

# Обзор текущего состояния и перспектив развития стандартизации в области искусственного освещения<sup>1</sup>

П. ТОРНЗ

Компания *Thorn Lighting Ltd.*, Великобритания.  
E-mail: Peter.Thorns@zumtobelgroup.com

## Аннотация

В статье описаны организации, связанные с разработкой отраслевых стандартов, европейских норм и новейших практических руководств, их области деятельности и структура. В ней рассмотрены их видение дальнейшей работы по стандартизации и подробно обсуждаются такие общие для них области, как ориентированное на человека или интегративное освещение, взаимосвязь и Интернет вещей, содержательность и экологичность.

## Ключевые слова

Искусственное освещение, стандартизация, эксплуатационные требования, законодательный орган, Интернет вещей.

## 1. Введение

Искусственному освещению соответствуют две области стандартизации: требования к изделиям и эксплуатационные требования, связанные с применением этих изделий. Требования к изделиям, в основном, связаны с безопасностью и техническими характеристиками, тогда как эксплуатационные требования охватывают критерии, которые следует удовлетворить при использовании изделий в составе осветительных установок. В данной статье основное внимание будет уделено работам по стандартизации эксплуатационных характеристик изделий.

Так как разработка стандартов может осуществляться применительно к потребностям как конкретных государств, например, Великобритании или России, так и более крупных политических объединений, таких как Евросоюз, то должна существовать тесная связь между органами стандартизации и законодательными орга-

нами. Например, *EN15193-1:2017* [1] и *PD CEN TR15193-2:2017* [2] были разработаны для Евросоюза в целях обеспечения выполнения Директивы по энергоэффективности зданий [3].

Профессиональные и торговые ассоциации также могут помочь в деле продвижения процесса стандартизации, разрабатывая подходы к созданию наилучших практических методов и решений, обеспечивающих повышенную функциональность. Они также могут предоставить большое количество специалистов в области разработки стандартов.

Однако стандарты нуждаются в прочной научной базе, и поэтому при их разработке используются статьи в научных журналах и доклады на конференциях. Вклад науки, выражающийся в проведении новых исследований, способствует определению направлений стандартизации, позволяющих описать/усовершенствовать установившиеся подходы.

Поэтому при взгляде извне область стандартизации может показаться весьма сложной и запутанной (рис. 1).

Довольно трудно определить, кто в тех или иных организациях занимается разработкой стандартов и кого они представляют, так как это зависит от конкретной организации, членами которой эти люди являются, и от их роли в работе этой организации.

В то же время следует отметить, что этими организациями проводится большая работа, позволяющая наметить для специалистов-светотехников пути к достижению наилучших результатов.

## 2. Организации и представители

На международном уровне стандартизация обычно осуществляется в рамках Международной электротехнической комиссии (МЭК) в части стандартов на изделия и в рамках Международной организации по стандартизации (ИСО) в части стандартов на применение этих изделий. В Европе их аналогами являются Европейский комитет по стандартизации в области электротехники (*CENELEC*) в части стандартов на изделия и Европейский комитет по стандартизации (*CEN*) в части стандартов на применение этих изделий.

Международные стандарты могут разрабатывать и другие организации, такие как Международная комиссия по освещению (МКО) или, менее официально, различные промышленные консорциумы, например, *Zhaga*, всемирная организация предприятий светотехнической промышленности, целью которой является стандартизация

Рис. 1. Основы стандартизации



<sup>1</sup> Перевод с англ. Е.И. Розовского

	Общества	Ассоциации	Стандарты	Законы и директивы
Всемирные	CIE	WTO	ISO, IEC	ООН
Континентальные	IESNA, CIEChina, IESAustralia	NEMA CCI AMF	ANSI, ASTM CCC ASI..	Правительства государств
Европейские	(Lux Europa)	Lighting Europe	CEN, CENELEC	Евросоюз
Национальные, в отдельных странах, например	LiTG, SLL, ILP, LTG, SLG, AFE, NsVV, ...	ZVEI, FEEI, LIA, SdIE	DIN, BSI, ON, AFNOR, SNI,	Национальные законы, например, строительные нормы и правила, постановление об энергосбережении, ...
Представители	Узкие специалисты в области освещения	Специалисты компаний в области освещения	Уполномоченные национальные представители	Политики, лоббисты

Рис. 2. Национальные и международные организации и кого они представляют (*CIE* – Международная комиссия по освещению, *WTO* – Всемирная торговая организация, *ISO* – Международная организация по стандартизации, *IES* – Международная электротехническая комиссия, *IESNA* – Североамериканское светотехническое общество, *CIEChina* – Китайский национальный комитет МКО, *IESAustralia* – Австралийский национальный комитет МКО, *NEMA* – Национальная ассоциация производителей электрооборудования (США), *CCI* – Торгово-промышленная палата, *ANSI* – Американский национальный институт стандартов, *ASTM* – Американское общество по испытанию материалов, *CEN* – Европейский комитет по стандартизации, *CENELEC* – Европейский комитет по стандартизации в области электротехники, *LITG* – Германское светотехническое общество, *SLL* – Светотехническое общество Великобритании, *ILP* – Общество специалистов в области освещения (Великобритания), *AFE* – Ассоциация инженеров по эксплуатации зданий (США), *NsVV* – Нидерландское светотехническое общество, *ZVEI* – Центральное объединение предприятий электротехнической и электронной промышленности (Германия), *FEEI* – Ассоциация предприятий электротехнической и электронной промышленности (Австрия), *LIA* – Ассоциация предприятий светотехнической промышленности (Великобритания), *DIN* – Немецкий институт стандартов, *BSI* – Британский институт стандартов, *AFNOR* – Французская ассоциация по стандартизации)

компонентов светильников со светодиодами (СД).

Эти организации можно грубо разделить на четыре категории:

- Профессиональные сообщества, которые обычно связаны с конкретной сферой профессиональной деятельности и продвигают интересы как этой сферы в целом, так и своих членов в частности.

- Торговые ассоциации и промышленные консорциумы, которые обычно представляют интересы конкретной отрасли промышленности в части стандартов и норм и могут способствовать увеличению рыночных возможностей этой отрасли промышленности.

- Стандартизирующие организации, которые разрабатывают технические стандарты, содержащие требования, основанные на практическом опыте.

- Законодательные органы, например, правительства, которые принимают законы, обеспечивающие безопасность, выполнение требований стандартов и защиту потребителей.

При работе в этих организациях люди могут представлять самих себя, своих работодателей или свои страны (рис. 2).

Так что в рамках профессиональных сообществ человек обычно выступает сам по себе, если только он не занимает официальный пост, – в этом случае он представляет это сообщество. В случае промышленных ассоциаций человек обычно представляет компанию, а в случае стандартизирующих организаций он обычно представляет страну. Людям из научных организаций или из промышленности трудно принять непосредственное участие в процессе законотворчества, хотя они и могут повлиять на этот процесс через лоббистов или информируя политиков и государственные организации о том, что нужно и достижимо с практической точки зрения.

Для координации работы комитетов и организаций могут быть установлены официальные связи между ними, и в этом случае осуществляющий эту связь человек будет представлять соответствующую организацию. Например, член Технического комитета (ТК) 274 ИСО, ответственный за связь с МКО, будет представлять этот комитет в МКО.

Национальные стандартизирующие организации, например, Британский институт стандартов (*BSI*), отслеживают работу над стандартами,

осуществляемую на международном уровне, предлагают помощь в этой работе специалистам из своих стран и предоставляют отзывы на предлагаемые рабочие и предварительные документы. Они также голосуют за принятие документов, представленных на одобрение и публикацию. Например, *BSI* отслеживает работу, проводимую как *CEN/CENELEC*, так и *ИСО/МЭК*.

Все эти категории и входящие в них организации будут рассмотрены ниже.

### 3. Стандартизирующие организации

#### 3.1. Технический комитет 274 «Свет и освещение» Международной организации по стандартизации (*ISO/TC274*)

На уровне международной стандартизации *ISO/TC274* является основным техническим комитетом по стандартизации в области освещения. Это сравнительно новый технический комитет, так как ранее на уровне ИСО освещение рассматривалось как один из факторов в рамках деятельности разных технических комитетов, которые не занимались разработкой именно светотехнических стандар-

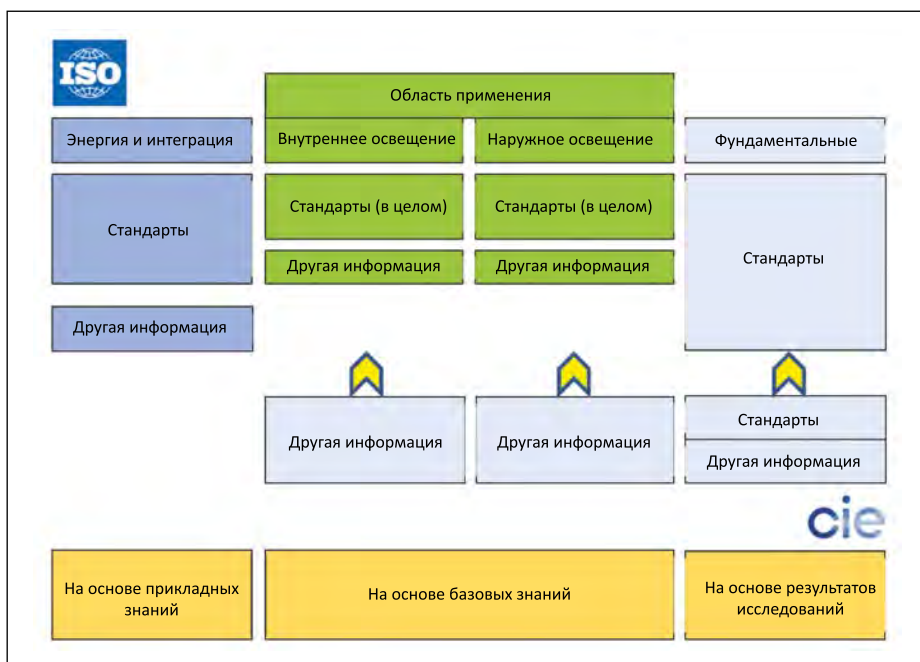


Рис. 3. Наглядное представление горизонтальных связей между ISO/TC 274 и МКО в области светотехники (источник: [36]) (ISO – ИСО, CIE – МКО)

тов. Например, освещение рассматривалось в рамках деятельности комитетов по стандартизации в области эргономики. Для обеспечения того, что освещение будет должным образом рассмотрено узкими специалистами в области светотехники и что цепочка аналогичных национальных комитетов, дающих замечания и голосящих по связанным с освещением стандартам, будет выбрана правильно, вопросы освещения были переданы ISO/TC274. Этот комитет тесно сотрудничает с МКО и координирует с ней программу своей работы. Это сотрудничество выливается в три возможных направления работы, зависящих от уровня сотрудничества, который считают уместным:

- Информационное взаимодействие: Конкретный вопрос полностью поручается одной из организаций, которая держит вторую в курсе своей работы.
- Сотрудничество: Одна из организаций играет ведущую роль во всей деятельности, однако в рабочих совещаниях могут принимать участие представители другой организации, которые имеют статус наблюдателей и обеспечивают техническую связь с этой другой организацией. Эти представители могут также вносить письменные предложения, которые они сочтут полезными для работы.
- Полное взаимодействие: Объединённые рабочие группы проводят

совместные совещания по стандартам при полном равноправии участников.

Всё это отражено на рис. 3, заимствованном из стратегического бизнес-плана ISO/TC274, в котором участие МКО заключается в предоставлении базовых знаний и результатов исследований, тогда как участие ISO/TC274 связано с прикладными знаниями. При разработке единых стандартов используются обе эти области знаний.

ISO/TC274 разработал следующие действующие стандарты:

- ISO 8995-1:2002 *Lighting of work places – Part 1: Indoor* (Освещение рабочих мест. – Часть 1: Рабочие места внутри зданий).
- ISO/CIE8995-3:2018 *Lighting of work places – Part 3: Lighting requirements for safety and security of outdoor work places* (Освещение рабочих мест. – Часть 3: Требования к освещению, обеспечивающие безопасность и защищённость рабочих мест вне зданий).
- ISO 30061:2007 *Emergency lighting* (Аварийное освещение).

На момент написания этой статьи у ISO/TC274 в работе находились четыре стандарта, технических условий и отчётов:

- ISO/CIE FDIS20086 *Light and lighting – Energy performance of lighting in buildings* (Свет и освещение. – Энергоэффективность зданий). В этом предварительном стандарте бу-

дет описана методика оценки энергоэффективности осветительных установок общего освещения нежилых зданий и расчёта или измерения количества энергии, требующегося для внутреннего освещения зданий или расходуемого на это освещение. Этот стандарт тесно связан с EN15193-1:2017 [1].

- ISO/WD TR21783 *Light and lighting – Integrative lighting – Non-visual effects* (Свет и освещение – Интегративное освещение. – Невизуальное воздействие). Этот предварительный технический отчёт будет содержать обзор опубликованных научных исследований невидуального воздействия света на людей, а также оценки связанных с этим вопросом материалов, полезных для практического применения или для оценки того, какие дополнительные сведения и проверки нужны для обеспечения безопасного и полезного освещения.

- ISO/CIE PRF TS22012 *Light and lighting – Maintenance factor determination – Way of working* (Свет и освещение. – Определение коэффициента технического обслуживания. – Способ работы). Эти предварительные технические условия будут содержать стандартизированный способ проведения работ по определению коэффициентов технического обслуживания установок внутреннего и наружного освещения с использованием методик, описанных в CIE154:2003 [37] и CIE097:2005 [38].

- ISO/TC274 WG2 *Commissioning process of lighting systems* (Процесс ввода в эксплуатацию осветительных установок). Эти технические условия будут содержать требования к процессу ввода в эксплуатацию осветительных установок. Эти требования будут включать в себя способы, методы и документацию для подтверждения работоспособности осветительных установок. Он будет содержать подробное описание процесса ввода в эксплуатацию осветительных установок без упора на технические характеристики отдельных частей этих установок.

Имеется ещё одна рабочая группа (ISO/TC274 JWG5 *Lighting for work places* (Освещение рабочих мест)), но она ещё не вышла на уровень разработки стандартов. Эта объединённая рабочая группа должна будет обновить действующий стандарт ISO 8995-1:2002 *Lighting of work places* –



*Part 1: Indoor* (Освещение рабочих мест. – Часть 1: Рабочие места внутри зданий).

При разработке стандартов всегда следует иметь представление о возможном будущем соответствующей техники и её применении, что обеспечивает своевременное появление требуемых стандартов. *ISO/TC274* определяет пути развития техники, как это показано на рис. 4, где:

- Адаптивное освещение – это освещение, реагирующее на обстановку или изменяющееся в соответствии с заданными заранее условиями, сохраняя при этом качество освещения на уровне, удовлетворяющем требованиям, соответствующим этим обстоятельствам или условиям [39].

- Интегративное освещение (*integrative lighting*) – это освещение, специально предназначенное для обеспечения благотворного физиологического и/или психологического воздействия на людей [39].

Кроме того, были выявлены такие ключевые моменты, как старение населения и энергоэффективность, особенно применительно к защите окружающей среды и глобальным изменениям климата. Изменение климата становится важным регулятором работы светотехнической промышленности, так как оно влияет на все стороны жизни, что приводит к росту его влияния на процесс стандартизации. Потребности в освещении со стороны всё больше стареющего, но всё ещё активного населения, требуют внимательного рассмотрения в рамках этого учитывающего энергопотребление сценария. Развитие цифровизации и Интернета вещей поможет освещению удовлетворить эти требования за счёт эффективной генерации света, если он нужен, и обеспечения того, что освещение соответствует потребностям отдельного человека, а не просто обеспечивает выполнение зрительной работы вообще.

### 3.2. Технический комитет 169 «Свет и освещение» Европейского комитета по стандартизации (CEN/TC169)

На уровне европейской стандартизации в области светотехники основным техническим комитетом является *CEN/TC169* Европейского комитета по стандартизации, в сферу деятельности которого входит стан-

Рис. 4. Технический прогресс в области освещения (источник: [36])



дартизация в области зрения, фотометрии и колориметрии, включая естественное и искусственное оптическое излучение в УФ, видимом и ИК диапазонах, а также вопросы применения, охватывающие все варианты использования света для внутреннего и наружного освещения, включая требования со стороны окружающей среды, энергетики и устойчивого развития, а также вопросы эстетического восприятия и не визуального биологического воздействия.

Этим комитетом были разработаны следующие стандарты, технические условия (TS) и технические отчёты (TR):

*EN1837 Safety of machinery – Integral lighting of machines* (Безопасность машин. Вмонтированное освещение).

*EN1838 Lighting applications – Emergency lighting* (Применение освещения. – Аварийное освещение).

*EN12193 Light and lighting – Sports lighting* (Свет и освещение. – Спортивное освещение).

*EN12464 Light and lighting – Lighting of work places* (Свет и освещение. – Освещение рабочих мест).

*Part 1: Indoor work places* (Часть 1. – Рабочие места внутри зданий).

*Part 2: Outdoor work places* (Часть 2. – Рабочие места вне зданий).

*EN12665 Light and lighting – Basic terms and criteria for specifying lighting requirements* (Свет и освещение. – Основные термины и критерии установления требований к освещению).

*EN13032 Light and lighting – Measurement and presentation of photometric data of lamps and luminaires* (Свет и освещение. – Измерение и представление фотометрических данных для ламп и светильников).

*Part 1: Measurement and file format* (Часть 1. – Измерение и формат файлов).

*Part 2: Presentation of data for indoor and outdoor work places* (Часть 2. –

Представление данных для рабочих мест внутри и вне зданий).

*Part 3: Presentation of data for emergency lighting of work places* (Часть 3. – Представление данных для аварийного освещения рабочих мест).

*Part 4: LED lamps, modules and luminaires* (Часть 4. – СД лампы и модули и светильники с СД).

*Part 5: Presentation of data for luminaires used for road lighting* (Часть 3. – Представление данных для светильников, используемых для освещения дорог).

*CEN/TR13201–1 Road lighting – Part 1: Guidelines on selection of lighting classes* (Освещение дорог. – Часть 1. – Руководство по выбору классов по освещению).

*EN13201 Road lighting* (Освещение дорог).

*Part 2: Performance requirements* (Часть 2. – Эксплуатационные требования).

*Part 3: Calculation of performance* (Часть 3. – Измерение параметров)

*Part 4: Methods of measuring lighting performance* (Часть 3. – Методы измерения параметров освещения).

*Part 5: Energy performance indicators* (Часть 3. – Показатели энергоэффективности).

*EN14255 Measurement and assessment of personal exposures to incoherent optical radiation* (Измерение и оценка индивидуального воздействия некогерентного оптического излучения).

*Part 1: Ultraviolet radiation emitted by artificial sources in the workplace* (Часть 1. – Ультрафиолетовое излучение искусственных источников света на рабочем месте).

*Part 2: Visible and infrared radiation emitted by artificial sources in the workplace* (Часть 2. – Видимое и инфракрасное излучение искусственных источников света на рабочем месте).

*Part 3: UV–Radiation emitted by the sun* (Часть 3. – Ультрафиолетовое излучение солнца).

*Part 4: Terminology and quantities used in UV-, visible and IR-exposure measurements* (Часть 4. – Термины и величины, используемые при измерении воздействия УФ, видимого и ИК излучения).

*CR14380 Lighting applications – Tunnel lighting* (Применение освещения. – Освещение тоннелей).

*EN15193-1 Energy performance of buildings – Energy requirements for lighting – Part 1: Specifications, Module M9* (Энергоэффективность зданий. – Энергетические требования к освещению. – Часть 1. – Спецификация, модуль M9).

*CEN/TR15193-2 Energy performance of buildings – Energy requirements for lighting – Part 2: Explanation and justification of EN15193-1, Module M9* (Энергоэффективность зданий. – Энергетические требования к освещению. – Часть 2. – Объяснение и обоснование EN15193-1, модуль M9).

*EN16237 Classification of non-electrical sources of incoherent optical radiation* (Классификация неэлектрических источников некогерентного оптического излучения).

*EN16268 Performance of reflecting surfaces for luminaires* (Характеристики отражающих поверхностей для светильников).

*EN16276 Evacuation Lighting in Road Tunnels* (Эвакуационное освещение дорожных тоннелей).

*CEN/TR16791 Quantifying irradiance for eye-mediated non-image-forming effects of light in humans* (Количественное определение энергетической освещённости глаза для осуществляемого через глаза не визуального воздействия света на людей).

*EN17037 Daylight in buildings* (Естественное освещение зданий).

*CEN/TS17165 Light and lighting – Lighting system design process* (Свет и освещение. – Процесс проектирования осветительных установок).

Разработка и поддержание подобного перечня документов, охватывающих самые разные вопросы, требует продуманной организации. Для этого *CEN/TC169* включает в себя большое количество рабочих групп (*WG*). Каждая из этих рабочих групп отвечает за один или несколько перечисленных выше стандартов:

- *WG 1 Basic terms and criteria* (Основные термины и критерии).

- *WG 2 Lighting of work places* (Освещение рабочих мест).

- *WG 3 Emergency lighting in buildings* (Аварийное освещение зданий).

- *WG 4 Sports lighting* (Спортивное освещение).

- *WG 6 Tunnel lighting* (Освещение тоннелей).

- *WG 7 Photometry* (Фотометрия).

- *WG 8 Photobiology* (Фотобиология).

- *WG 9 Energy performance of buildings* (Энергоэффективность зданий).

- *WG 11 Daylight* (Дневной свет).

- *WG 12 Joint Working Group with CEN/TC226 – Road lighting* (Объединённая рабочая группа, с *CEN/TC226 – Road lighting* (Освещение дорог)).

- *WG 13 Non-visual effects of light on human beings* (Невизуальное воздействие света на людей).

- *WG 14 ErP Lighting Mandate Management Group* (Группа управления работой в области освещения).

Каждая рабочая группа имеет руководителя, который организует и координирует её деятельность и отчитывается перед *CEN/TC169* как минимум два раза в год на ежегодном пленарном заседании ТК и на промежуточном собрании руководителей рабочих групп.

На момент написания этой статьи у *CEN/TC169* в работе находились семь документов: обновления *EN1837*, *EN13032-1*, *EN13032-4*, *EN12464-1* и *EN15193-1* и два новых документа по вопросам «*BIM Attributes for Luminaires and Sensors*» (Широкополосные соединительные модули для светильников и датчиков) и «*Guidance Notes on the use of dynamic signage systems*» (Инструкция по применению динамических систем световых указателей).

Опять же, как и в случае *ISO/TC274*, при разработке стандартов всегда следует иметь представление о возможном будущем соответствующей техники и её применении, что обеспечивает своевременное появление соответствующих стандартов. *CEN/TC169* выявляет внешние факторы, которые окажут влияние на освещение и, тем самым, на разработку стандартов, такие, как:

- Урбанизация – тенденция к расширению городских жилых пространств и увеличению плотности населения.

- Экологичность – потребность в уменьшении энергопотребления и сохранении природных ресурсов.

- Старение населения – потребность в качественном проектировании как внутренних, так и наружных пространств, в том числе освещения, для удовлетворения потребностей пожилых жителей или людей с ослабленным зрением.

- Взаимосвязь (*connectivity*) / Интернет вещей – усиливающаяся тенденция к установлению взаимосвязей между изделиями и услугами.

- Остекление – разработка окон и солнцезащитных устройств, способствующих переходу к почти не потребляющим энергию зданиям.

- Информационное моделирование зданий – потребность в содержащих большое количество данных виртуальных моделях, которые могут оказаться полезными на всём протяжении жизненного цикла здания и его компонентов.

## 4. Профессиональные сообщества

### 4.1. МКО

Международная комиссия по освещению (МКО) представляет собой профессиональную организацию, способствующую расширению знаний, связанных со светом и освещением, цветом и зрением, фотобиологией и формированием изображений. Она традиционно находится на передовых научных и технических позициях и признаётся Международной организацией по стандартизации в качестве органа международной стандартизации (см. раздел 3.1 и рис. 3).

Работа МКО разделена между шестью отделениями, каждое из которых может формировать технические комитеты (ТК) для выполнения конкретной работы, например, для разработки или актуализации технических отчётов или стандартов. После завершения работы ТК расформируются, в отличие от, например, *CEN/TC169*, в котором рабочие группы продолжают существовать и после выполнения конкретной работы. Эти отделения охватывают следующие направления:

Отделение 1 *Vision and Colour* (Зрение и цвет).

Отделение 2 *Physical Measurement of Light and Radiation* (Физические измерения света и излучения).

Отделение 3 *Interior Environment and Lighting Design* (Проектирование внутренней среды и светодизайн).

Отделение 4 *Transportation and Exterior Applications* (Освещение на транспорте и наружное освещение).

Отделение 6 *Photobiology and Photochemistry* (Фотобиология и фотохимия).

Отделение 8 *Image Technology* (Формирование изображений).

Каждое из отделений имеет своего руководителя, своего секретаря, своего редактора и нескольких заместителей руководителя, которые обеспечивают выполнение программы работы этого отделения.

МКО опубликовала большое количество технических отчетов и стандартов, многие из которых содержат фундаментальные знания, используемые при выработке требований для стандартов и руководств. Она непрерывно стремится к пониманию ключевых моментов и использует это понимание для формирования стратегии проведения исследований. Эти ключевые моменты в настоящее время включают в себя:

- Рекомендации в части здорового освещения и не визуального воздействия света.
- Качество цвета, излучаемого источниками света, с точки зрения восприятия и предпочтений людей.
- Адаптивное, умное и динамическое освещение,
- Зрительный облик: восприятие, измерение и метрики.
- Помощь в разработке специальных требований к освещению, и т.д.

#### 4.2. *Lux-Europa* (Люкс-Европа)

Люкс-Европа представляет собой европейское светотехническое сообщество, членами которого являются представители национальных европейских светотехнических обществ.

Люкс-Европа не присваивает профессиональный статус и не вырабатывает технические нормы, однако она имеет большое значение для работы над стандартами, так как каждые 4 года проводит конференцию Люкс-Европа. Эта конференция предоставляет возможности для презентации результатов многочисленных исследований и обсуждения важных для Европы вопросов, таких как новые или ожидаемые законы и стандарты.

#### 4.3. Светотехническое общество и Общество специалистов в области освещения (Великобритания)

Многие страны имеют свои собственные профессиональные организации, выпускающие практические руководства по многим вопросам светотехники. В Великобритании двумя основными профессиональными организациями в области светотехники являются Британское светотехническое общество (*SSL – Society of Light and Lighting*, букв. – Общество света и освещения), которое входит в Аккредитованный институт специалистов по инженерному оборудованию зданий (*Chartered Institute of Building Services Engineers*), и Общество специалистов в области освещения (*Institution of Lighting Professionals*)

*SSL* является «потомком» Британского светотехнического общества (*UK Illuminating Engineering Society*), которое было основано в 1909 г., а Общество специалистов в области освещения уходит корнями в Ассоциацию инженеров по освещению общественных мест (*Association of Public Lighting Engineers*), которая была основана в 1924 г. Эти организации в значительной степени дополняют друг друга при относительно малом наложении их деятельности. Они нацелены на распространение хорошего освещения и передового подхода к проектированию осветительных установок и на то, чтобы сделать освещение неотъемлемой частью характеризующегося малым энергопотреблением и экологичного будущего. Они также сотрудничают с правительством Великобритании в области освещения и придают своим членам признанный профессиональный статус.

Обе организации публикуют целый ряд документов, охватывающих отдельные области применения, важные законодательные акты и информацию по светотехнике. В целом, в основе этих документов лежат светотехнические стандарты, но иногда их содержимое может стимулировать работу над стандартами. Примером служит руководство по паразитному свету, которое содержится в *CIE150* [4]. Некоторое время требования, разработанные Обществом специалистов в области освещения [5], были более запретительными по сравнению с требованиями *CIE150*, но в последней ре-

дакции *CIE150* эти требования снова оказались гармонизированы.

Следует отметить, что *SSL* является членом Люкс-Европы от Великобритании.

### 5. Промышленные ассоциации

#### 5.1. *LightingEurope*

*LightingEurope* является промышленной ассоциацией, представляющей светотехническую промышленность Европы. Ее задача состоит в том, чтобы отстаивать интересы светотехнической промышленности и защищать их в Брюсселе, работая с европейскими агентствами и Еврокомиссией для согласования политики Евросоюза с достижениями в области светотехники. Она старается продвигать эффективное освещение во благо глобальной окружающей среды, комфорта, здоровья и безопасности людей.

Для этого *LightingEurope* сводит специалистов отрасли и местных и европейских специалистов по выработке государственной политики в составе рабочих групп по конкретным аспектам политики в области освещения. Имеются следующие рабочие группы:

- Переход на СД: СД сделали возможными энергоэффективные решения, позволяющие внести в законодательство более амбициозные задачи в области энергопотребления. Однако важное значение имеют поддержание равновесия между энергоэффективностью и качеством освещения и сохранение базовых требований к качеству светильников с СД.

- Интеллектуальные системы освещения: По мере того, как здания становятся всё более «умными», освещение может оказаться основой этих «умных» домов, и благодаря использованию датчиков и устройств управления интеллектуальные системы освещения обеспечат пользователей и владельцев зданий более полным контролем над качеством, гибкостью и масштабируемостью осветительных установок. Аналогичным образом, разработка концепции «умного» города, в основе которой лежат интеллектуальные системы, обеспечит формирование общегородской сети из точек сбора информации и управления.

- Ориентированное на человека освещение: Свет обладает способностью стимулировать, расслаблять, взбадривать, улучшать когнитивную деятель-





Рис. 5. Развитие рынка светотехники (источник: [35])

ность, настроение и цикл сна-бодрствования людей, так что целью этой рабочей группы является продвижение идеи ориентированного на человека освещения посредством предоставления информации, организации научных исследований и мероприятий, предназначенных для тех, кто принимает решения в области законодательства и бизнеса. Следует отметить, что термин «ориентированное на человека освещение» (*human centric lighting*) эквивалентен используемому МКО и ИСО термину «интегративное освещение» (*integrative lighting*).

– Экономика замкнутого цикла: В основе экономики замкнутого цикла лежит минимизация отрицательного воздействия изделий на экологию, а это означает, что экономика замкнутого цикла включает в себя восстановление, переделку, повторное использование и повторное распределение изделий.

Промышленные ассоциации должны иметь представление о будущем, что обеспечивает своевременное появление соответствующих стандартов, просвещение законодателей и рынка с целью оповещение рынка о возможности появления новых рынков и предотвращения непредумышленного законодательного препятствования развитию новых идей и областей применения. У *LightingEurope* есть стратегическая дорожная карта, показывающая, как она представляет себе развитие светотехнического рынка и как это развитие будет способствовать

увеличению ценности света и качества осветительных установок (рис. 5).

Переход на СД и то, что внедрение СД техники уже идёт полным ходом, позволяет более широко использовать средства управления освещением. Цифровая природа СД освещения будет способствовать развитию интеллектуальных систем освещения и Интернета вещей, которые, в свою очередь, откроют дорогу для ориентированных на человека решений. Тем временем будет возрастать значимость экологичности, олицетворяемой экономикой замкнутого цикла.

Видны явные параллели между рис. 5 и рис. 4, отражающим точку зрения *ISO/TC274*, так что обе организации одинаково представляют себе пути развития осветительной техники и её применения.

## 5.2. LIA (Великобритания) и ZVEI (Германия)

Национальные торговые ассоциации должны представлять свою отрасль на рынке и в законодательных органах. Основное различие между *LIA* (*Lighting Industry Association* – Ассоциация предприятий светотехнической промышленности) и *ZVEI* (Центральное объединение предприятий электротехнической и электронной промышленности) состоит в том, что *LIA* связана исключительно со светотехникой, тогда как *ZVEI* представляет и электротехническую, и электронную промышленности Германии

и, тем самым, охватывает гораздо более широкое поле деятельности. При этом входящие в состав *ZVEI* отделения занимаются разными отраслями промышленности, и одно из них связано с освещением.

И *LIA*, и светотехническое отделение *ZVEI* являются членами *LightingEurope*, представляя интересы своих членов на европейской арене, и обе эти организации принимают активное участие в комиссиях по стандартизации, как национальных, так и международных.

У *LIA* и светотехнического отделения *ZVEI* имеются рабочие группы, состоящие из специалистов компаний, входящих в состав этих ассоциаций. Эти группы стараются отслеживать все интересующие их законодательные акты, сотрудничают с законодателями и высказывают им свои замечания. Кроме того, они рассматривают технические вопросы с целью обеспечить своих членов технической информацией и рекомендациями, которые могут быть использованы для развития светотехнического рынка. Так что в определённой степени национальные торговые ассоциации аналогичны *LightingEurope*, правда, на национальном уровне. Как бы то ни было, национальные ассоциации могут определять ключевые моменты и разрабатывать их на национальном уровне или же продвигать их в рамках *LightingEurope* для обеспечения более общеевропейского подхода, или, если они сочтут это полезным, и то, и другое.

## 6. Стандарты будущего

Для освещения наступило время перемен, и не только в части техники, такой как источники света или устройства с СД, но и в части практики освещения, которая перешла от выполнения определённых задач к освещению для отдельных людей и общества в целом, от чистого обеспечения возможности видеть к освещению, обеспечивающему ещё и благополучие людей и являющемуся средством связи, а также к миру взаимосвязанных устройств и Интернета вещей, когда освещение перестаёт быть только источником света, а становится ещё и источником информации.

Это вызов для стандартов. Стандарты – это не только руководства или результаты исследований, они содержат

фактические данные, основанные на наблюдениях и доказанных фактах. В них приводятся установленные значения параметров и критерии без указания того, как удовлетворить эти критерии. Это создаёт проблемы, так как радикально новые концепции и технические средства требуют проведения исследований и доказательств, и лишь после этого их можно ввести в стандарты. Кроме того, разработка стандарта обычно занимает по меньшей мере три года. Это значит, что стандарты могут отставать в своём развитии от новых изделий и областей применения, временами, намного. Если говорить о типичном жизненном цикле технической продукции (рис. 6), то это означает, что стандарт на применение этой продукции должен быть опубликован на стадии роста, тогда как стадия внедрения используется для накопления достаточного для выработки нормативных требований опыта работы с этим изделием. Примером может служить ориентированное на человека освещение, когда изделия и область применения уже есть, тогда как количество содержащихся в стандартах рекомендаций и проектных требований всё ещё очень ограничено.

Однако, как показано выше, каждая из организаций, задействованных в деле разработки стандартов, имеет свой взгляд на будущее, будь это стандартизирующая организация, торговая ассоциация или профессиональное сообщество. Эти точки зрения в значительной мере накладываются друг на друга, и если говорить о применении освещения, то они охватывают следующие области:

- Ориентированное на человека или интегративное освещение.
- Взаимосвязь и Интернет вещей.
- Содержательность (*inclusivity*)<sup>2</sup> в части зрительных возможностей.
- Экологичность.

Этим областям сопутствуют проблемы в части реализации, метрики и использования, и они могут вызывать обсуждение других вопросов, таких как цвет.

<sup>2</sup> См. ГОСТ Р 55348–2012 Системы управления проектированием. Словарь терминов, используемых при управлении проектированием, термин 3.180. – Прим. пер.

Рис. 6. Типичный график жизненного цикла технической продукции

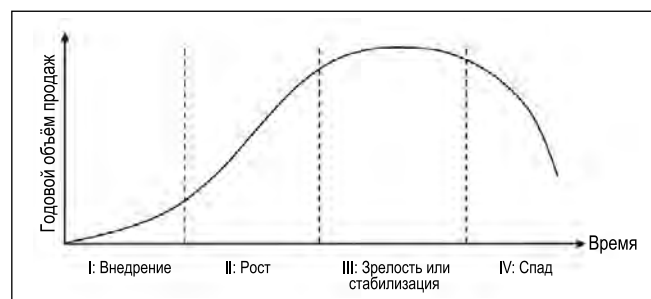
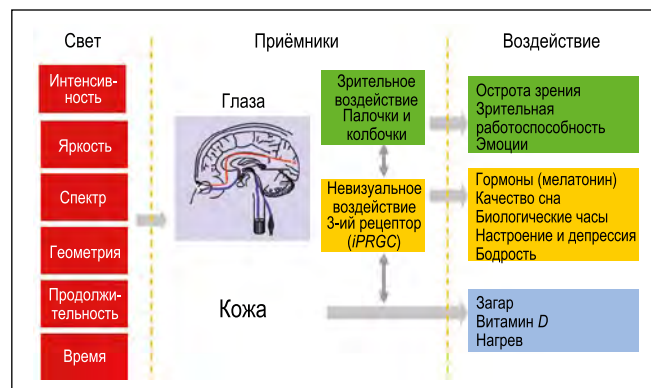


Рис. 7. Упрощённое описание воздействия света на людей



### 6.1. Ориентированное на человека или интегративное освещение

Как показано на рис. 7, люди взаимодействуют со светом разными способами. Сам свет обладает многими свойствами, которые формируют зрительную среду и эмоциональную, а также биологическую, реакцию. Эти разные реакции требуют новых метрик, так как существующие единицы измерения не соответствуют тому, что измеряют. Такие единицы, как люмен, кандела и люкс, относятся к зрению и основаны на кривой чувствительности глаза в условиях дневного зрения, являющейся компромиссом, ценность которого ставится под сомнение из-за того, что эта кривая неправильно учитывает реакцию колбочек S-типа (помимо прочего). Эти метрики не представляют интереса в случае фотобиологических реакций, за которые отвечают как зрительные, так и не визуальные рецепторы.

На рис. 8 приведена функция спектральной чувствительности для выработки мелатонина (*smel*), которая была получена Лукасом и др. [7]. Она сильно отличается как от опубликованных функций спектральной чувствительности МКО для колбочек S-, M- и L-типа (кривые *ssc*, *smc* и *slc* соответственно) для 10° наблюдателя, так и от функции спектральной чувствительности МКО в условиях ноч-

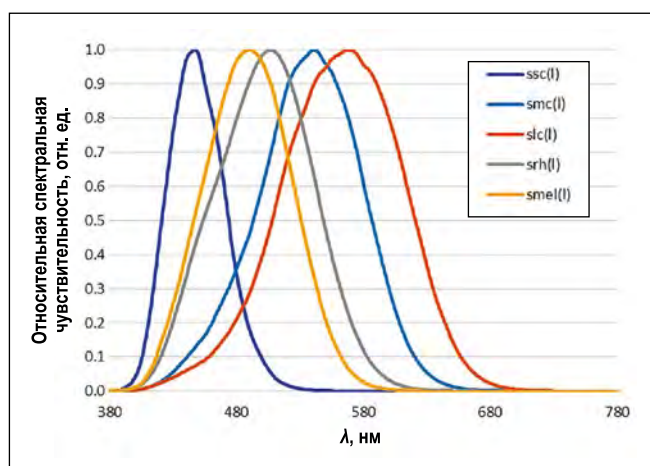
ного зрения для палочек (*srh*). Поэтому любые измерения, осуществляемые с использованием основанных на колбочках (дневное зрение) или на палочках (ночное зрение) привычных метрик, не дают представления о биологической реакции человека на свет. Из рис. 8 следует, что на циркадные процессы влияет не только плотность потока излучения, но и его спектральный состав, или, очень упрощённо, они зависят от уровня освещения и цветовой температуры.

Было предложено несколько метрик для измерения не визуального воздействия света. Так, в стандарте *WELL Buildings Standard* [8] используется единица измерения эквивалентный меланописический люкс (*Equivalent Melanopic Lux – EML*). Она получается из освещённости в рассматриваемом пространстве (*L*) и меланописического отношения (*R*), представляющего собой весовой коэффициент, соответствующий конкретному источнику света. Освещённость измеряют в вертикальной плоскости на высоте 1,2 м от уровня пола.

*WELL Buildings Standard* содержит электронную таблицу для проведения расчётов, основанных на приведённом в *CIE S026.E:2018* меланописическом спектре действия (*melanopic action spectrum*) и относительной спектральной световой эффективности МКО для дневного зрения *V(λ)* (<https://www.wellcertified.com/en>). Исходя из спект-



Рис. 8. Спектры действия  $\alpha$ -opic [6]



рального состава излучения источника света рассчитывают меланопическую чувствительность и спектральную чувствительность, после чего полную меланопическую реакцию делят на полную зрительную реакцию, а затем умножают полученный результат на  $2,18^3$ . В результате

$$EML = L \cdot R \text{ [единица измерения – эквивалентный меланопический люкс].} \quad (1)$$

Второе предложение было сделано светотехническим исследовательским центром Ренсселеровского политехнического института (*Lighting Research Centre, Rensselaer Polytechnic Institute*). М.С. Ри и др. предложили метрику «циркадный свет» (*Circadian Light*) [9], представляющую собой энергетическую освещённость на роговой оболочке глаза, взвешенную таким образом, чтобы учесть спектральную чувствительность циркадной системы человека, определяемую острым подавлением выработки мелатонина после одночасового воздействия излучения. Второй метрикой является циркадный стимул (*Circadian Stimulus (CS)*), представляющий собой эффективность спектрально взвешенной энергетической освещённости на роговой оболочке глаза, от пороговой ( $CS = 0,1$ ) до насыщенной ( $CS = 0,7$ ).

Как и в случае  $EML$ , электронная таблица для расчёта этих величин имеется в свободном доступе, или можно воспользоваться сетевым *online*-инструментом (<https://www.lrc.rpi.edu/cscalculator/>).

Это говорит об отсутствии как общепризнанной меры, обеспечивающей

возможность создания ориентированного на человека освещения, так и утверждённых предельных значений параметров.

Даже если допустить достижение соглашения относительно общепризнанных метрики и предельных значений, то всё ещё остаётся вопрос времени. При обсуждении биологических ритмов мы должны понимать, что это не то же самое, что физические ритмы смены дня и ночи в рамках характерных для нашей планеты 24-часовых циклов. Цикл сна-бодрствования отдельного человека может в большей или меньшей степени отличаться от естественного цикла смены дня и ночи, что может быть обусловлено режимом работы, социальными привычками, возрастом, полом или хроническими биологическими особенностями. Нет таких универсальных часов, с которыми были бы синхронизированы люди: каждый имеет свои собственные часы, синхронизированные именно с его циклом сна-бодрствования.

Вследствие этого ориентированное на человека освещение предполагает не только наличие некой меры циркадного потока излучения, но и изменение биологических параметров и освещения во времени. Поэтому, за исключением случаев сравнительно однородного населения с дополнительными потребностями, например, в домах для страдающих болезнью Альцгеймера, или, по меньшей мере, наличия относительно постоянного графика смены дневной и ночной деятельности, например, при работе в офисах с одной фиксированной рабочей сменой или на заводах, где график сменности может меняться, но при этом в каждый момент времени работа производится только в одну

смену, ориентированное на человека освещение потребует тщательного подхода, чтобы избежать предпочтения интересов одних потребителей и пренебрежения интересами других потребителей.

*WELL Buildings Standard* стремится учесть всё это, потребовав, чтобы равный 200 *EMS* уровень освещения был реализован по меньшей мере в период с 9:00 до 13:00. Однако это предполагает, что человек имеет нормальный дневной график работы, синхронизированный с естественным циклом смены дня и ночи. Во многих случаях это не так, и применение этой нормы может привести к тому, что ориентированное на циркадный ритм освещение будет не соответствовать биологическим часам обитателей здания.

Поэтому при отсутствии эффективного управления освещением ориентированное на человека освещение в общем случае можно применять только для определённых групп людей.

## 6.2. Взаимосвязь и Интернет вещей

При обсуждении достоинств расширения взаимосвязей и Интернета вещей следует учитывать, что несмотря на то, что датчики освещённости и устройства управления освещением используются на протяжении многих лет, во многих осветительных установках, как старых, так и новых, всё ещё не применяется ничего сложнее, чем самые простые устройства управления, которые обычно сводятся к ручным выключателям.

Еврокомиссия отметила это в своём документе «*Preparatory study of lighting systems Lot 37*» (Предварительное исследование систем освещения, лот 37), который был подготовлен её высокопоставленными сотрудниками [10]. В нём был сделан вывод, что:

- Максимальная экономия энергии в 28 странах Евросоюза в результате использования оптимизированных регулируемых систем освещения зависит от источника света сравнения.
- Максимальная полная годовая экономия энергии в 28 странах Евросоюза, обусловленная мерами, принятыми в части систем освещения, составит 20–29 ТВт·ч/год в 2030 г. и 48–56 ТВт·ч/год в 2050 г.
- Это примерно 10 (2030 г.) или 20 (2050 г.) процентов от полного, за

<sup>3</sup> По-видимому, речь идёт о расчёте параметра  $R$ . – Прим. пер.

исключением жилого сектора, расхода энергии на освещение в 28 странах Евросоюза, если источники света будут использоваться, как обычно.

Для поддержки этого направления Европейский комитет по стандартизации (CEN) выпустил новые технические условия PD CEN/TS17165:2018 [11], которые содержат общие принципы создания осветительных установок, применимые к любому проекту освещения, включая освещение умных зданий. В этом документе приведены входные данные, требуемые для проектирования осветительных установок, и ожидаемые выходные данные (рис. 9).

Для создания энергоэффективных осветительных установок и для стимулирования применения средств управления освещением необходимо продемонстрировать экономию энергии. Соответствующие стандарты имеются и для зданий, и для дорог. В EN15193-1:2017 [1] подробно описан расчёт LENI (Lighting energy Numeric Indicator (количественный показатель энергетической эффективности искусственного освещения здания)). Этот показатель рассчитывают по формуле (2), где LENI – количественный показатель энергетической эффективности искусственного освещения здания, кВт·ч/(м² · год);  $F_c$  – экономия, обусловленная поддержанием постоянства освещённости в помещении;  $P_i$  – полная мощность всех установленных в помещении светильников, Вт;  $F_o$  – экономия, обусловленная использованием датчика занятости помещения;  $t_D$  – продолжительность работы искусственного освещения в светлое время суток, ч;  $F_D$  – экономия, обусловленная использованием датчиков естественной освещённости в помещении;  $t_N$  – продолжительность работы искусственного освещения в тёмное время суток, ч;  $P_{ci}$  – полная мощность, потребляемая устройствами управления светильников в режиме ожидания, Вт;  $P_{em}$  – полная мощность, потребляемая аварийным освещением в режиме ожидания, Вт;  $A$  – площадь помещения, м².

В стандарте приведён метод расчёта экономии энергии в результате использования средств управления освещением. Величину LENI можно определить и для существующих осветительных установок, либо измерив расход энергии на освещение, либо посредством оценок, основан-

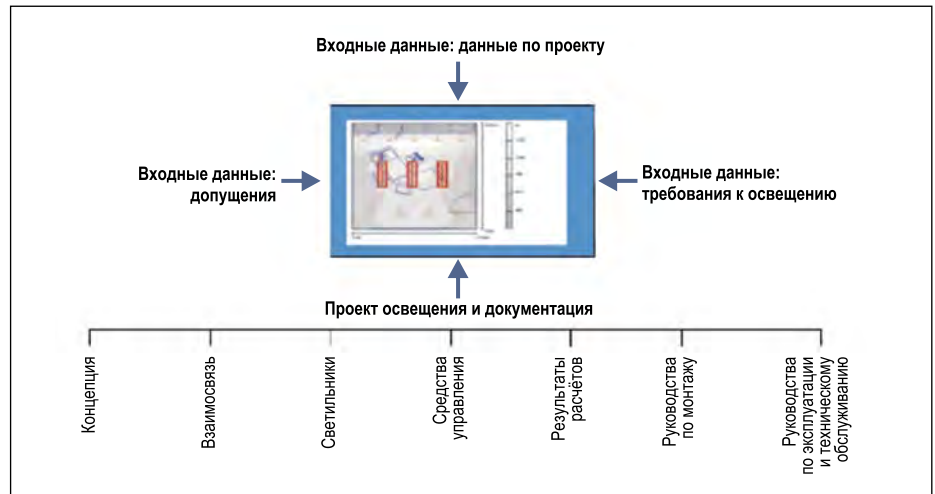


Рис. 9. Процесс проектирования осветительной установки и документация (источник: [11])

ных на результатах аудита осветительной установки. Третий метод показан на рис. 10.

Эквивалентный метод расчёта энергии, расходуемой на освещение дорог,

содержится в EN13201-5:2015 [12]. В нём вводится показатель «удельное годовое потребление энергии» (Annual Energy Consumption Indicator), который рассчитывают по формуле (3).

$$LENI = \frac{\left\{ F_c \times \frac{P_i}{1000} \times F_o \left[ (t_D \times F_D) + t_N \right] \right\} + \left[ t_y - (t_D + t_N) \right] \times (P_{ci} + P_{em})}{A}, \quad (2)$$

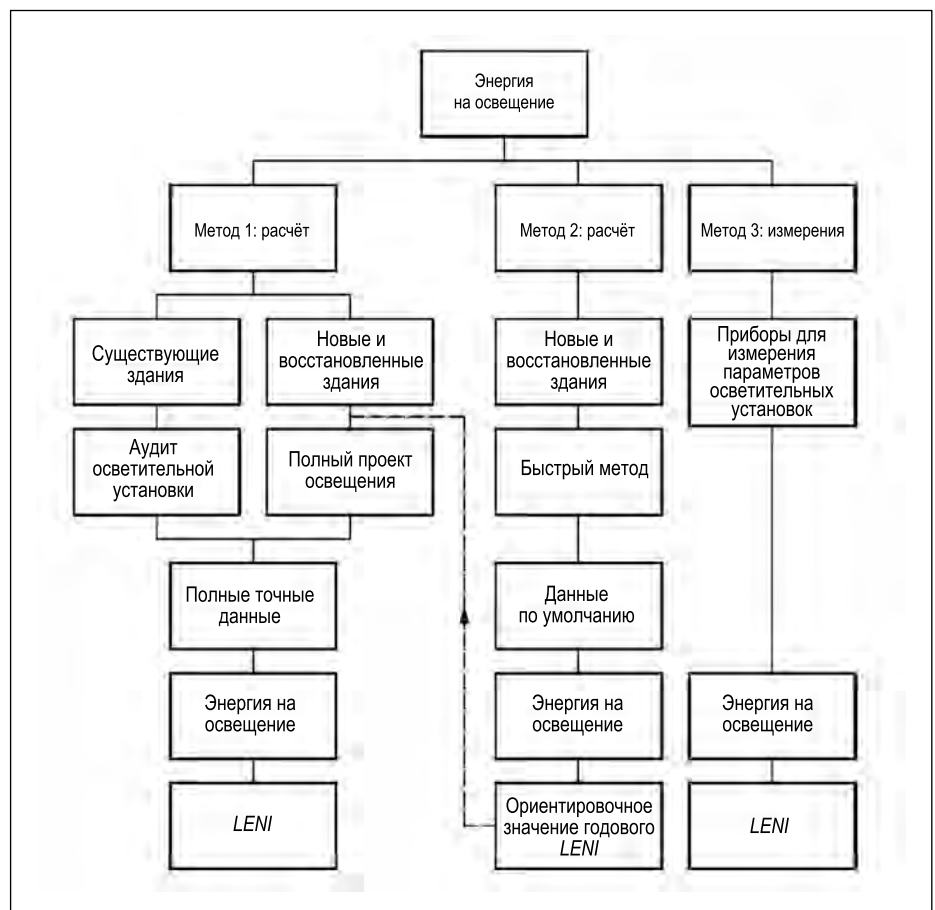


Рис. 10. Блок-схема, иллюстрирующая метод определения расходуемой на освещение энергии (источник: [1])

$$D_E = \frac{\sum_{j=1}^m (P_j \cdot t_j)}{A}, \quad (3)$$

где  $D_E$  – удельное годовое потребление энергии установкой дорожного освещения, Вт·ч/м<sup>2</sup>;  $P_j$  – мощность, потребляемая установкой в  $j$ -ый период работы, Вт;  $t_j$  – продолжительность  $j$ -го периода работы, ч;  $A$  – площадь участка, освещаемого рассматриваемой осветительной установкой, м<sup>2</sup>;  $m$  – количество периодов, соответствующих разным режимам работы.

Чтобы учесть мощность, потребляемую устройствами управления в режиме ожидания, при использовании этих устройств рабочий период будет включать в себя и дневные часы, когда освещение не работает. При использовании датчиков присутствия необходимо учитывать вероятность реализации всех уровней освещённости.

При наличии возможности рассчитывать потребление энергии и влияние устройств управления освещением требуется более широкое использование управляющего оборудования. Есть много рекомендаций по использованию устройств управления освещением. В *CIE122* [13] содержатся указания, позволяющие уравновесить качество освещения, комфорт потребителей и энергоэффективность при организации управляемого освещения нежилых зданий. Этот документ описывает основы организации управления освещением, содержит большой обзор литературы по применению средств управления и 12 таблиц, в которых проводится оценка использования управления освещением в разных областях применения. Этот отчёт позволяет также выбрать подходящую стратегию управления освещением, начиная с его применения и заканчивая прогнозируемыми результатами, или начиная с желаемых результатов и заканчивая стратегией управления освещением, позволяющей добиться этих результатов.

Альтернативным документом является разработанное Британской ассоциацией светотехнической промышленности (*UK Lighting Industry Association*) Руководство по управлению освещением (*Lighting Control Guide*) [14], которое содержит оценку преимуществ управления освещением, помогает подобрать устройства управления и источники света для

конкретных областей применения и включает в себя дерево принятия решений, облегчающее выбор наиболее подходящих средств управления освещением.

Основным моментом при использовании передовых систем управления является их аттестация, гарантирующая, что система работает должным образом. В этом случае очень большое значение имеет деятельность комитетов по стандартизации, например, рабочей группы *ISO/TC274 WG2 Commissioning process of lighting systems* (Процесс аттестации осветительных установок), предоставляющая точки отсчёта, на которые следует ориентироваться.

Разработка прогрессивных концепций, таких как Интернет вещей или умный город, влечёт за собой появление и рассмотрение многих дополнительных возможностей. В случае умного города это может включать такие моменты, как формирование социального портрета разных областей применения, например, в части:

- Ожидаемого возрастного состава пользователей в зависимости от времени дня и дня недели.
- Ожидаемой социальной деятельности в зависимости от времени дня и дня недели.
- Ожидаемых видов транспорта.
- Распространённости и видов преступной деятельности.
- Категории местности, например, обедневшие городские кварталы/городская местность/сельская местность, торговые площади/развлекательные пространства/жилые районы и т.д.

Освещение должно меняться в соответствии с изменениями его предназначения и особенностей жителей.

Аналогичным образом, в случае зданий можно сформировать картину использования пространства или потребления энергии. Датчики и программное обеспечение могут определить занятость помещений или отдельных столов, и эти данные могут быть визуализированы, позволяя оптимизировать использование помещений. Кроме того, использование датчиков освещённости и присутствия и управляющих устройств с отчётом времени позволяет свести потребление энергии к минимуму. Так что освещение зданий должно соответствовать выполняемой людьми работе, а не просто удовлетворять предъём-

ляемые этой работой требования, как если бы работа выполнялась неким «стандартным» человеком со «стандартными» зрительными возможностями и без каких-либо эмоциональных потребностей.

Ещё одной потенциальной областью применения прогрессивных устройств управления является аварийное освещение. В настоящее время это освещение обеспечивает возможность эвакуации людей из здания, но без оценки состояния здания и путей эвакуации. Так что оценка безопасности путей эвакуации ложится на каждого человека в отдельности, тогда как освещение и указатели остаются неизменными независимо от реальных условий. Совмещение аварийного освещения с другими системами жизнеобеспечения здания, такими как система пожарной сигнализации с дымовыми или тепловыми извещателями, позволят направлять перемещение находящихся в здании людей по потенциально опасным участкам, тогда как использование мониторов, способных регистрировать плотность людей в пределах различных участков и на путях эвакуации, позволит прокладывать пути в обход больших скоплений людей, облегчить и максимально ускорить процесс эвакуации. Однако этим системам присущи их собственные особенности и проблемы.

Проверка функциональности интеллектуальных систем аварийного освещения на практике усложняется по мере появления многочисленных взаимосвязей, в частности, с внешними системами. Автоматическая проверка была бы очень полезна, но она потребует тщательного подхода. Решающее значение будет иметь надёжность связи. Потеря связи с внутренними или внешними элементами отрицательно скажется на способности системы указывать находящимся в здании людям безопасное направление. Это особенно важно в случае давно существующих систем, на которые люди полагаются в деле обеспечения своей безопасности. Большое значение имеет кибербезопасность, так как подключение любой системы представляет собой угрозу для безопасности. Это относится не только к эвакуационному освещению, хотя и здесь обеспокоенность вызывает возможность активизации третьими лицами эвакуационной сигнализации при одновременном отключении систем эвакуации, – лю-



бая подключённая система может открыть доступ к чувствительным областям компьютерной сети. Поэтому работа систем освещения может оказаться в сфере интересов отделов информационных технологий и соответствующих специалистов.

Осознавая возрастание рисков, связанных с Интернетом вещей и увеличением взаимосвязей, Евросоюз разрабатывает новый документ, *EU Cybersecurity Act* (Акт о кибербезопасности) [15], который будет содержать схемы сертификации изделий на кибербезопасность. Сертификация будет осуществляться на базовом, важном (*substantial*) или высоком уровне, где:

- Базовый уровень обеспечивает минимизацию известных основных рисков.
- Важный уровень обеспечивает минимизацию известных угроз безопасности со стороны лиц с ограниченными умениями и возможностями.
- Высокий уровень обеспечивает минимизацию соответствующих последнему слову техники атак со стороны лиц со значительными умениями и возможностями.

Национальные правительства и организации также разрабатывают подобные руководства. В качестве примеров можно привести документы, опубликованные *CIBSE* (Великобритания) [16], *ZVEI* (Германия) (белая книга) [17] и Департаментом цифровых технологий, культуры, средств массовой информации и спорта Великобритании [18].

Однако по мере накопления данных и расширения использования Интернета вещей и интеллектуальных систем освещения возникает опасность нарушения прав личности. Поэтому развитие как техники, так и стандартов ограничиваются правовыми нормами. В Евросоюзе это *General Data Protection Regulation (GDPR)* (Общий регламент по защите персональных данных) [19]. Он на уровне Евросоюза охватывает обработку персональных данных в рамках деятельности организации по контролю или обработке данных, независимо от того, где – в Евросоюзе или за его пределами – осуществляется эта обработка. В область действия этого регламента входит отслеживание в пределах Евросоюза поведения отдельных лиц. Ключевые определения включают в себя:

– Персональные данные – любая информация, связанная с идентифици-

рованным или поддающимся идентификации физическим лицом.

– Поддающееся идентификации физическое лицо – физическое лицо, которое может быть идентифицировано, непосредственно или опосредованно, особенно посредством указания персональных данных, таких как имя, идентификационный номер, место жительства, сетевой идентификатор, или одного или нескольких параметров, позволяющих произвести физическую, физиологическую, генетическую, ментальную, экономическую, культурную или социальную идентификацию этого физического лица.

Так что охваченной оказывается любая информация, позволяющая установить местонахождение конкретного поддающегося идентификации физического лица, или даже более того, любая информация, относящаяся к текущему умственному состоянию (концепции умственно персонализированного ориентированного на человека освещения (*think personalised human-centric lighting concepts*)). Это распространится и на другие области, такие как использование смартфонов, облегчающих владельцам перемещение по умным городам или зданиям, причём выдача разрешений на сбор и использование данных подлежит тщательному рассмотрению.

### 6.3. Содержательность

Понятие «стандартный человек» существует давно. Рисунок Леонардо да Винчи «Витрувианский человек» (1490 г.) демонстрирует стандартизированные пропорции человеческого тела, в основу которых легли гораздо более ранние работы древнеримского архитектора Витрувия, который в третьем томе своего трактата «*De architectura*» [20] привёл взаимосвязь между идеальными пропорциями человеческого тела и геометрией. Стандартный человек важен потому, что он допускает использование подхода «один размер годится для всех» применительно к рабочим местам, жилым домам, общественным зданиям, мебели, бытовым приборам, транспорту и освещению. Стулья, столы, лестницы, двери и т.д. – все они проектируются применительно к стандартному человеку. Однако основанный на стандартном человеке подход приводит также и к дискриминации, так как

те, кто не соответствует норме, вынуждены или приспособиться к ней, или испытывать неудобства.

Это присуще всем областям, в том числе и освещению. Осветительные установки должны обеспечивать условия освещения, подходящие для большинства населения, но при этом обычно не учитываются те, кому требуются особые физические, психические или зрительные условия.

Содержательное проектирование (*inclusive design*)<sup>4</sup> (другое название – универсальное проектирование (*universal design*)) – это проектирование для всех людей, независимо от их возможностей, и проектировщики несут ответственность за последствия своих проектов. При подобном проектировании следует учитывать последствия разных обстоятельств, от относительно очевидных, например, того, что глаза инвалида, сидящего в кресле-коляске, находятся на другой высоте, и следовательно, он по иному воспринимает блёккость, и до требующих более углублённого рассмотрения. Если рассматривать потерю зрения, то можно выделить три её основных типа:

- Люди с остаточным зрением, к которым относится большинство людей с потерей зрения. Обычно у них зрение хотя и достаточно плохое, чтобы их можно было считать слепыми или частично утратившими зрение, но всё ещё достаточно функциональное.

- Люди, пользующиеся тростью, которая помогает им перемещаться и используется, в основном, людьми с очень низким уровнем зрения, давая им возможность как воспринимать изменения уровня и текстуры, так и обнаруживать и идентифицировать препятствия.

- Люди с собаками-поводырями, которые составляют весьма немногочисленную группу людей с потерей зрения. Часто это одни из наиболее мобильных представителей этой группы.

К содержательности относится не только то, как мы освещаем пространство, но и то, где мы располагаем осветительные приборы. Например, если рассмотреть то, как эти люди перемещаются в пространстве и как на это влияет расположение светильников (исходя из линии зрения [21]), то мы получим следующее:

<sup>4</sup> См. примечание 2 на с. 33.



Рис. 11. Изменение во времени содержания  $CO_2$  в атмосфере (источник: NASA, <https://climate.nasa.gov/evidence/>)

• **Люди с остаточным зрением**

Наиболее важным источником информации служит тональный контраст (*tonal contrast*). Люди с остаточным зрением чувствуют себя комфортнее на широких, просторных, не загромождённых дорожках и в таких же пешеходных зонах. Решающим фактором всё ещё является зрение и, следовательно, свет. Что касается освещения, то светильники, слабо контрастирующие с фоном, оказываются почти невидимыми.

• **Люди, пользующиеся тростью**

Они полагаются, в основном, на тактильные и слуховые ощущения, и обычно стараются идти вдоль линии зданий. Им может помочь продуманное размещение осветительной арматуры в стороне от линии зданий.

• **Люди с собаками-поводырями**

Собак-поводырей натаскивают на движение по центру дорожки или ко-

ридора и на обход препятствий. Они также должны замечать перекрёстки и входы. Если собака-поводырь не может обнаружить пространство, достаточно большое, чтобы в нём поместиться, то она должна просто остановиться, оставляя своего владельца беспомощным. Продуманное размещение светильников и мебели в ключевых точках, таких как перекрёстки и входы в здания, помогает собакам-поводырям ориентироваться в этих зонах.

В стандартах на освещение эти вопросы часто рассматривают посредством относительно общих замечаний. В европейском стандарте *EN12464-1* [22] отмечено, что уровни освещения могут быть увеличены, если «зрительные способности работника хуже нормальных». Однако как и большинство стандартов, *EN12464-1* почти не содержит указаний, как это использовать на практике. Что касается более

информативных публикаций, то, например, в *CIE227:2017* [23] содержатся как ценные соображения по поводу причин уменьшения зрительных возможностей и того, что это значит, так и требования к освещению, позволяющие бороться с этими проблемами. Этот документ включает в себя рекомендации по требованиям к освещению, позволяющим пожилым людям перемещаться по путям эвакуации, о чём часто забывают при рассмотрении вопроса безопасности. В нём также обсуждаются некоторые возможности применения интегративного/ориентированного на человека освещения в части не визуального воздействия света на пожилых людей и людей со слабым зрением.

Воздействие света основано не только на зрительных возможностях глаз наблюдателей – свет действует также и на ментальном уровне, задействуя способность наблюдателя расшифровывать зрительно воспринимаемую им сцену. Наблюдатели, страдающие слабоумием, могут иметь хорошее зрение, но их способность понимать типичные особенности и воздействия, которые мы считаем сами собой разумеющимися, может быть нарушена. Тени становятся дырами в земле или гигантскими пауками и т.д., направление падения теней, например, при освещении объекта снизу, может вызывать опасения, а источники блёскоты приводят к дезориентации и замешательству. Информация по этому вопросу содержится, например, в [24–27].

#### 6.4. Экологичность

Освещение обеспечивает потребность людей в свете, но в то же время оно оказывает глобальное воздействие на климат. На рис. 11 показан уровень содержания  $CO_2$  в атмосфере на протяжении длительного промежутка времени, и очевидно, что этот уровень увеличился и продолжает быстро возрастать.

В отчёте, который был опубликован в 2013 г. [28], Программа Организации объединённых наций по окружающей среде (*UNEP*) отмечала, что «В мировом масштабе на освещение приходится почти 20 % потребляемой электроэнергии и 6 % выбросов  $CO_2$ . По данным Международного энергетического агентства, примерно 3 % от мировой потребности в нефти мо-



Рис. 12. Основы экономики замкнутого цикла (источник: [35])

Оцениваемый параметр	Единица измерения	Стадия производства	Стадия строительства	Стадия использования	Конец жизненного цикла	Достижения и нагрузки, выходящие за рамки системы
		A1 – A3	A4, A5	B4, B6	C2 – C4	D
Потенциал закисления (AP)	кг SO <sub>2</sub> , экв.	6,02·10 <sup>-2</sup>	1,33·10 <sup>-3</sup>	1,45	2,95·10 <sup>-3</sup>	-2,91·10 <sup>-2</sup>
Потенциал эвтрофикации (EP)	кг PO <sub>4</sub> , экв.	5,90·10 <sup>-3</sup>	2,66·10 <sup>-4</sup>	0,13	3,69·10 <sup>-4</sup>	-2,60·10 <sup>-3</sup>
Потенциал глобального потепления (GWP100)	кг CO <sub>2</sub> , экв.	20,8	1,23	522	5,35	-7,83
Первичная энергия, возобновляемая	МДж	47,5	0,825	2550	3,52	-15,6
Первичная энергия, невозобновляемая	МДж	348	7,41	9100	13,6	-97,8

Рис. 13. Выписка из экологической декларации изделия (источник: *Thorn Lighting Ltd, Product code 96628133*)

жет быть отнесено на освещение. Если не заняться этим немедленно, то приходится на освещение мировое потребление энергии к 2030 г. возрастёт на 60 %».

Кроме того, в отчёте Анхеля Гурриа (*Angel Gurría*), генерального секретаря Организации экономического сотрудничества и развития (*OECD*) [29], отмечалось, что «Увеличение потребления материалов в сочетании с экологическими последствиями добычи, обработки и утилизации этих материалов с большой вероятностью приведёт к возрастанию давления на материально-сырьевую базу нашей экономики и поставит под угрозу наше будущее благополучие».

Эти обстоятельства являются побудительной причиной того, что стандартизаторы и законодатели продвигают более энергоэффективные и экологичные решения и переход к экономике замкнутого цикла (рис. 12).

Псле стадии сбора, когда мы возвращаем изделия, их компоненты или материалы в производственную цепочку, при продвижении вдоль этой цепочки непрерывно возрастает воздействие на окружающую среду. Так что можно заметить, что предпочтительным вариантом в конце жизненного цикла изделия является повторное использование или восстановление изделия или его отдельных компонентов. Утилизация оказывает более сильное неблагоприятное воздействие на окружающую среду, так как для переработки отходов в новую полезную продукцию требуется больше технологических процессов.

Однако, как отмечено *UNEP* и показано на рис. 13, хотя конечная стадия жизненного цикла изделия и играет важную роль в деле оправдания связанных с этим изделием затрат на охрану окружающей среды, наиболее важное значение имеет предшествующая ей стадия использования. Представленная на рис. 13 выписка из экологической декларации изделия, составленной в соответствии с требованиями *EN ISO 14025* [30] и *EN15804* [31], показывает, что 99 % от соответствующего этому изделию потенциала глобального потепления приходится на стадию использования. Поэтому чрезвычайно важно, чтобы это изделие было максимально эффективным само по себе и чтобы оно использовалось наиболее эффективным образом.

В Европе имеются регламенты по экодизайну, призванные снять с продажи малоэффективные изделия и компоненты. В настоящее время действуют следующие регламенты:

- Регламент (*EC*) No. 244/2009, содержащий требования к бытовым лампам ненаправленного света [32].

- Регламент (*EC*) No. 245/2009, содержащий требования к люминесцентным лампам без встроенных пускорегулирующих аппаратов, разрядным лампам высокой интенсивности и пускорегулирующим аппаратам и светильникам, предназначенным для работы с этими лампами [33].

- Регламент (*EC*) No. 1194/2012, содержащий требования к лампам направленного света, лампам с СД и связанному с ними оборудованию [34].

Однако сейчас проводится работа по замене их одним регламентом, ко-

торый будет введён в действие 1 сентября 2021 г. Предельные значения эффективности будут рассчитываться при помощи следующего уравнения:

$$P_{omax} = C \cdot \left( L + \frac{\Phi_{use}}{F \cdot \eta} \right) \cdot R, \quad (4)$$

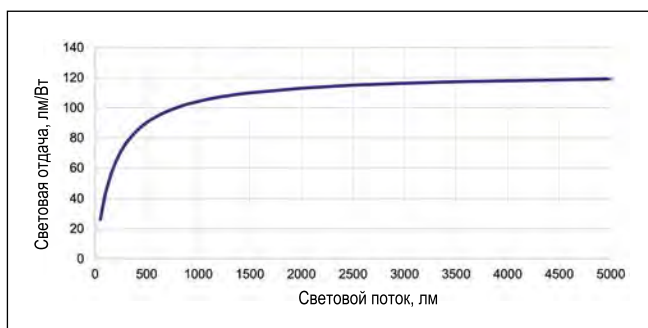
где  $P_{omax}$  – максимальная мощность в рабочем режиме, Вт;  $\eta$  – пороговая световая отдача, зависящая от типа источника света, лм/Вт;  $L$  – показатель потерь (*end loss factor*), зависящий от типа источника света, Вт;  $C$  – поправочный множитель, зависящий от характеристик источника света;  $F$  – показатель световой отдачи (*efficacy factor*) (1,0 для источников ненаправленного света и 0,85 для источников направленного света);  $R$  – множитель, зависящий от значения общего индекса цветопередачи (ИЦП) (0,65 для ИЦП ≤ 25, (ИЦП + 80)/160 для ИЦП > 25).

Результаты расчётов по уравнению (4) приведены на рис. 14, где предельные значения световой отдачи источников света составляют примерно 100–120 лм/Вт.

Следует понимать, что увеличение предельных значений световой отдачи источников света и светильников будет производить уменьшающийся эффект. По мере перехода на всё более энергоэффективные светильники отдача от замены и так уже эффективных изделий на более эффективные будет непрерывно уменьшаться. Поэтому в центре внимания окажутся уже не отдельные светотехнические изделия, а осветительные



Рис. 14. График предельных значений световой отдачи, основанный на уравнении (4)



установки в целом. Это нашло своё отражение в документе, составленном высокопоставленными сотрудниками Еврокомиссии [10], в котором был сделан уже упоминавшийся выше вывод: «Максимальная экономия энергии в 28 странах Евросоюза в результате использования оптимизированных регулируемых систем освещения зависит от источника света сравнения, а максимальная полная годовая экономия энергии, обусловленная мерами, предпринятыми в части систем освещения, составит 20–29 ТВт·ч/год в 2030 г. и 48–56 ТВт·ч/год в 2050 г. Это примерно 10 (2030 г.) или 20 (2050 г.) процентов от полного, за исключением жилого сектора, расхода энергии на освещение, если источники света будут использоваться, как обычно».

Так что забота об эффективности будет смещаться в сторону систем освещения в целом, с датчиками и устройствами управления, а экологичность будет двигаться по направлению к ремонтпригодным светильникам с заменяемыми СД источниками света и многократно используемыми компонентами.

## 7. Заключение

Из вышеизложенного следует, что мир стандартов и норм весьма сложен и старается удовлетворить потребности изменяющихся и развивающихся рынков и областей техники. Стандарты нацелены на создание системы мер для оценки пригодности технических решений, однако помимо этого они всё больше затрагивают такие вопросы, как экологичность и обеспечение безопасности.

По мере того, как мир, в котором мы живём, движется в будущее, возрастает роль автоматизации, изменяются взаимосвязи и демография, а задачи и функции преобразуются таким образом, чтобы удовлетворить тре-

бования общества 21-го века. Стандарты и нормы также должны развиваться, с тем, чтобы удовлетворять потребности новых поколений. Для понимания возможностей и последствий развития техники потребуются проведение исследований, результаты которых нужно будет использовать в документах, содержащих практические руководства.

Наши предшественники, работавшие в области светотехники, решали задачи количественного описания и законодательного оформления основных моментов, и этим же будет заниматься следующее поколение специалистов-светотехников, работающих в непрерывно изменяющемся и интересном мире, в котором стираются границы между профессиями, а зрение становится только одним из рассматриваемых при проектировании факторов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. EN15193–1:2017. Energy performance of buildings. Energy requirements for lighting. Specifications, Module M9.
2. PD CEN/TR15193–2:2017. Energy performance of buildings. Energy requirements for lighting. Explanation and justification of EN15193–1, Module M9.
3. DIRECTIVE2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 May 2010 on the energy performance of buildings. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/.ELX\\_SESSIONID=FZMjThLLzfxmmMCQGp2Y1s-2d3Tjwtd8QS3pqdkkXZbwqGwlgY9KN%212064651424?uri=CELEX:32010L0031](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/.ELX_SESSIONID=FZMjThLLzfxmmMCQGp2Y1s-2d3Tjwtd8QS3pqdkkXZbwqGwlgY9KN%212064651424?uri=CELEX:32010L0031).
4. CIE150:2017. Guide on the limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installations. Vienna, Central Bureau CIE, 2017.
5. Guidance for the reduction of obtrusive light. Institution of Lighting Professionals. Rugby. <https://www.theilp.org.uk/documents/obtrusive-light/>
6. CIE S026/E:2018. CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC–Influ-

enced Responses to Light. Vienna: Central Bureau CIE, 2018.

7. Lucas, R.J., Peirson, S.N., Berson, D.M., Brown, T.M., Cooper, H.M., Czeisler, C.A., Figueiro, M.G., Gamlin, P.D., Lockley, S.W., O’Hagan, J.B., Price, L.L.A., Provencio, I., Skene, D.J., Briainard, G.C. Measuring and using light in the melanopsin age // Trends in Neurosciences.– 2014. – Vol. 137, No. 1. – P. 1–9.

8. The WELL Buildings Standard v1 with Q42018 addenda. International WELL Building Institute, New York, 2018.

9. Rea, M.S., Figueiro, M.G., Bierman, A., Hammer, R. Modelling the spectral sensitivity of the human circadian system // Lighting Research and Technology.– 2012. – Vol. 44, No. 4. – P. 386–396.

10. van Tichelen, P., Lam, W.C., Waide, P., Kemna, R., Vanhooydonck, L., Wierda, L. Preparatory study on lighting systems ‘Lot 37’. European Commission, 2016. [http://ecodesign-lightingsystems.eu/sites/ecodesign-lightingsystems.eu/files/attachments/2016Preparatory\\_study\\_on\\_lighting\\_systemsTasks0\\_4\\_7final2.pdf](http://ecodesign-lightingsystems.eu/sites/ecodesign-lightingsystems.eu/files/attachments/2016Preparatory_study_on_lighting_systemsTasks0_4_7final2.pdf)

11. PD CEN/TS17165:2018. Light and lighting – Lighting system design process.

12. EN13201–5:2015. Road lighting Part 5: Energy performance indicators.

13. CIE222:2017. Decision Scheme for Lighting controls in Non-Residential Buildings. Vienna: Central Bureau CIE, 2017.

14. Lighting Control Guide. LIA, Telford, 2018. [https://www.thelia.org.uk/sites/default/files/resources/20181010\\_%20LIA%20Lighting%20Control%20Guide%20October%202018\\_%20issue.pdf](https://www.thelia.org.uk/sites/default/files/resources/20181010_%20LIA%20Lighting%20Control%20Guide%20October%202018_%20issue.pdf)

15. Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on ENISA, the «EU Cybersecurity Agency», and repealing Regulation (EU) 526/2013, and on Information and Communication Technology cybersecurity certification (“Cybersecurity Act”). European Commission, 2017. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2017:477:FIN>.

16. DE6.1 Cyber security in building service design. CIBSE, Balham. 2018. ISBN978–1–912034–06–2.

17. Horizontal Product Regulation for Cybersecurity. ZVEI, Frankfurt am Main. 2018. [https://www.zvei.org/fileadmin/user\\_upload/Presse\\_und\\_Medien/Publikationen/2018/November/Horizontal\\_Produktregulierung\\_fuer\\_Cybersicherheit\\_Whitepaper/ZVEI-Whitepaper\\_Horizontal\\_Product\\_Regulation\\_for\\_Cybersecurity\\_english.pdf](https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2018/November/Horizontal_Produktregulierung_fuer_Cybersicherheit_Whitepaper/ZVEI-Whitepaper_Horizontal_Product_Regulation_for_Cybersecurity_english.pdf).

18. Code of Practice for Consumer IoT security. UK Department for Digital, Culture, media and Sport. 2018. <https://www.gov.uk/government/publications/secure-by-design/code-of-practice-for-consumer-iot-security>.

19. REGULATION (EU) 2016/679 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 27 April 2016 on the protection

of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation). European Commission. 2016. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1549027470773&uri=CELEX:32016R0679>.

20. *Vitruvius*. The Ten Books on Architecture (translated Morgan, M.H.). Dover Publications Inc, 1998. ISBN978-0486206455.

21. *Atkin, A.* Sight Line: Designing Better Streets for People with Low Vision. Helen Hamelyn Centre. 2010. ISBN978-1-907342-28-8.

22. EN12464-1:2011. Light and lighting – Lighting of work places Part 1: Indoor work places.

23. CIE227:2017. Lighting for Older People and People with Visual Impairment in Buildings. Vienna: Central Bureau CIE, 2017.

24. *Torrington, J.M., Tregenza, P.R.* Lighting for people with dementia // *Lighting Research and Technology*. – 2107. – Vol. 39, No. 1. – P. 81–97.

25. *Sloane, P.D., Figueiro, M., Garg, S., Cohen, L.W., Reed, D., Williams, C.S., Preisser, J., Zimmerman, S.* Effect of home-based light treatment on persons with dementia and caregivers // *Lighting Research and Technology*. – 2015. – Vol. 147, No. 2. – P. 161–176.

26. Lighting your way to better vision. IES CG-1-09. New York: Illuminating Engineering Society of North America. 2009.

27. *McNair, D., Cunningham, C., Pollock, R.* Light and lighting design for people with dementia. University of Stirling. 2010. ISBN978 185769250 1.

28. THE RAPID TRANSITION TO ENERGY EFFICIENT LIGHTING: AN INTEGRATED POLICY APPROACH. The United Nations Environment Programme/Global Environment Facility. 2013.

29. Global Material Resources Outlook to 2060 Economic drivers and environmental consequences. OECD. 2018.

30. EN ISO 14025:2010. Environmental labels and declarations. Type III environmental declarations. Principles and procedures.

31. EN15804:2012+A1:2013. Sustainability of construction works. Environmental product declarations. Core rules for the product category of construction products.

32. COMMISSION REGULATION (EC) No 244/2009 of 18 March 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for non-directional household lamps. European Commission. 2009. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1549030304631&uri=CELEX:32009R0244>

33. COMMISSION REGULATION (EC) No 245/2009 of 18 March 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parlia-

ment and of the Council with regard to ecodesign requirements for fluorescent lamps without integrated ballast, for high intensity discharge lamps, and for ballasts and luminaires able to operate such lamps, and repealing Directive 2000/55/EC of the European Parliament and of the Council. European Commission. 2009. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1549030396228&uri=CELEX:32009R0245>

34. COMMISSION REGULATION (EU) No 1194/2012 of 12 December 2012 implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for directional lamps, light emitting diode lamps and related equipment. European Commission. 2012. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1549030464785&uri=CELEX:32012R1194>

35. LightingEurope Strategic Roadmap 2025 of the European Lighting Industry. LightingEurope. 2016. [https://www.lightingeurope.org/images/160404-LightingEurope\\_Roadmap—final-version.pdf](https://www.lightingeurope.org/images/160404-LightingEurope_Roadmap—final-version.pdf)

36. STRATEGIC BUSINESS PLAN ISO/TC274. ISO. 2018. [https://isotc.iso.org/livelink/livelink/fetch/2000/2122/687806/ISO\\_TC\\_274\\_Light\\_and\\_lighting\\_.pdf?no-deid=16594506&vnum=-2](https://isotc.iso.org/livelink/livelink/fetch/2000/2122/687806/ISO_TC_274_Light_and_lighting_.pdf?no-deid=16594506&vnum=-2)

37. CIE154:2003. The maintenance of outdoor lighting systems. Vienna: Central Bureau CIE, 2003.

38. CIE097:2005. Guide on the maintenance of indoor electric lighting systems. Vienna: Central Bureau CIE, 2005.

39. CIE DIS017:2016. ILV: International Lighting Vocabulary, 2<sup>nd</sup> Edition. Vienna: Central Bureau CIE, 2016.

## Российские учёные определили условия для выращивания растений в Арктике и космосе

При поддержке Научного фонда ТГУ им. Д.И. Менделеева исследователи Сибирского ботанического сада ТГУ, Института сильноточной электроники СО РАН и ТПУ реализовали междисциплинарный проект, в рамках которого определялись



оптимальные параметры УФ излучения для предпосевной обработки семян и фотосинтетически активной радиации для выращивания хозяйственно-ценных растений (с учётом видовой, сортовой и возрастной особенностей растений). Найденный подход позволит выращивать разные культуры в условиях искусственного облучения, в том числе в замкнутых системах жизнеобеспечения и зонах критического земледелия, включая Арктику. Этот подход позволяет выращивать экологически чистые крепкие растения без «химии» в условиях ограниченного освещения.

Фоторегуляция растений перспективна для территорий со сложными климатическими условиями. Её можно использовать в установках замкнутого цикла. Однако результативным данный метод будет только при наличии высокотехнологичных источников излучения. Необходимы источники излучения нового поколения – энергоэффективные, безопасные и рентабельные.

Второй блок проекта был реализован совместно с ИСЭ СО РАН. Учёные отработали новый способ предпосевной обработки семян и выведения их из состояния покоя.

В качестве инструмента использовали УФ облучение экилампами, разработанными сотрудниками института. При этом дозовая зависимость определялась индивидуально для разных культур, в том числе для твёрдосемянных и труднопрорастаемых.

В ходе испытаний удалось получить новые данные о влиянии УФ облучения на посевные качества семян растений с длительным сроком хранения и низкой всхожестью (пшеница, рыжик, донник, клевер и др.) и добиться улучшения данных показателей.

«Существуют разные способы выведения семян из состояния покоя, в том числе механические, химические, физические и т.д. – рассказывает зав. лабораторией физиологии и биотехнологии растений Сибирского ботанического сада ТГУ Т.П. Астафурова. – Вместе с исследователями ИСЭ СО РАН мы попытались найти более экологичный и эффективный подход. Полученные результаты в перспективе могут служить основой новой технологии обработки семян для улучшения их прорастания и повышения урожайности разных культур».

km.ru  
13.02.2019



**Питер Торнз (Peter Thorns), В. Сс.** Окончил с отличием Сандерлендский политехнический университет, Великобритания. Руководитель департамента компании Thorn Lighting Ltd.,

Великобритания, по разработке стратегии в области освещения. Принимает активное участие в работе Международной организации по стандартизации, Европейского комитета по стандартизации, Отделения 3 МКО, Британской и европейской торговых ассоциаций. Член Аккредитованного института специалистов по инженерному оборудованию зданий (CIBSE) и Светотехнического общества Великобритании (SLL). Область научных интересов: использование света, ориентированное на человека освещение, проблемы экологии и энергоэффективность