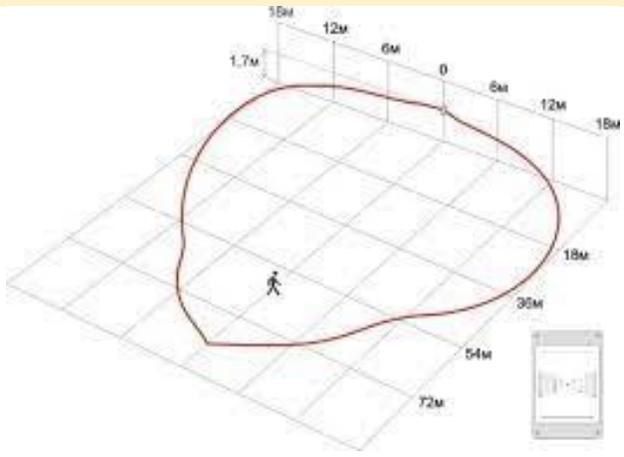
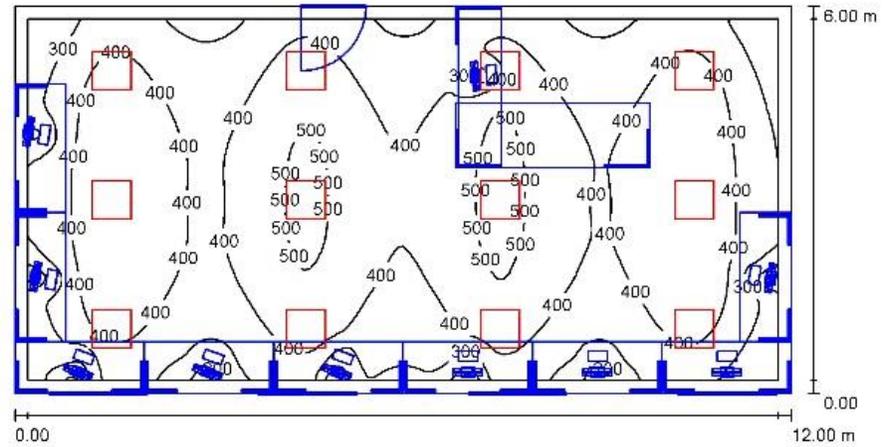


# Современные технологии освещения

## ЛЕКЦИЯ 1

Общие положения.  
Нормирование осветительных установок.

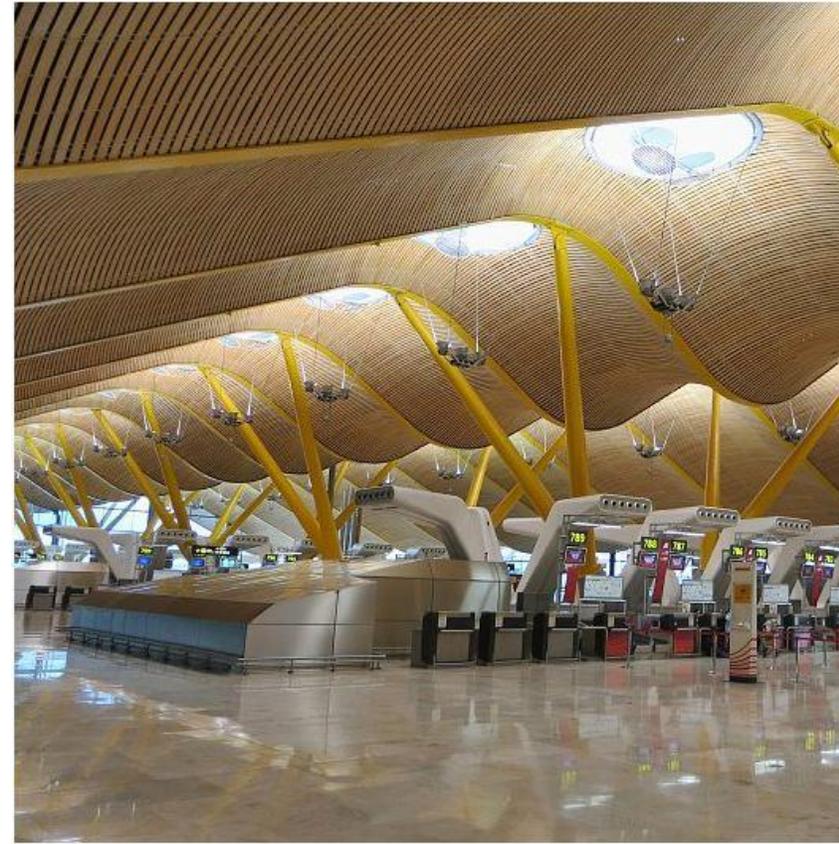
ТПУ  
05.09.2024



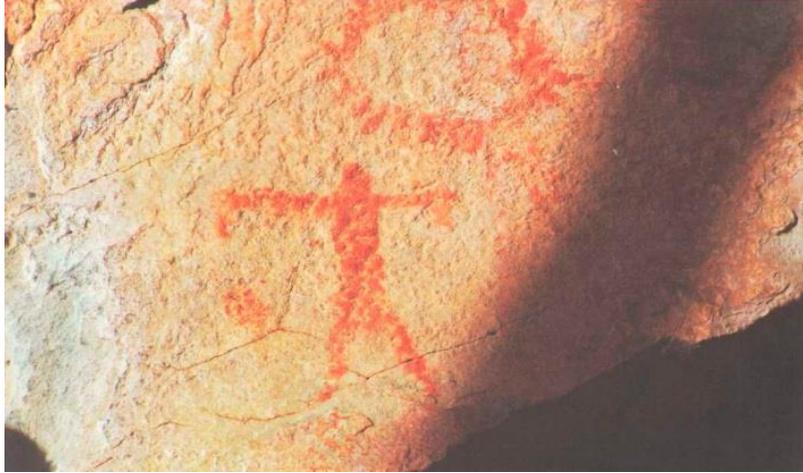
## ЕСТЕСТВЕННЫЙ СВЕТ



↑  
*Жизнью наших предков управляли ритм естественного света, его движение, направление, интенсивность, цвет, день и ночь.*



↑  
*Электрическое освещение позволило нам создать 24-часовые здания, которые никогда не спят. Аэропорт Барajas, Мадрид, Испания.*



*Наш длинный период общности с солнечным светом воплощен в этом изображении человека и солнца в 12000-летней бразильской пещерной живописи.*

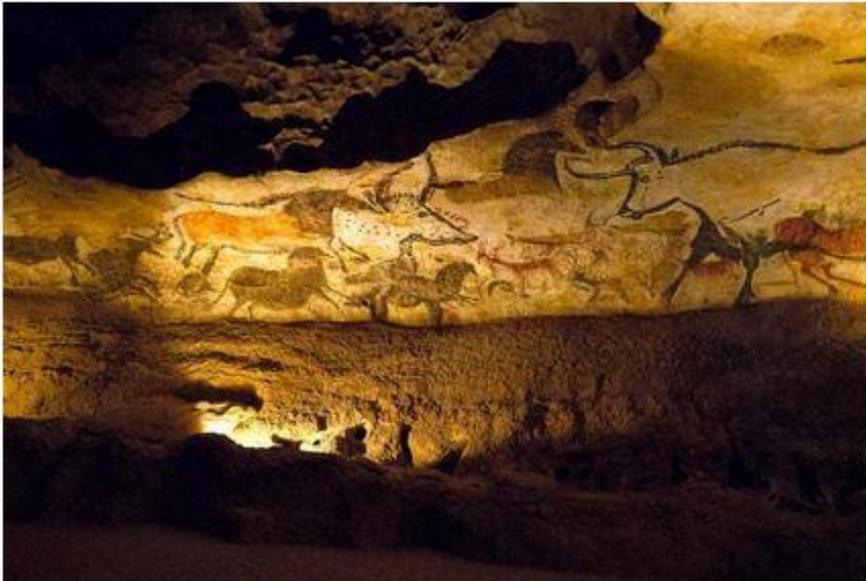
Лампа накаливания существует всего около 100 лет, и мы контролируем электрическое освещение всего **0,06 процента времени**, с которого жили наши предки на южном побережье Африки, или **менее 0,002 процента времени общей человеческой эволюции.**

## СВЕТ ДО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА. ЕСТЕСТВЕННЫЙ СВЕТ

Через некоторое время, начиная с каменного века, с его развитием агрокультуры и инструментов, к дневному свету добавилось пламя огня, в качестве второго, искусственного источника света.

Эти два типа на протяжении веков диктовали образ жизни и архитектуру.

*Картины в пещере Альтамира и Ласко были созданы, чтобы быть увиденны человеком в том же самом свете, в котором создавались полотна картин ренессанса и барокко.*



*Наскальные рисунки в пещере Ласко, Франция*



*Стены в стилистике барокко*

*Освещение было ограничено дневным светом и пламенем, и именно по этой самой причине, человек продолжает совершенствовать применение этих двух источников света на протяжении десятков тысяч лет.*

## СВЕТ ДО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА. ЕСТЕСТВЕННЫЙ СВЕТ

В случае дневного света, **архитектурные типы и стили**, которые **разрабатывались** в различных климатических зонах земного шара **в зависимости от условий естественного освещения**.

В *холодных регионах* с преимущественно пасмурным небом мы видим *развитие зданий с большими, высокими окнами*, чтобы как можно больше света могло проникать в здание. В этих местах было установлено, что рассеянный естественный свет производит равномерное освещение, а проблемы, присущие яркому солнечному свету — тень, блики и перегрев внутренних пространств — были ограничены до нескольких солнечных дней в году, и могли игнорироваться.

В *странах с большим количеством солнечных дней в году* наличие данных проблем не может не приниматься во внимание и является критическим.

Поэтому большинство зданий имеют небольшие окна, которые расположены в нижних частях зданий, стены которых в свою очередь имеют высокий коэффициент отражения (окрашены в светлые оттенки).

Это делается для того, чтобы прямые солнечные лучи с трудом проникали внутрь здания.



*Архитектура умеренных климатических зон:  
большие и высокие окна*



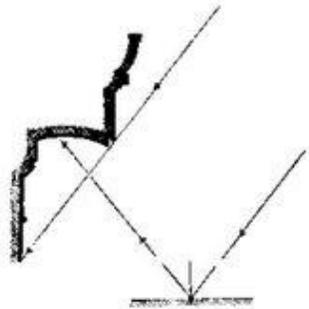
*Архитектура районов с преобладающим количеством солнечных дней: маленькие окна, стены с высоким коэффициентом отражения*

## СВЕТ ДО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА. ЕСТЕСТВЕННЫЙ СВЕТ

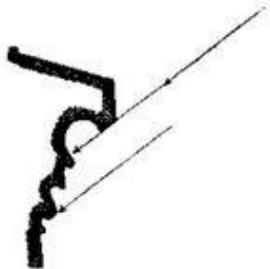
*Влияние солнечного света на архитектурные формы в северных и южных широтах –*

внешние элементы были разработаны в зависимости от освещения и создавали требуемый пространственный эффект через игру света и тени.

**В прямом солнечном свете** барельефы, карнизы и отделка колонн почти всегда имеют трехмерный эффект, даже если они выполнены с небольшой глубиной. Такие детали требуют гораздо больше глубины при рассеянном свете для достижения того же эффекта. *Именно поэтому фасады зданий в южных странах получали в качестве внешних архитектурных элементов только мелкие поверхностные структуры, в то время как архитектура и дизайн внутренних пространств в более северных широтах зависели от более выраженных форм и акцентов через цвет, дабы подчеркнуть структуру поверхности.*



*В южных районах рельеф здания находится во взаимосвязи с "крутым" углом падающего солнечного луча и света, отраженного от земли.*

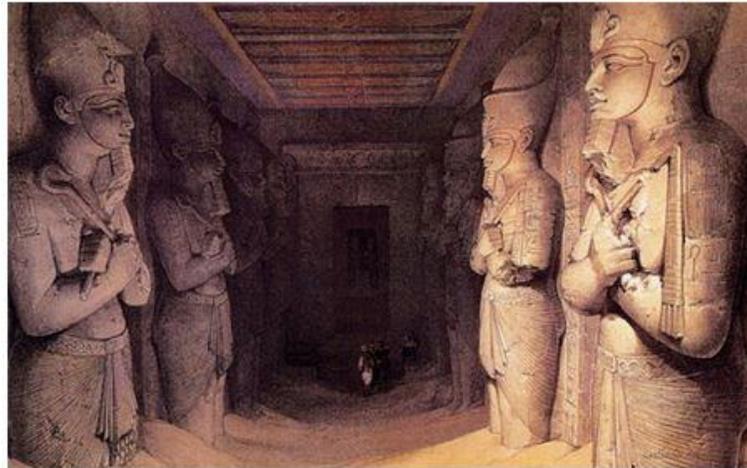


*На севере низкий угол наклона солнечных лучей, что влияет на форму зданий.*

## СВЕТ ДО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА. ЕСТЕСТВЕННЫЙ СВЕТ

Так как жизнь первобытного человека напрямую зависела от восхода и заката, а световой день являлся определяющим для жизни, то вполне естественно последующее обожествление солнца и наделение его магическими способностями. **Культ Бога–солнца прослеживается у разных народов и культур.**

Свет служил не только для визуализации пространственных трехмерных объектов. Это отличное средство для управления нашим восприятием на психологическом уровне. В старых египетских храмах — например, в храме солнца Амона Ра в Карнаке или в Абу-Симбел — вы не найдете равномерного рассеянного освещения. Здесь свет использован как средство, чтобы подчеркнуть величественные колоннады, которые постепенно становятся все темнее и позволяют зрителю адаптироваться к низкому уровню освещения, а затем выделяется появляющееся изображение бога, яркое и подавляющее.



*Колоннады постепенно становятся все темнее и позволяют зрителю адаптироваться к низкому уровню освещения*



*Пещера храма Рамзеса II в Абу-Симбеле.*

*В день солнцестояния, солнечный луч пробивал 70 метров галерей, чтобы упасть на лицо статуе фараона, во все прочие дни погруженной во мрак.*



Фонарщик  
зажигает газовый  
фонарь в  
Швеции, 1953 г.

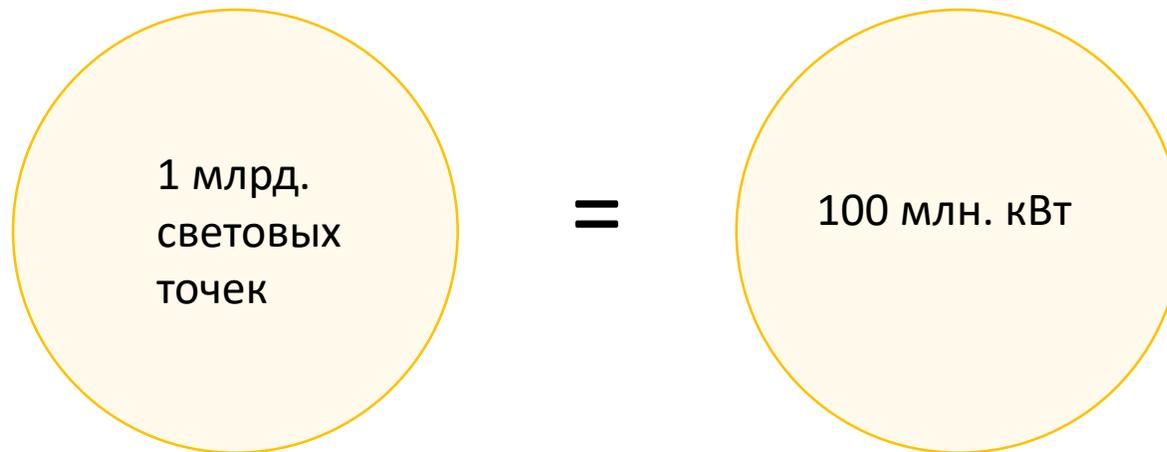


Американская  
электрическая  
световая башня  
(Сан-Хосе, 1885 г.)

## КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСВЕЩЕНИЯ

С появлением электрического освещения получение уровня освещенности, аналогичного уровню дневного света, стало вопросом того, сколько технических усилий можно было бы вложить. В конце XIX века одной из попыток обеспечить уличное освещение была установка прожекторов на осветительных башнях. Однако создаваемые блики и резкие тени вызвали еще больше Недостатков больше, чем преимуществ, и поэтому от этой формы наружного освещения вскоре отказались.

Первоначально основной проблемой были неадекватные источники света, но впоследствии главной проблемой стало то, как разумно справиться с избытком света. Растущая индустриализация привела к интенсивным исследованиям в области освещения рабочих мест, изучая влияние уровней освещенности и типа освещения на эффективность производства. Результатом исследований стали обширные правила и нормы, регулирующие минимальные уровни освещенности, качество цветопередачи и ограничение бликов. Этот каталог стандартов должен был служить руководством по освещению далеко за пределами рабочего места; фактически, оно до сих пор определяет практику светодизайна. Однако такой подход совершенно не учитывал психологию восприятия. Вопросы того, как люди ясно воспринимают конструкции и как освещение также оказывает эстетический эффект, выходили за рамки правил и норм количественного освещения.



**Затраты на искусственное  
освещение:  
13% от всей вырабатываемой  
электроэнергии**

**Осветительная установка** — комплексное светотехническое устройство, предназначенное для искусственного и (или) естественного освещения

и состоящая из:

- источника оптического излучения,
- осветительного прибора или светопропускающего устройства,
- освещаемого объекта или группы объектов,
- приемника излучения,
- вспомогательных элементов, обеспечивающих работу установки (проводов и кабелей, пускорегулирующих и управляющих устройств, конструктивных узлов, средств обслуживания).

# ПОШАГОВАЯ СХЕМА РАБОТЫ

1

## Начало проекта

Заявка / Исходные данные  
Встреча / Техническое задание / Договор

2

## Анализ ситуации

Аудит / Анализ / Выводы  
Консультация / Рекомендации

3

## Концепция освещения

Идеи / Световые планировки / Схемы  
Визуализации / Бюджетная оценка

4

## Светотехнический проект

Расчет освещения / Натурные  
испытания / Чертежи / Спецификация

5

## Электрический проект

Планы сетей  
Схемы электроснабжения  
Спецификация / Согласование

6

## Системы управления

Карта сценариев / План сетей  
управления / Схемы управления  
Спецификация

7

## Поставка оборудования

Коммерческое предложение  
Оплата / Заказ / Доставка  
Гарантия

8

## Монтаж и наладка

Светильники / Проводка / Электрооборудование  
Системы управления / Пусконаладка  
Авторский надзор / Сдача в эксплуатацию

Определение требований ► Выбор источника света ► Выбор светового прибора ► Расчет количества СП  
► Позиционирование СП и их управление ► Анализ результатов

**Целями нормирования искусственного и естественного освещения является создание световой среды, обеспечивающей комфортные и безопасные условия труда, безопасное передвижение пешеходов и транспорта, эффективное функционирование систем видеонаблюдения и видеосъемки, осуществление технологических процессов, выращивание растений, содержание животных и т.д.**

Кроме того, целью нормирования естественного и искусственного освещения является *эффективное использование ресурсов электрической и тепловой энергии*, а также ресурсов светового климата района строительства.

Нормирование освещения заключается в законодательном установлении норм и правил выполнения систем искусственного и естественного освещения, обеспечивающих необходимые значения **количественных и качественных параметров освещения.**

# Выбор и обоснование норм освещенности

Нормирование освещения заключается в законодательном установлении норм и правил выполнения систем искусственного и естественного освещения, обеспечивающих необходимые значения **количественных и качественных параметров освещения**.

На практике при проектировании освещения уровень требуемой освещенности выбирают на основе нормативных документов **в России**:

- СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
- СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение (актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*)
- МГСН (Московские городские строительные нормы) 2.06-99
- ГОСТ Р 55710-2013. Национальный стандарт Российской Федерации. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.

Среди норм, действующих в **странах Западной Европы**, можно выделить *немецкие нормы (DIN 5035)*, на основе которых ведется разработка общеевропейских норм EN 12464.

В **США** обычно основываются на нормах, рекомендуемых *Северо-Американским светотехническим обществом - Illuminating Engineering Society (IES)*.

**Мировой опыт** нормирования обобщается в рекомендациях МКО (CIE) - *Международной Комиссии по Освещению (Commission Internationale de l'Eclairage)*.

В задачи нормирования освещения входят:

- классификация зрительных работ по точности и сложности;
- выбор критериев нормирования в соответствии с функциональным назначением освещения;
- выбор параметров освещения, подлежащих нормированию;
- установление значений нормируемых параметров для работ разной точности и сложности.



/ при котором у работников возникает ощущение благополучия; косвенным образом также способствуя высокому уровню производительности



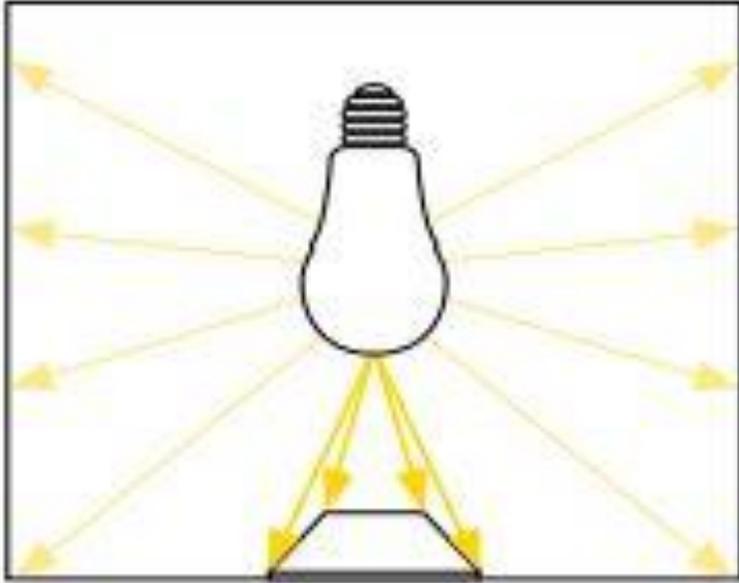
/ работники могут выполнять свои визуальные задачи даже в сложных обстоятельствах и в течение длительного времени



**Основными параметрами, определяющими световую среду, являются:**

- освещенность
- распределение яркости
- блики (UGR)
- направленность света
- цветопередача и цв. температура
- мерцание (коэф.пульсаций)
- дневной свет

# Освещенность



Lux [ $\text{lm}/\text{m}^2$ ] = [lx]

Освещенность и ее распределение на рабочей зоне и окружающей территории оказывают большое влияние на то, **насколько быстро, безопасно и комфортно человек воспринимает и выполняет зрительную задачу.**

**Освещенность** – это величина светового потока, приходящаяся на единицу площади освещаемой поверхности.

Все значения освещенности, указанные в стандартах, представляют собой значения, обеспечивающие визуальный комфорт и производительность.

**Средняя освещенность** для каждой задачи не должна опускаться ниже значения, указанного в Приложениях, независимо от возраста и состояния установки.

1 Кабинеты и рабочие комнаты, офисы, представительства	Г-0,8	А-2	600/400	500
2 Проектные залы и комнаты, конструкторские, чертежные бюро	Г-0,8	А-1	1000/600	750
3 Помещения для посетителей, приемные, экспедиции	Г-0,8	Б-2	400/300	300
4 Читальные залы	Г-0,8	А-2	500/400	500

Значения действительны для нормальных условий зрения и учитывают следующие факторы:

- *психофизиологические аспекты*, такие как визуальный комфорт и благополучие;
- *требования к визуальным задачам* → визуальным элементам выполняемой работы (основными визуальными элементами являются размер конструкции, ее яркость, контрастность на фоне и ее продолжительность);
- *визуальная эргономика* (способность легко и точно видеть детали данной задачи);
- *практический опыт*;
- *безопасность*;
- *экономика*.

В СП 52.13330.2016 даны нормы освещенности в зависимости от *класса зрительных работ*.

Этот класс *определяется по минимальным размерам деталей, с которыми приходится работать на данном рабочем месте*, и по контрасту деталей и фона.

**Контраст** – это отношение яркостей предметов, которые нужно видеть, к яркости поверхности (фона), на которой эти предметы находятся.

## Рекомендуемая шкала освещенности (в люксах):

**20 - 30 - 50 - 75 - 100 - 150 - 200 - 300 - 500 - 750 - 1000 - 1500 - 2000 - 3000 - 5000**

Значение освещенности может быть скорректировано по крайней мере на один шаг шкалы освещенности, если визуальные условия отличаются от нормальных предположений.

Коэффициент примерно 1,5 представляет собой наименьшую значительную разницу в субъективном влиянии освещенности. В нормальных условиях освещения требуется около 20 лк, чтобы только различить черты человеческого лица.

Согласно российским нормам:

На производственных предприятиях / Требуемую поддерживаемую освещенность следует **увеличивать на одну ступень**, если:

- а) при зрительных работах разрядов I-IV, если зрительная работа выполняется более половины рабочего дня;
- б) при повышенной опасности травматизма, если освещенность от системы общего освещения составляет 200 лк и менее;
- в) при специальных повышенных санитарных требованиях (на предприятиях пищевой и химико-фармацевтической промышленности), если освещенность от системы общего освещения 500 лк и менее;

г) при работе или производственном обучении подростков, если освещенность от системы общего освещения 300 лк и менее;

д) при отсутствии в помещении естественного света и постоянном пребывании работающих, если освещенность от системы общего освещения 750 лк и менее;

е) при наблюдении деталей, вращающихся со скоростью, равной или превышающей 500мин<sup>-1</sup>, или объектов, движущихся со скоростью, равной или превышающей 1,5 м/мин;

ж) при постоянном поиске объектов различения на поверхности размером 0,12м и более;

и) в помещениях, где более половины работающих старше 40 лет.

## Особые визуальные требования, согласно европейским нормам:

Требуемую поддерживаемую освещенность следует **увеличивать**, если:

— визуальная работа имеет решающее значение

≡ Особое значение для последовательности работ, является работа в токсикологических лабораториях или аналогичных рабочих местах, где обращаются с опасными веществами или к которым предъявляются особые условия безопасности и гигиены труда или особо высокие требования к чистоте и трудолюбию, например также с точки зрения перерабатываемых веществ. Временно синхронизированные действия также могут иметь решающее значение для рабочей последовательности, когда они выполняются ненадежно и, таким образом, срывают последующие процессы. Визуальные ошибки имеют серьезные последствия для людей, производства и компании.

— исправление ошибок обходится дорого,

≡ Например, когда дефекты материала при раскрое кожи не замечаются, несмотря на предварительные проверки, а ошибки, связанные со зрением на предварительных этапах производства, приводят к высоким затратам на дальнейших этапах обработки.

— большое значение имеет точность или более высокая производительность,

— зрительная способность работника ниже нормы,

— детали задания необычно маленького размера или низкой контрастности,

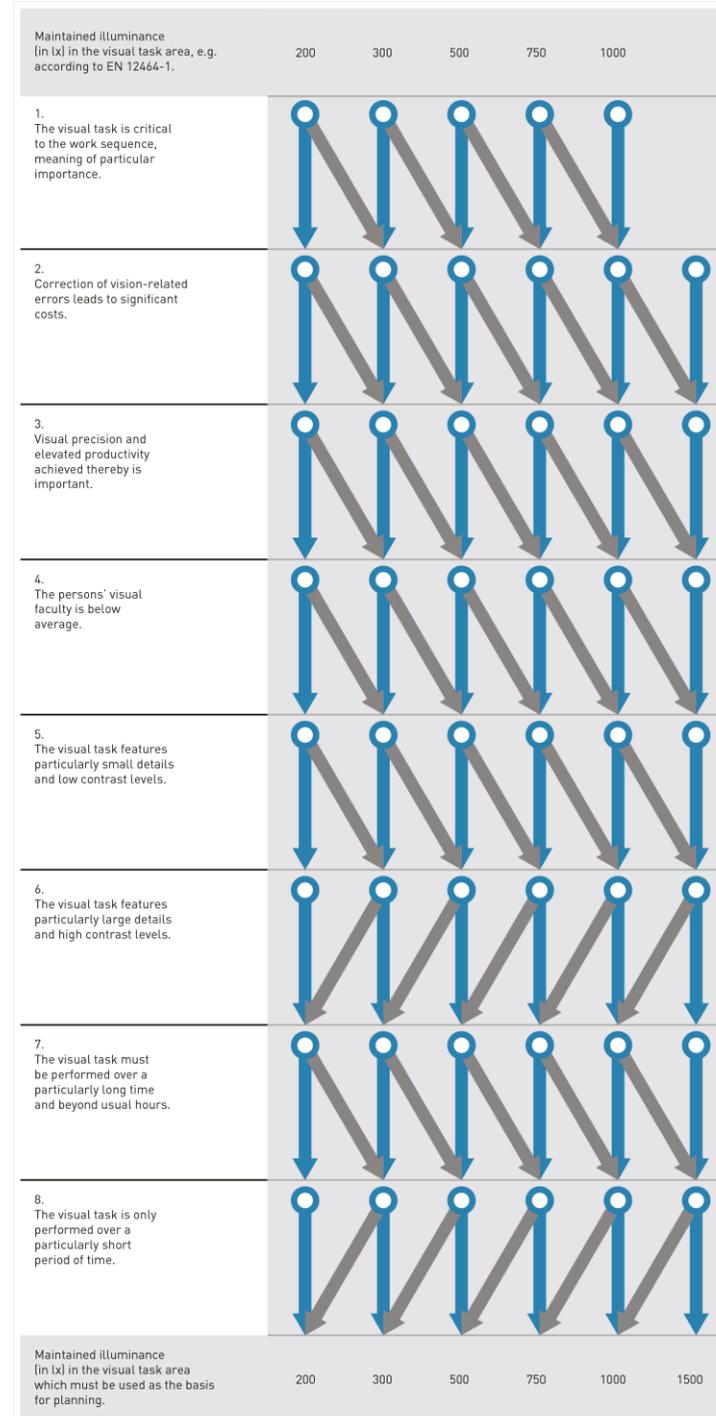
≡ например, при чтении трудно распознаваемых узоров; при работе в помещениях с паром или дымом или при работе в защитных очках.

— задача выполняется необычно долго.

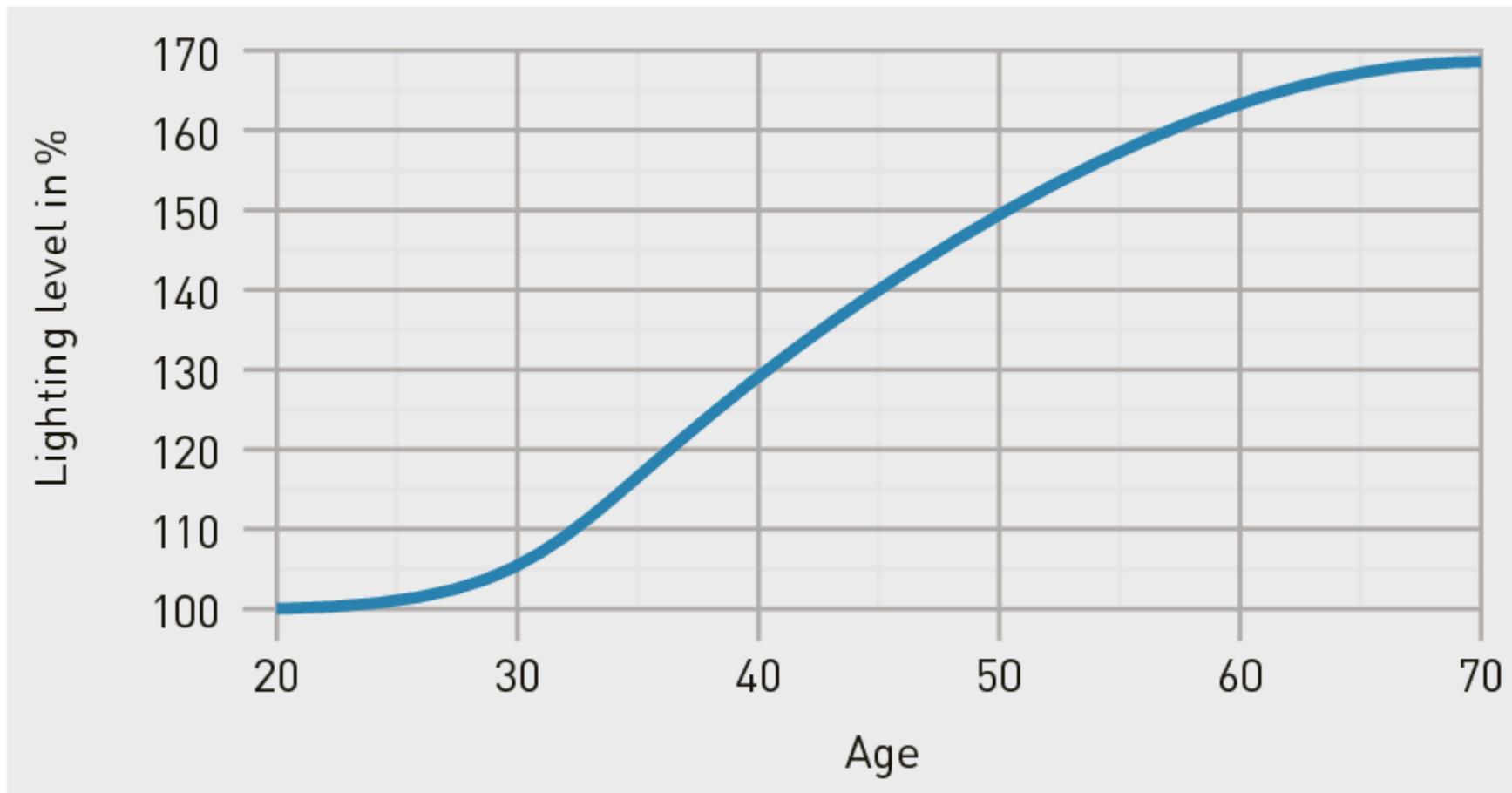
Требуемая поддерживаемая освещенность может быть **уменьшена**, если:

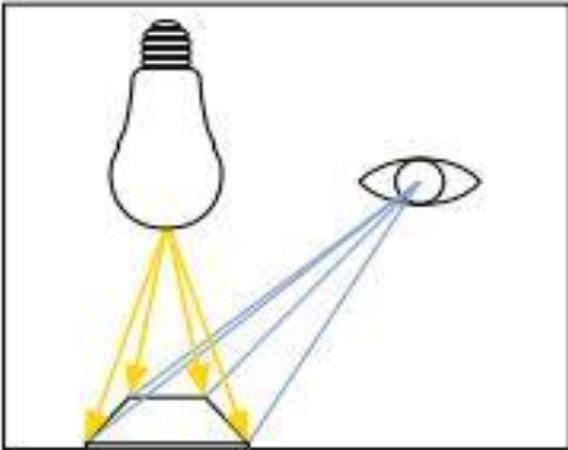
— детали задания имеют необычно большой размер или высокую контрастность,

— задача выполняется в необычно короткий срок.



**Пожилым людям требуется повышенный уровень освещения.** Например, 50-летнему человеку требуется повышенный уровень освещенности в 1,5 раза по сравнению с 20-летним, то есть примерно на один уровень освещенности.





$[\text{lm}/\text{sr} \cdot \text{m}^2] = [\text{cd}/\text{m}^2]$

**Яркость  $L$**  поверхности – это отношение силы света  $I$ , излучаемой этой поверхностью в каком-либо направлении, к площади проекции  $S$  этой поверхности на плоскость, перпендикулярную выбранному направлению

$$L = I / S \cdot \cos \alpha.$$

За единицу измерения яркости принята яркость плоской поверхности, излучающей силу света в 1 кд с одного квадратного метра в направлении, перпендикулярном светящей поверхности, то есть **1 кд/м<sup>2</sup>**.

Допустим, что на рабочем столе освещенность равна 100 лк. На столе лежат листы белой бумаги, папка черного цвета, книга в сером переплете. Освещенность всех этих предметов одинакова, а глаз видит, что листы бумаги светлее книги, а книга – светлее папки. То есть наш глаз оценивает светлоту предметов не по их освещенности, а по какой-то другой величине.

# Распределение яркости

Распределение яркости в поле зрения контролирует уровень адаптации глаз, что влияет на видимость задачи.

Хорошо сбалансированная адаптационная яркость необходима для увеличения:

- остроты зрения;
- контрастной чувствительности (различение небольших относительных различий яркости);
- эффективности функций глаза (таких как аккомодация, конвергенция, сужение зрачков, движения глаз и т. д.).

Распределение яркости в поле зрения **влияет на зрительный комфорт.**



## Следует избегать:

- слишком высокая яркость, которая может **вызвать блики**;
- слишком высокие яркостные контрасты, которые **вызывают утомление из-за постоянной реадaptации глаз**;

*Постоянное переключение взгляда между зрительной задачей и слишком темным рабочим пространством требует адаптации глаза, что представляет собой зрительную нагрузку и вызывает дискомфорт.*

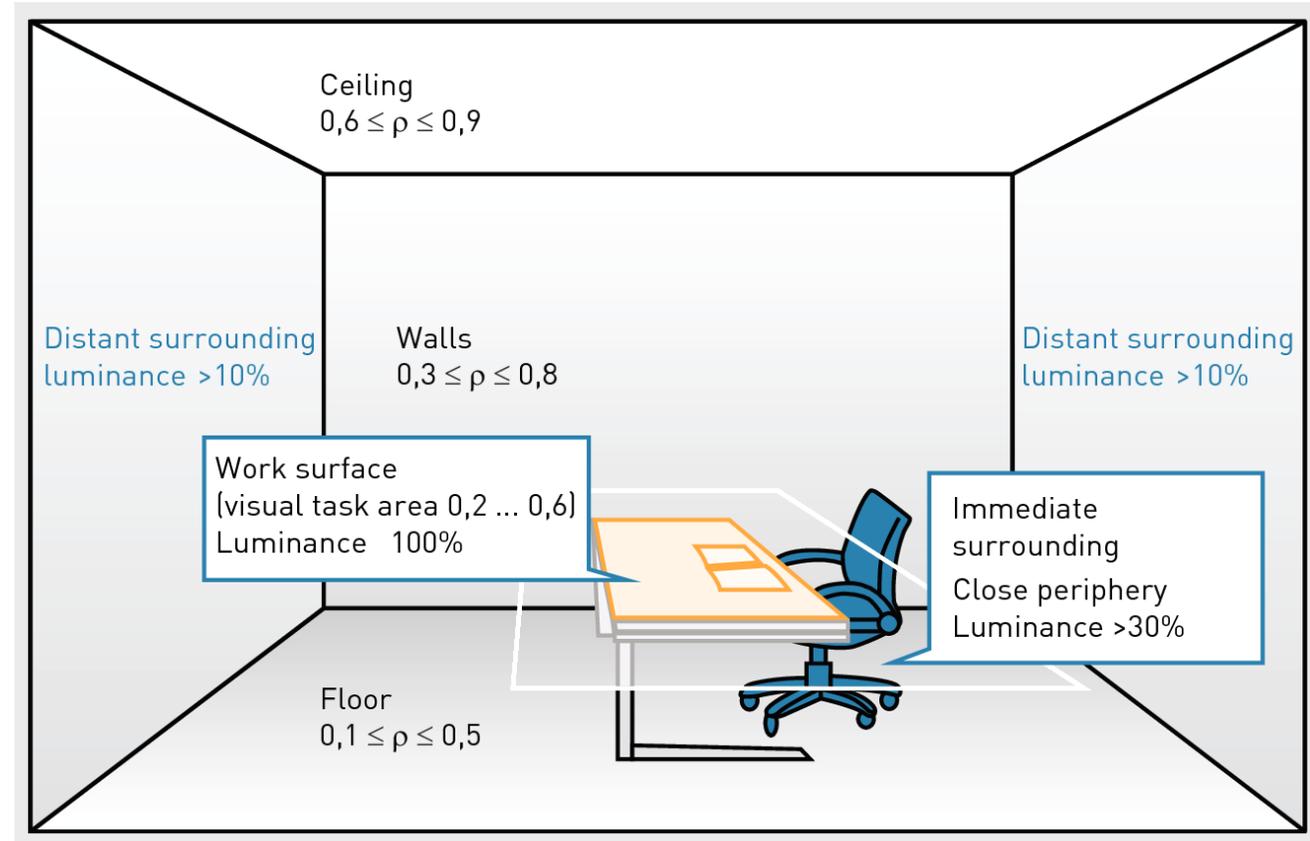
*Последствия – отсутствие концентрации, дефекты зрения и ошибки в работе, а также преждевременная утомляемость. В случае серьезных изменений яркости может возникнуть опасность со стороны окружающей среды, например, приближающиеся транспортные средства или мостовые краны с грузами и т. д. в промышленных цехах могут быть не распознаны вовремя, что делает невозможным своевременное реагирование. Светлое рабочее пространство вносит существенный вклад в гигиену и безопасность труда. Светлые рабочие пространства улучшают общение как с командой, так и с рабочей средой и, таким образом, способствуют благополучию, мотивации и производительности.*

- слишком низкая яркость и слишком низкий яркостной контраст, **приводит к унылой и нестимулирующей рабочей среде.**

**Внимание направляется на зрительную задачу, когда она ярче окружающей среды.**

Тип освещения, коэффициенты отражения и цвета протяженных поверхностей в поле зрения (в основном потолка и стен) должны быть выбраны таким образом, чтобы создать комфортное распределение освещенности в помещении.

**Отсутствие разнообразия в освещении и цвете приводит к монотонной атмосфере помещения.**



Разница в распределении яркости между яркой областью зрительной задачи и ее ближайшим окружением должна быть **не более 10 : 3**, а между яркостью области зрительной задачи и дальним окружением (фоновой областью) не более 10 : 1.

**Яркость поверхности зависит от ее коэффициента отражения и освещенности, падающей на поверхность.**

Потолки: от 0,7 до 0,9

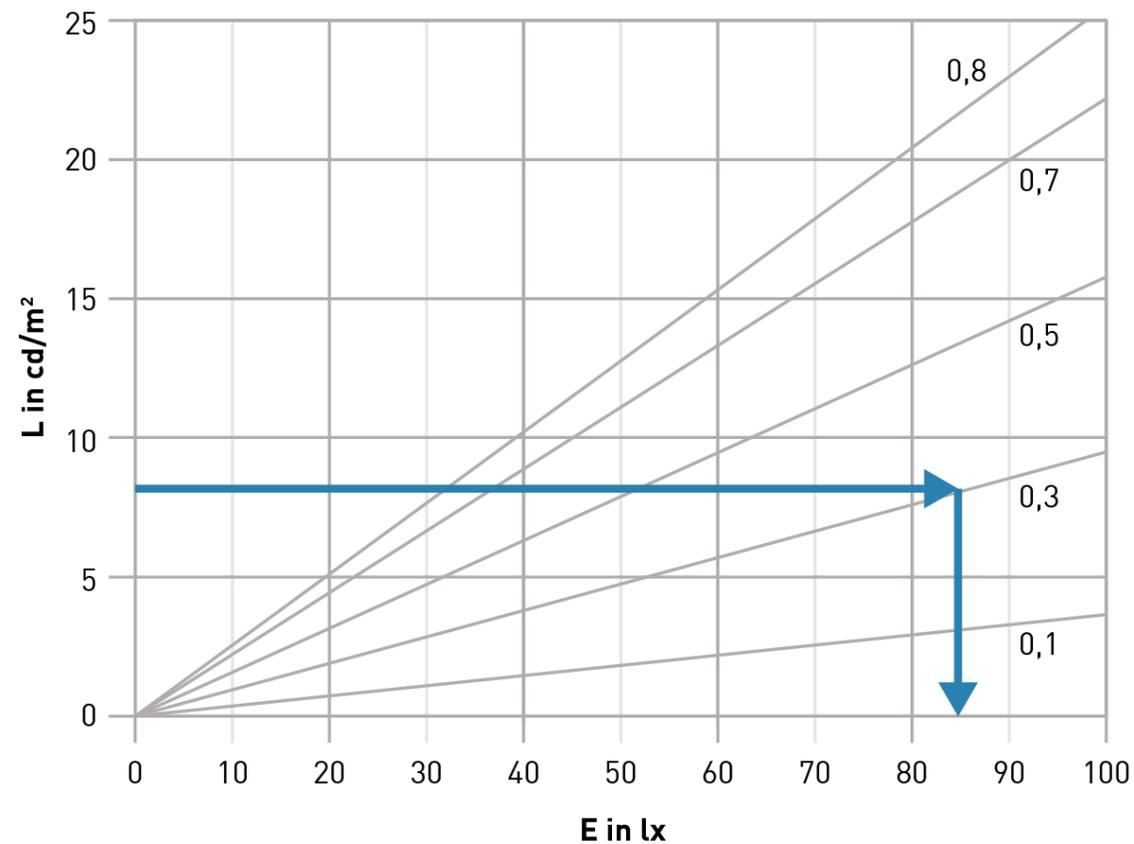
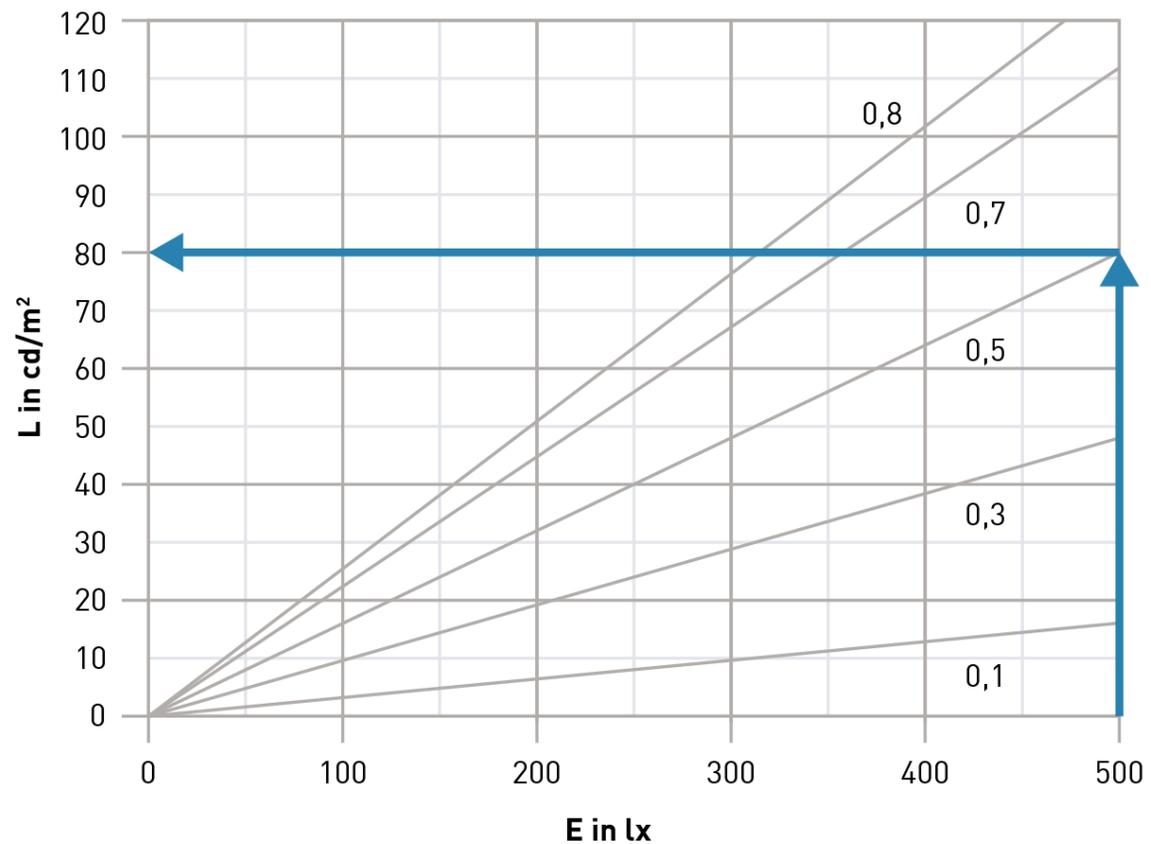
Стены: от 0,5 до 0,8

Пол: от 0,2 до 0,4

Коэффициент отражения поверхностей крупных объектов, таких как мебель и машины, должен находиться в диапазоне от 0,2 до 0,7.

Яркость  $L$  поверхностей помещения с полностью рассеянным отражением (матовые поверхности) можно рассчитать по следующей формуле:

$$L = \frac{\rho \cdot E}{\pi} \text{ in cd/m}^2$$



*Графики преобразования освещенности E в яркость L и наоборот для значений отражательной способности от 0,8 до 0,1 на матовых отражающих поверхностях.*

В стандарте EN 12464-1 приведены рекомендации по основным поверхностям.

- минимум 50 лк для стен при однородности U0
- не менее 0,10 и минимум 30 лк для потолков при однородности U0 не менее 0,10.

В некоторых помещениях, таких как складские помещения с полками, сталелитейные заводы, железнодорожные станции и т. д., сложность помещений допускает соответствующие отклонения от этих определений. В офисах, классах, больницах, а также в коридорах и на лестницах значения составляют минимум 75 лк для стен и 50 лк для потолков при однородности 0,10.

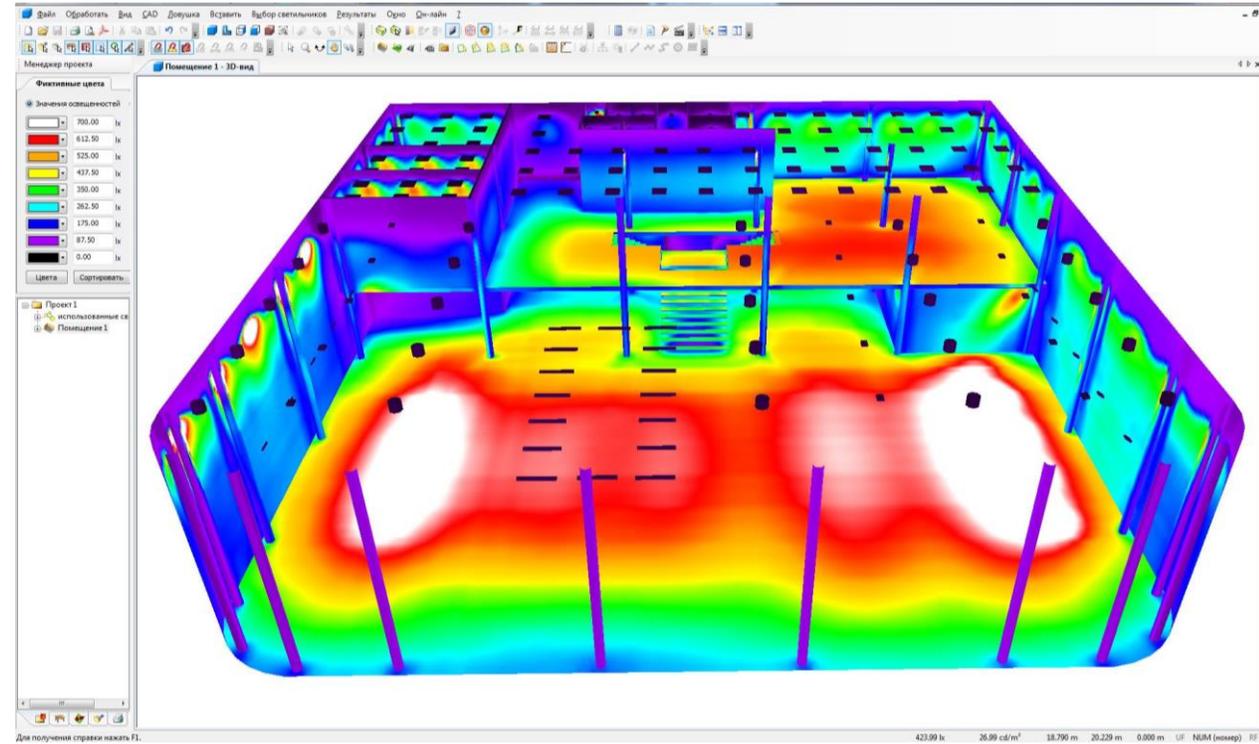
Values for $E$ and $L$ for the area of the visual task (inner field)			Minimum values for $L$ and $E$ for the vertical surfaces in the long distance view			
$E$ in lx	Reflectance value of the visual task	$L$ in cd/m <sup>2</sup>	$L$ in cd/m <sup>2</sup>	Illuminance $E$ in lx for a vertical surface with a reflectance value of		
				0,7	0,5	0,3
300	0,8	76,4	7,6	34,3	48,0	80,0
	0,5	47,7	4,8	21,4	30,0	50,0
	0,3	28,6	2,9	12,9	18,0	30,0
500	0,8	127,3	12,7	57,1	80,0	133,3
	0,5	79,6	8,0	35,7	50,0	83,3
	0,3	47,7	4,8	21,4	30,0	50,0

Примеры освещенности  $E$  и яркости  $L$  в зоне зрительной задачи (внутреннее поле зрения) и расширенных, более удаленных областях поля зрения.

# Равномерность распределения освещенности/яркости

- это отношение минимального значения освещенности (яркости) к среднему значению освещенности (яркости):

$$U_0 = E_{\min} / E_{\text{ср}} \quad / \quad (U_0 = L_{\min} / L_{\text{ср}})$$



# Равномерность распределения освещенности/яркости

В европейских нормах нормируемые освещенности определены как средние значения в пределах рабочей зоны. Освещенность в зоне окружения, прилегающей к рабочей зоне, выбирается, как правило, меньшей.

В каждой из зон должна быть обеспечена требуемая равномерность освещения:

**Е<sub>мин</sub> / Е<sub>ср</sub> не менее 0,4-0,7 в рабочей зоне**

**не менее 0,4 в зоне окружения**

# Коэффициент запаса $K_z$ / Коэффициент эксплуатации $M_F$

**Нормируемые значения являются величинами, ниже которых освещенность не должна быть ни в какой момент эксплуатации.**

В системах искусственного освещения в течение времени эксплуатации происходит снижение освещенности в результате:

- спада светового потока ламп вследствие их старения;
- выхода из строя ламп в течение срока эксплуатации;
- загрязнения оптической системы светильников;
- загрязнения светопропускающих поверхностей источников света;
- спада КПД светильников вследствие старения светоотражающих материалов.

$$M_F = 1/K_z$$

Коэффициент эксплуатации зависит от содержания пыли и состояния среды в помещениях, частоты чисток светильников или остекления светопроемов, сменности работ на предприятии и принимает значения от 0,5 до 0,83.

# Требования к энергоэкономичности освещения

В связи с повышением стоимости электроэнергии все большее значение приобретает энергоэкономичность осветительных установок.

Основными параметрами, используемыми при контроле за энергоэкономичностью искусственного освещения, являются:

**удельная мощность  $w$ , (Вт/м<sup>2</sup>)**

**удельная мощность на освещенность 100 лк  $w_0$ , (Вт/м<sup>2</sup>/100 лк)**

**световая отдача используемых источников света  $\eta_l$ , (лм/Вт).**

Установленная мощность искусственного освещения зависит от световой отдачи источника света и КПД светового прибора, коэффициентов отражения пола, стен, потолка помещения, а также от габаритов помещения, часто характеризуемых индексом помещения  $i$ .

**Индекс помещения является функцией высоты, ширины и длины помещения.**

Формулы расчета индекса помещения в различных нормативных документах различаются.

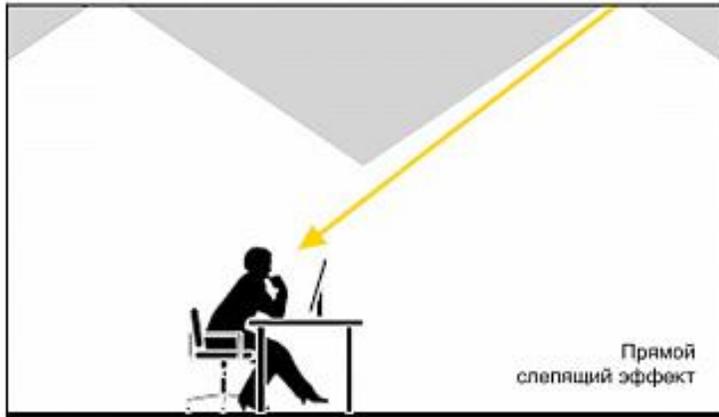
В отечественной светотехнической литературе он определяется соотношением:

$$i = ab/h(a+b),$$

где  $a$ ,  $b$ ,  $h$  — соответственно длина, ширина и высота помещения.

# Обобщенный показатель дискомфорта UGR

**Наличие в поле зрения блеских источников света, оказывающих *слепящее действие*, снижающих функции зрения, зрительную работоспособность, производительность труда, вызывает рост зрительного утомления.**



## Причина:

- Светильники без антибликового контроля (без рефлектора, линз)
- Очень яркие поверхности
- Неправильное расположение СП
- Неправильное расположение рабочего времени

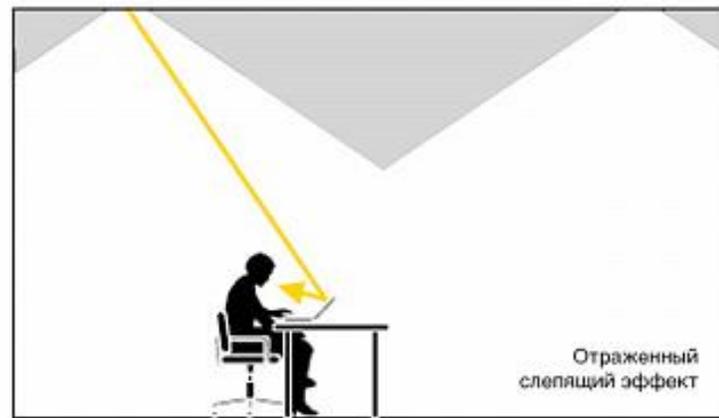
## Эффект

*Физиологический яркий свет:* яркий свет, приводящий к снижению зрительных способностей, напр. контрастная чувствительность (восприятие контраста) или распознавание формы (визуальное восприятие деталей).

*Психологический яркий свет:* Психологическое ослепление при длительном пребывании в помещении приводит к преждевременной усталости и снижению работоспособности, активности и комфорта.

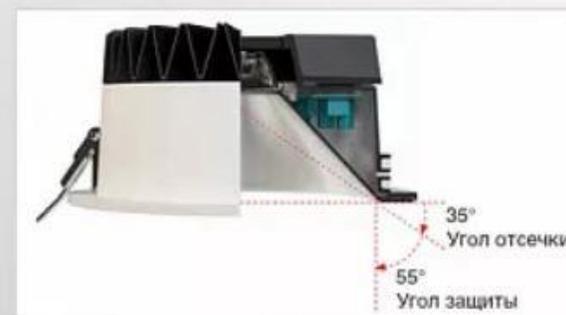
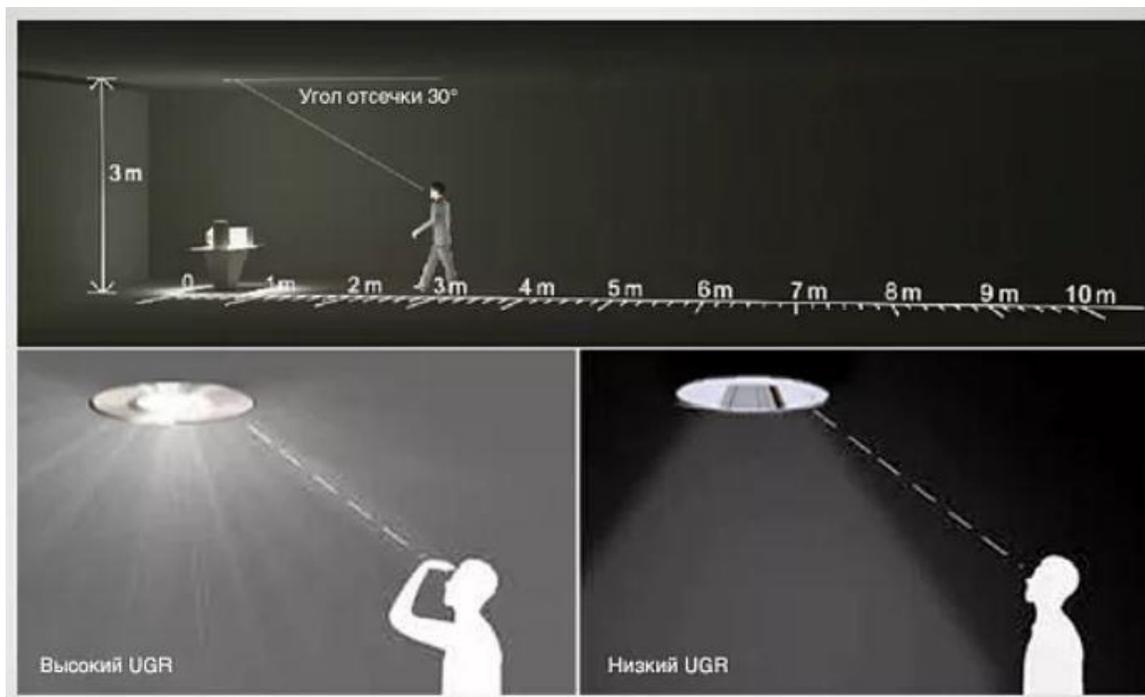
**Прямые блики:** блики, вызванные непосредственно светильниками или светящимися потолками.

**Отраженный блик:** блики, вызванные отражениями на отражающих поверхностях. Это также известно как вуалирующее отражение.



Значение UGR	Шкала дискомфорта
10 и <	Незаметный
13	Едва заметный
16	Ощутимый (для зрительных задач высокой точности)
19	Просто приемлемо (для зрительных задач средней точности)
22	Неприемлемый (для зрительных задач умеренной точности)
25	Просто неудобно (для простых зрительных задач)
28 и >	Дискомфортный

**Решение проблемы слепимости** будет использование светильников с углубленным источником света и линзами, контролирующими угол рассеивания луча, правильное расположение рабочего места относительно источников освещения.



На расстоянии примерно 3 метров угол зрения человека может «совпасть» с углом рассеивания светильника и вызвать у человека слепящий эффект. Чтобы этого избежать, лучше выбирать модели с углубленным источником света и линзами Antiglare. У офисного и профессионального света угол отсечки должен быть 30-40°.

Чем глубже рефлектор, тем комфортнее свет.

Угол отсечки 40° соответствует профессиональному свету. Офисное освещение должно иметь угол отсечки > 30°.



Обычный светильник без оптики.  
UGR\* 22-25



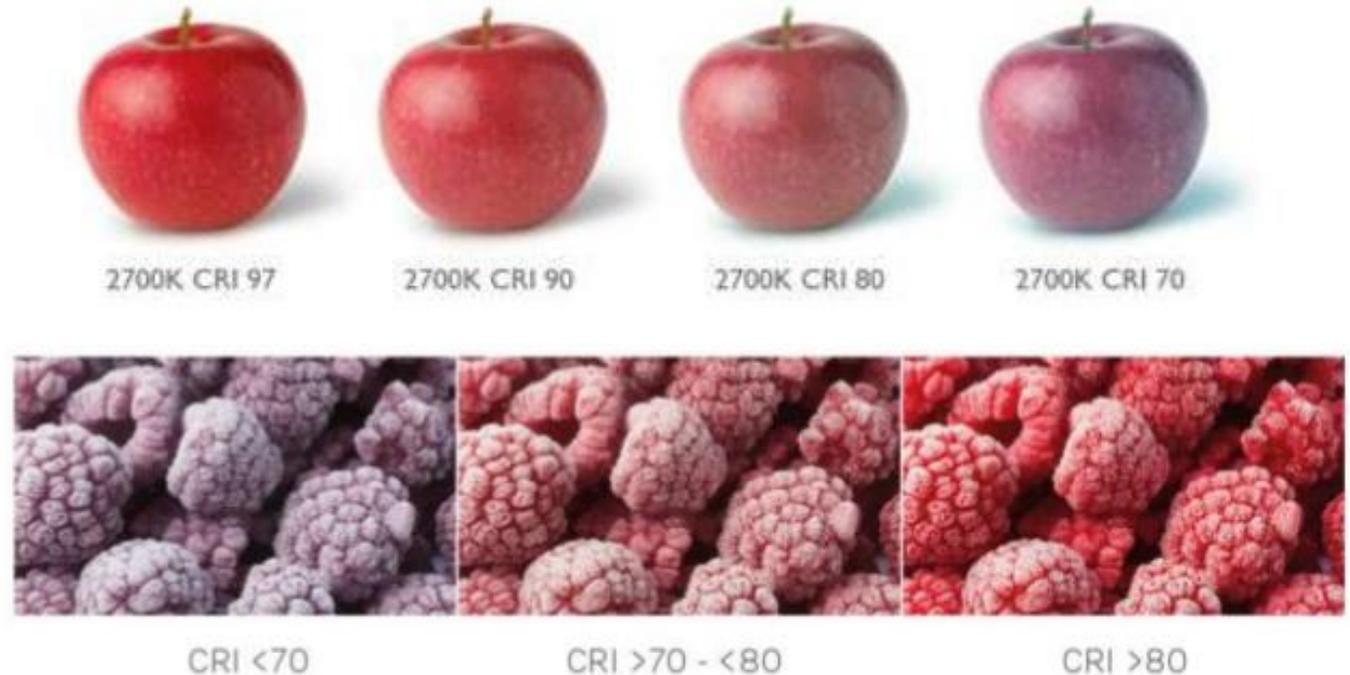
Светильник Verluisant с утопленным источником света и линзами исключает слепящий эффект.  
UGR <13



# Цветопередача

**Цветопередача** – мера соответствия зрительного восприятия цветного объекта, освещенного исследуемым и стандартным источниками света при определенных условиях наблюдения. Объективной характеристикой здесь является значение **индекса цветопередачи** (англ. *colour rendering index*, **CRI** или **Ra**), максимально возможное значение которого равно 100. Чем больше/выше индекс, тем точнее к оригиналу будет передача цветов при освещении данной лампой.

Характеристика цветопередачи	Степень цветопередачи	Коэффициент светопередачи Ra	Примеры ламп
очень хорошо	1A	> 90	Галогенные лампы; люминесцентные лампы LUMILUX DE LUXE; HQI.../D
хорошо	1B	80 - 89	Люминесцентные лампы LUMILUX; HQI.../NDL или WDL
хорошо	2A	70 - 79	Стандартные люминесцентные лампы 10 и 25
хорошо	2B	60 - 69	Стандартные люминесцентные лампы 30
достаточно	3	40 - 59	HQL
недостаточно	4	> 39	Натриевые газоразрядные лампы высокого и низкого давления



# Цветовая температура, Тц



# Направление освещения, моделирование

Хорошая различимость освещенных тел и поверхностных структур существенно зависит от достаточного теневого эффекта освещения.

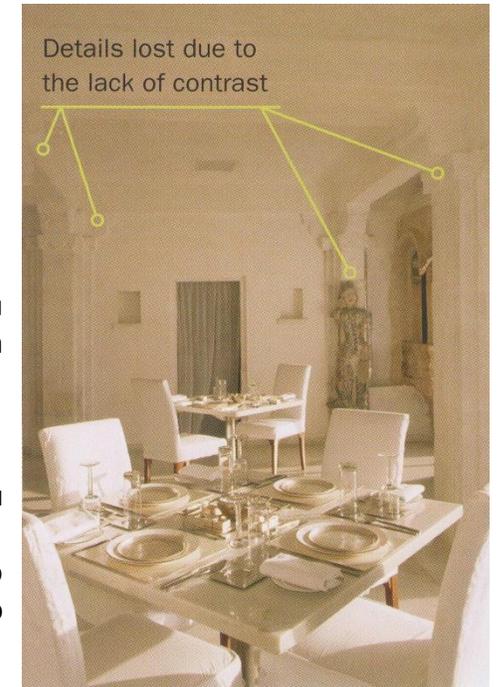
Моделирование выражает баланс между рассеянным и направленным освещением и является важным аспектом качества освещения практически любого внутреннего пространства. Общий вид внутреннего пространства улучшается, когда архитектурные особенности, люди и объекты внутри него освещены таким образом, что формы и поверхностные структуры становятся четко и удобно распознаваемы.

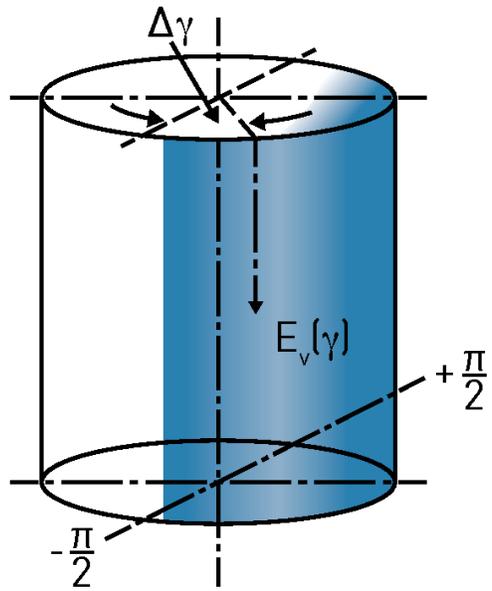
Это достигается, когда свет имеет заметное преимущественное направление, которое создает однозначные тени, важные для хорошего моделирования. Слишком рассеянное освещение создает субъективно дискомфортное отсутствие теней, унылую рабочую обстановку и непривлекательную световую атмосферу.

Контрасты в уровнях освещения подчеркивают ценность товара и выделяют его на фоне окружающих площадей.

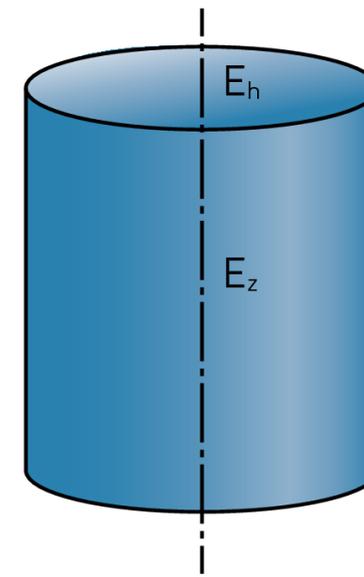
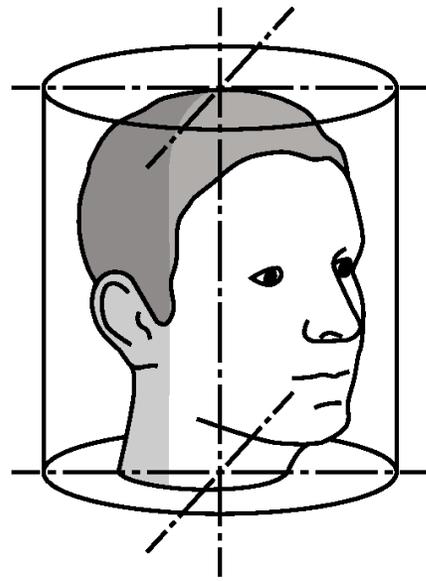


Использование освещения для создания контраста между характеристиками окружающего пространства и акцентируемого объекта особенно важно в полностью белом интерьере.





(а) Полуцилиндрическую освещенность как фотометрический критерий качества различимости трехмерных зрительных задач, таких как лица.



$$E_z/E_h > 0,3$$

(б) Средняя вертикальная освещенность поверхности цилиндра дает цилиндрическую освещенность. Соотношение цилиндрической и горизонтальной освещенности определяет детализацию тени  $E_z/E_h$  в определенной точке.

Цилиндрическая освещенность характеризует степень насыщенности помещения светом

Цилиндрическая освещенность  $E_z$  — это арифметическое среднее значение вертикальной освещенности  $E_v$  в определенной точке. Цилиндрическая освещенность согласно EN 12665 представляет собой совокупный световой поток, падающий на изогнутую поверхность очень маленького цилиндра, разделенный на изогнутую поверхность цилиндра. Если не указано иное, ось цилиндра вертикальна.

Для различимости лиц также используется полуцилиндрическая освещенность  $E_{sz}$ . Она определяется как средняя арифметическая вертикальная освещенность  $E_v(\gamma)$  в определенной точке в диапазоне углов азимута —  $\pi/2 \leq \gamma \leq \pi/2$

## Гармоничное распределение яркости на лицах



Хорошая освещенность лиц важна для общения в офисах. Моделирование представляет собой соотношение между цилиндрической и горизонтальной освещенностью и должно находиться в диапазоне от 0,3 до 0,6.

Для хорошей различимости лиц достаточными считаются значения яркости лица от 15 до 20 кд/м<sup>2</sup>.

Эти значения яркости соответствуют области цилиндрической освещенности между 150 и 200 лк.



EN 12464-1 требует средней цилиндрической освещенности 50 лк при минимальной однородности  $U_0$  0,10 на высоте 1,2 м над полом для сидячих задач и 1,6 м для стоящих задач во всех помещениях. В областях, где хорошая визуальная коммуникация особенно важна, например, в офисах, конференц-залах и классах минимальная поддерживаемая цилиндрическая освещенность на высоте 1,2 м или 1,6 м над полом соответственно должна составлять 150 люкс с  $U_0$  минимум 0,10.

**Главной задачей** современной светотехники является **создание комфортной световой среды для труда и отдыха человека, сохранения здоровья**, а также эффективное применение оптического излучения в технологических процессах **при рациональном использовании электрической энергии**.

## Задание 1

Перейдите на сайт компании Arlight (arlight.ru) в раздел Проекты / тип Торговый(Офисный).

- Изучите и проанализируйте проекты по офисному освещению
- Выберите 3 проекта, в котором выполнен принцип количественного освещения.
- Оформите работу в виде презентации в PowerPoint.

## Задание 2

Разработайте систему общего рабочего освещения согласно нормативным требованиям. Расчетные параметры должны быть учтены и соблюдены: средняя освещенность, равномерность освещенности, показатель дискомфорта.

Дополнительными параметрами расчета являются: цилиндрическая освещенность и моделирующий эффект, оптимальное соотношение разницы яркости в зоне ближайшего и дальнего окружения.

Условия помещения: Коэффициенты отражения помещения (перекрытия/стены/полы 60/50/30), в офисе необработанный потолок в стиле лофт.