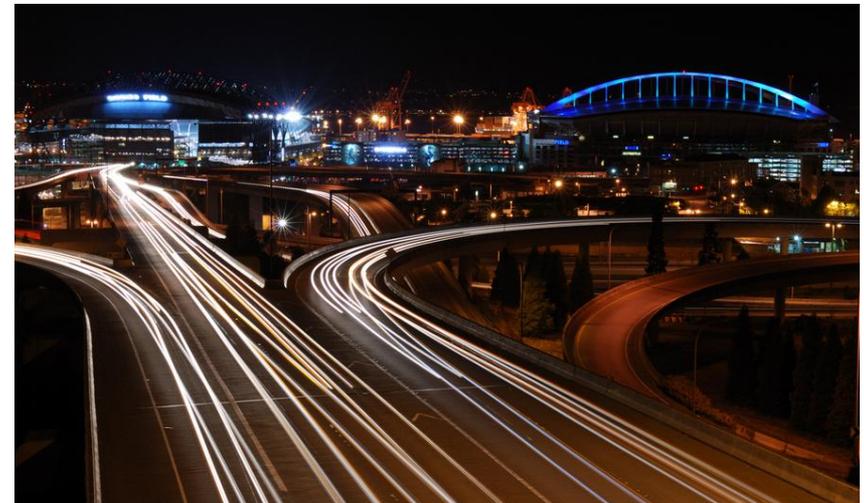




Обеспечение  
требований к  
световой среде  
на рабочих  
местах



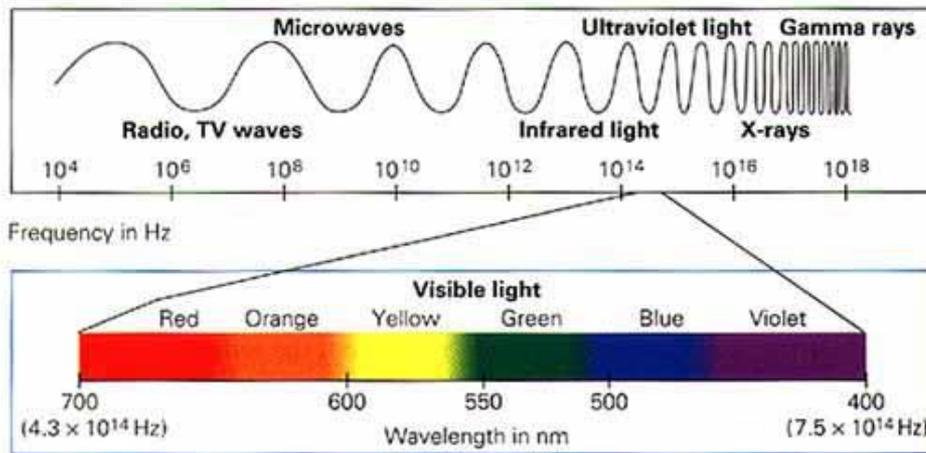
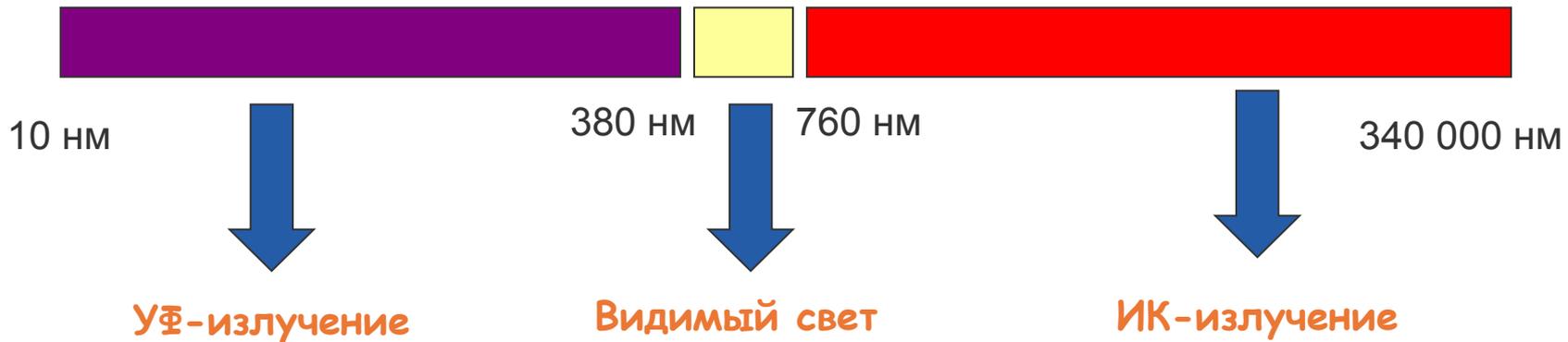


# СВЕТОВАЯ СРЕДА

1. Свет. Светотехнические параметры. Характеристики светотехнических величин и единицы измерения
2. Виды и системы производственного освещения. Естественное, совмещённое и искусственное освещение, виды, характеристики
3. Принципы нормирования и нормируемые параметры
4. Требования к световой среде
  - 4.1. Естественное освещение
  - 4.2. Искусственное освещение
  - 4.3. Совмещенное освещение
  - 4.4. Показатели качества световой среды
5. Оценка условий труда по показателям световой среды
6. Обеспечение требований к световой среде. Осветительные приборы

- 4 **ВИДИМЫЙ СВЕТ** - электромагнитное излучение с длиной волны 380-760 нм.

## СПЕКТР ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ



**Свыше 70 % информации человек воспринимает через зрительный анализатор**

Различия в длине волны ощущаются как различия в цвете источников света.



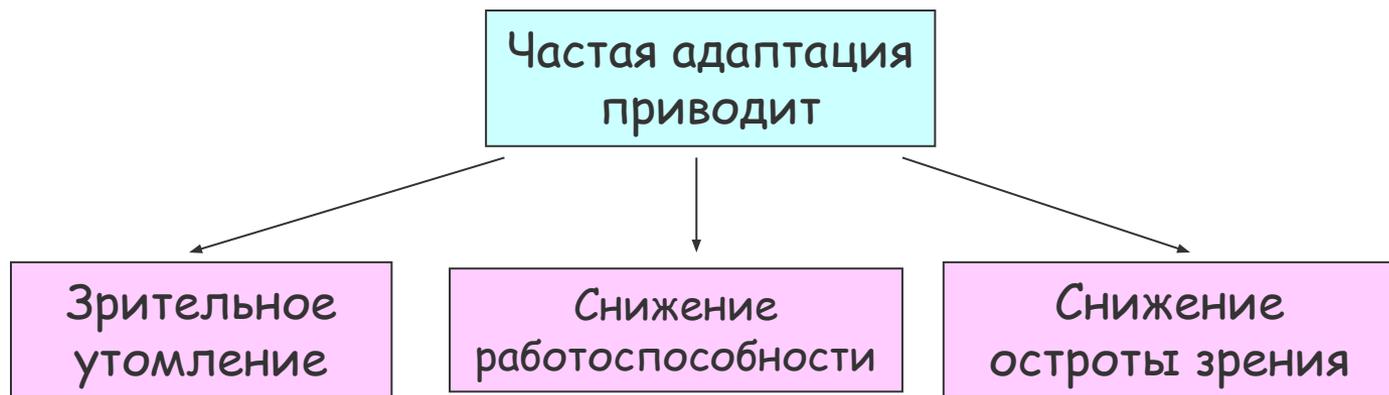
# Действие света на организм человека

1. Наиболее благоприятен для человека естественный свет, причём в отличие от искусственного, он содержит гораздо большую долю ультрафиолетовых лучей.
2. При недостаточной освещённости у человека появляется ощущение дискомфорта, снижается активность функций ЦНС, повышается утомляемость. При недостаточной освещённости развивается близорукость, ухудшается процесс аккомодации. При чрезмерной яркости светящейся поверхности может наступить снижение видимости объектов различения из-за слепящего эффекта.

# Зрительный анализатор

Способность зрительного аппарата к различению контрастов называется **контрастной чувствительностью**, она тем выше, чем ярче фон, на котором происходит различение освещаемых предметов.

Свойство глаза приспособляться к восприятию света при различных его яркостях называется **адаптацией**.



В процессе жизнедеятельности следует избегать резкой и частой смены яркостей во времени и наличия в поле зрения различающихся по яркости поверхностей.

Крайне негативное воздействие на остроту зрения оказывают резко изменяющиеся яркости, стробоскопические и других световые эффекты.

## СВЕТОВАЯ СРЕДА

### КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ:

- 4 Коэффициент отражения (фон);
- 4 Контраст объекта с фоном;
- 4 Коэффициент пульсаций;
- 4 Показатель ослепленности и дискомфорта;
- 4 Отраженная блескость;
- 4 Спектральный состав света (тон)

### КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ:

- 4 световой поток;
- 4 сила света;
- 4 освещенность;
- 4 яркость;
- 4 светимость



## КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПАРАМЕТРЫ СВЕТОВОЙ СРЕДЫ

### ВЕЛИЧИНЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ОСВЕЩАЕМУЮ ПОВЕРХНОСТЬ:

- 4 Освещенность (люкс, лк);
- 4 Яркость ( $\text{кд}/\text{м}^2$ )
- 4 Светимость ( $\text{лм}/\text{м}^2$ )

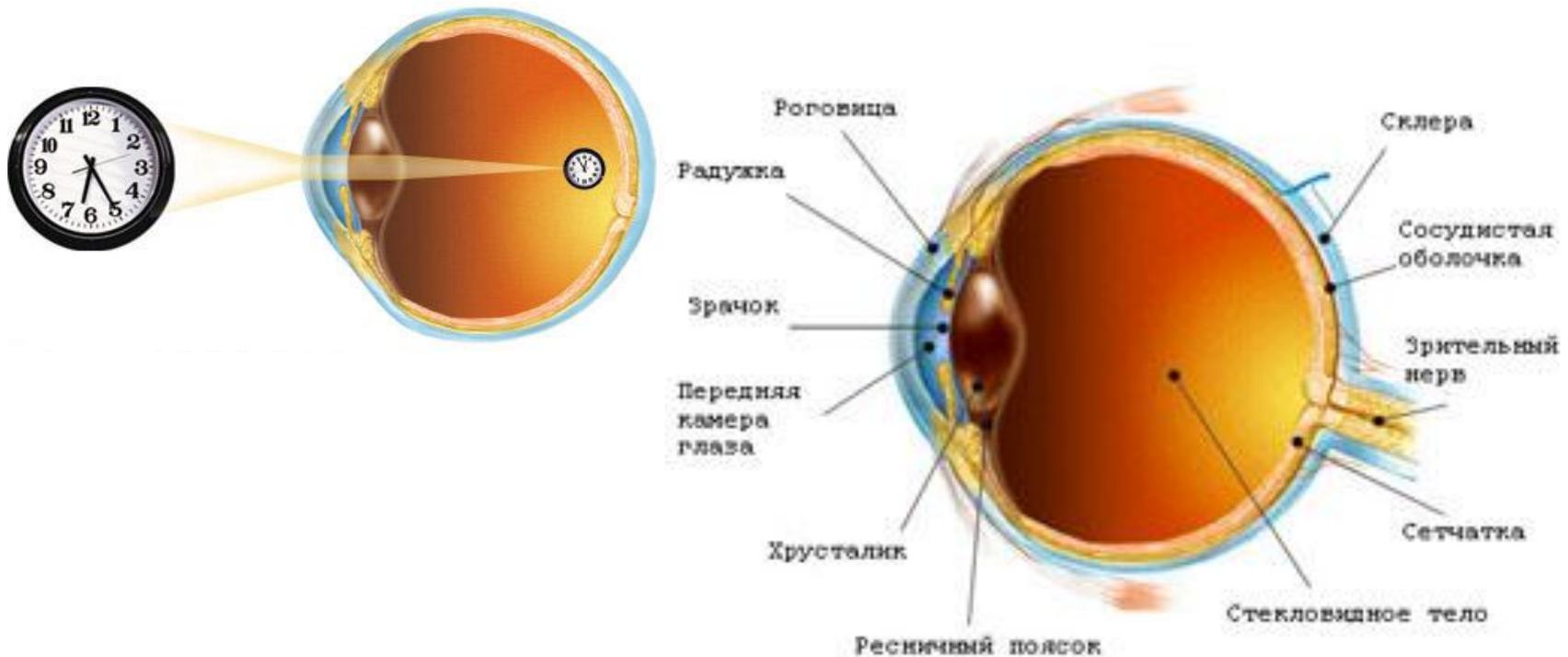
### ВЕЛИЧИНЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ИСТОЧНИК СВЕТА:

- 4 световой поток (люмен, лм);
- 4 сила света (кандела, кд)



4 **СВЕТОВОЙ ПОТОК  $F$ , лм** - часть потока энергии электромагнитного излучения, воспринимаемая глазами человека как видимый свет.

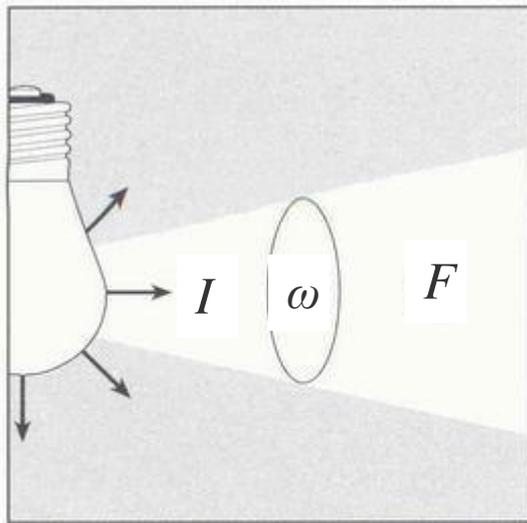
*1 люмен = минимальная величина потока излучений, создающая первые зрительные ощущения (восприятия).*



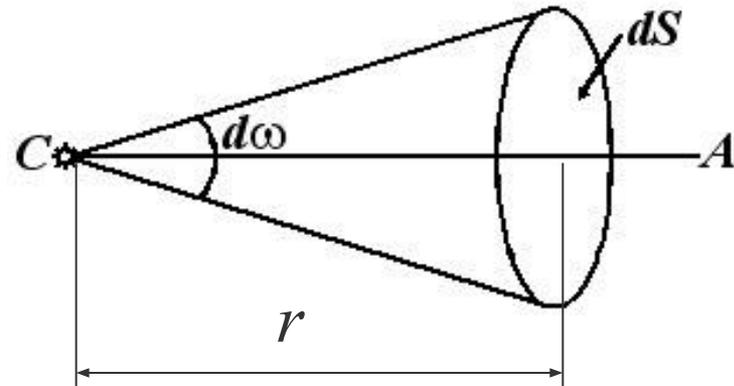
# Сила света

Источник света излучает световой поток  $F$  в разных направлениях с различной интенсивностью.

Интенсивность излучаемого в определенном направлении света называется **СИЛОЙ СВЕТА  $I$** , кд = пространственная плотность светового потока - отношение элементарного светового потока  $dF$ , излучаемого и распределяющегося равномерно внутри элементарного телесного угла  $d\omega$ , к величине этого угла:



$$I = \frac{dF}{d\omega} \quad \omega = \frac{S}{r^2}$$



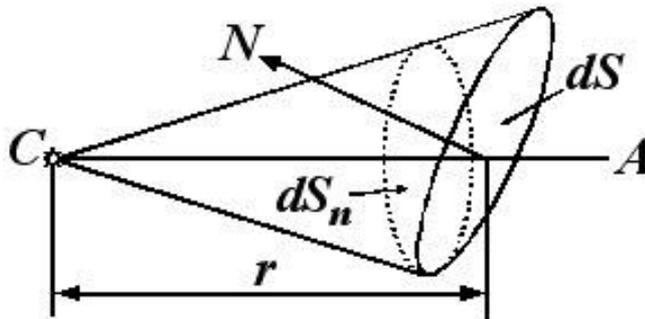
Человек работает не с пространством и со световыми потоками, распределенными в этом пространстве, а с поверхностями и со световыми потоками, падающими на эти поверхности.

Освещенность  $E$  отражает соотношение падающего светового потока к освещаемой площади.  $\Rightarrow$

4 **ОСВЕЩЕННОСТЬ  $E$ , лк**. Если на участок поверхности тела площадью  $dS$  падает световой поток  $dF$ , то освещенностью этого участка поверхности тела называется величина  $E$ , равная:

$$dE = \frac{dF}{dS} = \frac{dI}{r^2} \Rightarrow E = \frac{F}{S} = \frac{I}{r^2} \Rightarrow E = \frac{F}{S} \alpha \cos \alpha = \frac{I \cos \alpha}{r^2}$$

интегрируя в произвольном направлении



При различении предметов и поверхностей, **человеческий глаз реагирует не на освещенность поверхностей, а на яркость** этих поверхностей. Яркость - это фотометрическая величина, характеризующая излучательную способность протяжённых тел в данном направлении.

- 4 **ЯРКОСТЬ  $L$ , кд/м<sup>2</sup>, элементарной площадки  $dS$** , расположенной под углом  $\alpha$  относительно нормали к этой площадке, понимается отношение силы света  $dI$ , отражаемой поверхностью в направлении  $\alpha$ , к площади этой поверхности, т.е.

$$dL = \frac{dI}{dS} \alpha \cos \Rightarrow L = \frac{I}{S} \alpha \cos$$



Яркость  $L$



**Яркость света  $L$  источника света или освещаемой площади является главным фактором для уровня светового ощущения глаза человека**

Copyright К.А. Черный, 2017 г.



# СВЕТИМОСТЬ

*В практике приходится сталкиваться с поверхностями, отражающими или пропускающими свет*

- 4 **СВЕТИМОСТЬ**  $M$ ,  $\text{лм}/\text{м}^2$  - отношение светового потока  $dF$ , отражаемого или пропускаемого поверхностью к площади этой поверхности  $dS$ , т.е.

$$M = \frac{F}{S}$$

*Физическая зависимость аналогична освещенности, но разный физический смысл*

4 **ОСВЕЩЕННОСТЬ**:  $F$  это падающий световой поток

4 **СВЕТИМОСТЬ**:  $F$  это отраженный или пропускаемый световой поток



# Светотехнические параметры (повторение)

## СВЕТОВАЯ СРЕДА

### КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ:

- 4 Коэффициент отражения (фон);
- 4 Контраст объекта с фоном;
- 4 Коэффициент пульсаций;
- 4 Показатель ослепленности и дискомфорта;
- 4 Отраженная блескость;
- 4 Спектральный состав света (тон)

### КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ:

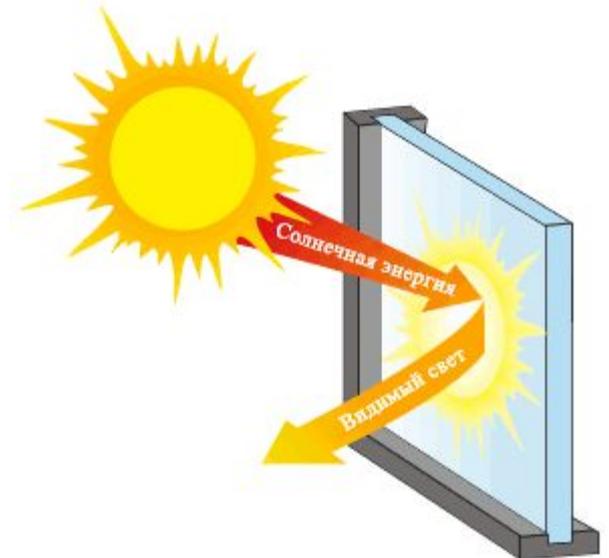
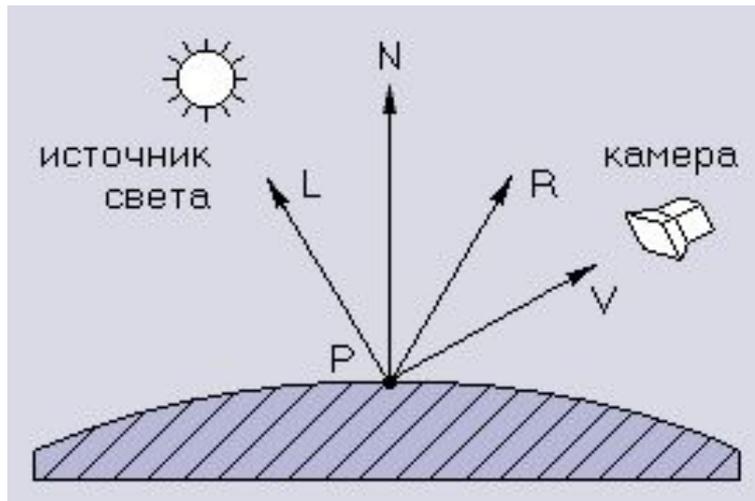
- 4 световой поток;
- 4 сила света;
- 4 освещенность;
- 4 яркость;
- 4 светимость



- 4 **КОЭФФИЦИЕНТ ОТРАЖЕНИЯ** - отношение отраженного светового потока к падающему.

$$\rho = \frac{F_{отр}}{F_{пад}}$$

- 4 **ФОН** - поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения на которой он рассматривается (при значениях  $\rho > 0,4$  фон считается **светлым**, при  $0,2 < \rho < 0,4$  - **средним** и при  $\rho < 0,2$  - **темным**):



# Контраст объекта с фоном

**КОНТРАСТ ОБЪЕКТА С ФОНОМ (яркостной, не цветовой):** отношение разности яркости объекта различения и яркости фона к яркости, имеющей большее значение (при значениях  $K > 0,5$  контраст считается большим, при  $0,2 < K < 0,5$  - средним, и при  $K < 0,2$  - малым, при  $K = 0$  объект и фон могут быть различимы только по цвету):

$$K = \frac{L_{\text{фона}} - L_{\text{объекта}}}{L_{\text{фона}}}$$

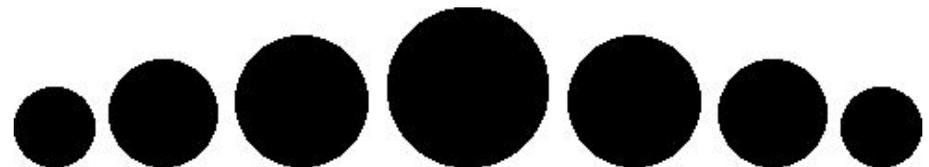
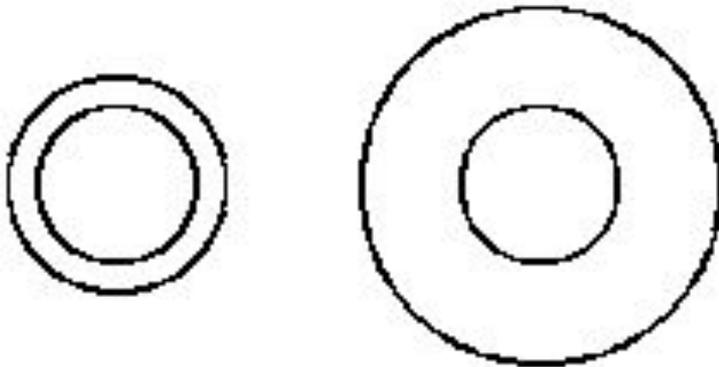
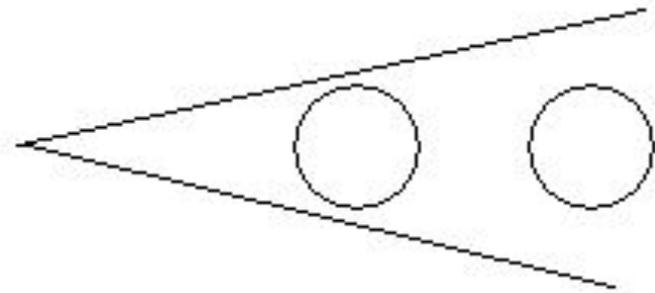
или

$$K = \frac{L_{\text{объекта}} - L_{\text{фона}}}{L_{\text{объекта}}}$$



# Ирридация. Примеры

**ИРРИДАЦИЯ:** светлые предметы на темном фоне кажутся более увеличенными против своих настоящих размеров и как бы захватывают часть темного фона



- 4 КОЭФФИЦИЕНТ ПУЛЬСАЦИИ ОСВЕЩЕННОСТИ  $K_n$ , % - процентное отношение разности максимальной и минимальной освещенностей к средней за период

$$K_n = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{\text{cp}}} \cdot 100\%,$$

$$E_{\text{cp}} = \frac{E_{\max} + E_{\min}}{2}.$$

*Этот показатель является критерием оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате колебаний светового потока во времени*



- 4 **ПОКАЗАТЕЛЬ ОСЛЕПЛЕННОСТИ**  $P$  - критерий оценки слепящего действия осветительной установки (используется при оценках в производственных зданиях)

$$P = (S - 1) \cdot 1000,$$

$$\text{где } S = V_1 / V_2,$$

$S$  - коэффициент ослепленности;

$V_1$  - видимость объекта наблюдения при экранировании блестящих источников света;

$V_2$  - видимость объекта наблюдения при наличии блестящих источников света в поле зрения

**ВИДИМОСТЬ** - имеющееся в данных условиях значение любой из характеристик глаза по сравнению с наименьшим уровнем, необходимым для решения данной зрительной задачи.

*Видимость это показатель взаимодействия и взаимосвязи условий освещения и работоспособности*



- 4 ПОКАЗАТЕЛЬ ДИСКОМФОРТА** - критерий оценки дискомфорта блескости, выражающий неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения (используется при оценках в общественных зданиях)

4

$$M = \frac{L_c \omega^{0,5}}{\Phi_{(0)} L_{ад}^{0,5}}$$

$L_c$  - яркость блестящего источника, кд/м<sup>2</sup>;

$\omega$  - угловой размер блестящего источника, стерadian;

$\Phi_{(0)}$  - индекс позиции блестящего источника относительно линии зрения;

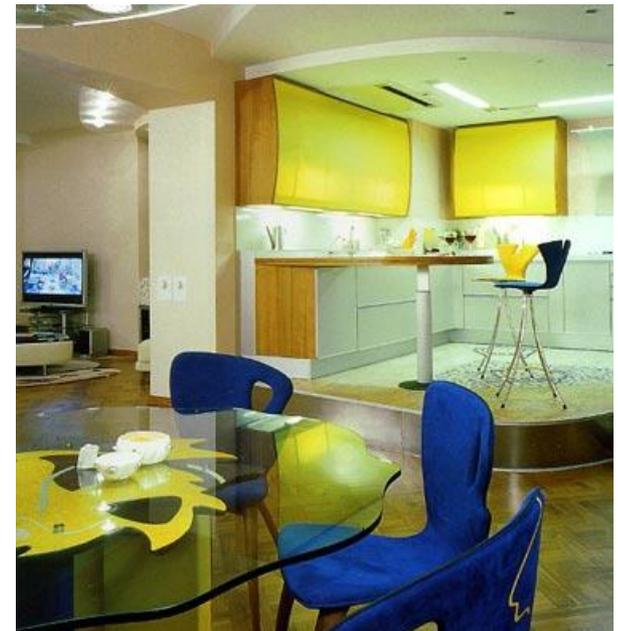
$L_{AD}$  - яркость адаптации, кд/м<sup>2</sup>



- 4 **ОТРАЖЕННАЯ БЛЕСКОСТЬ** - характеристика отражения светового потока от рабочей поверхности в направлении глаза работающего, определяющая снижение видимости вследствие чрезмерного увеличения яркости рабочей поверхности и вуалирующего действия, снижающего контраст между объектом и фоном (используется при оценках в производственных зданиях)

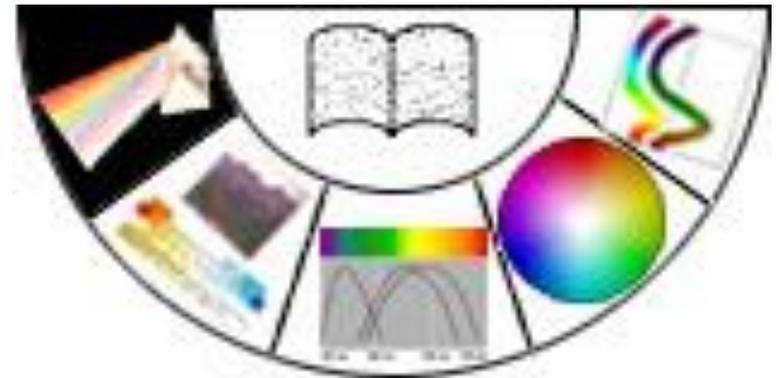
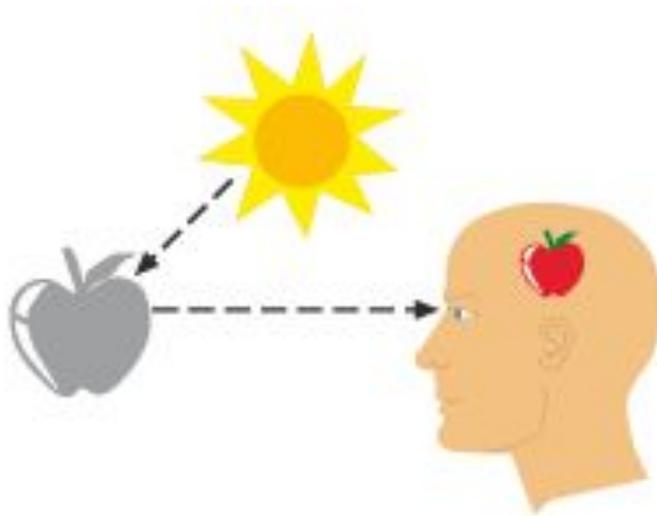
СНиП 23-05-95

*Отраженная блескость  
характеризует не источник  
света, а окружающие  
человека и объект  
наблюдения поверхности*



# Спектральный состав света

- 4 ЦВЕТНОСТЬ СВЕТА описывается цветовой температурой. Существуют следующие три главные цветности света:
- 4 тепло-белая  $< 3300$  К;
  - 4 нейтрально-белая  $3300 - 5000$  К;
  - 4 белая дневного света  $> 5000$  К.
- 4 Лампы с одинаковой цветностью света могут иметь весьма различные характеристики цветопередачи, что объясняется спектральным составом излучаемого ими света.





# СВЕТОВАЯ СРЕДА

1. Свет. Светотехнические параметры. Характеристики светотехнических величин и единицы измерения
2. Виды и системы производственного освещения. Естественное, совмещённое и искусственное освещение, виды, характеристики
3. Принципы нормирования и нормируемые параметры
4. Требования к световой среде
  - 4.1. Естественное освещение
  - 4.2. Искусственное освещение
  - 4.3. Совмещенное освещение
  - 4.4. Показатели качества световой среды
5. Оценка условий труда по показателям световой среды
6. Обеспечение требований к световой среде. Осветительные приборы



# Классификация систем освещения

Искусственное освещение по виду делят:

Общее равномерное

Общее локализованное

Комбинированное =

Общее

+

Местное

По функциональному назначению:

Рабочее

Дежурное

Аварийное

Совмещённое освещение

Естественное

Искусственное

# Виды производственного освещения (2)

**ЕСТЕСТВЕННОЕ** - освещение помещений светом (прямым или диффузионным) небосвода, проникающим в помещение через световые проемы

+

- 4 Высокая диффузность (рассеянность);
- 4 Наличие в спектре необходимого УФ-излучения;
- 4 «Бесплатно».

-

- 4 Не всегда возможно реализовать на практике;
- 4 Загрязнение стекол;
- 4 При больших площадях остекления возникновение блисткости;
- 4 Не постоянно.

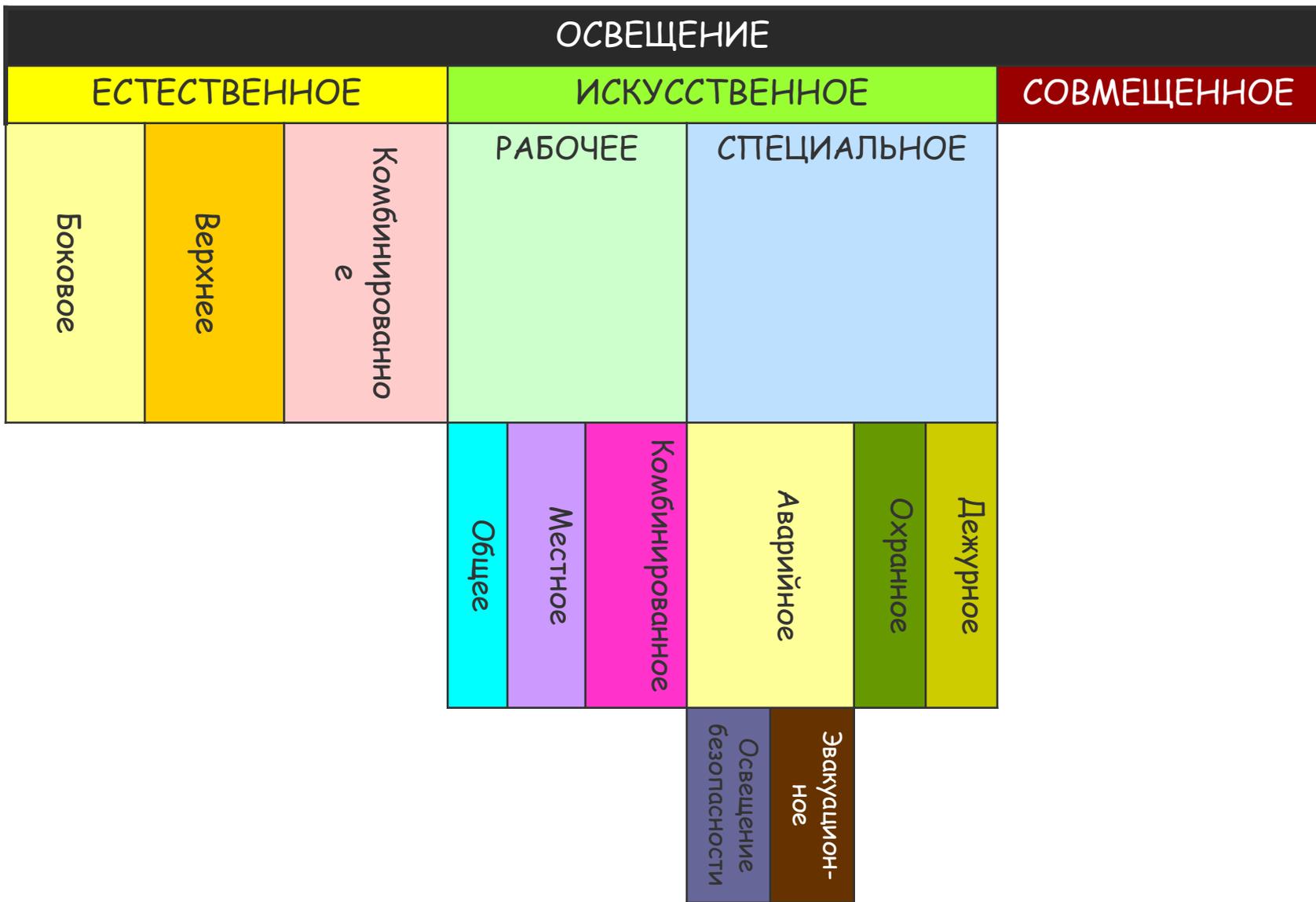
**ИСКУССТВЕННОЕ** - освещение помещений при помощи источников света (осветительных приборов, установок)



**СОВМЕЩЕННОЕ** - освещение, при котором недостаточная освещенность в светлое время суток (от естественного света) компенсируется искусственным освещением



# Виды производственного освещения (1)



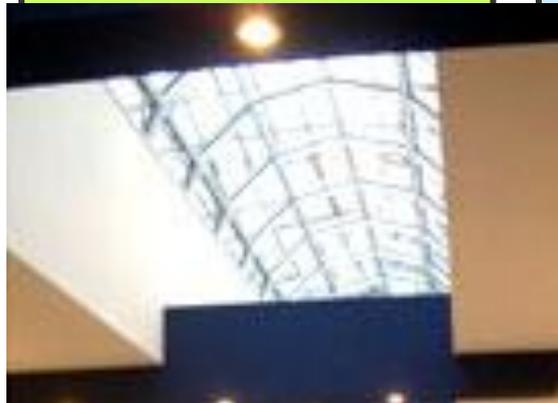
# Виды естественного освещения

## ЕСТЕСТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

**БОКОВОЕ** —  
через световые  
проемы в  
наружных стенах  
(одностороннее и  
двухстороннее)



**ВЕРХНЕЕ** — через  
световые проемы  
(фонари) в  
покрытиях и  
через проемы в  
стенах в местах  
перепада высот  
зданий



**КОМБИНИРОВАННОЕ** — сочетание  
верхнего и  
бокового  
естественного  
освещения





# Виды производственного освещения (1)

ОСВЕЩЕНИЕ						
ЕСТЕСТВЕННОЕ			ИСКУССТВЕННОЕ			СОВМЕЩЕННОЕ
Боковое	Верхнее	Комбинированно е	РАБОЧЕЕ	СПЕЦИАЛЬНОЕ		
				Общее	Местное	Комбинированное
Эвакуационное	Освещение безопасности					

**4 РАБОЧЕЕ ОСВЕЩЕНИЕ** — освещение, обеспечивающее нормируемые осветительные условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и в местах производства работ вне зданий. Подразделяется на:

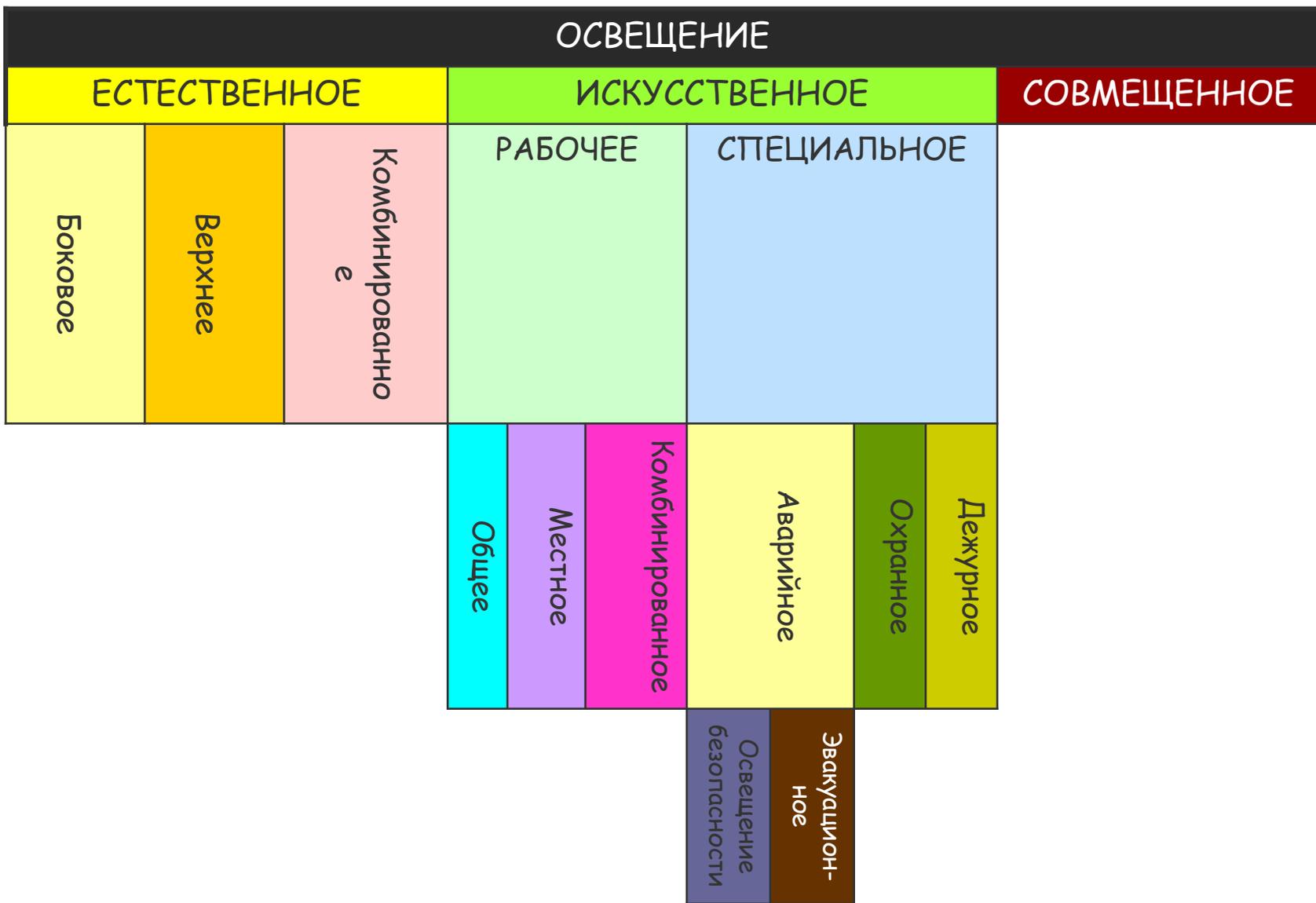
**4 Местное освещение** — освещение, дополнительное к общему, создаваемое светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах.

**4 Общее освещение** — освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение) или применительно к расположению оборудования (общее локализованное освещение).

**4 Комбинированное освещение** — освещение, при котором к общему освещению добавляется местное.



# Виды производственного освещения (1)



**4 СПЕЦИАЛЬНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ** — освещение, обеспечивающее нормируемые осветительные условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и в местах производства работ вне зданий. Подразделяется на:

## **4 Аварийное освещение:**

**4 Освещение безопасности** — освещение для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения.

**4 Эвакуационное освещение** - освещение для эвакуации людей из помещения при аварийном отключении нормального освещения.

**4 Охранное и дежурное освещение** - освещение, необходимое для общего наблюдения за помещением (не нормируется)





# СВЕТОВАЯ СРЕДА

1. Свет. Светотехнические параметры. Характеристики светотехнических величин и единицы измерения
2. Виды и системы производственного освещения. Естественное, совмещённое и искусственное освещение, виды, характеристики
3. Принципы нормирования и нормируемые параметры
4. Требования к световой среде
  - 4.1. Естественное освещение
  - 4.2. Искусственное освещение
  - 4.3. Совмещенное освещение
  - 4.4. Показатели качества световой среды
5. Оценка условий труда по показателям световой среды
6. Обеспечение требований к световой среде. Осветительные приборы

# Принципы нормирования

**ПРОБЛЕМА:** Уровень зрительного восприятия окружающей обстановки определяется **яркостью** рабочих поверхностей и всего поля зрения. Однако, в поле зрения находятся поверхности с различными яркостями. При нормировании по яркости пришлось бы устанавливать освещенность в зависимости от вида, цветности, отражающих свойств и т.п. материалов поверхности, что неудобно.



**РЕШЕНИЕ:** Во всем мире нормируется **освещенность** (с учетом отражающих свойств рабочих поверхностей)

**P.S.** Человек может читать текст и при 0,1 лк и при 50 000 лк  $\Rightarrow$  сложность нормирования



# Гигиенический подход к нормированию освещенности

- 4 При увеличении минимальной освещенности, при которой человек способен выполнять работу определенной сложности, утомляемость снижается, увеличивается скорость работы...
- 4 ...но до определенного предела...
- 4 ...после чего процесс пойдет в обратном направлении.

- 
- 
- 4 Освещенность, при которой общее и зрительное утомление не будет превышать установленных пределов, а работоспособность будет восстанавливаться без дополнительного отдыха - **ГИГИЕНИЧЕСКИЙ МИНИМУМ**
  - 4 Дальнейший рост освещенности: меньшая освещенность хуже, но и большая не лучше - **ОПТИМАЛЬНАЯ**.

---

---

## Р.С. ЭКОНОМИКА:

Увеличение освещенности  $\Rightarrow$  меньше брака  $\Rightarrow$   
больше производительность

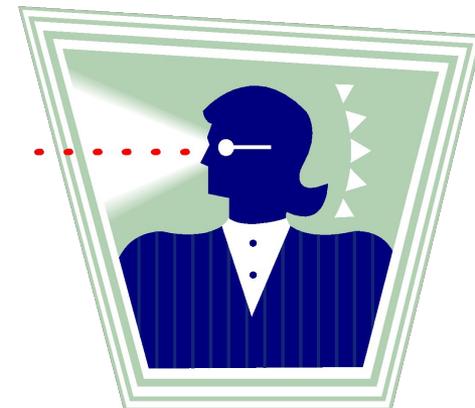
Увеличение освещенности  $\Rightarrow$  большие затраты  $\Rightarrow$   
механизация труда



# Характеристики зрительного процесса (1)

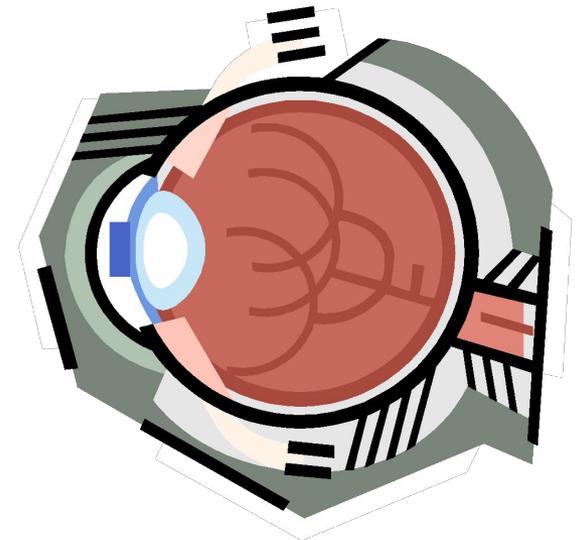
Всякое нормирование освещенности должно учитывать характеристики зрительного процесса:

- 4**точность работы** - наименьший линейный (или угловой) размер с учетом расстояния, с которого этот размер рассматривается;
- 4**коэффициент отражения фона** на котором детали различаются - параметр, определяющий яркость объекта при данной освещенности;
- 4**контраст между деталями и фоном**;
- 4**необходимость поиска деталей** (при неопределенности места их появления) и **наличие посторонних, отвлекающих деталей**;
- 4**подвижность рабочей поверхности**;
- 4**относительная длительность зрительного напряжения** в продолжении всего рабочего времени



Дополнительно можно (или следует) учитывать:

1. Нахождение в рабочей зоне оборудования повышенной опасности (например, режущий инструмент, движущие части);
2. Наличие в поле зрения элементов с самосветящимися поверхностями;
3. Специфичные, повышенные или усиленные санитарно-гигиенические требования к выполняемой работе;
4. Дефицит естественного освещения;
5. Возраст всех работающих и находящихся в помещении.



## НОРМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

1. Составление значений освещенности для конкретно названных рабочих мест и помещений

+

4 Наилучше полно учитываются все индивидуальные особенности конкретного рабочего места

-

4 Видов рабочих мест и помещений значительное количество, необходимо большое количество исследований

2. Составление таблиц, где освещенность является функцией признаков, характеризующих зрительный процесс

+

4 Компактные и универсальные таблицы с нормами

-

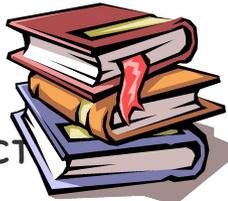
4 Не учитываются индивидуальные особенности конкретного рабочего места

**ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ОБА ПОДХОДА**



# Нормативные документы

- 4СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»
  - 4СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»
  - 4ГОСТ 12.1.046-2014 «Система стандартов безопасности труда. Строительство. Нормы освещения строительных площадок»
- 
- 4МУ 2.2.4.706-98/ МУ ОТ РМ 01-98 «Оценка освещения рабочих мест»
  - 4ГОСТ Р 54944-2012 «Здания и сооружения. Методы измерения освещенности»
  - 4ГОСТ 26824-2010 «Здания и сооружения. Методы измерения яркости»
  - 4ГОСТ Р 50923-96 «Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования к производственной среде. Методы измерений»
  - 4ГОСТ 12491-67 «Приборы электроннолучевые приемные. Метод измерения яркости свечения экранов»
  - 4ГОСТ 16755-71 «Приборы электроннолучевые приемные. Метод измерения неравномерности яркости свечения экрана»





# Нормируемые параметры

Основными показателями, характеризующими световую среду на рабочем месте, являются:

- 4коэффициент естественной освещенности;
- 4освещенность рабочей поверхности, лк;
- 4коэффициент пульсации освещенности, % (характеризует изменение яркости освещения) - измеряется.

Дополнительными показателями, характеризующими световую среду на рабочем месте, являются:

- 4освещенность рабочей поверхности в аварийном режиме (при необходимости продолжения работы), лк;
- 4показатель ослепленности (характеристика слепящего действия осветительных установок) - оценивается расчетным путем;
- 4отраженная блескость (характеристика отражения светового потока от рабочей поверхности в направлении глаз работающего) - оценивается измерением яркости рабочей поверхности;
- 4неравномерность распределения яркости (показатель дискомфорта) - характеризует неравномерное распределение яркостей в поле зрения, оценивается расчетным путем или измеряется;



# СВЕТОВАЯ СРЕДА

1. Свет. Светотехнические параметры. Характеристики светотехнических величин и единицы измерения
2. Виды и системы производственного освещения. Естественное, совмещённое и искусственное освещение, виды, характеристики
3. Принципы нормирования и нормируемые параметры
4. Требования к световой среде
  - 4.1. Естественное освещение
  - 4.2. Искусственное освещение
  - 4.3. Совмещенное освещение
  - 4.4. Показатели качества световой среды
5. Оценка условий труда по показателям световой среды
6. Обеспечение требований к световой среде. Осветительные приборы



# Требования к световой среде

Требования к световой среде устанавливаются в зависимости от:

## 41. Назначения (типа) помещения

4СНиП 23-05-95: помещения промышленных предприятий, места производства работ вне зданий, площадки промышленных и сельскохозяйственных предприятий, помещения жилых, общественных и административно-бытовых зданий, железнодорожные пути, наружное освещение городов, поселков и сельских населенных пунктов.

4СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03: жилые и общественные здания в городах, поселках и сельских населенных пунктах

4ГОСТ 12.1.046-2014: на строительных площадках, в местах производства строительных и монтажных работ внутри зданий

## 42. Разряда зрительных работ (размера (минимального, углового или эквивалентного) объекта различения);

## 43. Подразряда зрительных работ, который определяется:

43.1 Контрастностью объекта с фоном;

43.2 Характеристиками фона;

## 44. Вида освещения (общее или комбинированное);

## 45. Типа источника света: лампы накаливания или газоразрядные (для газоразрядных ламп нормы освещенности задаются выше).

## 41. Производственные помещения

4Разряды (I-VIII) в зависимости от **размера объекта различения** (рассматриваемого предмета, отдельной его части или дефекта, которые требуется различать в процессе работы).

4Подразряды (а-г) в зависимости от в зависимости от **контраста объекта различения** (малый, средний, большой) и **характеристики фона** (светлый, средний, темный).



## 42. Жилые и общественные здания

4Разряды (А - 3)

4Подразряды (1-2) в зависимости от продолжительности зрительной работы



# Размер объекта различения

- 4 При расположении объектов различения на расстоянии не более 0,5 м от глаз работающего учитываются наименьшие размеры объекта различения;
- 4 При расстоянии от объекта различения до глаз работающего более 0,5 м разряд зрительных работ следует устанавливать с учетом **углового размера объекта различения** (определяется по таблице в СНиП 23-05-95);
- 4 Для протяженных объектов различения, имеющих длину, превышающую двойную ширину объекта, разряд зрительных работ определяется по **эквивалентному размеру объекта различения** (определяется по таблице в СНиП 23-05-95).



# Контраст объекта с фоном (повторение)

**КОНТРАСТ ОБЪЕКТА С ФОНОМ (яркостной, не цветовой):** отношение разности яркости объекта различения и яркости фона к яркости, имеющей большее значение (при значениях  $K > 0,5$  контраст считается большим, при  $0,2 < K < 0,5$  - средним, и при  $K < 0,2$  - малым, при  $K = 0$  объект и фон могут быть различимы только по цвету):

$$K = \frac{L_{\text{фона}} - L_{\text{объекта}}}{L_{\text{фона}}}$$

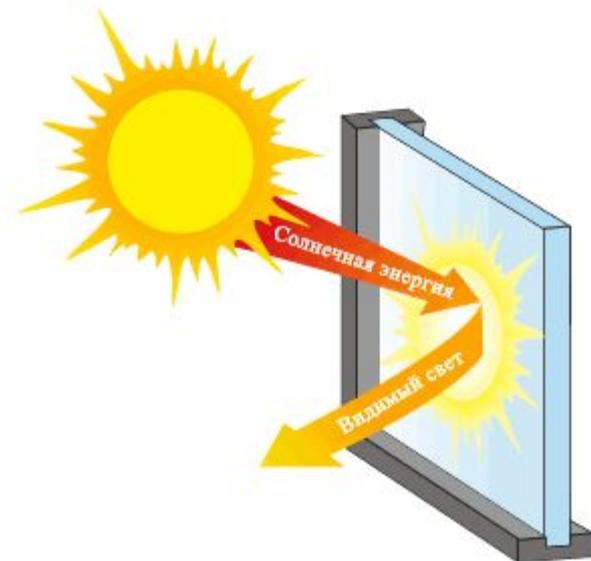
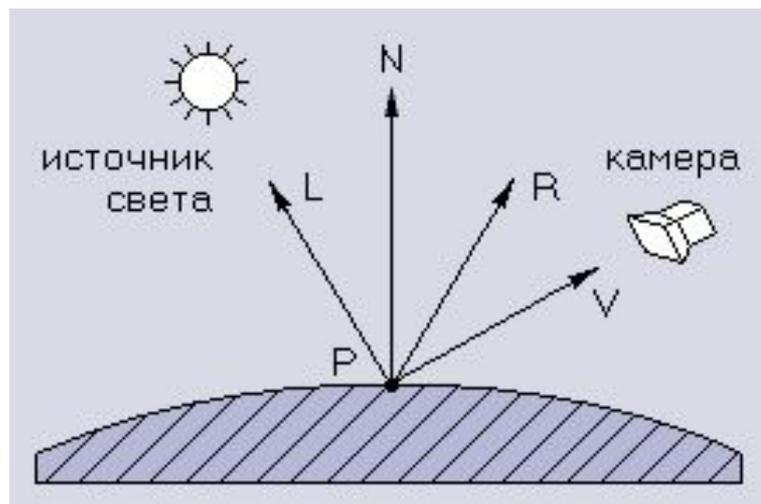
или

$$K = \frac{L_{\text{объекта}} - L_{\text{фона}}}{L_{\text{объекта}}}$$



- 4 **КОЭФФИЦИЕНТ ОТРАЖЕНИЯ** - отношение отраженного светового потока к падающему.
- 4 **ФОН** - поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения на которой он рассматривается (при значениях  $p > 0,4$  фон считается **светлым**, при  $0,2 < p < 0,4$  - **средним** и при  $p < 0,2$  - **темным**):

$$p = \frac{F_{отр}}{F_{пад}}$$





# СВЕТОВАЯ СРЕДА

1. Свет. Светотехнические параметры. Характеристики светотехнических величин и единицы измерения
2. Виды и системы производственного освещения. Естественное, совмещённое и искусственное освещение, виды, характеристики
3. Принципы нормирования и нормируемые параметры
4. Требования к световой среде
  - 4.1. Естественное освещение
  - 4.2. Искусственное освещение
  - 4.3. Совмещенное освещение
  - 4.4. Показатели качества световой среды
5. Оценка условий труда по показателям световой среды
6. Обеспечение требований к световой среде. Осветительные приборы

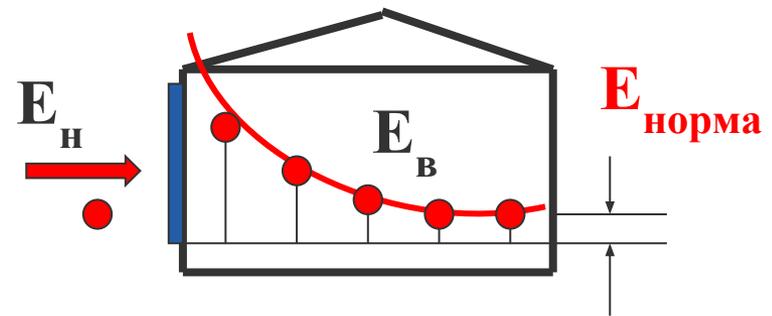
# Коэффициент естественного освещения (КЕО) (1)

По естественному освещению нормируется не освещенность, не яркость, а некоторая относительная величина -

**4 Коэффициент естественного освещения:** отношение освещенности от естественного света в данной точке и в данный момент времени к освещенности в в тот же момент времени вне здания на уровне земной поверхности под полностью открытым небосводом, выраженное в процентах.

$$e = \frac{E_B}{E_H} \cdot 100\%$$

4 Нормируется значение КЕО в **характерном разрезе помещения** для точек, лежащих на **(условной) рабочей поверхности** (*подробнее в СНиП 23-05-95*). С нормой сравнивается минимальное значение.



4 Основной показатель выбора нормы КЕО - разряд зрительной работы

4 Нормативное значение определяется по формуле

$m$  - коэффициент светового климата административных районов  
(Пермский край :  $m=1$ )

$$e = e_{н} \cdot m$$



# СВЕТОВАЯ СРЕДА

1. Свет. Светотехнические параметры. Характеристики светотехнических величин и единицы измерения
2. Виды и системы производственного освещения. Естественное, совмещённое и искусственное освещение, виды, характеристики
3. Принципы нормирования и нормируемые параметры
4. Требования к световой среде
  - 4.1. Естественное освещение
  - 4.2. Искусственное освещение
  - 4.3. Совмещенное освещение
  - 4.4. Показатели качества световой среды
5. Оценка условий труда по показателям световой среды
6. Обеспечение требований к световой среде. Осветительные приборы



# Освещенность

Нормативные значения освещенности даются в точках минимального значения на рабочих поверхностях внутри помещения для разрядов (подразрядов) зрительных работ

**4Шкала освещенности:** 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3;4; 5; 6; 7; 10; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 4500; 5000.

## Производственные помещения:

4Освещенность дана для разрядных источников света

4В зависимости от применяемых источников света, наличие системы общего освещения и др. нормативное значение повышается или понижается на одну-две ступени шкалы,

## Площадки предприятий и места производства работ вне зданий:

4Разряды работ - IX—XIV в зависимости от размера объекта различения и расстояния до этого объекта.

4Нормируется освещенность рабочих поверхностей, минимальная освещенность на уровне земли или дорожных покрытий.

## Производственные помещения:

4 Измерения яркости рабочей поверхности проводят:

- при работах разрядов Iв, IIв если площадь рабочей поверхности  $> 0,1 \text{ м}^2$  и коэффициент ее отражения  $> 0,5$ ;
- при существенном превышении уровня освещенности относительно нормируемого;
- при наличии жалоб на повышенную яркость;
- при наличии поверхностей с направленно-рассеянным отражением (блестящих);
- при выполнении работ «на просвет»;
- при работах с экранами визуального наблюдения (для соотношения яркостей в поле зрения).

Площадь рабочей поверхности, $\text{м}^2$	Наибольшая допустимая яркость, $\text{кд}/\text{м}^2$
Менее 0,0001	2000
От 0,0001 до 0,001	1500
« 0,001 « 0,01	1000
« 0,01 « 0,1	750
Более 0,1	500



# СВЕТОВАЯ СРЕДА

1. Свет. Светотехнические параметры. Характеристики светотехнических величин и единицы измерения
2. Виды и системы производственного освещения. Естественное, совмещённое и искусственное освещение, виды, характеристики
3. Принципы нормирования и нормируемые параметры
4. Требования к световой среде
  - 4.1. Естественное освещение
  - 4.2. Искусственное освещение
  - 4.3. Совмещенное освещение
  - 4.4. Показатели качества световой среды
5. Оценка условий труда по показателям световой среды
6. Обеспечение требований к световой среде. Осветительные приборы



# Нормирование совмещенного освещения

4 Отдельно задается минимальное значение КЕО для разрядов зрительных работ:

Разряд зрительных работ	Наименьшее нормированное значение КЕО, $e_n$ , % при совмещенном освещении	
	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
I	3	1,2
II	2,5	1
III	2	0,7
IV	1,5	0,5
V и VII	1	0,3
VI	0,7	0,2

4 Отдельно задается освещенность производственных помещений от системы искусственного освещения при совмещенном освещении (наименьшая и наибольшая);

4 Отдельно задается освещенность производственных помещений от светильников общего освещения при совмещенном освещении.



# СВЕТОВАЯ СРЕДА

1. Свет. Светотехнические параметры. Характеристики светотехнических величин и единицы измерения
2. Виды и системы производственного освещения. Естественное, совмещённое и искусственное освещение, виды, характеристики
3. Принципы нормирования и нормируемые параметры
4. Требования к световой среде
  - 4.1. Естественное освещение
  - 4.2. Искусственное освещение
  - 4.3. Совмещенное освещение
  - 4.4. Показатели качества световой среды
5. Оценка условий труда по показателям световой среды
6. Обеспечение требований к световой среде. Осветительные приборы

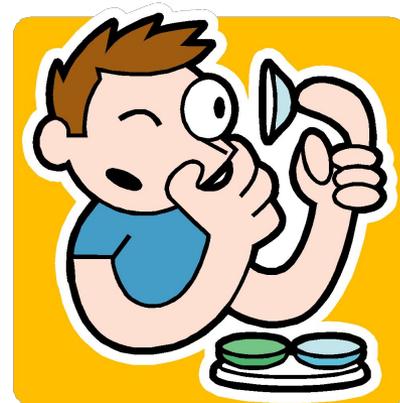
# Показатели ослепленности и дискомфорта

## Производственные помещения:

- 4 Показатель ослепленности регламентируется только для общего освещения (при любой системе освещения).
- 4 Показатель ослепленности не регламентируется для помещений, длина которых не превышает двойной высоты подвеса светильников над полом, а также для помещений с временным пребыванием людей и для площадок, предназначенных для прохода или обслуживания оборудования.

## Помещения общественных, жилых и вспомогательных зданий:

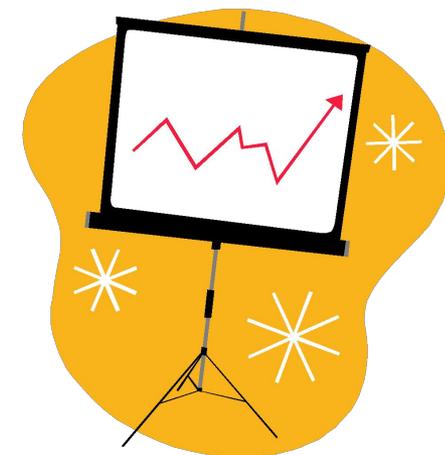
- 4 Показатель дискомфорта не ограничивается для помещений, длина которых не превышает двойной высоты установки светильников над полом.



# Коэффициент пульсаций

## Производственные помещения:

- 4 Коэффициент пульсации  $K_p$  указан для системы общего освещения или для светильников местного освещения при системе комбинированного освещения.
- 4  $K_p$  от общего освещения в системе комбинированного не должен превышать 20 %.
- 4  $K_p$  при принятии в качестве нормативных наименьшие нормированные значения КЕО при совмещенном освещении для разряда зрительных работ I—III не должен превышать 10%.
- 4 Особое внимание должно быть уделено тем рабочим местам, где в поле зрения работающего имеются быстро движущиеся или вращающиеся предметы, то есть возможно появление стробоскопического эффекта.
- 4 Коэффициент пульсации не ограничивается при частоте питания 300 Гц и более, а также для помещений с периодическим пребыванием людей при отсутствии в них условий для возникновения стробоскопического эффекта.





# СВЕТОВАЯ СРЕДА

1. Свет. Светотехнические параметры. Характеристики светотехнических величин и единицы измерения
2. Виды и системы производственного освещения. Естественное, совмещённое и искусственное освещение, виды, характеристики
3. Принципы нормирования и нормируемые параметры
4. Требования к световой среде
  - 4.1. Естественное освещение
  - 4.2. Искусственное освещение
  - 4.3. Совмещенное освещение
  - 4.4. Показатели качества световой среды
5. Оценка условий труда по показателям световой среды
6. Обеспечение требований к световой среде. Осветительные приборы

Фактор, показатель	Класс условий труда		
	допустимый	вредный - 3	
		1 степени	2 степени
	2	3.1	3.2
<i>Искусственное освещение:*</i>			
Освещенность рабочей поверхности E, лк	E <sub>н</sub>	≥ 0,5E <sub>н</sub>	< 0,5E <sub>н</sub>

При работе на открытой территории только в дневное время суток условия труда на рабочем месте по показателю освещенности рабочей поверхности признаются допустимыми условиями труда.

**ВНИМАНИЕ!!!** В Методике СОУТ нормативные значения принимаются в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению **ЖИЛЫХ** и **общественных** зданий».

**Как оценить в ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ???**



Если рабочее место расположено в нескольких зонах (в помещениях, на участках, на открытой территории и т.п.):

- вначале каждой из  $n$  зон пребывания присваивается класс условий труда по освещенности рабочих поверхностей;
  - по хронометражу (фотографиям рабочего дня) определяется относительное время работы (в долях единицы) в каждой из зон;
  - классам условий труда формально присваиваются следующие баллы: класс 2—0 баллов; класс 3.1—1 балл; класс 3.2—2 балла;
- определяется суммарное значение баллов путем умножения относительного времени пребывания в каждой зоне  $t_i$  на баллы, соответствующие классу условий труда  $UT_i$  в данной зоне, и суммирования полученных произведений:

$$UT = UT_1 \times t_1 + UT_2 \times t_2 + UT_3 \times t_3 + \dots + UT_n \times t_n$$

- окончательная оценка условий освещения производится на основании рассчитанной суммы баллов ( $UT$ ) следующим образом:
  - класс 2, если  $0 \leq UT < 0,5$ ;
  - класс 3.1, если  $0,5 \leq UT < 1,5$ ;
  - класс 3.2, если  $1,5 \leq UT < 2,0$ .





# СВЕТОВАЯ СРЕДА

1. Свет. Светотехнические параметры. Характеристики светотехнических величин и единицы измерения
2. Виды и системы производственного освещения. Естественное, совмещённое и искусственное освещение, виды, характеристики
3. Принципы нормирования и нормируемые параметры
4. Требования к световой среде
  - 4.1. Естественное освещение
  - 4.2. Искусственное освещение
  - 4.3. Совмещенное освещение
  - 4.4. Показатели качества световой среды
5. Оценка условий труда по показателям световой среды
6. Обеспечение требований к световой среде. Осветительные приборы

Показатели и параметры источников света:

4Световой поток лампы (лм) и световая отдача (экономичность) (лм/Вт) - световой поток излучаемый единицей мощности;

4Срок службы ламп;

4Единичная мощность источников света (в светильниках);

4Цветность излучения;

4а также:

4способ включения в электрическую сеть;

4род питающего тока и напряжение питания - мощность;

4Способность лампы быстро загораться;

4Влияние на световые характеристики колебаний напряжения;

4Рабочий диапазон температур (световая отдача и работоспособности лампы);

4Конструктивные параметры (форма колбы лампы, тела накала; наличие и состав газа, заполняющего колбу).



Лампы накаливания

Газоразрядные и люминисцентные лампы



## Лампы накаливания (ЛН)

Свечение возникает в результате нагрева вольфрамовой нити до высокой температуры.

**Типы ламп:** НВ - накаливания вакуумная.

НГ - накаливания газонаполненная.

НБ - накаливания биспиральная.

**Преимущества ЛН:** малые габариты, простота включения, нечувствительность к внешней температуре.

**Недостатки ЛН:** низкая световая отдача ( 7-20 лм/Вт), небольшой срок службы (1000 ч), восприимчивость к изменению напряжения, преобладание в спектре излучения красно-жёлтых тонов.



## Галогенные лампы накаливания

Наличие в колбе паров йода повышает температуру накала спирали; образующиеся пары вольфрама соединяются с йодом и вновь оседают на вольфрамовую спираль, препятствуя распылению вольфрамовой нити.

Преимущества галогенных ламп: более высокая, чем у ламп накаливания световая отдача (до 40 лм/Вт), срок службы 3000 ч, спектр излучения близок к естественному.



## Газоразрядные лампы

Излучают свет в результате электрических разрядов в парах газов. Слой люминофора преобразует электрические разряды в видимый свет. Различают газоразрядные лампы низкого (люминесцентные) и высокого давления.

**Марки ламп:** ЛБ - лампа белого света, ЛД - лампа дневного света, ЛТБ - лампа тёпло-белого света, ЛХБ - лампа холодного света, ЛДЦ - лампа с улучшенной цветопередачей.

**Преимущества ЛЛ:** значительная световая отдача (40-80 лм/Вт), большой срок службы (8000 ч), спектр излучения близок к естественному свету.

**Недостатки ЛЛ:** большие габариты, чувствительность к низкой температуре, пульсация светового потока, высокая стоимость.

### Газоразрядные лампы высокого давления

**Марки ламп:** ДРЛ - дуговая ртутная люминесцентная, ДКсТ - дуговая ксеноновая трубчатая, ДНаТ - дуговая натриевая трубчатая.

**Преимущества:** эти лампы работают при любой температуре.

**Применение:** для открытых площадок и в высоких помещениях.

# Сравнительные характеристики (1)

Показатели	Виды ламп		
	Лампы накаливания	Газоразрядные	Газоразрядные Люминесцентные
Световая отдача (лм/Вт)	7 - 22 (много на нагрев)	40-120	65-75
Срок службы (часов)	1000-2000 (уменьшается при переключениях)	2000-10000	5000-10000
Единичные мощности (Вт)	15 - 1500	250, 400, 700, 1000, 2000	40, 65, 80, 150
Цветность излучения	Желто-красная, мало сине-зелёных, нет ультрафиолетового	Более качественная	Можно менять, есть ультрафиолетовое, но мало
Способ включения в электрическую цепь	Прост; без дополнительных устройств; затраты ниже	Сложнее; дороже монтаж; затраты выше	Сложнее; дороже монтаж; затраты выше
Ток питания (пост. или переменный)	Постоянный или переменный	Переменный	Переменный
Быстрота загорания (мин.)	Сразу	Минуты	Чуть медленнее



# Сравнительные характеристики (2)

Показатели	Виды ламп		
	Лампы накаливания	Газоразрядные	Газоразрядные Люминесцентные
Геометрические размеры (при одной мощности)	Меньше	Больше (ув. затраты)	Больше (ув. затраты)
Зависимость от температуры среды	Почти полная не зависимость	Наиб. поток при 20-25 ° ; при +10 ° гаснет и не загорается	Наиб. поток при 20-25 ° ; при +10 ° гаснет и не загорается
Эффект старения	К концу срока службы на 15% меньше; стабильность освещения	К концу срока службы на 46% меньше; не стабильность освещения	К концу срока службы на 46% меньше; не стабильность освещения
Влияние колебаний напряжения	Сохранение работоспособности при малых напряжениях. (напряжение на 1% - световой поток на 4%). Удобны в аварийных ситуациях (напр.: скачки напряжения)	При малых напряжениях гаснет и не включается. Создают эл. Колебания и радиопомехи. Пульсация светового потока	При малых напряжениях гаснет и не включается. Создают эл. Колебания и радиопомехи. Пульсация светового потока



# Осветительные приборы

Осветительные приборы включают источник света и арматуру. Их делят на **светильники** и **прожекторы**.

Характеристики светильников: 1 - кривые распределения силы света; 2 - защитный угол (от ослепления), 3 - КПД светильника, как отношение светового потока светильника к световому потоку источника света.

## По распределению светового потока светильники делят:

- прямого света;
- преимущественно прямого света;
- рассеянного света;
- отражённого света.

## По исполнению светильники делят:

- открытые;
- защищённые;
- брызгозащищённые;
- взрывозащищённые и др.



# Задачи при расчете освещения

Проектируя осветительную установку, необходимо решать следующие вопросы:

1. Выбор типа источника света. Рекомендуется применять газоразрядные лампы, а для помещений, где температура воздуха может быть менее  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , следует отдавать предпочтение лампам накаливания.
2. Выбор системы освещения. Более экономичной является система комбинированного освещения, но в гигиеническом отношении система общего освещения более совершенна.
3. Выбор типа светильника с учётом загрязнённости воздушной среды, распределения яркостей и с требованиями взрыво- и пожаробезопасности.

*Задачей расчёта естественного освещения является выбор площади световых проёмов, а искусственного - суммарная электрическая мощность, количество и место расположения источников света.*



# Методы расчета освещения

*В светотехнике применяются следующие методы:*

## *1. Метод коэффициента использования светового потока*

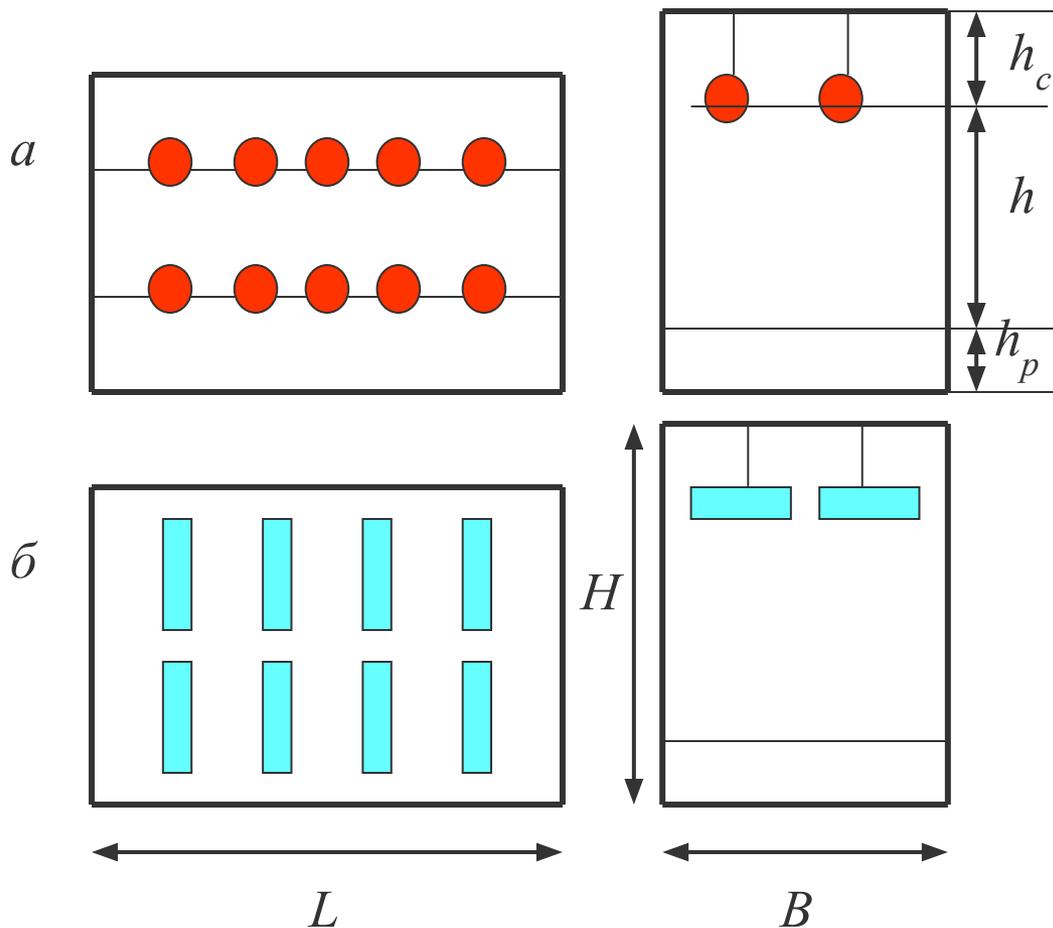
Метод применяется для расчёта общего освещения.

## *2. Метод расчёта по силе света (точечный метод)*

Метод применяют для расчёта местного освещения, освещения наклонных поверхностей, наружного освещения.

*Он также может быть использован для расчёта общего освещения, особенно при светильниках прямого света.*

# Расчетная схема при проектировании системы общего освещения



$L$  - длина,  $B$  - ширина,  
 $H$  - высота помещения  
 $h$  - высота подвеса  
 светильников;  
 $h_p$  - высота от пола до  
 рабочей поверхности;  
 $h_c$  - высота от потолка  
 до светильников, м.

Расчётная схема при проектировании системы общего освещения методом коэффициента использования светового потока

$a$  - лампы накаливания;  $b$  - люминесцентные лампы.



# Метод коэффициента использования светового потока

При установке ламп определяют требуемый световой поток  $\Phi$  (лм) лампы, чтобы обеспечить норму  $E_{\text{нор}}$  (лк).

$$\Phi = \frac{Z K_3 S E_{\text{нор}}}{n \eta},$$

где  $Z$  - коэффициент неравномерности освещения (1,1-1,2);

$K_3$  - коэффициент запаса, который учитывает старение лампы и запылённость (1,3-1,5);

$S$  - площадь освещаемой поверхности, м<sup>2</sup>;

$n$  - количество ламп, которое задаётся;

$\eta$  - коэффициент использования светового потока равный отношению полезного светового потока к суммарному ; зависит от индекса помещения, коэффициентов отражения света и от типа светильника.

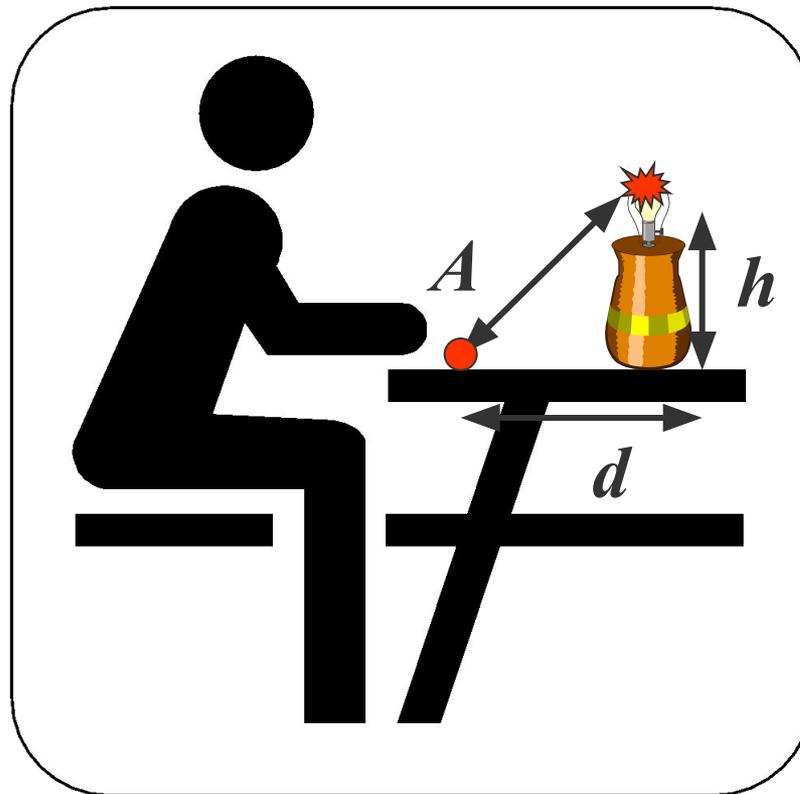


Схема для расчёта местного освещения точечным методом

$A$  - расчётная точка;

$d$  - размер по горизонтали, м;

$h$  - размер по вертикали, м.

Copyright К.А. Черный, 2017 г.

# Точечный метод расчета освещения

Необходимый световой поток лампы  $\Phi$  (лм)

$$\Phi = \frac{1000 K_z E_{\text{нор}}}{\mu \sum E_{\text{усл.}}},$$

где  $\mu$  - коэффициент по учёту отражённого света (1,1);

$\sum E_{\text{усл}}$  - суммарная условная освещённость

Условной освещённостью называется освещённость, создаваемая светильником с лампой  $\Phi = 1000$  лм.

Условная освещённость для светильников определяется по графикам пространственных изолюкс

