ показана графически на рисунке 4.2 совместно с тепловой взвешенной функцией сетчатки $R(\lambda)$. Как и на рисунке 4.1, т.к. функция меняется от многих факторов, величина значений ординат показана логарифмически. Кроме того, спектральные значения $B(\lambda)$ и $R(\lambda)$ приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 Спектральные взвешенные функции для оценки опасности сетчатки от широкополосных оптических источников

Длина волны нм	Функция опасности от синего света $B(\lambda)$	Функция опасности опаления $R(\lambda)$
300	0,01	
305	0,01	
310	0,01	
315	0,01	
320	0,01	
325	0,01	
330	0,01	
335	0,01	
340	0,01	
345	0,01	
350	0,01	
355	0,01	
360	0,01	
365	0,01	
370	0,01	
375	0,01	
380	0,01	0,1
385	0,013	0,13
390	0,025	0,25
395	0,05	0,5

продолжение таблицы 4.2

Длина волны нм	Функция опасности от синего света $V(\lambda)$	Функция опасности опаления $R(\lambda)$
400	0,10	1,0
405	0,20	2,0
410	0,40	4,0
415	0,80	8,0
420	0,90	9,0
425	0,95	9,5
430	0,98	9,8
435	1,0	10,0
440	1,0	10,0
445	0,97	9,7
450	0,94	9,4
455	0,90	9,0
460	0,80	8,0
465	0,70	7,0
470	0,62	6,2
475	0,55	5,5
480	0,45	4,5
485	0,40	4,0
490	0,22	2,2
495	0,16	1,6
500-600	$10^{[450-\lambda/50]}$	1,0
600-700	0,001	1,0
700-1050		$10^{[(700-\lambda/500)]}$
1050-1150		0,2
1150-1200		$0,2 \cdot 10^{0,02(1150-\lambda)}$
1200-1400		0,02

Для взвешенной энергетической яркости источника L_B , превышающей $100 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1}$, максимальное допустимое время облучения t_{\max} должно подсчитываться по формуле:

$$t_{\max} = \frac{10^6}{L_B} \quad \text{с} \quad (\text{для } t \leq 10^4 \text{ с}) \quad (4.6)$$

где

t_{\max} – максимальное допустимое время облучения в секундах,

L_B – опасность от взвешенной эффективной яркости синего света.

Примечание 1 Спектральная энергетическая яркость L_λ должна быть усреднена по правому конусному полю обзора $\alpha_{\text{эфф}}$, как указано в 4.2.2.

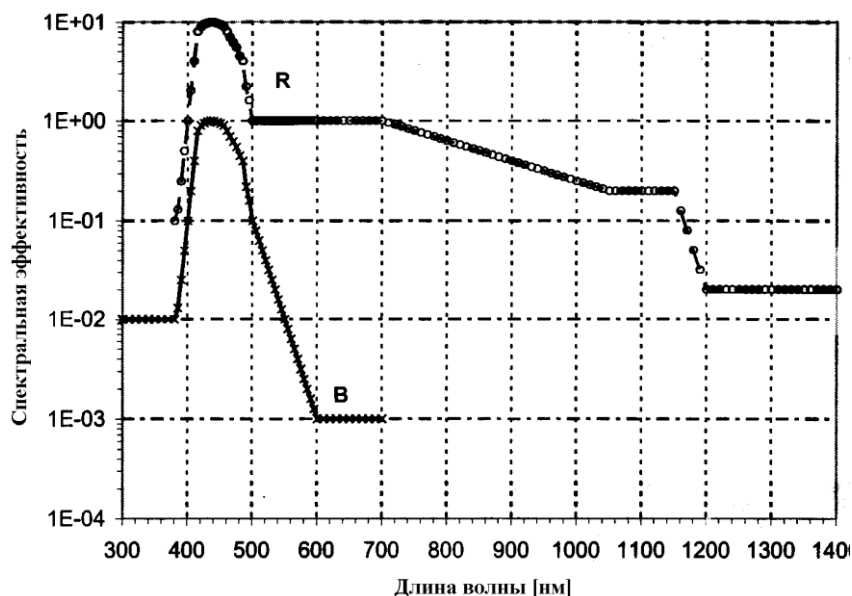


Рисунок 4.2 Спектральная взвешенная функция для опасностей для сетчатки : $B(\lambda)$ и $R(\lambda)$

Примечание 2 В случае множества не соприкасающихся элементов источника этот критерий применяют к одному из них. Его также применяют ко всему источнику когда используют среднюю энергетическую яркость всего источника.

4.3.4 Предел опасности облучения сетчатки синим светом – небольшой источник

Для источников света с углом менее 0,011 радиан пределы по 4.3.3 приводят к упрощению уравнения, основанного скорее на спектральной облученности, чем на спектральной эффективной яркости. Применяя уравнение (5.4) можно показать, что зависимость между L и E для угла 0,011 радиан – это коэффициент около 10^4 . Таким образом, спектральная облученность в глазу E_λ , взвешенная по функции опасности от синего света $B(\lambda)$ (см. таблицу 4.2) не должна превышать уровней, определенных по формуле:

$$E_B \cdot t = \sum_{300}^{700} \sum_t E_\lambda(\lambda, t) \cdot B(\lambda) \cdot \Delta t \cdot \Delta \lambda \leq 100 \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2} \quad (\text{для } t \leq 100 \text{ с}) \quad (4.7a)$$

$$E_B = \sum_{300}^{700} E_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta \lambda \leq 1 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \quad (\text{для } t > 100 \text{ с})$$

(4.7b)

где

$E_{\lambda}(\lambda, t)$ – спектральная облученность в $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{нм}^{-1}$,

$V(\lambda)$ – взвешенная функция опасности синего света,

$\Delta\lambda$ – ширина полосы в нм,

t – время облучения в секундах.

Для источника, у которого взвешенная облученность от синего света E_B превышает $0,01 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$, максимальная допустимая продолжительность облучения должна подсчитываться по формуле:

$$t_{\max} = \frac{100}{E_B} \quad \text{с} \quad (\text{для } t \leq 100 \text{ с}) \quad (4.8)$$

где

t_{\max} – максимально допустимая продолжительность облучения в секундах,

E_B – опасность от взвешенной облученности синим светом.

П р и м е ч а н и е 1 Время облучения, при котором E_B становится независимым от времени, является скорее 100 с чем 10000 с, данное для L_B в уравнении (4.6). Причина этого заключается в том, что время облучения более 100 с предполагает, что диаметр облученной площади сетчатки увеличивается как квадратный корень из времени. Следовательно, эффективная облученность сетчатки уменьшается, а облучение сетчатки становится независимым от времени при облучении длительностью от 100 с до 10000 с из-за предполагаемых движений глаза. Это показано путем графического представления E_B на рисунке 5.4.

П р и м е ч а н и е 2 Для офтальмических приборов или стабилизированного глаза при хирургической операции, когда движение глаза минимально, время облучения доходит до 10000 с. Под этим понимают, что в таких случаях взвешенная облученность от синего света должна быть $\leq 10^{-2} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$, т.е. в 100 раз меньше приведенной в уравнении (4.7b).

4.3.5 Предел опасности теплового облучения сетчатки

Для защиты сетчатки от теплового повреждения интегрированная спектральная энергетическая яркость источника L_{λ} , взвешенная взвешенной функцией опасности опаления $R(\lambda)$, (из рисунка 4.2 и таблицы 4.2) т.е. взвешенная энергетическая яркость опаления не должна превышать уровней, определенных по формуле:

$$L_R = \sum_{380}^{1400} L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda \leq \frac{50000}{\alpha \cdot t^{0,25}} \quad \text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1} \quad (10 \text{ мкс} \leq t \leq 10 \text{ с})$$

(4.9)

где

L_λ – спектральная энергетическая яркость в $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1} \cdot \text{нм}^{-1}$,

$R(\lambda)$ – взвешенная функция опасности опаления,

t – время наблюдения (или продолжительность импульса в случае импульсных ламп) в секундах,

$\Delta\lambda$ – ширина полосы в нм,

α – угловая хорда источника в радианах.

Примечание 1 L_λ должна быть усредненной по правому кольцевому конусному полю обзора под углом не менее 0,0017 радиан и не более 0,1 радиан.

Примечание 2 В случае множества не соприкасающихся элементов источника этот критерий применим к одному из них. Его применяют также и ко всему источнику когда используют среднюю энергетическую яркость всего источника.

4.3.6 Предел опасности теплового облучения сетчатки – слабый визуальный стимул

Для ИФ тепловой лампы или любого источника с ближним ИФ излучением, у которого слабый визуальный стимул недостаточен для активизации ощущения отвращения ближним ИФ (от 780 нм до 1400 нм) излучением, энергетическая яркость L_{IR} при рассматривании в течение более 10 с должна быть ограничена до:

$$L_{IR} = \sum_{780}^{1400} L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda \leq \frac{6000}{\alpha} \quad \text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{ср}^{-1} \quad (t > 10 \text{ с}) \quad (4.10)$$

где

L_λ – спектральная энергетическая яркость в $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{нм}^{-1}$,

$R(\lambda)$ – взвешенная функция опасности опаления,

$\Delta\lambda$ – ширина полосы в нм,

t – время облучения в секундах,

α – угловая хорда в радианах.

Слабым визуальным стимулом здесь считается такой стимул, максимальная яркость которого (усредненная на кольцевом поле обзора с углом 0,011 радиан) менее $10 \text{ кд}\cdot\text{м}^{-2}$.

Примечание 1 L_λ должна быть усреднена по правому кольцевому полю обзора с углом не менее 0,011 радиан и не более 0,1 радиан.

Примечание 2 Предел в уравнениях 4,11 а и б основан на диаметре зрачка 7 мм, т.к. предполагается, что яркость источника слабая. В тех случаях, когда окружающий свет может быть сильным, можно использовать диаметр зрачка 3 мм, предполагая, что предел облучения может быть приведен к более высоким значениям через квадрат отношения диаметров зрачка (коэффициент 5,5), т.е. предел облученности может быть увеличен до $33000/\alpha \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{ср}^{-1}$ (см. 4.2.1).

4.3.7 Предел опасности инфракрасного облучения для глаз

Во избежание теплового повреждения роговицы и замедленного воздействия на хрусталики глаз (катарактогенезис) облучение глаза ИФ излучением E_{IR} в диапазоне длин волн от 780 нм до 3000 нм в течение 1000 с не должно превышать:

$$E_{IR} = \sum_{780}^{3000} E_\lambda \cdot \Delta\lambda \leq 18000 \cdot t^{-0,75} \quad \text{Вт}\cdot\text{м}^{-2} \quad (t \leq 1000 \text{ с}) \quad (4.11a)$$

При времени более 1000 с предел становится равным:

$$E_{IR} = \sum_{780}^{3000} E_\lambda \cdot \Delta\lambda \leq 100 \quad \text{Вт}\cdot\text{м}^{-2} \quad (t > 1000 \text{ с}) \quad (4.11b)$$

где

E_λ – спектральная облученность в $\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{нм}^{-1}$,

$\Delta\lambda$ – ширина полосы в нм,

t – продолжительность облучения в секундах.

Примечание 1 В холодной окружающей среде предел для длительного облучения может быть увеличен до $400 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ при 0°C и $300 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ при 10°C в тех случаях, когда ИФ источники используют для лучистого нагрева.

Примечание 2 Вклад IR-C уже учтен в этих пределах для всех ламп накаливания.

4.3.8 Предел опасности теплового облучения кожи

Видимое и ИФ облучение (от 380 нм до 300 нм) кожи должно быть ограничено значением:

$$E_H \cdot t = \sum_{380}^{3000} \sum_t E_\lambda(\lambda, t) \cdot \Delta t \cdot \Delta \lambda \leq 20000 \cdot t^{0,25} \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2} \quad (t \leq 10 \text{ с}) \quad (4.12)$$

где:

$E_\lambda(\lambda, t)$ – спектральная облученность в $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$,

$\Delta \lambda$ – ширина полосы в нм,

t – время облучения в секундах.

П р и м е ч а н и е Этот предел облучения основан на повреждении кожи из-за повышения температуры ткани и применимо только к небольшой площади облучения. Пределы облучения в течение более 10 с не предусматриваются. Некоторые болезненные ощущения возникают при температурах, ниже температур, повреждающих кожу, и нормально для комфорта облучение отдельных личностей должно быть ограничено. Большие площади облучения и тепловой стресс не оценивают т.к. это вводит рассмотрение изменения тепла между отдельной личностью и окружающей средой, физической активностью и другими различными факторами, которые не могут быть применены в стандарте безопасности изделия, но должны быть оценены путем критериев окружающего тепла-стресса.

5. Измерение ламп и ламповых систем

Измерение оптического излучения для расчета значений светобиологического излучения является важным для радиометристов. Типичный спектр светобиологического действия, такой как $S_{UV}(\lambda)$, имеет быстро изменяемые значения при небольшом изменении длины волны. Кроме того, передача излучения от ламп со стеклянными оболочками быстро увеличивает отдачу с увеличением длины волны в той области, где $S_{UV}(\lambda)$ быстро уменьшается. Поэтому подготовка точности взвешенных результатов должна быть тщательно рассмотрена.

В то время как измерения облученности это рутинная работа, а измерения энергетической яркости не рутинная работа и часто трудно, особенно для светобиологических опасностей, создать поле обзора, которое изменяется в зависимости от оцениваемой опасности.

По этим причинам необходимо включить скорее всего длинную дискуссию по условиям и процедурам, необходимым для проведения

измерений эмиссии, которые должны быть использованы для определения группы риска различных ламп и ламповых систем.

Следует отметить, что описанная в настоящем стандарте процедура измерения рассчитана на оценку биофизического феномена. Характерно, что они могут внести усреднение по отверстиям или полям обзора, которые будут рассматриваться не подходящими для общих радиометрических измерений. Однако, опасности должны быть переоценены если не усредненные значения измерений будут сравниваться с соответствующими пределами излучения.

Для лучшего обеспечения сравнения различных пределов облучения, указанных в 4.3, включая эффекты поля обзора, в конце этого раздела указан суммарный обзор табличных и графических данных. Таким образом, рисунок 5.4 и таблица 5.4 суммируют максимальные значения для каждой облученности, основанной на количествах опасной облученности в функции времени облучения, в то время как рисунок 5.5 и таблица 5.5 суммируют максимальную энергетическую яркость, основанную на количественных опасных облучениях (сетчатки), также в функции времени облучения.

П р и м е ч а н и е Верхний предел длины волны для оценки любой опасности, составляющий 3000 нм, приведен в разделе 1. Измерения спектральной облученности с использованием монохроматора трудно провести в ИК, особенно между 2500 и 3000 нм из-за отсутствия восприятия сигнала и трудности получения калиброванных источников. Однако, не взвешенная функция определяется при длинах волн более 1400 нм. Таким образом, измерения ширины полосы для длин волн от 1400 до 3000 нм пригодны для оценки условий ИК опасности для глаз и кожи в этой области.

5.1 Условия измерений

Условия измерений должны указываться как оценка по пределам облучения и определению классификации риска.

5.1.1 Отжиг лампы

Для поддержания стабильной отдачи в процессе измерения и обеспечения воспроизводимых результатов лампы должны отжигаться

в течение соответствующего периода времени. В начальный период времени выходные характеристики лампы будут изменяться т.к. ее компоненты приходят в равновесие. Если измерения проводить на неотожженных лампах, то может быть большая разница во время измерения и между измерениями. Т.к. отдача лампы уменьшается в процессе срока службы, поэтому время отжига должно быть коротким для умеренных оценок опасностей.

Отжиг ламп должен соответствовать указанным в соответствующем стандарте МЭК на лампу.

Примечание Время отжига для разрядных ламп, например, люминесцентных и высокоинтенсивных разрядных (ВИР), типично составляет 100 ч, для вольфрамовых ламп – около одного процента их расчетного срока службы. Однако, эти критерии отжига могут отличаться для специальных применений, например, лампы для соляриев.

5.1.2 Испытательная среда

Точное измерение источников света требует контролируемую среду. Работа источников и измерительного оборудования зависит от окружающих факторов. Кроме того, образование озона в измерительной зоне может ухудшить точность и привести к нарушению безопасности. Конкретные условия испытаний приведены в соответствующем стандарте МЭК на лампу или, при отсутствии таких стандартов, в соответствующих национальных стандартах или рекомендациях изготовителя.

Окружающая температура будет значительно влиять на отдачу некоторых источников света; например, люминесцентных ламп. Окружающая температура, при которой должны производиться измерения, должна поддерживаться в соответствии с соответствующим стандартом МЭК на лампу.

Параметры некоторых источников света также сильно зависят от сквозняков. Движение воздуха на поверхности испытуемых ламп, за исключением потоков, вызванных естественной конвекцией самой

лампы, должно быть уменьшено насколько возможно с учетом безопасности (образование озона). Если в испытываемой системе предусмотрена циркуляция, то измерения должны проводиться с циркуляцией.

5.1.3 Внешнее излучение

Должны быть проведены осторожные проверки для обеспечения того, чтобы внешние источники излучения и отражения значительно не влияли на результаты измерения. Часто для уменьшения внешнего излучения используют экран. Визуальные черные поверхности могут отражать УФ и ИК излучения. Кроме того, излучения от горячих экранов должны учитываться в ИФ измерениях из-за большой входной угловой хорды экранов.

5.1.4 Работа лампы

Работа испытываемой лампы должна происходить в соответствии с соответствующим стандартом МЭК на лампу. При отсутствии такого стандарта должны применяться рекомендации изготовителя.

5.1.5 Работа ламповой системы

Для работы испытываемой лампы должен использоваться мощный источник в соответствии с соответствующим стандартом на лампу. При отсутствии стандарта на устройство управления лампой должны применяться рекомендации изготовителя.

5.2 Методика измерений

5.2.1 Измерения облученности

Данные описания применимы к измерениям широкополосной и спектральной облученности. Идеальным прибором для измерения облученности является круглый плоский детектор диаметром D , достаточный для достижения желательного отношения сигнала к шуму, что:

- принимает излучение в пределах правильного кольцевого конуса, осевая линия которого перпендикулярна плоскости площади детектора,

- имеет угловую пространственную характеристику, изменяющуюся как косинус угла, перпендикулярного площади детектора,
- имеет спектральную характеристику, которая постоянна в пределах заданной длины волны от λ_1 до λ_2 .

В настоящем стандарте минимальный диаметр отверстия должен быть 7 мм, а максимальный – 50 мм. Плоское круглое отверстие диаметром 25 мм является общим на небольших интегрирующих сферах, регламентированных выше как вход монохроматоров. Для источников с пространственным равномерным оптическим излучением рекомендуется отверстие диаметром 25 мм. Для источников, не создающих пространственную равномерную облученность, например, зеркальные лампы с узким лучом, пиковая облученность (интенсивность) может быть значительно выше, чем полученная измерением с использованием отверстия 25 мм неполного профиля. В таких случаях отверстие детектора должно быть ограничено 7 мм.

Рисунок 5.1 схематически показывает основные концепции измерений облученности или спектральной облученности, включая при необходимости отверстие для определения поля зрения, половинный угол A на некотором расстоянии от приемника, которое является большим по сравнению с диаметром детектора.

Измерение должно проводиться в таком положении, которое дает максимальное значение. Прибор должен быть откалиброван в абсолютной падающей лучистой мощности на единицу получаемой площади.

П р и м е ч а н и е 1 С практической точки зрения изменение входного отверстия требует значительной работы в перекалибровке радиометра или спектро-радиометра. Если известна зависимость облученности от расстояния, то одним из методов получения меньшего отверстия является перемещение детектора (предполагается использование диаметра 25 мм) так, что отверстие в 7 мм на расстоянии 200 мм соответствует отверстию 25 мм, т.е. расстояние составит 3,5-кратного стандартного расстояния оценки.

П р и м е ч а н и е 2 Измеренная облученность не должна усредняться на отверстиях, меньше заданного, т.к. это должно привести к переоценке опасности. Минимальный размер усредненного отверстия относится к физиологическим и пове-

денческим факторам, которые приводят к усреднению падающего излучения на некоторую поверхность.

П р и м е ч а н и е 3 По некоторым причинам, включая физиологию глаза, все уровни УФ излучения, упомянутые в 4.3.1 и 4.3.2, применимы к источникам с углом менее 80 градусов (1,4 радиан) т.к. источники в пределах 40 градусов перпендикулярны облучаемой поверхности. Такую эмиссию от источников с еще большим углом необходимо измерять только в полном углу 80 градусов.

Измерения облученности применимы к следующим опасностям, указанным в 4.3 настоящего стандарта.

- предел облучения глаза 315 нм – 400 нм, E_{UVA}
- предел опасного IR облучения, E_{IR}
- предел опасного теплового облучения кожи E_H

Измерения спектральной облученности применимы к следующим опасностям, также указанным в 4.3 настоящего стандарта.

- предел облучения 200 – 400 нм кожи и глаза E_S
- предел опасного облучения сетчатки синим светом – небольшой источник E_B

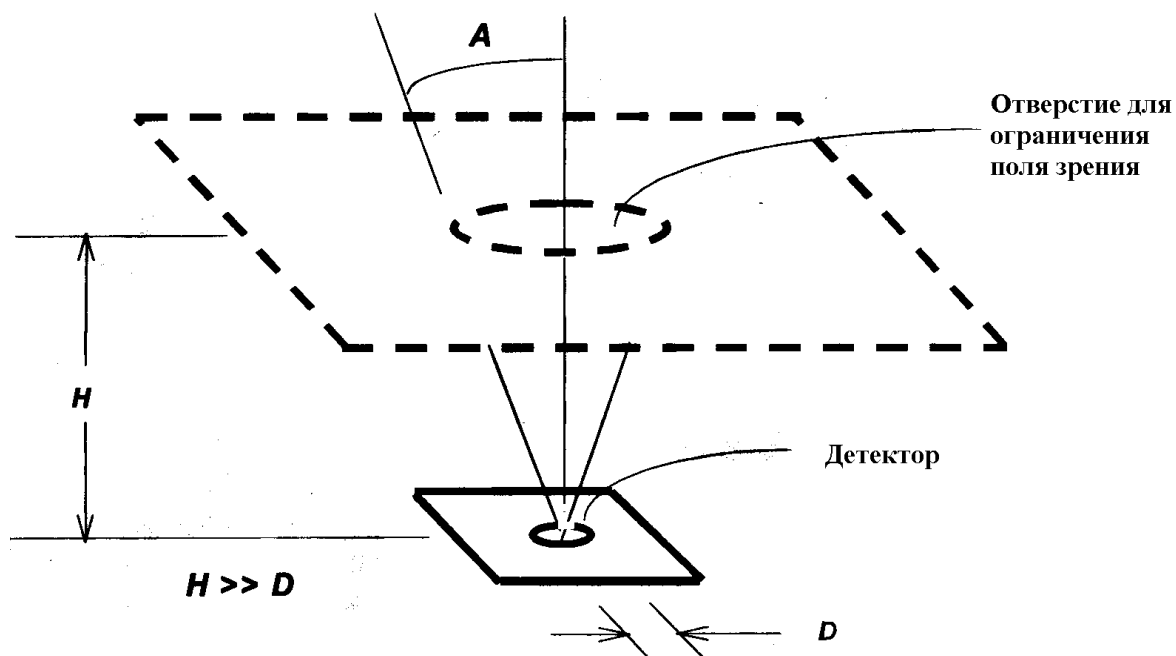


Рисунок 5.1 Схематические измерения облученности

5.2.2 Измерения энергетической яркости

5.2.2.1 Стандартный метод

Приведенное описание применимо к измерениям широкополосной и спектральной энергетической яркости. Измерения энергетической яркости проводят с оптической системой так, что (см. рисунок 5.2):

- изображение лучистого источника падает на детектор,
- имеется круглый ограничитель поля для получения заданного углового расширения усредненного поля зрения $\alpha_{эфф}$.

- имеется круглый входной зрачок (диафрагма), который действует как усредненное отверстие для измеренной облученности и выполняет те же требования, что и заявленные в 5.2.1. Для небольших углов зависимость между диаметром детектора и фокусным расстоянием изображенного прибора будет следующей: $d = \alpha_{эфф} \cdot H$.

Как и при измерениях облученности минимальный диаметр диафрагмы D , как показано на рисунке 5.2, соответствует диаметру зрачка 7 мм для импульсных источников света и является биофизически признанным усредненным отверстием для источников с непрерывной волной, когда зрачок может быть меньше, но движения глаз и головы позволяют это усреднение отверстия. Как и при измерениях облученности диафрагма может превышать 7 мм если профиль падающей облученности равномерный.

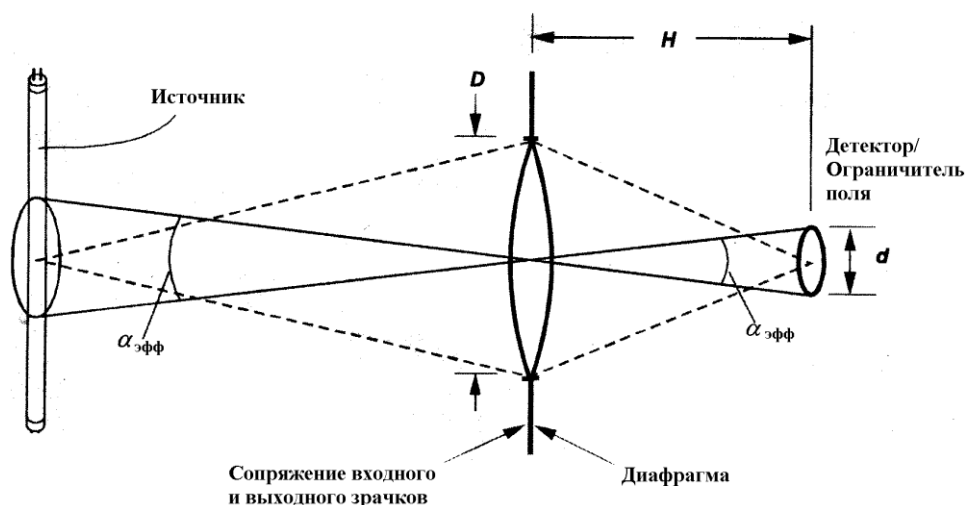


Рисунок 5.2 – Пример изображаемого прибора для измерений энергетической яркости

Прибор должен быть откалиброван в абсолютной падающей лучистой мощности на единицу получаемой площади и единицу телесного угла, усредненного в поле зрения прибора.

П р и м е ч а н и е Измеренная энергетическая яркость не должна усредняться на поле зрения, менее заданного т.к. это должно привести к переоценке опасности. Размер усредненного поля зрения относится к перемещениям глаза, что определяет лучистую мощность изображения источника на большей площади сетчатки. Размер усредненного поля зрения $\alpha_{эфф}$ не зависит от размера источника α . Для источников, у которых угловое поле α менее заданного поля зрения $\alpha_{эфф}$, усредненное значение энергетической яркости будет меньше фактической физической энергетической яркости источника, однако, это биологически эффективное значение – соответствующее значение, которое должно быть сравнимо с пределом облучения.

Измерения спектральной энергетической яркости применимы к следующим опасностям, также указанным в 4.3 настоящего стандарта.

- предел опасного облучения сетчатки синим светом L_B
- предел теплового облучения сетчатки L_R
- предел теплового облучения сетчатки – слабый визуальный стимул L_{IR}

5.2.2.2 Альтернативный метод

Измерения энергетической яркости могут быть приняты как измерения облученности, выполненные с хорошо определенным полем зрения, где измеренное значение облученности делится на измеренное поле зрения для получения значения энергетической яркости. Альтернативно к установленной (выше) изображаемой энергетической яркости измерение облученности, проведенное с круглым ограничением поля, размещенном на источнике, может быть использовано для измерений энергетической яркости (рисунок 5.3). Размер ограничения поля, F , и расстояние от него до диафрагмы, r , определяют поле зрения, т.е.

$$\gamma = F/r \quad (5.1)$$

Эта установка предполагает, что ограничение поля может быть установлено достаточно близко к видимому источнику для получения требуемого поля зрения.

Зависимость между измеренной облученностью, E , и энергетической яркостью источника, L , для нахождения нормали к площади источника ($\theta = 0$ в определении 3.31) для малых углов дается так:

$$E = L \cdot \Omega \quad (5.2)$$

где Ω , угол в стерadians, измерение поля зрения, т.е. телесный угол, образованный плоскостным углом γ в радианах, показан на рисунке 5.3. Кроме того, для небольших углов зависимость между плоскостным углом γ и телесным углом Ω будет такая:

$$\Omega = \frac{\pi \cdot \gamma^2}{4} \quad (5.3)$$

Таким образом, используя размеры на рисунке 5.3, облученность в терминах энергетической яркости источника дается формулой:

$$E = L \cdot \frac{\pi \cdot \gamma^2}{4} = L \cdot \frac{\pi \cdot F^2}{4 \cdot r^2} \quad (5.4)$$

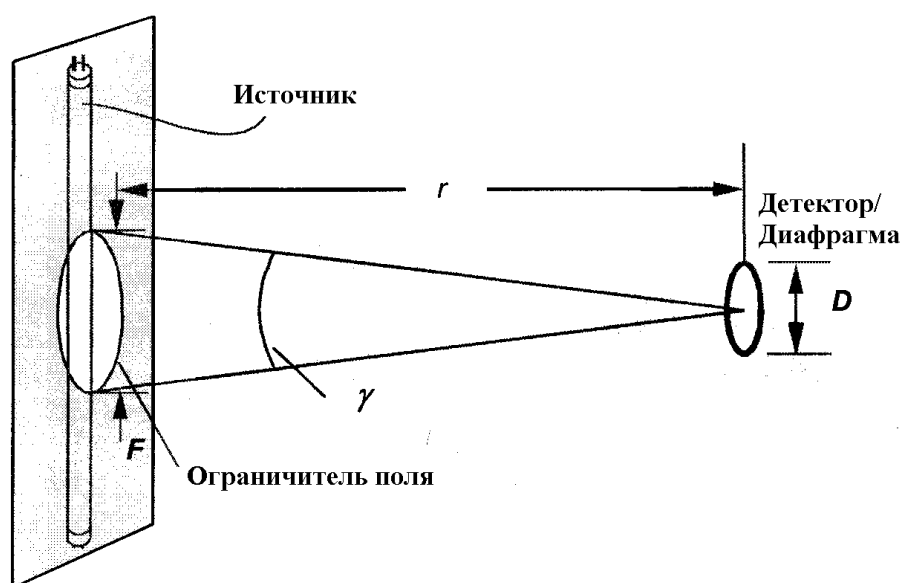


Рисунок 5.3 – Техника альтернативной энергетической яркости

При использовании измерений облученности для получения значений энергетической яркости, чтобы сравнивать с данной опасностью, диаметр ограничения поля F должен быть таким, чтобы

$$Y = \alpha_{\text{эфф}}$$

Примечание предел опасной облученности синим светом небольшого источника эквивалентен пределу энергетической яркости для заданного измерения усредненного поля зрения. Предел облученности получают умножением предела энергетической яркости с усредненным измерением поля зрения по уравнению (5.4).

5.2.3 Измерение размеров источника

Для определения α , углового поля источника, необходимо установление 50% эмиссионных точек источника. Общие методы использования фотографии или камер могут применяться только после подтверждения, что спектральная однородность достаточна для гарантии использования видимого излучения в качестве аналога ИК излучения. Изменения в спектре в течение импульса могут привести к различной ширине в различных зонах спектра (См. Sliney and Wolbarsht, 1980 г, п.12.6.6).

5.2.4 Измерение ширины импульса импульсных источников

Для определения Δt , номинальной продолжительности импульса источника, нужно определить время, в течение которого эмиссия $> 50\%$ пикового значения. Общие методы, например, использование фотоэлемента с осциллографом должны применяться только после подтверждения, что спектральная однородность достаточна для гарантии использования видимого излучения в качестве аналога для УФ и ИК излучения. Изменения в спектре в течение импульса могут привести к различной ширине в различных зонах спектра.

5.3 Методы анализов

5.3.1 Интерполяция взвешенной кривой

Взвешенных кривых, определенных в таблице 4.1, обычно не достаточно для осуществления взвешенных расчетов эмиссии источника.

Функции приемлемо линейны в любой локальной зоне на полуграфических координатах. Поэтому для стандартизации интерполированных значений используют линейную интерполяцию на логарифме данных значений для получения промежуточных точек в желаемых интервалах длин волн, например, рекомендуется интервал в один нанометр. Для интерполяции взвешенных коэффициентов требуется антилогарифм результатов значений.

5.3.2 Подсчеты

Подсчет опасных значений источника должен производиться путем оценки спектрального поля зрения соответствующей функции и подсчета общей оцененной энергии. Для обеспечения повторяемого метода настоящий стандарт предлагает интерполяцию или суммирование по одному нанометру (1 нм) для спектра менее 400 нм. Затем оценка и суммирование производится на этой разрешающей способности в 1 нм. При более 400 нм рекомендуется шаг размера 5 нм.

5.3.3 Измерение ненадежности

Все результаты измерений должны быть количественно определены путем анализа ненадежности. Результаты должны быть соединены попарно с ненадежными значениями, чтобы соответствовать руководству в нормативных ссылках. Ненадежность каждого результата должна быть отмечена как расширяющаяся ненадежность, которая подсчитывается из комбинированной стандартной ненадежности, u_c , путем использования коэффициента охвата, $k=2$, установленного в руководстве ИСО, указанного в разделе 2. Значения ненадежности должны распространяться из ненадежности калибровки путем подсчетов и включения всех источников, указанных в приложении С.

Таблица 5.2 Суммирование пределов облучения поверхности кожи или роговицы (значения основаны на облученности)

Наименование опасности	Соответствующее уравнение	Диапазон длин волн нм	Продолжительность облучения с	Ограничивающее отверстие радиан (градус)	Предел облучения в терминах постоянной облученности Вт·м ⁻²
Активный УФ для кожи и глаз	$E_S = \sum E_\lambda \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	200-400	<30000	1,4(80)	30/t
УФ-А для глаз	$E_{UVA} = \sum E_\lambda \cdot \Delta\lambda$	315-400	≤1000 >1000	1,4(80)	10000/t 10
Небольшой источник синего света	$E_B = \sum E_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	300-700	≤100 >100	<0,011	100/t 1,0
ИК для глаз	$E_{IR} = \sum E_\lambda \cdot \Delta\lambda$	780-3000	≤1000 >1000	1,4(80)	18000/t ^{0,75} 100
Тепловая для кожи	$E_H = \sum E_\lambda \cdot \Delta\lambda$	380-3000	<10	2π стерadians	20000/t ^{0,75}

Таблица 5.3 Суммирование пределов облучения сетчатки (значения основаны на энергетической яркости)

Наименование опасности	Соответствующее уравнение	Диапазон длин волн нм	Продолжительность облучения с	Ограничивающее отверстие радиан (градус)	Предел облучения в терминах постоянной облученности Вт·м ⁻²
Синий свет	$L_B = \sum L_\lambda \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	300-700	0,25-10 10-100 100-10000 ≥10000	0,011·√(t/10) 0,011 0,0011·√t 0,1	10 ⁶ /t 10 ⁶ /t 10 ⁶ /t 100
Тепловая для сетчатки	$L_R = \sum L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	380-1400	<0,25 0,25-10	0,0017 0,011·√(t/10)	50000/(α·t ^{0,25}) 50000/(α·t ^{0,25})
Тепловая для сетчатки (слабый визуальный стимул)	$L_{IR} = \sum L_\lambda \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$	780-1400	>10	0,011	6000/α

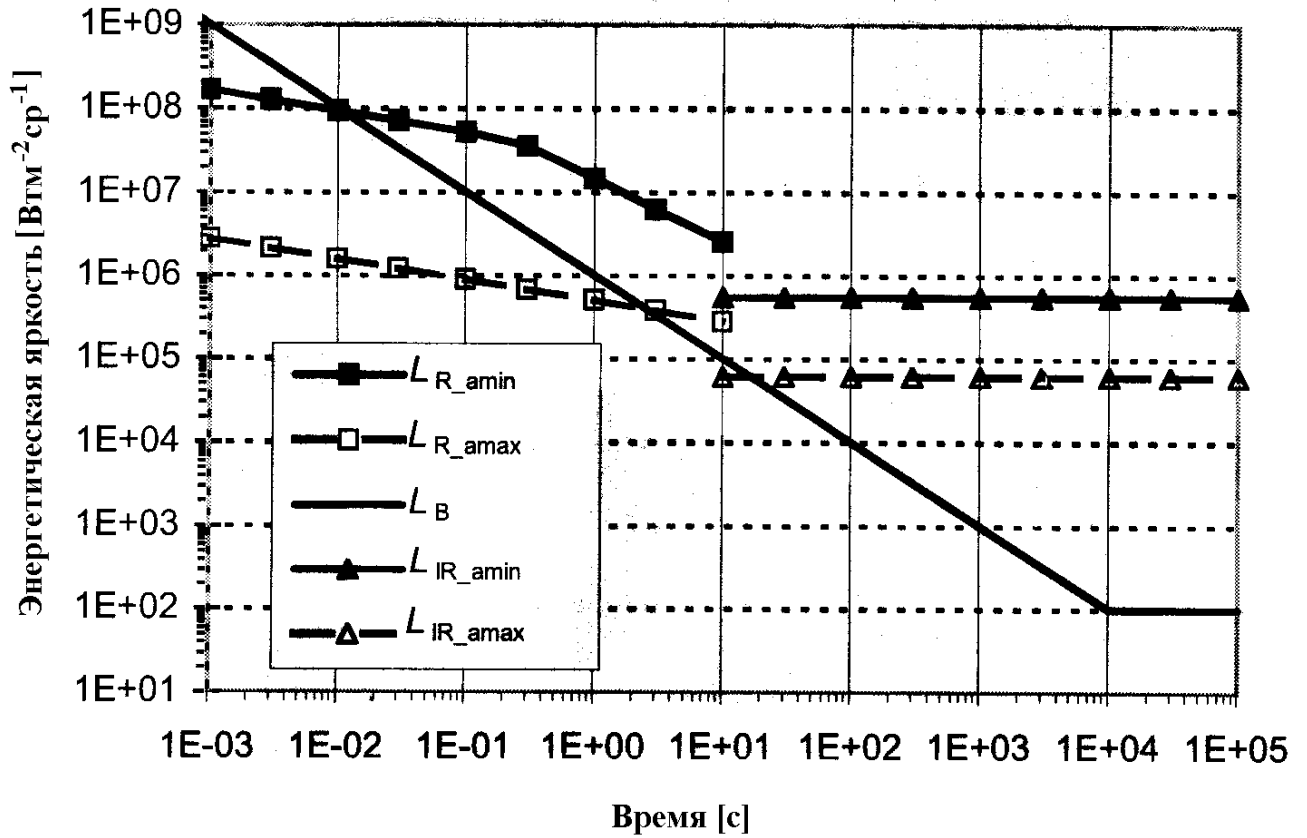


Рисунок 5.4 Пределы облученности, оцененные по времени постоянного облучения

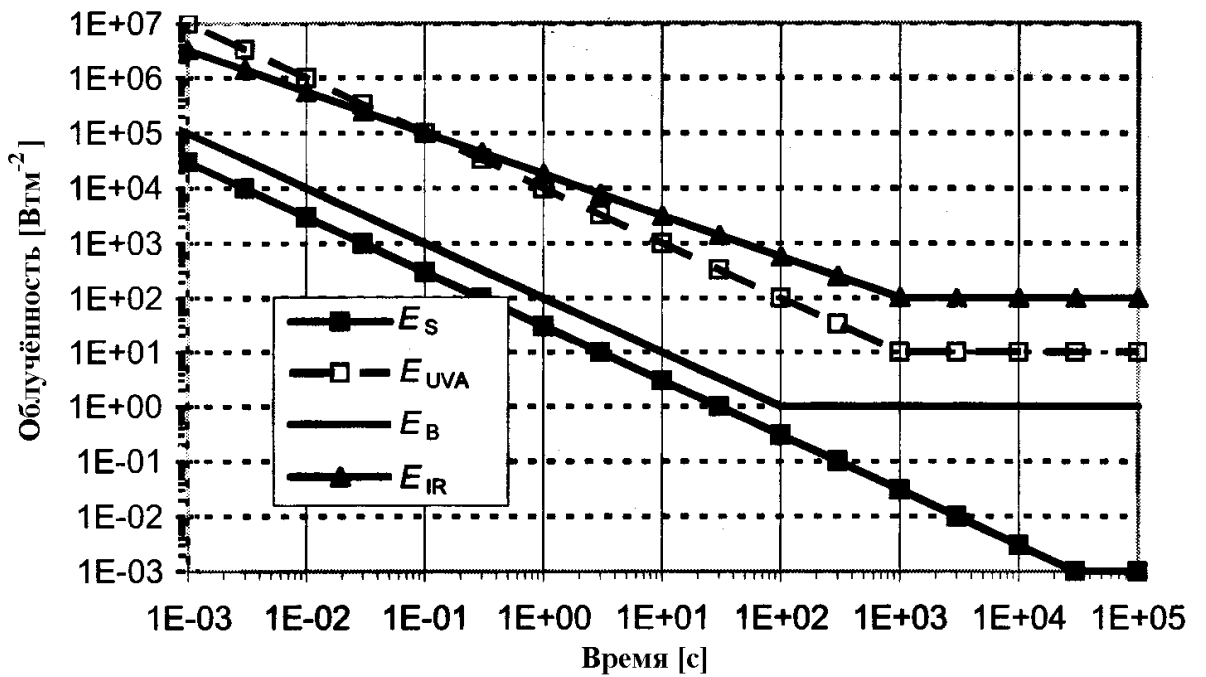


Рисунок 5.5 Пределы энергетической яркости, оценённые по времени постоянного облучения

6. Классификация ламп

Настоящий стандарт разработан ТК 6-47 МКО с представлением ПК 34А МЭК. Это объединённое усилие кажется важным т.к. принятие классификации группы риска и расстояния, на котором указываются опасные светобиологические значения из-за излучения лампы, могут быть согласованы. Т.к. лампы могут быть опасны по нескольким аспектам поэтому классификация схемы полезна. В целях настоящего стандарта решено установить следующие значения:

- для ламп общего назначения (ЛОН) см. определение 3.11, опасные значения должны быть указаны в виде значений облучённости или энергетической яркости на расстоянии, создающем освещённость 500 люкс, но не менее чем 200 мм;
- для других источников света, включая импульсные, опасные значения должны быть определены на расстоянии 200 мм.

Настоящий раздел касается классификации ламп. Однако, аналогичная система классификации может быть применена к светильникам или другим системам с работающими лампами. Для ламп общего назначения расстояния, на которых производят измерения облучённости, зависят от возможностей измерения.

Схема классификации указывает только потенциальный риск. В зависимости от используемых факторов, времени облучения и эффектов светильника эти потенциальные опасности могут стать реальными, а могут и не стать. Таблица 6.1 суммирует различные пределы эмиссии облучения или энергетической яркости для каждой их опасностей, указанной в 4.3 для каждого риска группы.

Примечание: В некоторых случаях одни и те же лампы могут использоваться для общего освещения и специального применения, тогда они оцениваются для предусмотренных применений.

6.1 Лампы непрерывной волны

6.1.1 Свободная группа

Философской основой для свободной группы является то, что лампа не создаёт никакой светобиологической опасности по настоящему стандарту. Это требование удовлетворяется лампой, которая не создаёт

- опасность от актиничного УФ (E_S) при облучении в течение 8 ч (30000 с) и
 - опасность от ближнего УФ (E_{UVA}) в течение 1000 с (около 16 мин)
- и
- опасность от синего света для сетчатки (L_B) в течение 10000 с (около 2,8 мин) и
 - тепловую опасность для сетчатки (L_R) в течение 10 с и
 - ИК опасность для глаз (E_{IR}) в течение 1000 с.

Эти лампы относятся к свободной группе.

Также к свободной группе относятся лампы, испускающие ИК излучение без сильного визуального стимула (например, менее $10 \text{ кд}\cdot\text{м}^{-2}$) и не создающие опасный для сетчатки ближний ИФ (L_{IR}) в течение 1000 с.

6.1.2 Группа риска 1 (небольшой риск)

Философской основой для этой классификации является то, что лампы не создают опасность из-за нормального ограничения облучения. Это требование удовлетворяется любой лампой, превышающей пределы для свободной группы, но не создающие

- опасность от актиничного УФ (E_S) при облучении в течение 10000 с и
- опасность от ближнего УФ (E_{UVA}) в течение 300 с и

- опасность от синего света для сетчатки (L_B) в течение 100 с и
- тепловую опасность для сетчатки (L_R) в течение 10 с и
- ИК опасность для глаз (E_{IR}) в течение 100 с.

Эти лампы относятся к группе риска 1 (малый риск).

Также к группе риска 1 (малый риск) относятся лампы, испускающие ИК излучение без сильного визуального стимула (например, менее $10 \text{ кд}\cdot\text{м}^{-2}$) и не создающие опасный для сетчатки ближний ИФ (L_{IR}) в течение 100 с.

6.1.3 Группа риска 2 (средний риск)

Философской основой для этой классификации является то, что лампа не создаёт опасности из-за возникновения отвращения к очень ярким источникам из-за теплового дискомфорта. Это требование удовлетворяется любой лампой, превышающей пределы для группы риска 1, но не создающие

- опасность от актиничного УФ (E_S) при облучении в течении 1000 с и
- опасность от ближнего УФ (E_{UVA}) в течение 100 с и
- опасность от синего света для сетчатки (L_B) в течение 0,25 с (возникновение отвращения) и
- тепловую опасность для сетчатки (L_R) в течение 0,25 с (возникновение отвращения) и
- ИК опасность для глаз (E_{IR}) в течение 10 с.

Эти лампы относятся к группе риска 2 (умеренный риск).

Также к группе риска 2 (умеренный риск) относятся лампы, испускающие ИК излучение без сильного визуального стимула (например, менее $10 \text{ кд}\cdot\text{м}^{-2}$) и не создающие опасный для сетчатки ближний ИК (L_{IR}) в течение 10 с.

6.1.4 Группа риска 3 (большой риск)

Философской основой для этой классификации является то, что лампа может создавать опасность даже при моментальном и неболь-

шом облучении. К группе риска 3 (большой риск) относятся лампы, превышающие пределы для группы риска 2 (умеренный риск).

6.2 Импульсные лампы

Критерий импульсной лампы должен применяться к одному импульсу или к любой группе импульсов в течение 0,25 с.

Импульсные лампы должны оцениваться при наивысшей номинальной нагрузке энергии, указанной изготовителем.

Соответствующее взвешенное лучистое облучение (H или $E \cdot t$) или взвешенная доза энергетической яркости с интегрированным временем для каждого импульса должно получаться интегрированием взвешенной облучённости или энергетической яркости, излучаемой источником на всей ширине импульса с интегрированием времени, ограниченного максимумом 0,25 с. Подсчитанную дозу взвешенного лучистого облучения или взвешенной энергетической яркости сравнивают с пределом облучения, приведённым в 4.3 для каждой оцениваемой светобиологической опасности.

П р и м е ч а н и е Полученные взвешенные значения энергетической яркости должны быть усреднены по правильному конусному полю обзора с углом 0,0017 радиан, указанного в 4.2.2

Определение группы риска ламп проверяют следующим образом:

- Лампу с превышенным пределом облучения относят к группе риска 3 (большой риск).
- Лампы с одним импульсом, у которых доза взвешенного лучистого облучения или взвешенной энергетической яркости ниже предела облучения, относят к свободной группе.
- Для ламп с повторяющимися импульсами, у которых доза взвешенного лучистого облучения или взвешенной энергетической яркости ниже предела облучения, должны оцениваться как по критерию риска непрерывной волны, указанного в 6.1, используя усреднённые значения времени импульсной эмиссии.

Таблица 6.1 Ограничения эмиссии для групп риска ламп с непрерывной волной

Риск	Спектр действия	Символ	Пределы эмиссии			Единица измерения
			Свободный	Малый риск	Умеренный риск	
Актиничный УФ	$S_{UV}(\lambda)$	E_S	0,001	0,003	0,03	Вт·м ⁻²
Ближний УФ		E_{UVA}	10	33	100	Вт·м ⁻²
Синий свет	$B(\lambda)$	L_B	100	10000	4000000	Вт·м ⁻² ·ср ₁ ⁻¹
Синий свет, небольшой источник	$B(\lambda)$	E_B	1,0*	1,0	400	Вт·м ⁻²
Тепловой для сетчатки	$R(\lambda)$	L_R	28000/α	28000/α	71000/α	Вт·м ⁻² ·ср ₁ ⁻¹
Тепловой для сетчатки, слабый визуальный стимул**	$R(\lambda)$	L_{IR}	6000/α	6000/α	6000/α	Вт·м ⁻² ·ср ₁ ⁻¹
ИК излучение для глаз		E_{IR}	100	570	3200	Вт·м ⁻²
*Небольшим определен источник с α<0,011 радиан. Усредненное поле зрения при 10000 с составляет 0,1 радиан						
**С учетом оценки источников не общего назначения						

Приложение А

(справочное)

СУММИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ**Лист с параметрами биоэффекта #1: Инфракрасная катаракта**

А.1 Биоэффект: ИФ КАТАРАКТА известна также как «промышленная тепловая катаракта», «катаракта горняка» или «катаракта стеклодува».

А.1.1 Орган/Место: Глаз/прозрачный хрусталик

А.1.2 Спектральный диапазон: от 700 нм до 1400 нм и возможно до 3000 нм.

А.1.3 Пик действия спектра: Не известен; вероятно между 900-1000 нм.

А.1.4 Сведения: Ограниченные предельные данные по острой катаракте кроликов при 1064 нм (Уолбаршт, 1992 г) и в зоне ИК-А (Питтс и Каллен, 1981 г); для человека данных нет. Степень аддитивности и спектр действия не известны. Хорошее эпидемиологическое доказательство (Лидал, 1984 г).

А.1.5 Со временем: Заметное потемнение хрусталика обычно за несколько лет хронического облучения высокого уровня, время прохождения зависит от разницы между облучением и пределом сильного облучения, создающего ответную реакцию в короткое время.

А.1.6 Механизм: Обычно предполагается тепловой, хотя недавнее доказательство предполагает возможную светохимическую реакцию – детали не понятны. Хрусталик может нагреваться или от прямого облучения (Вогт, 1919 г) или от тепла, исходящего от нагретой радужной оболочки (Голдманн, 1983 г).

А.1.7 Симптомы: Помутнение зрения.

А.1.8 Необходимая информация: Спектр действия, если имеется, для эффектов сопутствующего УФ облучения; аддитивность сложных облучений и возможность замедленных эффектов от повторяющихся облучений.

А.1.9 Эксперимент с лампами: Случайные повреждения не известны, даже от теплового облучения ламп. Ограниченное воздействие на население.

А.1.10 Справки:

ГОЛДМАНН, Г. Экспериментальные исследования генезиса огненной катаракты, (1983 г).

ЛИДАЛ, Е. Инфракрасное излучение и катаракта (1984 г).

ПИТТС, Д.Г. и КАЛЛЕН А.П. Определение уровней ИК излучения для сильного катарогенезиса глаза (1981 г).

СЛИНЕЙ Д.Г. и УОЛБАРШТ М.Л. Безопасность с лазерами и другими оптическими источниками (1980 г).

УОЛБАРШТ М.Л. Катаракта от ИК лазеров: Доказательство фотохимических механизмов (1992 г).

Лист с параметрами биоэффекта #2: Светокератит

А.2 Биоэффект: СВЕТОВОЙ КАРАТИТ

А.2.1 Орган/Место: Глаз/Роговица.

А.2.2 Спектральный диапазон: от (180-200) нм до (400-420) нм; в основном 200-320 нм.

А.2.3 Пик действия спектра: около 270 нм (Питтс, 1971 г); около 288 нм (Коган и Кинси, 1946 г).

А.2.4 Сведения: Хорошие предельные данные по кроликам (от 200 нм до 400 нм); по обезьянам (от 200 нм до 320 нм); по людям (от 200 нм до 300 нм). Данные от разных лабораторий в основном согласуются.

А.2.5 Со временем: Заметная реакция после 4 – 12 ч облучения; время прохождения зависит от разницы между облучением и пределом сильного облучения, вызывающем реакцию на короткое время; устраняется через 24 – 48 ч, за исключением чрезвычайно сильных облучений.

А.2.6 Механизм: Светохимическая реакция является началом цепи биологических реакций; детали не понятны.

А.2.7 Симптомы: «Песок в глазах», блефароспазм (неожиданное, сильное, непроизвольное сокращение мышц век), некоторое помутнение зрения; реакция щелью век (раскрытие между верхними и нижними веками).

А.2.8 Необходимая информация: Наивысший предел разрешающей способности в диапазоне от 305 нм до 320 нм; возможность запоздалых эффектов из-за повторяющихся облучений.

А.2.9 Эксперимент с лампами: Не совсем случайное облучение от бактерицидных ламп, ртутных и ксеноновых дуговых, но только при специальных применениях. Ограниченное воздействие на людей.

А.2.10 Справки:

КОГАН Д.Г. и КИНСИ В.Е. Действие спектра каратита, создаваемого УФ излучением (1946 г).

ХЕДЛБОМ Е.Е. Защита глаз (1961 г).

ЛИЧ У.М. Биологические аспекты УФ излучения. Обзор опасностей (1970 г).

МАККИН, Д, ФАЙН, С, ААРОН, А и ФАЙН, Б.С. Предупредительные опасности при УФ длинах волн (1971 г.)

ПИТТС Д.Г. и ТРЕДИСИ Т.Й. Влияние УФ на глаза (1971 г.)

Лист с параметрами биоэффекта #3: Светоратинит

А.3 Биоэффект: СВЕТОВОЙ РЕТИНИТ или «повреждение сетчатки синим светом».

А.3.1 Орган/Место: Глаз/Сетчатка

А.3.2 Спектральный диапазон: от 400 нм до 700 нм (в основном 400-500 нм) в глазу с хрусталиком (прозрачный хрусталик не тронут); от 310 нм до 700 нм в глазу без хрусталика (прозрачный хрусталик удален) (в основном от 310 нм до 500 нм).

А.3.3 Пик действия спектра: Около 445 нм (Хам, 1976 г); около 310 нм в глазу без хрусталика (Хам, 1980 г) в резусной обезьяне.

А.3.4 Сведения: Хорошие предельные данные для обезьян и некоторые подтверждающие данные для человека по длинам волн лазера, используемым в медицине, и от случайного взгляда на солнце или сварочную дугу.

А.3.5 Со временем: Этот механизм повреждения доминирует над тепловым повреждением только при длительных облучениях (более 10 с). Заметная реакция обычно возникает через 12 ч облучения, увеличение этого времени зависит от разницы между облучением и пределом сильного облучения, вызывающего реакцию в короткое время; наибольшая реакция обычно отмечается через 48 ч. Некоторое восстановление отмечается при случайном облучении человека от дуг и взгляда на солнце.

А.3.6 Механизм: Светохимическая реакция является началом цепи биологических реакций, явно центрирующихся в эпителии пигмента сетчатки; детали не понятны

А.3.7 Симптомы: «Слепая точка» или скотома, когда яркая дуга изображается на сетчатке. Заметное повреждение сетчатки (нормальное лишение пигмента от синего света или сильное лишение пигмента от некоторых УФ длин волн) видно при офтальмогическом осмотре после 48 ч облучения. Потеря зрения может быть окончательной, хотя в умеренных случаях отмечается восстановление.

А.3.8 Необходимая информация: Больше знаний по механизму повреждения; данные по облучению от 400 нм до 450 нм в течение менее 10 с; данные по аддитивности сложных облучений и вероятность запоздалых эффектов от повторяющихся облучений при уровнях ниже предельных.

А.3.9 Эксперимент с лампами: Чрезвычайно редкие или в большинстве случаев не сообщенные повреждения из-за чрезмерного облучения от взгляда на лампы. Естественное чувство отвращения обычно ограничивает облучение, что предотвращает световой ретинит. Ограниченное воздействия на людей.

А.3.10 Справки:

ХАМ У.Т. , МЮЛЛЕР Г.А. и СЛИНЕЙ Д.Г. Чувствительность сетчатки к повреждению от коротковолнового света (1976 г)

ХАМ. У.Т., РУФФОЛО Й.Й., МЮЛЛЕР Г.А. и ГУЕРРИ Д. Природа повреждения сетчатки от облучения: Зависимость от длины волны, уровня мощности и времени облучения (1980 г).

МЕЙНСТЕР М.А. Спектральное пропускание глазных хрусталиков и повреждение сетчатки от интенсивных источников света (1978 г).

МАРШАЛЛ Й. Повреждение от света и практика офтальмологии (1983 г)

ПИТТС Д.Г. Спектр УФ действия на человека (1974 г).

СЛИНЕЙ Д.Г. Техника защиты глаз от яркого света (1983 г).

СЛИНЕЙ Д.Г. и УОЛБВРШТ М.Л. Безопасность с лазерами и другими оптическими источниками (1980 г).

СПЕРЛИНГ Г.Г. Риск интенсивного света в офтальмологических диапазоне и лечении (1980 г).

ВАРМА С.Д. и ЛЕРМАН С. Протоколы первого международного симпозиума по свету и воздействию кислорода на глаза. (1984 г).

УАКСИЕР М. И ХИТЧЕНС В. Оптическое излучение и визуальное здоровье (1986 г).

УИЛЬЯМС Т.В. и БЕЙКЕР Б.Н. Воздействие постоянного света на визуальную систему (1980 г).

ЯНГ Р.У. Теория болезни центральной сетчатки (1981 г).

Лист с параметрами биоэффекта #4: Тепловое повреждение сетчатки

А.4 Биоэффект: ТЕПЛОВОЕ ПОВРЕЖДЕНИЕ СЕТЧАТКИ

А.4.1 Орган/Место: Глаз/Сетчатка и сосудистая оболочка.

А.4.2 Спектральный диапазон: От 400 нм до 1400 нм (в основном от 400 нм до 1100 нм).

А.4.3 Пик действия спектра: Около 500 нм (Хам, 1966 г).

А.4.4 Сведения: Хорошие предельные данные для кроликов и обезьян и ограниченные данные для человека. Данные от разных лабораторий в основном согласуются.

А.3.5 Со временем: Этот механизм повреждения доминирует над светохимическим повреждением сетчатки при коротком облучении (менее 10 с) или при длинах волн более 700 нм. Заметная реакция обычно возникает обычно сразу (или через 5 мин) после облучения. Восстановление ограничено или невозможно.

А.4.6 Механизм: Термохимическая реакция разрушения протеина и других ключевых биологических компонентов клеток с разрушением биологической ткани. Поглощение света и начальное повреждение центрируется в пигментной эритеме и сосудистой оболочке сетчатки.

А.4.7 Симптомы: «Слепая точка» или скотома, когда яркий свет изображается на сетчатке. Заметное повреждение сетчатки (нормальное лишение пигмента) видно при офтальмогическом осмотре после 24 ч облучения. Потеря зрения будет наибольшей сразу после облучения и частичное восстановление возможно в течение 14 суток.

4.8 Необходимая информация: Больше данных при облучении больших изображений (> 1 мм).

А.4.9 Эксперимент с лампами: Виртуально лампа не способна вызывать этот вид повреждения. Как показывает работа в клиниках ксеноновая дуга, сфокусированная на глаза, может оказать воздействие. Следовательно, это должно быть чрезвычайно редко или в большинстве случаев не сообщенные повреждения от взгляда на увеличенную ксеноновую дугу. Естественное чувство отвращения обычно ограничивает облучение, что предотвращает повреждение.

А.4.10 Справки:

АЛЛЕН Р.А. Тепловое повреждение сетчатки (1980 г).

ХАМ У.Т., РУФФОЛО Й.Й, МЮЛЛЕР Г.А. и ГУЕРРИ Д. Природа повреждения сетчатки излучением: Зависимость от длины волны, уровня мощности и времени облучения (1980 г).

ХАМ У.Т., УИЛЬЯМС Р.С, МЮЛЛЕР Г.А., ГУЕРРИ Д. , КЛАРК А.М и ГИРЕТС У.Й. Воздействие излучения лазера на глаза млекопитающих (1966 г)

СЛИНЕЙ Д.Г. и УОЛБАРШТ М.Л. Безопасность с лазерами и другими оптическими источниками (1980 г).

Лист с параметрами биоэффекта #5: Ультрафиолетовая катаракта

А.5 Биоэффект: УФ КАТАРАКТА

А.5.1 Орган/Место: Глаз/Прозрачный хрусталик.

А.5.2 Спектральный диапазон: От 290 нм до 325 нм; возможно до 400 нм.

А.5.3 Пик действия спектра: Около 305 нм (Питтс, 1977 г) для сильной катаракты; спектр не оказывает воздействия при длинах волн > 325 нм (Лерман, 1980 г, Зигман, 1979 г).

А.5.4 Сведения: Хорошие предельные данные для кроликов и обезьян (от 295 нм до 325 нм); нет данных для сильной катаракты человека, но имеется эпидемиологическое доказательство для хронического облучения УФ-В облучением (Тейлор, 1988 г).

А.5.5 Со временем: Заметное потемнение хрусталика обычно через 4 или более часов облучения, большее время зависит от разницы между облучением и пределом сильного облучения, вызывающего реакцию за короткое время; в противном случае непрозрачность хрусталика останется навсегда.

А.5.6 Механизм: Светохимическая реакция; детали не ясны.

А.5.7 Симптомы: Помутнение зрения

А.5.8 Необходимая информация: Спектр действия, если имеется сильный эффект для УФ облучения; аддитивность сложных облучений и возможность замедленных эффектов от повторяющихся облучений.

А.5.9 Эксперимент с лампами: Известны случайные повреждения, даже от облучения ксеноновыми лампами. Ограниченное воздействие на людей.

А.5.10 Справки:

БРАЧЕМ А. Офтальмический УФ спектр действия (1956 г).

ЛЕРМАН С. Лучистая энергия и глаз (1980 г).

ПАРРИШ Й.А., АНДЕРСОН Р.Р, УРБАЧ Ф. И ПИТТС Д. Биологические воздействия УФ излучения с упором на реакцию человека на длинноволновый УФ (1978 г).

ПИТТС Д.Г. Глазной УФ спектр действия и критерии защиты (1973 г).

ПИТТС Д.Г., КАЛЛЕН А.П. и ХАКЕР П.Д. Воздействие на глаз УФ от 295 до 1000 нм (1977 г).

СЛИНЕЙ Д.Г. Оценка солнечного УФ облучения на глазные хрусталики (1987 г).

СЛИНЕЙ Д.Г. Физические факторы в катарогенезисе – Окружающие УФ излучение и температура (1986 г).

ТЕЙЛОР Г.Р., УЕСТ С.К., ОЗЕНТАЛЬ Ф.С., МУНОЦ Б., НЬЮЛАНД Г.С., АББЕЙ Г. и ЕММЕТТ Е.А. Воздействие УФ излучения на образование катаракты (1988 г).

УАКСИЕР М. И ХИТЧЕНЗ В. Оптическое излучение и визуальное здоровье (1986 г).

ЦИГМАН С., ДАТИЛЕС М. И ТОРКИЗНСКИ Е. Солнечный свет и катаракта человека (1979 г).

ЦУКЛИЧ Й.А. и КОННОЛЛИ Й.С. Повреждение глаз, вызванное ближним УФ лазерным излучением (1976 г).

Лист с параметрами биоэффекта #6: Ультрафиолетовая эритема

А.6 Биоэффект: УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ ЭРИТЕМА

А.6.1 Орган/Место: Кожа.

А.6.2 Спектральный диапазон: От 180-200 до 400-425 нм; в основном 200-320 нм.

А.6.3 Пик действия спектра: Около 295 нм (Урбах, 1968 г, Андерс 1995 г); около 254 нм (Хауссер, 1928 г, Кобленц, 1932 г; Фриман, 1966 г).

А.6.4 Сведения: Хорошие предельные данные для человека (от 254 до 400 нм). Данные от разных лабораторий в основном согласуются если учитывать два спектра действия: один на 24-48 ч, другой – на 24-48 ч.

А.6.5 Со временем: Заметная реакция обычно проявляется через 4-12 ч облучения, увеличение этого времени зависит от разницы между облучением и пределом сильных облучений, вызывающих реакции в короткое время; очистка за 24-48 ч, за исключением срезвычайно сильных облучений.

А.6.6 Механизм: Светохимическая реакция является началом цепи биологических реакций, данные не установлены (ван дер Леун, 1965 г).

А.6.7 Симптомы: «Солнечный ожог», покраснение кожи в местах УФ облучения.

А.6.8 Необходимая информация: Более высокое разрешение пределов в диапазоне 305-320 нм; возможные запоздалые эффекты из-за повторяющихся облучений.

А.6.9 Эксперимент с лампами: Не совсем случайное облучение от бактерицидных ламп, ртутных и ксеноновых дуговых, но только при специальных применениях. Умышленное облучение от солнечных ламп.

А.6.10 Справки:

АНДЕРС А., АЛТЕИД Г., КНАЛЛМАН М. И ТОННИЕР Г. Спектр действия эритемы при исследованиях людей лазером (1995 г).

КОБЛЕНЦ У.У. и СТЭИР Р. Данные по спектральной эритемной реакции не загорелой человеческой кожи на УФ излучение (1932 г).

КОБЛЕНЦ У.У. и СТЭИР Р. Данные по спектральной эритемной реакции не загорелой человеческой кожи на УФ излучение (1934 г).

КОБЛЕНЦ У.У., СТЭИР Р. и ХОГЬЮ Й.М. Спектральная эритемная реакция человеческой кожи на УФ излучение (июнь 1931 г).

ФИТЦПАТРИК Т.В., ПАТХАК М.А., Харбер Л.С., СИЕЙИ М и КУКИТА А Солнечный свет и человек (1974 г).

ФИТЦПАТРИК Т.В. Дерматология в общей медицине (1999 г).

ФРИМАН Р.Г., ОУЭНС Д.У., КНОКС Й.М. и ХАДСОН Н.Т. Требования к сравнительной энергии для эритемной реакции кожи на монохроматические длины волн УФ присутствия в солнечном спектре (1966 г).

ХАУССЕР К.У. Влияние длины волны в биологии облучения (1928 г).

ХАУССЕР К.У. и ВАЛЕ У. Солнечный ожог и солнечный загар (1927 г)

ХОК. Светодерматология (1999).

ИСО 17166:1999/МКО S007 – 1998 Справочный спектр действия эритемы и стандартная доза эритемы.

Ван дер ЛЕУН, Й.С. Теория ультрафиолетовой эритемы (1965 г).

ЛУКИЕШ М., ХОЛЛЭДЭЙ Л.Л. и ТЭЙЛОР А.Г. Реакция незагорелой человеческой кожи на ультрафиолетовое излучение (1930 г).

ПАРРИШ Й.А., ЯНИКЕ К.Ф. и АНДЕРСОН Р.Р. Эритема и спектр действия меланогенезиса нормальной человеческой кожи (1982).

ШМИДТ К. Влияние вспышек УФ на эритему кожи (май 1964 г).

УРБАЧ Ф. Биологическое воздействие ультрафиолетового излучения (1968 г).

Всемирная организация по здравоохранению. Ультрафиолетовое излучение (1979 г).

Приложение В
(справочное)
МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ

В.1 Приборы

В.1.1 Двойной монохроматор: Рекомендуемый прибор

Измерение источника с целью классификации опасности требует точности при калибровке и испытании. Широкая спектральная реакция детектора и высокая спектральная разрешающая способность требует обеспечения точного взвешивания, приводящего к строгим требованиям для внеполосного случайного светового отклонения. Калибровка приборов обеспечивает широкую спектральную выходную величину, что должно быть исключено из полосы пропускания. Отношение внеполосной энергии к энергии полосы пропускания при 270 нм для вольфрамовых или вольфрамовых галогенных калиброванных ламп должно быть менее 10^{-4} . Двойной монохроматор это единственный прибор, который обеспечивает необходимую селективность и он рекомендуется для измерения опасности, учитывая УФ и видимое излучение. Признано, что система монохроматора вводит ограничения в удобство и скорость. Использование единичного монохроматора в УФ или видимом спектре осуществляется только тогда, если сравнимые результаты могут быть получены с двойным монохроматором. Например, единичный монохроматор может быть достаточен для таких ламп, как светодиоды, которые имеют очень ограниченную спектральную эмиссионную полосу.

В.1.2 Широкополосные детекторы

Можно использовать современные широкополосные детекторы, откалиброванные по соответствующему спектру действия и с соответствующей точностью. Они удобны для использования с импульсными источниками короткой продолжительности или малоинтенсивными источниками. Широкополосные сенсоры опасности нормально пытаются выравнять взвешенный спектр путем использования фильтров. Выравнивание никогда не бывает точным и приводит к некоторым ошибкам. Спектральная ошибка означает только то, что спектр источника и спектральная реакция детектора неизвестны.

Если спектр источника неизвестен, то точка наибольшего процента отклонения между детектором и спектром действия должна быть предположена. Это определение должно включать рассмотрение спектральной зоны, где действие спектра равно нулю.

Когда известны реакция детектора и спектр источника, тогда прямые подсчеты могут установить поправочный коэффициент. Используя соответствующие поправочные коэффициенты широкополосный детектор обеспечивает обоснованный метод измерений по настоящему стандарту. Радиометрист должен показать, что поправочный коэффициент обоснован в каждом конкретном случае. Варианты, которые приводят или могут привести к изменениям в спектре, требуют пересмотра поправочного коэффициента.

Примечание: Комбинация взвешенных широкополосных радиометров и двойного монохроматора может улучшить процесс измерения во многих случаях. Осмотр пространственных, временных или случайных изменений типов источников света можно быстро провести с использованием детектора с фильтром.

В.2 Ограничения приборов

В.2.1 Шум, эквивалентный облученности

Все приборы имеют предел, ниже которого измерения невозможны. Для анализа опасности неприлично отмечать нулевой сигнал, когда только известно, что измерение находится ниже предела прибора. Прибор, используемый для проверки опасности, должен иметь характеристику, определяющую уровень или уровни предела измерения. При нулевом показании прибора или ниже предела измерения должен быть сообщен соответствующий предел измерения. Если значение предела измерения имеет значительный уровень для влияния на классификацию источника то ясно, что требуется прибор более высокого качества.

П р и м е ч а н и е Предел измерения спектрометрического прибора обычно связан с пределом шума детектора. Предел шума детектора может быть принят как среднеквадратичное изменение темного сигнала детектора. Предел шума детектора, умноженный на спектр калибровки системы, чтобы дать спектр с теми же размерами, что и измерения, называют «эквивалентным входным сигналом шума». Объявленное спектральное измерение имеет более высокое значение при каждой длине волны измеренных значений спектра и эквивалентного входного сигнала шума.

В.2.2 Спектральная реакция прибора

Форма спектральной реакции (функция щели) и отношение измеренного интервала к ширине полосы будут определять, способна ли система точно измерять сигналы с узким спектром, например, линии эмиссии атома (см. Костковски, 1997 г, глава 5).

Монохроматор с совершенной треугольной спектральной реакцией (функция щели) используют в системе, которая имеет объявленный интервал, который ровно делится на ширину полосы с точно измеренными всеми сигналами, независимо

от от их спектральной формы (см. МКО 63-1984, п.1.8.4.2.1 или Костковски, 1997 г, п.5.9). Отклонение от этого может привести к ошибкам в измеренной энергии. Спектральная реакция системы должна определяться высокой спектральной разрешающей способностью измерения источника света с узкой длиной волны. Измеренный спектр должен быть симметричен длине волны источника, чтобы представлять реакцию системы при установлении на единственную длину волны. Способность системы точно измерять энергию от узкополосного сигнала – точность получения суммы спектральных реакций при каждой объявленной длине волны. Колебание в суммированном спектре это потенциальная ошибка в общем измеренном сигнале и должна быть учтена при анализе.

Результат оценка опасности может повлиять на характеристики прибора. Ширина полосы монохроматора будет изменять взвешенные результаты любого спектра с изменяемыми уровнями. Все приборы с ограниченной шириной полосы дают сигнал при неправильной длине волны, приводя к ошибкам во взвешенной сумме.

Таблица В.1 ниже показывает рекомендуемую ширину полосы для 2% верхней границы взвешенных сумм.

Таблица В.1 Рекомендуемые ширины полос

Диапазон (нм)	Ширина полосы (FWHM)
$200 \leq \lambda \leq 400$	≤ 4 нм
$400 \leq \lambda \leq 600$	≤ 8 нм
$600 \leq \lambda \leq 1400$	≤ 20 нм
$1400 \leq \lambda$	без ограничения

Более сложный анализ, который учитывает спектр источника, может быть использован для смягчения предлагаемой точности ширины полосы. Результаты анализа должны быть включены в объявленную ненадежность измерения.

П р и м е ч а н и е Системы, которые постоянно интегрируют сигнал в течение спектрального сканирования, не будут создавать ошибок в полной измеренной мощности от спектральной формы реакции или от отношения ширины полосы к объявленному интервалу. Большие ширины полос все еще будут приводить к ошибкам во взвешенных результатах с этим типом прибора.

В.2.3 Точность длины волны

Точность длины волны прибора, используемого для определения спектральной формы источника, имеет большое влияние на взвешенные значения. Напри-

мер, опасная взвешенная функция УФ, $S_{UV}(\lambda)$, изменяется с чрезвычайной скоростью, т.е. 250% на 3 нм при 300 нм. Если желателен приемлемый предел ошибок, то измеренная энергия должна оцениваться на своей собственной длине волны, так что она приблизительно взвешенная.

Таблица В.2 представляет собой пример измерения взвешенных результатов от измеренного объявленного интервала, когда интервал перемещается на 0,1 нм. Измеренные значения оцениваются с предположением, что спектрорадиометр с треугольной реакцией, шириной полосы 2 нм, объявленным интервалом 1 нм. Сумма измеренных значений равна линии, смещенной из-за принципов по разделу В.2.2. Взвешенное измерение меняется на 2 ½% при изменении длины волны на 0,1 нм. Ошибка этой величины может случиться тогда, когда длина волны прибора имеет ошибку на 0,1 нм.

Таблица В.2 Пример ошибки во взвешенном значении из-за ошибки в длине волны

нм	$S_{UV}(\lambda)$	305 нм		305,1 нм		Отноше- ние сумм
		Измерен- ная	Взве- шенная	Измерен- ная	Взве- шенная	
304	0,08485	0,25000	0,02121	0,22500	0,01909	
305	0,06000	0,50000	0,03000	0,47500	0,02850	
306	0,04540	0,25000	0,01135	0,27500	0,01249	
307	0,03436	0,00000	0,00000	0,02500	0,00086	
Сумма		1,0000		1,0000		≥ 100%
Сумма			0,06256		0,06094	≥ 97,4%

$S_{UV}(\lambda)$ – опасная взвешенная функция УФ.

Точность длины волны монохроматора, используемого для проверки опасности, должна быть достаточной для обеспечения взвешенных результатов с ошибкой, возникающей от неточности длины волны менее 3%. Следовательно, необходимая точность зависит от зоны спектра и используемой взвешенной функции. Таблица В.3 суммирует предлагаемую точность с ошибкой около 3%.

Таблица В.3 Рекомендуемая точность длины волны

Диапазон (нм)	Точность длины волны
$200 \leq \lambda \leq 300$	0,2 нм
$300 \leq \lambda \leq 325$	0,1 нм
$325 \leq \lambda \leq 600$	0,2 нм
$600 \leq \lambda \leq 1400$	2 нм

Более сложный анализ, учитывающий спектр источника, может быть использован для смягчения предлагаемой точности длины волны. Результаты анализа должны быть включены в объявленную ненадежность измерения.

В.2.4 Случайная лучистая мощность

Абсолютная калибровка спектрометрических приборов требует использование источников с широким спектральным выходом и высокой энергией. Если спектральное отклонение недостаточно, то в калибровку должна быть включена дополнительная энергия из других частей спектра. Результат этого типа ошибки - недостатки калибровки спектрометра и приводит к уменьшению показаний потенциальной опасности. Типичное отношение между полной энергией и сигналом, принимаемым монохроматором, составляет порядка 10^4 . Для получения точности 1% необходимо, чтобы отказ от внеполосного излучения составлял порядка 10^6 . (См. МКО 63-1984).

В.2.5 Входная оптика для измерения спектральной облученности: Рекомендация

Несколько результатов получается с монохроматорами, использующими нормальную выходную оптику. Калиброванный источник и измеряемый источник могут иметь разную поляризованность или разный размер источников, приводящее к изменениям входного угла. Кроме того, измеренные источники будут иметь малые и большие углы. Эта разница может привести к ошибочным измерениям. Используя интегрирующую сферу как входной прибор монохроматора, рекомендуется метод измерения облученности т.к. случайный коэффициент отражения покрытия деполаризует входящий свет и правильный расчет должен выравнять насколько возможно косинусную реакцию и, кроме того, увеличить отражения в интегрирующей сфере, постоянно наполняя вход радиометра. Еще большие трудности возможны с косинусной реакцией УФ детекторов.

Правильно рассчитанный диффузор может быть также достаточным в качестве входного прибора для монохроматора или радиометра.

В.2.6 Линейность

Отдельная испытываемая лампа или прибор должна оцениваться как имеющая другую радиометрическую величину, чем источник, используемый для калибровки испытательной системы. Для калибровки полезно, чтобы была известна линейность системы, а испытательные измерения должны выполняться в пределах этой линейности. Нелинейность в пределах системы может быть исправлена путем использования функции калибровки, приводящей систему к линейности. Это регулирование должно быть применено к калибровке и измерениям.

В.3 Источники калибровки

Рекомендуемыми источниками для калибровки являются дейтериевая разрядная лампа для УФ области и калиброванная вольфрамовая или вольфрамовая галогенная лампа для более высоких длин волн УФ, видимой и ближней ИК области спектра. Дейтериевая лампа может быть с изменяемым выходным уровнем, выдерживая свою спектральную форму. Поэтому калибровка системы в области от 200 нм до 350 нм с использованием дейтериевой лампы должна быть подрегулирована путем сравнения с уровнем калибровки вольфрамовой (вольфрамовой галогенной) лампы от 250 нм до 350 нм. Длина волны, ниже которой используется дейтериевая форма, должна быть как короткой, так и практической, принимая во внимание шум в калиброванной вольфрамовой (или вольфрамовой галогенной) лампе.

Приложение С

(справочное)

АНАЛИЗ НЕНАДЕЖНОСТИ

Анализ ненадежности требует, чтобы количественно оценивались источники ненадежности. Первой ступенью в анализе ненадежности является идентификация различных источников ненадежности. Ниже дается перечень, который может стать началом оценки ненадежности измерений, используемых для классификации ламп и ламповых систем. Подробности изложены в МКО 53-1982 Методы, характеризующие характеристики радиометров и фотометров.

Прибор

Длина волны

Ширина полосы

Реакция на изменяющийся спектр

Стабильность

Случайный свет

Вне дорожки

Вне полосы

Калибровка

Стандарты (назначаются ненадежно)

Расстояние

Выравнивание

Электрическая работа

Измерение

Выравнивание

Расстояние

Испытуемый источник

Стабильность

Температура

Размер

Электрическая работа

Отдельные коэффициенты ненадежности должны быть найдены или подсчитаны. Затем каждый коэффициент должен быть использован при нахождении факторов, влияющих на взвешенные значения, использованные в классификации опасности. Как видно в разделе 5.3.3. процент факторов, влияющих на взвешенные значения, может отличаться от процента ненадежности отдельных коэффициен-

тов. Это видно по изменению выходной величины лампы накаливания в зависимости от тока. С изменением тока меняется энергия, поглощаемая лампой и, следовательно, меняются сопротивление и температура лампы. Изменение тока не вызовет линейное изменение общей выходной величины. Из-за изменения температуры выходная величина в единственной длине волны не вызовет изменения во всей выходной величине. Хотя изменения и не линейны для небольших изменений, они могут считаться линейными. Нормальным путем для установления ненадежности является нахождение количества окончательного изменения значения от начальных изменений коэффициентов. Это отношение влияния на изменение входной величины называется чувствительностью. Например, для лампы накаливания небольшое изменение тока приведет к изменению выходной величины интересующей длины волны как показано.

Таблица С.1 Пример распространения ненадежности

	Ток лампы	Сигнал при 300 нм
Настройка 1	8,2000	8451
Настройка 2	8,2011	8461
Изменение	0,0134%	0,118%

Чувствительность составляет $0,118\%/0,0134\% = 9$.

Ненадежность 1% тока вызовет ненадежность 0,9% выходной величины при 300 нм.

Каждая ненадежность должна выполняться через окончательное значение и выражаться в процентах. Полная установка ненадежности объединяется в квадратуру и эта объединенная ненадежность, выраженная в процентах, затем сообщается с измененным значением.

Приложение D

(справочное)

ОБЩИЙ СПРАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ

ACGIH (Американская конференция правительственных промышленных гигиенистов). TLVs и BEIs. Пороговые предельные значения для химических и физических веществ. Индексы биологического облучения. Цинциннати, ACGIH.

ANSI/IESNA (Американский институт национальных стандартов/Общество светотехников Северной Америки. RP27/1-96. Рекомендуемая практика светобиологической безопасности ламп – Общие требования. Нью-Йорк, IESNA 1996.

ANSI/IESNA (Американский институт национальных стандартов/Общество светотехников Северной Америки. RP27/2-00. Рекомендуемая практика светобиологической безопасности ламп – Системы измерения – Техника измерения Нью-Йорк, IESNA 2000.

ANSI/IESNA (Американский институт национальных стандартов/Общество светотехников Северной Америки. RP27/3-96. Рекомендуемая практика светобиологической безопасности ламп – Классификация групп риска и маркирование Нью-Йорк, IESNA 1996.

МКО 134/3-1999 Рекомендация по светобиологической безопасности ламп. Обзор стандартов. Коллекция МКО по светобиологии и светохимии (1999).

МКО х016-1998 Измерения оптической опасности излучения.

ICNIRP (Международная комиссия по защите от неионизирующего излучения). Руководство по пределам облучения УФ излучением. *Физика здоровья* **71**, 978 (1996).

ICNIRP (Международная комиссия по защите от неионизирующего излучения). Руководство по пределам облучения широкополосным некогерентным оптическим излучением (от 0,38 до 3 мкм). *Физика здоровья* **73**, 539-554 (1997).

Технический отчет МЭК 60825-9 Безопасность лазерных продуктов. Часть 9: Подбор максимально допустимого облучения некогерентным оптическим излучением, 1999.

IRPA/INIRC (Международный комитет по неионизированному излучению). Руководство по пределам облучения ультрафиолетовым излучением с длиной волны от 180 нм до 400 нм (Некогерентное оптическое излучение). *Физика здоровья* **49**, 331.340 (1985) и **56**, 971-972 (1989).

КОСТКОВСКИ Г. Надежная спектрометриа. (1997).

ГОСТ Р МЭК 62471-

СЛИНЕЙ Д.Г. и УОЛБАРШТ М.Л. Безопасность с лазерами и другими оптическими источниками. Пленум, Нью-Йорк (1980).

УДК 621.32

ОКС 29.140.99

ОКП 34 6600
34 6700

Ключевые слова: светобиологическая безопасность, ламповая система
