

Журавков Н.М., Савкова Е.Н., Чжан Ю.
Белорусский национальный технический университет

Развитие светотехнических изделий стимулирует исследования положительных и отрицательных влияний их оптических параметров на организм человека, окружающую среду и функционирование технических систем. Отрицательные влияния минимизируются путем разработки и актуализации системы управления рисками организации, предусматривающей их классификацию, идентификацию и оценку возможного ущерба. Документ [1] устанавливает понятия частных и глобальных рисков производителя («ложная браковка») и потребителя («ложная приемка»). Частный риск производителя – вероятность того, что конкретный забракованный объект окажется соответствующим. Согласно данному документу частный риск потребителя – вероятность того, что конкретный принятый объект окажется несоответствующим. Глобальный риск производителя – вероятность того, что на основании полученного в будущем результата измерения соответствующий объект будет забракован. Глобальный риск потребителя – вероятность того, что на основании полученного в будущем результата измерения несоответствующий объект будет принят как годный [1]. Таким образом, частные риски характеризуют принятие решений при контроле параметров светотехнической продукции в режиме «здесь и сейчас», глобальные же риски относятся к будущим последствиям. В данной работе внимание сконцентрировано на систематизации рисков, связанных с эксплуатацией светотехнических изделий и их минимизации.

Свойства оптического излучения

Оптическое излучение включает ультрафиолетовый, инфракрасный и видимый диапазоны длин волн и может оказывать положительные и отрицательные воздействия на организм человека и окружающую среду. Краткие сведения о диапазонах, источниках и отрицательных влияниях оптического излучения приведены в таблице 1 [2-4].

Таблица 1 – Систематизация сведений об источниках оптического излучения

Поддиапазон, нм	Источник	Отрицательное воздействие
Ультрафиолетовое излучение		
А: от 315 до 400	электрическая дуга, автогенная сварка, плазменная резка и напыление, лазерные установки, газоразрядные лампы, ртутно-кварцевые лампы, ртутные выпрямители	флюоресценция органических соединений, авитаминоз, нарушения фосфорно-кальциевого обмена и костеобразования, снижение защитных свойств организма, возбуждение флюоресценции органических соединений,
В: от 280 до 315	ультрафиолетовые люминесцентные лампы	головная боль, тошнота, головокружение, повышенные утомляемость и температура тела, нервное возбуждение, электроофтальмия, светобоязнь, поражение роговицы, влияние на тканевые белки и липиды, дерматит, повышение температуры, озноб, гиперпигментация и шелушение, солнечный эластоз, развитие кератоза, атрофии эпидермиса, изменение газового состава атмосферного воздуха вследствие его

		ионизации, образование озона и оксидов азота
С: от 1 до 280	коротковолновые ультрафиолетовые лампы (253.7 нм, 185 нм), ультрафиолетовые лазеры (126 нм), настраиваемые вакуумные ультрафиолетовые источники (100–200 нм)	Проявляется только в вакууме
Видимое излучение		
360-до 460 нм	светодиоды голубого и зеленого цвета, видеотерминалы, видеостены	провоцирование онкологических заболеваний при экспозиции в темное время суток, нарушение циркадных ритмов и др.
от 600 до 780 нм	габаритные огни автомобилей, светодиоды, световозвращатели	ослепление
«Белое»	лампы дневного света и т.д.	нарушение циркадных ритмов, утомляемость, мерцание, стробоскопический эффект
Инфракрасное излучение		
А: от 0,78 до 1,4 мкм	твёрдотельный светодиод, полупроводниковый лазер	уменьшение температуры легких, головного мозга, почек и т.п., «солнечный удар», головная боль, головокружение, учащение пульса и дыхания, потемнение в глазах, нарушение координации движений, потерю сознания, заболевание глаз и др.
В: от 1,4 до 3 мкм	лампы накаливания	переполнение кровеносных сосудов, усиление обмена веществ, снижение числа лейкоцитов и тромбоцитов, изменения в центральной нервной и сердечно-сосудистой системах, (конъюнктивит, помутнение роговицы, ожог сетчатки и др.
С: от 3 мк до 1 мм	лампы накаливания	повышается температура поверхности тела, тахикардия и др.

К положительным воздействиям ультрафиолетового излучения относятся стимулирование основных биологических процессов, гемолиз и антирахитическое действие, выведение химических веществ (марганца, ртути, свинца) из организма и уменьшение их токсичного действия, сопротивляемость организма, иммунитет к простудным заболеваниям, устойчивость к охлаждению, снижение утомляемости, повышение работоспособности. Благоприятное воздействие оптического излучения видимого диапазона – повышение работоспособности человека, стимулирование роста человека, растений, микроорганизмов, рыб и животных, восстановление циркадных ритмов, улучшение работы нервной системы, повышение внимательности и др. Положительные влияния инфракрасного излучения - усиление обмена веществ, повышение температуры в помещении. Воздействия излучения могут быть общими и локальными, а также различаться по продолжительности экспозиции.

Спецификации рисков

Частные риски в оценке соответствия определяются степенью перекрытия результатов измерений (интервалов охвата) с интервалами недопустимых (допустимых) значений. Реше-

ние о том, принимать ли объект как соответствующий техническим требованиям или отклонять как несоответствующий, основывается на измеренном значении свойства объекта и зависит от установленного правила принятия решения, которое определяет роль неопределенности измерений при формулировании приемочного критерия. Частный риск описывается вероятностью несоответствия объекта установленным требованиям составляет [1]:

$$\bar{p}_c = 1 - p_c \quad (1)$$

где p_c – вероятность соответствия установленным требованиям:

$$p_c = \int_{T_L}^{T_U} g(x) dx \quad (2)$$

где T_L и T_U – верхняя и нижняя границы интервала допуска на измеряемый параметр оптического излучения светотехнического изделия;

$g(x)$ – функция распределения измеряемого параметра.

Глобальные риски предлагается разделить на следующие группы:

1) технологические, оцениваемые по отношению к функционированию светотехнических систем и изделий определяемые, например, на основе теории надежности:

$$R_T = 1 - \int_{T_1}^{T_2} \int_{T_L}^{T_U} G(y)g(x) dy dx \quad (3)$$

где T_L и T_U – верхняя и нижняя границы временного интервала, характеризующего работоспособность светотехнического изделия по данному параметру.

2) фотобиологические риски, оцениваемые по отношению к негативному воздействию на организм человека (животных, растения и т.д.), и изделий определяемые путем интегрирования на основе теории вероятностей:

$$R_B = 1 - \int_{\mathcal{L}} \int_{T_1}^{T_2} \int_{T_L}^{T_U} W(\psi)G(y)g(x) d\psi dy dx \quad (4)$$

где \mathcal{L} – область, характеризующая благоприятное воздействие параметров оптического излучения светотехнического изделия.

Учитывая, что часто оптическое излучение светотехнических изделий предполагает перекрытие поддиапазонов, а также «накопительный эффект» влияния экспозиций на биологические восприятия во времени проблема оценки глобальных рисков может быть решена на основе накопления статистики из прошлых периодов или прогнозирования путем применения численных методов компьютерного моделирования.

Литература

1. GUIDE OIML G 19 Edition 2017 (E) The role of measurement uncertainty in conformity assessment decisions in legal metrology. International Organization of Legal Metrology – 72 p.
2. CIE 117:1995. Discomfort Glare in Interior Lighting. CIE, Vienna.
3. CIE 190:2010. Calculation and Presentation of Unified Glare Rating Tables for Indoor Lighting Luminaires. CIE, Vienna.
4. CIE 147:2002. Glare from Small, Large and Complex Sources. CIE, Vienna.