

# Планирование освещения

## Единицы измерения и их значение

Параметры	Обозначение	Ед. измер.	Формула	Определение
Сила света	I	кандела (кД)	$I = \Phi / \omega$	Отношение светового потока исходящего от источника света и распространяющегося внутри малого телесного угла, содержащего рассматриваемое направление.
Освещенность	E	люкс (лм/м <sup>2</sup> )	$E = \Phi / A$	Отношение светового потока, падающего на элемент поверхности, к площади этого элемента.
Яркость (плотность света)	L	(кД/м <sup>2</sup> )	$L = I / A$ ( $L = I / A \cos \alpha$ )	Отношение светового потока, переносимого в элементарном пучке лучей и распространяющемся в телесном угле, к площади сечения данного пучка.
Световой поток	Φ	люмен (лм)	$\Phi = I \cdot \omega$	Величина, образуемая от потока излучения при оценке его излучения по его действию на стандартного фотометрического наблюдателя МКО.
Люмен	Φ <sub>В</sub>	люмен		Световой поток от источника света (напр. Т5) при окружающей температуре 25 °С, измеренной при эталонных условиях.
Рабочий КПД (светильника)	η <sub>В</sub>			Отношение общего светового потока светильника, измеренного в определенных практических условиях с его собственными лампами и компонентами, и сумм световых потоков каждой из тех же самых ламп, когда они работают вне светильника с теми же компонентами при определенных условиях.
Световой показатель балласта	BLF	–	–	Отношение светового потока, излучаемого эталонной лампой с соответствующим испытываемым балластом к световому потоку, излучаемому той же лампой при ее работе с эталонным балластом.
Цветовая температура	–	кельвин (К)	CIE 17.4	Температура излучателя Планка (черного тела), при которой его излучение имеет ту же цветность, что и излучение рассматриваемого стимула.
Цветопередача	Ra	R <sub>a</sub> -индекс	CIE 17.4	Общее понятие, характеризующее влияние спектрального состава источника света на зрительное восприятие тех же объектов, сознательно или бессознательно сравниваемых с восприятием тех же объектов, освещенных стандартным источником света.
Световая отдача (источника света)	H	(лм/Вт)	$\eta = \Phi / P$	Отношение излучаемого светового потока к потребляемой источником света мощности.
Световая отдача (источник света + балластное сопротивление)	H	(лм/Вт)	$\eta = \Phi / P$	Отношение излучаемого светового потока к потребляемой источником света мощности, включая потери на балластное сопротивление.
Блескость			CIE- 31, 112, 117	Условие видения, при котором появляется дискомфорт или уменьшение способности видеть детали, объекты или то и другое, вследствие неблагоприятного распределения яркости, или диапазона яркости, или экстремальных контрастов в пространстве. Блескость обычно делится на слепящую и дискомфортную: -Слепящая (TI/GR)- нарушает видимость объектов, но не вызывает дискомфорт -Дискомфортная (UGR/NB) - вызывает. неприятные ощущения, но не ухудшает видимость.
Равномерность -освещенности -яркости			$\frac{E_{\min}}{E_{\text{средн}}}$ $\frac{L_{\min}}{L_{\text{средн}}}$	Коэффициент отношения минимальной величины освещенности (яркости) к средней величине освещенности (яркости) на данной поверхности.
Защитный угол (для источников света светильника)		-	-	Угол между горизонтом и положением глаз, при котором становится виден источник света.
Угол прямого выхода (для светильников)				Угол между вертикальной осью светильника и точкой, в которой становится не виден источник света и рабочие поверхности светильника с высокой яркостью.
Видимый угол	ω	радианы (рад)	$\omega = A / r^2$	Отношение между контуром площади A на сфере, определяющей сечение луча, к квадрату радиуса сферы r
Средний срок службы	–	часы (ч)	–	Усредненный срок службы ламп, которые работают в заданных условиях и выход из строя оценивается в соответствии с критериями.
Срок службы	–	часы (ч)	–	Время горения лампы до выхода ее из строя или до того, как она считается не соответствующей нормам, установленным техническими правилами.
Экономичный срок службы	–	часы (ч)	–	Срок службы лампы, параметры которой ухудшились на 30% по сравнению с начальными значениями.

Стандартные определения и дальнейшее разъяснения величин, единиц и понятий, см. SS- EN 12 665 - Основные условия и критерии для определения требований освещения.

## Новые условия для расчета освещения рабочих мест во внутренних помещениях

С мая 2003 года в Европейских CEN-странах используется общий стандарт для расчета освещения рабочих мест во внутренних помещениях.

В соответствии с внутренними положениями CEN/CENELEC следующие страны приняли новый Европейский стандарт: Бельгия, Дания, Финляндия, Франция, Греция, Ирландия, Исландия, Италия, Люксембург, Мальта, Нидерланды, Норвегия, Португалия, Швейцария, Испания, Великобритания, Швеция, Чехия, Германия и Австрия.

Большинство нормирующих показателей и требований EN 12464-1 существует в действующих российских стандартах.



## Освещение рабочих мест в помещениях

Ниже будут объяснены основные положения нового Европейского стандарта для расчета освещения рабочих мест в помещениях EN 12464-1.

### Освещение рабочего места

Новый европейский стандарт EN 12464-1 на первое место ставит требования к минимальной освещенности в действительной рабочей зоне, а не ко всему помещению. Рекомендуется освещение вне рабочей зоны адаптировать к условиям, которые создаются в рабочей зоне. Величины представлены в серии таблиц, которые описывают наименьший уровень освещенности в рабочем пространстве визуальных объектов, которые могут быть расположены вертикально, горизонтально или под углом. Освещенность нормируется с учетом наименьшей средней величины для работы в нормальных условиях. Однако, освещенности должны иметь следующие пропорциональные зависимости, если визуальные условия отличаются от нормальных условий.

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

Требования к освещенности на рабочем месте могут быть пересмотрены при наличии следующих факторов:

- сложные условия работы
- работа, требующая особой аккуратности
- ухудшение условий видения
- визуальные объекты с мелкими деталями или невысокий контраст в помещении

На практике, освещенность можно понизить при следующих условиях:

- визуальные объекты больших размеров или высокий контраст
- визуальная работа выполняется непродолжительное время

На постоянных рабочих местах, а такими считаются места, используемые более 2 часов, освещенность не должна быть ниже 200 лк. Рекомендуемые освещенности определены из условий, что работники имеют нормальное зрение. Если же большее число работников имеют проблемы со зрением, это необходимо принимать во внимание при планировании освещения.

### Освещение объектов в поле зрения

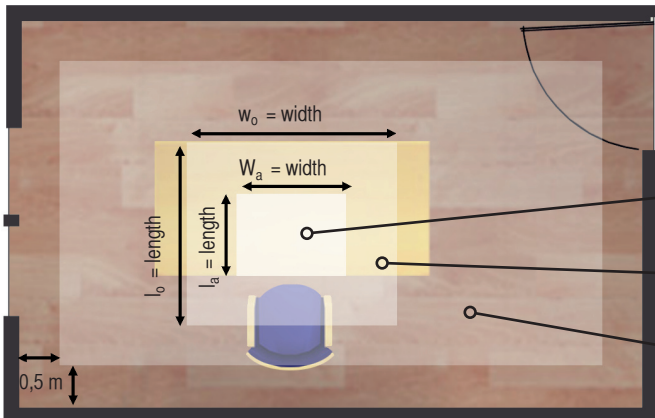
Основной задачей при планировании освещения рабочих мест и объектов является распределение света таким образом, что наиболее высокий контраст обеспечивается именно на этих объектах. При нормальных условиях наиболее высокий контраст обеспечивается в том месте, где свет падает диагонально сзади объекта. Рабочий объект может иметь горизонтальное, вертикальное или наклонное расположение. Также он может состоять из нескольких частей или различных поверхностей, например, комбинированных: матовых и ярких. В результате

отражающие свойства также могут отличаться.

Основным условием создания визуального комфорта на рабочем месте является решение, при котором расположение и форма объекта, в сочетании с направлением освещения не создает никакой дискомфортной блескости или слепящей блескости, которая ухудшает условия видения, например, светящиеся поверхности светильников или мешающие отражения.



## Правила определения рабочей зоны и окружающей зоны для расчета



Пример расположения различных зон в типичном офисном помещении.

Рабочая зона ( $l_a \times w_a$ )  
Размеры и расположение определяются проектировщиком.

Окружающая зона ( $l_o \times w_o$ )  
Размеры и расположение определяются проектировщиком.  
( $l_a + 2x \geq 0,5 \text{ м}$ )  $\times$  ( $W_a + 2x \geq 0,5 \text{ м}$ )

Периферийная зона  
Зона в 0,5 м от стен помещения.

### Освещение рабочей зоны

Определение рабочей зоны:

Рабочая зона, согласно определению в стандарте EN 12464-1 – это зона, где выполняется поставленная задача.

Для помещений, где размеры и/или расположение рабочих зон не определено, за рабочую зону принимается зона, где может выполняться поставленная задача.

За рабочую зону, как правило, принимается рабочее место. Например, в офисном помещении, рабочей зоной считается небольшая поверхность на рабочем столе, на которой непосредственно производится работа с бумагами. При работе с клавиатурой и монитором компьютера, в сравнении с работой с бумагами обычно требуется более низкий уровень освещенности. Для создания необходимого баланса с освещенностью окружающей зоны, рекомендуется регулировать уровень освещенности рабочей зоны при работе с монитором.

В промышленных помещениях бывает труднее определить размер рабочей зоны, например, если рассматривать рабочие места при работе с микроэлектроникой или на линии сборки автомобилей. На рабочей зоне требуется обеспечить равномерность освещения (отношение минимальной освещенности к средней) не менее 0,7.

### Освещение окружающей зоны

Освещение окружающей зоны, как зоны прилегающей к рабочей, связано с уровнем освещенности рабочей зоны, а кроме того, должно создавать сбалансированное распределение яркости в поле зрения. Резкие перепады в уровне освещения вокруг рабочей зоны могут провоцировать визуальный дискомфорт и стресс.

Определение окружающей зоны:

Окружающей зоной считается зона вокруг рабочей зоны, шириной не менее 0,5 м. Размер окружающей зоны определяется проектировщиком и может быть увеличен для некоторых рабочих мест, например, в следующих ситуациях:

- если размер рабочей зоны небольшой
- если освещенность рабочей зоны высокая
- если работа выполняемая на рабочей зоне динамична

Освещенность окружающей зоны как правило, ниже освещенности рабочей зоны, но не должна быть ниже освещенности, указанной в таблице (см далее).

На окружающей зоне требуется обеспечить равномерность освещения (отношение минимальной освещенности к средней) не менее 0,5.

### Освещенность в периферийной зоне

Периферийной считается зона, ограниченная окружающей зоной и зоной в 0,5 м от стен помещения. В стандарте EN 12464-1 не нормируется освещенность в периферийной зоне.

Тем не менее, в рабочем помещении соотношение между освещенностью рабочей зоны и самой низкой освещенностью в зоне, где нет рабочих мест, не должно быть выше 5:1.

Если, например, требуемая освещенность рабочей зоны - 500 лк, самая низкая освещенность в помещении не должна быть ниже 100 лк.

Самая низкая освещенность измеряется в периферийной зоне, то есть вокруг окружающей зоны и в 0,5 м от стен помещения.

Равномерность внутри периферийной зоны не должна быть ниже 0,5.

Освещение вокруг рабочей зоны, при условии выполнения рекомендации по распределению или ограничению яркостей, обеспечивает условия для хорошей визуальной адаптации.

Как правило, в рабочих помещениях с яркими стенами соотношение между освещенностью рабочей зоны и средней освещенностью на стенах помещения не должна быть выше, чем 3:1.

### Соотношение между различными освещенностями и требования по равномерности

Освещенность рабочей зоны	Освещенность окружающей зоны
$\geq 750$ люкс	500 люкс
500 люкс	300 люкс
300 люкс	200 люкс
$\leq 200$ люкс	200 люкс
Равномерность ( $E_{\text{мин}}/E_{\text{средн}} \geq 0,7$ )	Равномерность ( $E_{\text{мин}}/E_{\text{средн}} \geq 0,5$ )

### Блескость

Блескость возникает в ситуациях, когда в поле зрения попадают поверхности повышенной яркости. В этом случае, глаз подвергается воздействию более интенсивного света, чем он адаптирован в нормальной ситуации. Наиболее часто блескость возникает в ситуациях, когда светильник, окно, или их отражения попадают непосредственно в поле зрения. Пожилые люди, как правило, более чувствительны в таких ситуациях, чем молодые. В основном это происходит из-за изменений, происходящих в глазу с возрастом: помутнения хрусталика глаза и уменьшения способности к адаптации.

Различают 2 типа блескости, которые могут возникнуть как одновременно, так и по отдельности:

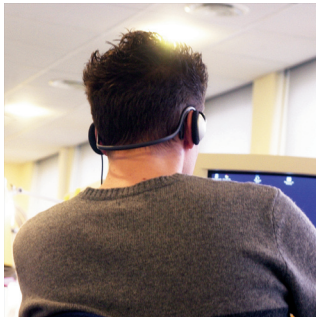
- Слепящая блескость.
- Дискомфортная блескость.

#### Слепящая блескость

Слепящая блескость возникает в случае, когда яркость объекта в поле зрения, в направлении взгляда значительно выше, чем обычно. Если такая ситуация наблюдается в течение длительного времени, это может негативно повлиять на способность глаза к адаптации, а также может нарушиться видимость, что также известно как явление снижения контраста.

Тем не менее, при таком снижении контраста видимость может быть достаточной для различения слов и рисунков, но выполнение зрительной работы может вызвать сложности. С другой стороны, если источник света расположен прямо в направлении взгляда, ослепление может спровоцировать заметные остаточные изображения. Часто источником блескости, нарушающей видимость, может быть солнце или небо, видимые в окне, или плохо экранированные источники света или их отражения.

Слепящую блескость следует ограничивать путем использования светильников, в которых источник света эффективно защищен.



#### Дискомфортная блескость, вызываемая искусственным светом

Дискомфортная блескость это явление, которое распознается сразу, если яркость источника света или светильника выше, чем яркости, к которой адаптирован глаз, или это явление может быть заметно после определенного периода времени.

Уровень дискомфортной блескости зависит от нескольких факторов: яркости и размера

источника блескости, его расположения относительно направления взгляда, фоновой яркости, например, стены, на фоне которой виден источник дискомфортной блескости.

Следовательно, при планировании освещения яркость светильников всегда должна рассматриваться в соотношении с фоновой яркостью. Чем ближе светящаяся поверхность к глазу, тем выше риск дискомфортной блескости. В открытых светильниках, особенно небольших размеров, с мощными интенсивными источниками света с высоким световым потоком, сами источники света или их зеркальное отображение на блестящем отражателе, может спровоцировать блескость. Один из путей уменьшить дискомфортную блескость – использование матовых отражателей или светильников больших размеров.

Дискомфортная блескость может быть также уменьшена за счет увеличения яркости стен и потолка помещения. Этого можно добиться несколькими путями:

- Использование светильников с отраженной составляющей светораспределения
- Расположения светильников на потолке ближе к стенам помещения
- Стены могут быть освещены отдельно или яркость увеличена за счет выбора поверхностей с более высокими отражающими свойствами.

Стены, которые воспринимаются ярче чем объекты в поле зрения, могут создать проблемы с адаптацией. Поэтому яркость поверхностей помещения должна быть адаптирована к условиям видения и ограничена в соответствии с рекомендациями, указанными в EN 12464-1.

### Минимальные углы защиты для ярких источников света

Яркость источника света	Минимальный защитный угол
от 20 до 50	15°
от 50 до 500	20°

Величины в таблице не относятся к светильникам отраженного света или светильникам, установленным ниже нормального уровня глаз.

### Расчет индекса блескости

Уровень дискомфортной блескости во внутренних помещениях может быть определен путем расчета величины обобщенного показателя дискомфорта UGR.

Определена шкала индекса дискомфорта, на практике величина UGR варьируется между 13 и 28, где, чем выше показатель, тем выше уровень блескости.

Индекс рассчитывается по методу психологического дискомфорта, рекомендованному МКО. Значения UGR могут рассчитываться табличным методом для стандартных условия наблюдения и симметричного размещения светильников.

Производители светильников обычно предлагают информацию в виде таблиц как часть фотометрических характеристик светильника для расчета UGR.

В российских нормах используется понятие - показатель дискомфорта М, также существует формула взаимосвязи между этими двумя показателями. За более подробной информацией обращайтесь в наши офисы.



#### Дискомфортная блескость от окон

Неприятная блескость возникает когда человек смотрит в окно в направлении солнца или солнечный свет падает на поверхности, находящиеся напротив нормального поля зрения. Кроме того, в такой ситуации может появиться дискомфорт от увеличения тепловой радиации. В этих случаях, рекомендуется использование солнцезащитных экранов. Экранирование можно обеспечить также за счет конструктивных элементов здания, наружных солнцезащитных экранов, а также использования жалюзи или портьер.

Примеры дискомфортной блескости, возникающей от окна:

- Отраженная блескость
- Отражения на видимых объектах или вокруг них могут нарушить видимость.

Даже если светильники или другие яркие поверхности не спровоцировали возникновение блескости, она может возникнуть как отражения. Не рекомендуется использование блестящих или сильно отражающих материалов в зонах, где может возникнуть отраженная блескость, особенно на рабочих местах.

Если нельзя обойтись без блестящих поверхностей, использование светлых поверхностей предпочтительнее темных. В качестве примера, можно привести экран монитора, где отражения (блики) чаще появляются при работе с программами, имеющими темный фон и светлые буквы, чем на мониторах со светлым фоном и темными буквами.

Отражения от ярких поверхностей или отраженная блескость могут быть предотвращены следующими способами:

- Соответствующее расположение светильников
- Выбор светильников низкой яркости с эффективным экранированием
- Выбор матовых поверхностей для отражающих поверхностей
- Выбор светильников с большей светящейся поверхностью
- Выбор светлых цветов потолка и стен.

### Распределение яркости и ограничение яркости

Распределение света в рабочей и окружающих зонах имеет важнейшую роль в визуальном восприятии помещения.

Распределение яркости в поле зрения определяет способность человеческого глаза к адаптации.

Для хорошо сбалансированного распределения яркости необходимо увеличить:

- Визуальную четкость.
- Чувствительность к контрасту (возможность различать небольшие изменения яркости).
- Эффективность глазных функции (например, аккомодация, конвергенция, сужение зрачка и др.).

Яркости должны возрастать в следующей последовательности: 5-10-20-30-50-75-150-200-300-500-750-1000-1500-2000-3000-5000 кд/м<sup>2</sup>.

Распределение яркости в нормальном поле зрения также влияет на визуальный комфорт.

Рекомендуется избегать:

- Высоких яркостей, которые могут вызвать блескость.
- Высоких яркостных контрастов, что может вызвать зрительную усталость из-за необходимости постоянной адаптации.
- Низких яркостных контрастов, создающие монотонную атмосферу в помещении.

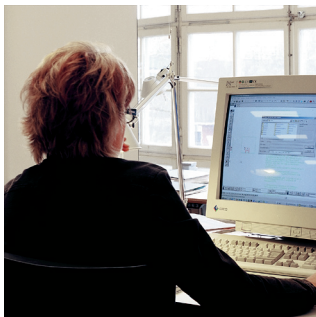
Контраст может быть рассчитан или измерен как соотношение разных яркостей. Яркости всех поверхностей в помещении имеют значение и определяются коэффициентами отражения и освещенностями этих поверхностей.

### Отражающие свойства для поверхностей в помещении

Поверхность	Коэффициент отражения
Потолок	0,6-0,9
Стены	0,3-0,8
Рабочие поверхности	0,2-0,6
Пол	0,1-0,5

### Освещение рабочих мест с дисплеями

Освещение рабочих мест, оборудованных дисплеями, должно планироваться для выполнения различных задач, например, чтение с монитора, работа с документами и с использованием клавиатуры.



Для выполнения такой работы выбор осветительного оборудования должен учитывать размер рабочей зоны, вид выполняемой работы и характеристики помещения, по критериям стандарта. Работа с дисплеями и в некоторых случаях с клавиатурой может быть затруднена из-за возможной отраженной и дискомфортной блескости. Этот фактор важно учесть при выборе светильников и их размещении относительно рабочего места.

Вертикальная освещенность на дисплее с темным фоном (негативная поляриность) не должна быть выше 200 лк.

#### Ограничение яркости светильников при работе с дисплеями

В помещениях, где основная работа производится с использованием компьютеров, для предотвращения отвлекающих бликов на экране монитора, яркость светильников должна быть ограничена в направлении нормальной линии взгляда.

### Другие факторы

#### Цветопередача

При визуальном восприятии очень важно насколько естественно передаются цвета каких-либо предметов или например, человеческой кожи.

Поэтому индекс цветопередачи Ra источников света, используемых в рабочих помещениях, не должен быть ниже 80, а в помещениях со специфическими требованиями - не ниже 90.

#### Определение коэффициента спада освещенности

Так как величины, нормируемые в таблицах, являются эксплуатационными, проектировщик освещения должен установить коэффициент спада освещенности при расчете освещения.

При определении величины этого коэффициента принимается во внимание план обслуживания установки, в том числе и график чистки.

На проектировщика возлагается большая ответственность и он должен предоставить следующую информацию:

- Общие условия, определяющие итоговую величину коэффициента спада освещенности
- Выбранный коэффициент спада освещенности
- План обслуживания для обеспечения выбранного коэффициента спада освещенности. План включает в себя интервал смены источников света, инструкции и график очистки светильников, а также способы проведения очистки.

#### Мерцание и стробоскопический эффект

Мерцание может причинять беспокойство, а в некоторых случаях и вызывать головную боль. Стробоскопический эффект, как явление искажения зрительного восприятия вращающихся или движущихся объектов в мелькающем свете, может повысить риск несчастных случаев.

Этот эффект можно предотвратить при использовании электронных ПРА.

#### Потребление электроэнергии

Освещение должно соответствовать определенным требованиям в зависимости от назначения помещения, без излишнего использования электроэнергии, но в то же время не в ущерб комфортному визуальному восприятию. Это требует выбора подходящего типа осветительной установки, с соответствующим оборудованием, системой контроля, а также использования дневного света.

#### Дневной свет

При планировании освещения необходимо учитывать и использовать преимущества и дневного света. Рекомендуется использование системы контроля освещения для использования наличия дневного света и его взаимодействия с искусственным светом.

#### Ограничение яркости для светильников с прямым светораспределением

Таблица, приведенная ниже, устанавливает ограничение средней яркости светильников в пространстве ограниченном углом 65° от вертикальной оси, для рабочего места с вертикальным или наклоненном на 15° дисплеем.

Классификация мониторов в соответствии с ISO 9241-7	I	II	III
Отражающие свойства монитора	Высокие	Средние	Нормальные
Максимальная средняя яркость	≥ 1000 кд/м <sup>2</sup>		≥ 200 кд/м <sup>2</sup>

Что необходимо учесть, планируя освещение в офисе

## 1. Цели планирования

- Определить вид деятельности, а также визуальную нагрузку в помещении в различное время суток.
- Определить требования к освещению, включая аспекты безопасности и визуального комфорта.
- Определить возможности энергосбережения, обслуживания; кроме того необходимо уточнить, есть ли необходимость в аварийном и эвакуационном освещении.

## 2. Условия планирования

- Согласовать требования и пожелания клиента, пользователей с существующими нормами и правилами.
- Определить условия освещения всего помещения, определить тип рабочих зон в помещении.
- согласовать решения по освещению помещения с интерьером, расстановкой мебели, типом мониторов и оборудования, возможностью мобильных перестановок мебели в помещении; необходимо принять во внимание естественное освещение.
- Определить экономическую составляющую проекта.

## 3. Общее планирование

- Изучить возможности взаимодействия искусственного (электрического) и естественного освещения; есть ли возможность экранировать естественный свет с помощью жалюзи или портьер.
- Определить источник света: какой из них наиболее удовлетворяет требования клиента и соответствует существующим нормам.
- Определить способы управления светом, их влияние на энергопотребление в помещении и общее удобство в использовании.
- Определить, насколько планируемое освещение соотносится с общим интерьером и использованием другого инженерного и офисного оборудования.

## 4. Детальное планирование

- Обосновать выбор освещения с точки зрения дизайна, эргономики и экономики.
- Установить коэффициенты запаса или спада освещенности для выбранного оборудования.
- Включить в экономическое обоснование стоимость жизненного цикла оборудования, принимая во внимание прямые инвестиции и затраты на обслуживание.

## 5. Документация

- Инструкции по управлению и сборке оборудования, список соответствующего оборудования и источников света.
- Расчет освещенности и визуализацию, на которых обозначены уровни освещенности для определенных условий.

## Соотношений яркостей рабочей зоны и других поверхностей в помещении



Соотношение яркостей рабочей зоны и стен менее 5:1.

В соответствии с требованиями норм EN 12464-1, яркости поверхностей в помещении должны быть рассматриваться относительно яркости рабочей поверхности. Например, при использовании светильников низкой яркости или светильников типа downlight возникает риск того, что потолок и верхняя часть стен могут оказаться слишком темными.

Для оценки разницы яркостей рассчитывают или измеряют соотношение между яркостями различных поверхностей.

Рекомендованные соотношения яркостей для рабочих (офисных) помещений:

- рабочая зона - зона окружения, прилегающая к рабочей 3:1.
- рабочая зона - зона окружения, а именно ближайшая стены в поле зрения 5:1.
- рабочая зона – зона периферийного окружения (или фон) 10:1.

Принято считать, что для достижения комфортного визуального восприятия средняя яркость на стенах в помещении должна быть не менее 30 кд/м<sup>2</sup>. На практике зачастую яркость переводят в относительную освещенность, поскольку, как правило, нормируется освещенность. Тем не менее, в этом контексте необходимо отметить, что современные компьютерные программы расчета позволяют рассчитать и оценить величину яркостей различных поверхностей. В таблице, приведенной ниже, указано рекомендованная относительная освещенность рабочей зоны и других поверхностей в стандартном помещении.

Поверхность в помещении	Рекомендованный коэф. отражения	Относительная освещенность
Потолок	0,6-0,9	0,2-0,9
Стены	0,3-0,8	0,2-0,6
Стена с окном	>0,6	0,3-0,6 <sup>1)</sup>
Рабочая зона	0,2-0,6	1,0-
Пол	0,1-0,5	

<sup>1)</sup> Величина учитывающая наличие или отсутствие дневного света; относительная освещенность не должна превышать 0,2, что предполагает, что на окне нет ярких портьер.



## Соотношение яркостей при использовании отраженного света

При использовании систем отраженного света средняя яркость на потолке не должна превышать 500 кд/м<sup>2</sup>, максимально допустимая яркость составляет 1500 кд/м<sup>2</sup>. Яркость поверхностей в помещении должна изменяться постепенно.

Баланс яркостей ( $L_{\text{мин}}/L_{\text{сп}}$ ) не должен превышать 10:1. Максимальная яркость освещенных стен, являющихся фоном, не должна быть выше 1000 кд/м<sup>2</sup>.

## Информация об ограничении яркостей, которые могут отражаться на мониторе

Ограничение яркостей светильников для рабочих мест, оборудованных мониторами в соответствии с ISO 9241-7	Максимально допустимая средняя яркость светильника кд/м <sup>2</sup> (относится к светильникам, которые могут отражаться на мониторе)	
	Темный фон	Светлый фон
<b>Мониторы класса I и II – прямой свет</b> Хорошие, средние или нормальн. отражающие св-ва	≤ 1000 кд/м <sup>2</sup>	≤ 1500 кд/м <sup>2</sup>
<b>Мониторы класса III – прямой свет</b> Минимальные отражающие свойства	≤ 200 кд/м <sup>2</sup>	≤ 500 кд/м <sup>2</sup>
<b>Мониторы класса III – прям./отраж. (≥10% отраж.)</b> Минимальные отражающие свойства	≤ 500 кд/м <sup>2</sup>	–

### Центр планирования освещения Fagerhult



Дизайн-центр светотехнического планирования Fagerhult предлагает Вам помощь в реализации Ваших идей с помощью профессиональных визуализаций.

**DIALux**  
Современный, комплексный инструмент планирования наружного и внутреннего освещения для всех, кто профессионально работает с освещением.

#### DIALux - факты

- Удобное меню
- Простые проводники – помощники
- DIALux Light – упрощенная версия для определения количества светильников, удобно для пользователей, редко производящих расчеты
- Показывает 3-мерную кривую светораспределения, что удобно при размещении светильников
- Легко указать направление при размещении акцентных светильников
- Экспорт и импорт файлов .dxf из/v AutoCAD
- Возможность размещения в помещении отдельных плоскостей и точек расчета
- Обширная библиотека текстур и мебели
- Моделирование дневного света и различных световых сцен
- Высококачественная 3-мерная визуализация, с учетом текстур
- Универсальность – возможность использования баз данных других ведущих производителей
- База данных светильников Fagerhult доступна на сайте [www.fagerhult.ru](http://www.fagerhult.ru)

### Энергоэффективность в освещении

Освещение должно соответствовать определенным требованиям в зависимости от назначения помещения, без излишнего использования электроэнергии, но в то же время не в ущерб комфортному визуальному восприятию. Это требует тщательного внимания при выборе подходящей системы освещения, системы контроля, а также учета наличия дневного света. В качестве показателя, определяющего энергоэффективность, используется удельная установленная мощность, Вт/м<sup>2</sup>. Эта величина нормируется в соответствующих стандартах.

#### Пример: удельные установленные мощности

Помещение	Удельная установленная мощность, Вт/м <sup>2</sup>	Требуемая освещенность, лк	Примечание
Коридоры	5-10 Вт/м <sup>2</sup>	100 люкс	
Коридоры	10 Вт/м <sup>2</sup>	200 люкс	
Общего назначения	10-12 Вт/м <sup>2</sup>	300 люкс	
Рабочие места	10-12 Вт/м <sup>2</sup>	300 люкс	*
Рабочие места	10-15 Вт/м <sup>2</sup>	500 люкс	*
Рабочие места	15-30 Вт/м <sup>2</sup>	1000 люкс	*

\* Требуемая освещенность рабочих зон по стандарту EN 12464-1. При нормировании более низких величин предполагается локальное освещение рабочих зон.

#### Энергопотребление

Использование систем контроля освещения также является важным пунктом при решении вопросов энергосбережения. Для оценки энергоэффективности используется также метод оценки годового энергопотребления на квадратный метр (кВт·ч/м<sup>2</sup>/год). Эта величина является важной составляющей при формировании современных директив по энергопотреблению.

### Коэффициент спада освещенности влияет на энергопотребление

При проектировании освещения устанавливается коэффициент спада освещенности (величина, обратная коэффициенту запаса, применяемого в Российских нормах), что является важным решением, поскольку коэффициент напрямую влияет на потребление электроэнергии. Выбор высокого коэффициента спада освещенности предполагает ответственное отношение к эксплуатации, а на этапе проектирования проявляется при выборе источников света, светильников и систем освещения.

Использование светильников с лампами T5 позволяет применять более высокий коэффициент спада освещенности.

#### Общие рекомендации

Для создания энергоэффективных решений в освещении рекомендуем учесть следующее:

- выбор источников света с оптимальной светоотдачей при обеспечении необходимой цветопередачи.
- энергоэффективность системы освещения, а именно соответствие установленной мощности для обеспечения необходимых характеристик
- эффективные светильники с корректной КСС и хорошими углами прямого выхода
- эффективное использование дневного света
- эффективное использование естественного и искусственного света за счет цветового решения интерьера в светлых тонах
- использование датчика присутствия
- возможность индивидуального контроля пользователем локального освещения
- использование электронных пускорегулирующих аппаратов, в том числе с возможностью диммирования
- корректное планирование цикла обслуживания и чистки, с целью увеличения коэффициента спада освещенности (или уменьшения коэффициента запаса, применяемого в Российских нормах).

Для оценки результатов светотехнического расчета проверьте и убедитесь:

- 1. Изучите внимательно**
  - Оцените распределение яркости в помещении для предотвращения ослепления.
- 2. Коэффициент спада освещенности** (величина обратная коэффициенту запаса по СНиП)
  - При выборе коэффициента спада освещенности принят во внимание план обслуживания осветительной установки?
  - Коэффициент спада освещенности учтен при проведении расчетов?

Обратите внимание, что коэффициент использования влияет на энергопотребление системы освещения.
- 3. Условия расчета**
  - Проверены условия расчета освещенности?
  - Установлены размеры рабочей и окружающей зоны?
  - Определена зона расчета для остальной, периферийной зоны?
  - Учтены корректные коэффициенты отражения?
  - Проверены величины средней яркости в помещении, где используются мониторы?
- 4. Требования по равномерности**
  - При расчете равномерности освещенности (отношение минимальной к средней освещенности на рабочей и окружающей зоне) важно определить расстояние между точками расчета. Обычно, при нормальных условиях, для рабочих мест максимальное расстояние между точками расчета принимается 0,25 м.

#### 5. Нормирование освещенностей

- Использована шкала освещенностей и яркостей, приведенная в стандарте EN 12464

#### 6. UGR (Ultra Glare Rating)

- Проверьте, где необходимо, величину UGR на соответствие нормам. Подробнее см. стр. 405.

Проверка после выполнения монтажа системы освещения:

#### 1. Цель

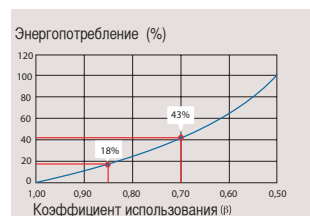
- Что должно быть проверено? освещение, аварийное освещение, наличие дневного света, функциональность и управление светом, план обслуживания и т.д.

#### 2. Условия

- При оценке вновь установленной системы важно определить, какие условия были учтены при планировании.
- Оцените существующую систему освещения.
- Оцените наличие или отсутствие дневного света.
- Измеренные значения – это новые или эксплуатационные параметры?

#### 3. Исполнение / Проверка с измерением параметров света

- Освещенности – имеется в виду количество/равномерность на рабочей зоне, окружающей зоне и самая низкая освещенность в зоне периферии.
- Рассчитайте где необходимо UGR (или показатель дискомфорта М).
- Соотношение яркостей поверхностей в помещении.
- Угол прямого выхода светильника.
- Цветопередача и цветовая температура источников света.
- Проведите визуальную оценку и опросите персонал.
- Проверьте функциональность.
- Перед проведением светотехнических измерений проведите калибровку инструмента.



## Метод визуальной оценки освещения в офисных помещениях

Ergonomics - эргономика, отрасль научной организации труда, изучающая трудовые процессы. Аспекты визуальной эргономики рабочего места являются важными составляющими для создания условий эффективной работы сотрудников. Мы предлагаем превосходный метод - "метод визуальной оценки", подходящий для оценки помещения, цвета и дизайна. Эти факторы взаимосвязаны между собой и правильнее провести их оценку в комплексе. Цвета в помещении не должны искажаться, а зрительная работа не должна сопровождаться дискомфортом из-за блескости или отражений.



Качество освещения в комнате в значительной мере влияет на ваше здоровье и эффективность вашей работы. Отсюда следует, что не стоит полностью полагаться только на результаты компьютерного расчета. Попробуйте визуально оценить освещение вашего рабочего места при помощи приведенной ниже таблицы.

Оцените характеристики различных критериев качества освещения.

Критерий	Описание	Оценка
Уровень света	- какой уровень освещения в помещении или на рабочем месте?	темный - светлый
Распределение света	- как свет рассеивается в помещении или на рабочем месте?	равномерное - неравномерное
Цветность света	- свет воспринимается как холодный или теплый?	теплый - холодный
Цветопередача	- как воспринимаются цвета и предметы?	искаженная - естественная
Блескость	- есть ли блескость причиняющая дискомфорт?	незаметная - причиняет дискомфорт
Тени	- уровень создаваемых теней от объектов?	незначительные - существенные
Отражения	- рассеянные или интенсивные блики?	рассеянные - интенсивные

## Свет и здоровье

Свет и световая радиация воздействуют не только на наш орган зрения, но и на наше состояние, здоровье и поведение.

Наш дневной ритм и сезонные вариации вместе формируют хронобиологическую систему, которая имеет отношение, кроме прочего на шишковидную железу, гипофиз и гипоталамус. Ритмы генетически закреплены и в определенной степени регулируются окружающими факторами, главным образом, светом. Свет через нервные пути дает сигнал от сетчатки глаза к нервным узлам в гипоталамусе, и в шишковидной железе, сигнализирует клеткам, производящим мелатонин, остановить секрецию гормона мелатонина, который в свою очередь, контролирует наши дневные ритмы.

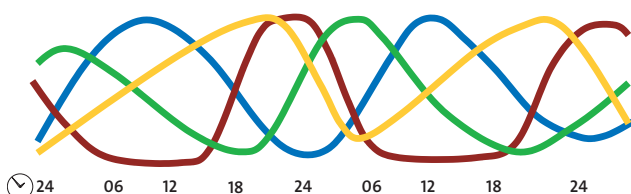
Нарушение наших дневных ритмов из-за недостатка дневного света в период с октября по март принято считать в основном как симптомы проявления симптомов известных как «сезонные эмоциональные расстройства»: Seasonal Affective Disorder (SAD) (Rosenthal et al, 1984; Magnuson and Boivin, 2003).

Новые исследования, проведенные David M Bensson и др в Brown University и George Brainard в Texas University, USA показали, что свет влияет также на новый третий фоторецептор, кроме известных ранее колбочек и палочек.

Рецептор влияет на различные гормоны в мозгу, где шишковидная железа отвечает за секрецию гормона сна мелатонина, который производится при низких уровнях света или в темноте. С другой стороны, при высоких уровнях освещения гормон стресса кортизол производится корой надпочечника спинного мозга.

### Влияние на планирование освещения

- Бодрость
- Температура тела
- Мелатонин
- Кортизол



Какое-то время свет использовался в медицине для лечения кожных заболеваний и для уменьшения симптомов «сезонных эмоциональных расстройств» ( SAD – Seasonal Affective Disorder).

Открытие, показавшее, что некоторые части световой радиации также влияют на наше самочувствие, будет оказывать влияние на планирование и оценку освещения в наших помещениях.

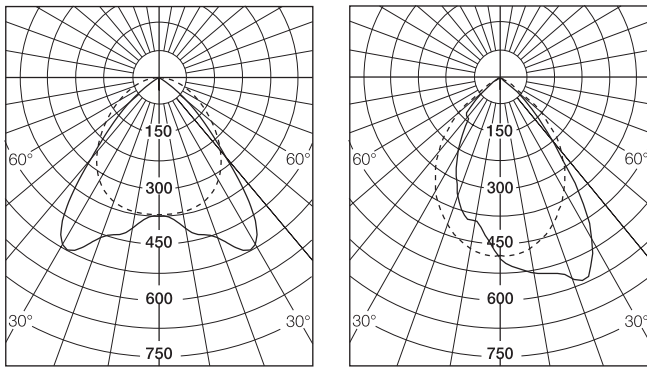
Мы видимо, будем больше, чем это делается сегодня, обращать внимание на освещение окружающих поверхностей, а также изменение уровня освещенности и цветовой температуры в течении рабочего дня. Особенно это актуально для помещений без естественного освещения.

На сегодняшний день еще не проведено достаточных исследований для конкретных рекомендации, однако всесторонние исследования для создания таких директив ведутся.



## Кривая силы света

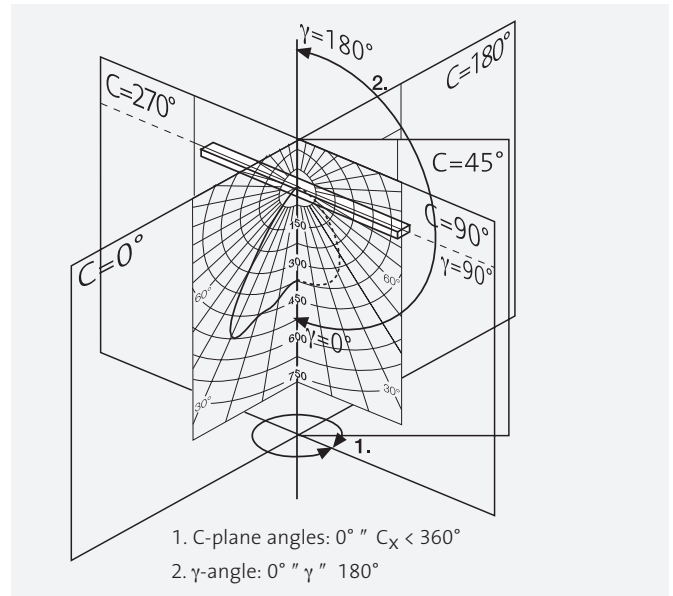
График кривой силы света изображается на полярной диаграмме в зависимости от силы света светильника в разных направлениях, как функция угла наблюдения в одной или нескольких плоскостях. Сплошной линией обычно обозначается кривая силы света измеренная в плоскости перпендикулярной светильнику. Пунктирной линией обозначается сила света измеренная в плоскости проходящей через продольную ось светильника. Значения силы света обозначаются в канделах на 1000 люмен (кд/1000 лм, кд/кЛм). Благодаря этому на одной полярной диаграмме можно показать кривые силы света для светильников с разными мощностями.



**Симметричная кривая силы света**  
Люминесцентная лампа 28Вт (2600 лм) излучает в прямом направлении около 375 кд/кЛм.

**Асимметричная кривая силы света**  
Максимальная сила света люминесцентной лампы 28Вт приходится на 25°, и составляет около 580 кд/кЛм.

## Измерение кривой силы света

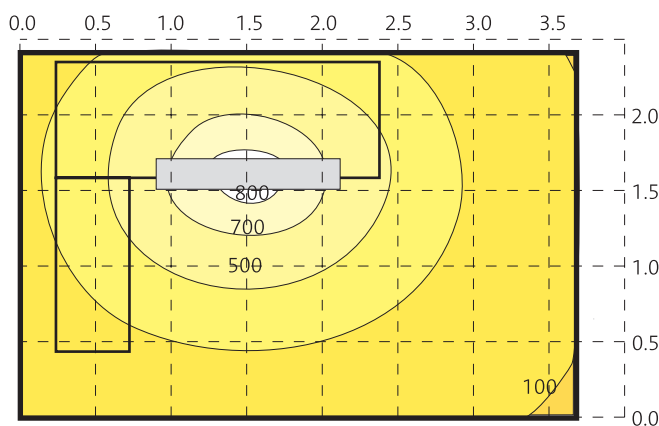


Кривая силы света измерена в нескольких плоскостях вокруг светильника, как минимум каждые 15 градусов. Начальная плоскость измерения (C=0°-180°) проходит через поперечную ось светильника. Значения на углу γ измеряется каждые 5 градусов.

## Изолюксовая диаграмма

Изолюксовая диаграмма показывает границы заданных горизонтальных люксовых величин. Расположение светильника видно из диаграммы.

Изолюксовая диаграмма также может быть представлена в трехмерном виде, который лучше подходит для определения согласованности установленных светильников. Результаты измерения можно изображать как в виде рисунка, так и в виде таблицы. Результаты доступны во всех вышеупомянутых формах в программе DIALux.

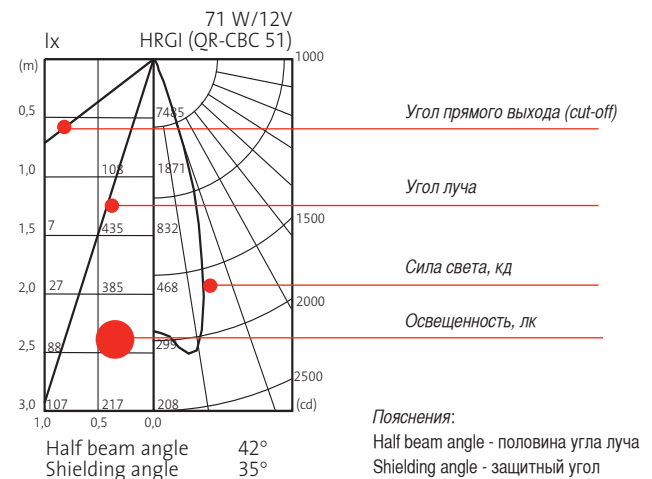


Пример:

На изолюксовой диаграмме представлен 1 светильник Apollo Beta 3x28Вт в небольшом офисе. Расчет был произведен при следующих условиях:  
Размеры комнаты: 2,4x3,7 м  
Высота: 2,7 м  
Высота подвеса светильника: 2,1 м (над уровнем пола)  
Коэффициенты отражения: потолок 80%, стены 50%, пол 20%, окно 10%  
Световой поток (на лампу): 2600 лм  
Коэффициент спада освещенности: 0,85  
Расчетная поверхность: 0,75 м над уровнем пола.

## Комбинированная диаграмма для прожекторов

Комбинированная диаграмма показывает кривую силы света и ее параметры. В основном, такая диаграмма используется для светильников направленного света с симметричной кривой силы света.



- С правой стороны рисунка изображена половина полярной диаграммы (кривая силы света) показывающая силу света светильника в разных направлениях, предполагая, что сила света в данном примере симметрична. Сила света определяется в канделах (кд).
- С левой стороны рисунка изображена освещенность непосредственно под светильником. На вертикальной оси отмечается расстояние до светильника; на горизонтальной оси отмечается горизонтальное расстояние от центра светильника. В местах пересечения координат отмечена освещенность, которая измеряется в люксах (лк).