

ОСНОВЫ СВЕТОТЕХНИКИ

Естественное освещение

Инсоляция, искусственное
освещение

Световая среда

- *Световая среда* формируется сочетанием естественного и искусственного освещения.
- *Свет* – излучение оптической области спектра, вызывающее зрительные реакции.
- Световое ощущение – психо-физиологическое явление.
- Оптический диапазон длин волны от 400 нм до 750 нм.
- Монохроматическое излучение – однородное излучение в узкой области частот или длин волн, которое определяется одним значением частоты и воспринимается глазом как свет разного цвета.

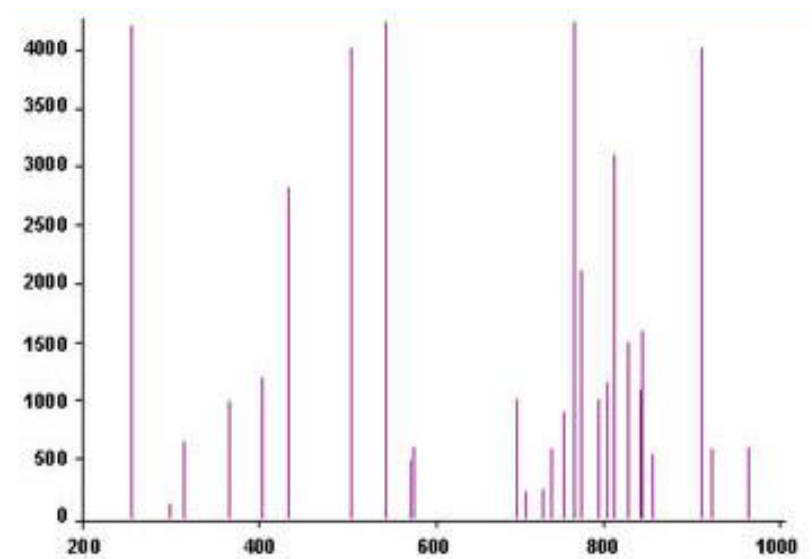
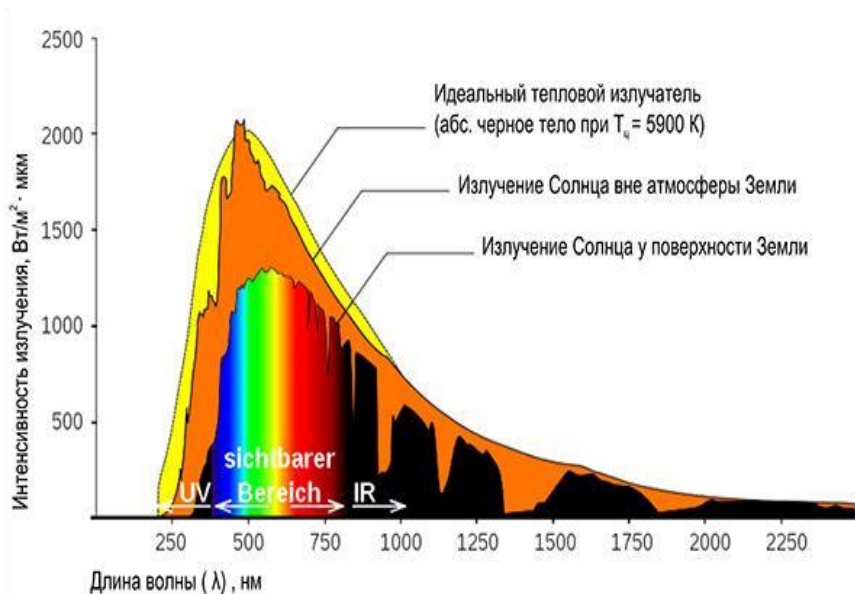
Световая среда

- **Видимое излучение** одинаковой мощности (совокупность монохроматических излучений) воспринимаются глазом как **белый свет**.
- **Дневной свет** – сплошное и равномерное излучение на всем видимом участке спектра.
- **Цвет** – особенность зрительного восприятия, позволяющая наблюдателю распознавать излучения, различающиеся по спектральному составу.
- **Психофизические характеристики цвета:**
 - Цветовой тон, яркость, насыщенность.
 - Цветовой тон + Насыщенность = Цветность

Световая среда

Спектры излучения

- **Сплошной спектр** **Линейчатый спектр**



Световая среда

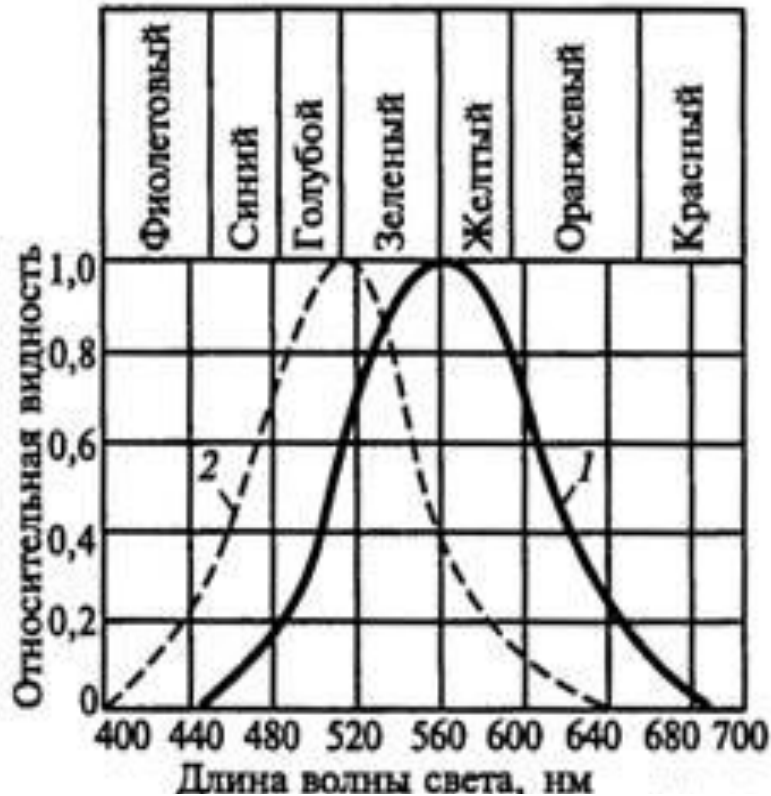
Основные законы и единицы измерения

- Количество энергии, излучаемой точечным источником в секунду, называется *поток*ом,
$$P = \frac{dW}{dt}$$
- *Единица измерения энергетического потока* –
1 Вт = 1 Дж/с
- Плотность потока излучения – количество энергии, переносимой через единицу поверхности за единицу времени.
- *Единица измерения* – 1 Вт/м²
$$j = \frac{dF}{dS}$$
- Чувствительность глаза не одинакова к различным длинам волн - вводится понятие светового потока.

Световая среда

- Для выражения действия лучистой энергии на глаз, вводятся **световые величины**.
- Световые единицы по своей природе являются физико-психофизиологическими, используются только для видимого света
- **Световой поток**
$$\Phi = 683 \int \Phi_{\lambda} d\lambda$$
- 1 Вт лучистого потока при длине волны 555 нм соответствует световому ощущению равному 683 люмена
- Единица светового потока - люмен. (1 лм)

Световая среда



- Наибольшая чувствительность глаза к желто-зеленым лучам ≈ 500 нм
- Кривая относительной видимости — отношение зрительного восприятия при данной длине волны к максимальной чувствительности

$$\Phi = 683 \cdot \kappa \int \Phi_{\lambda} d\lambda$$

Светотехнические величины

- **Освещенность:** *1 люкс* – освещенность такой поверхности, на каждый квадратный метр которой равномерно падает поток в *1 лм*.
- **Светимость R:** за единицу светимости принимают светимость такой поверхности, которая излучает с 1 м^2 световой поток, равный *1 лм*. Поверхностная плотность излучаемого потока, $\text{лм}/\text{м}^2$ (световая характеристика)
- **Яркость В:** за единицу яркости принята яркость такой плоской поверхности, которая в перпендикулярном направлении излучает силу света *1 кд* с 1 м^2 . Характеризует светящуюся поверхность в заданном направлении, $\text{кд}/\text{м}^2$

Сопоставление энергетических и СВЕТОВЫХ ЕДИНИЦ:

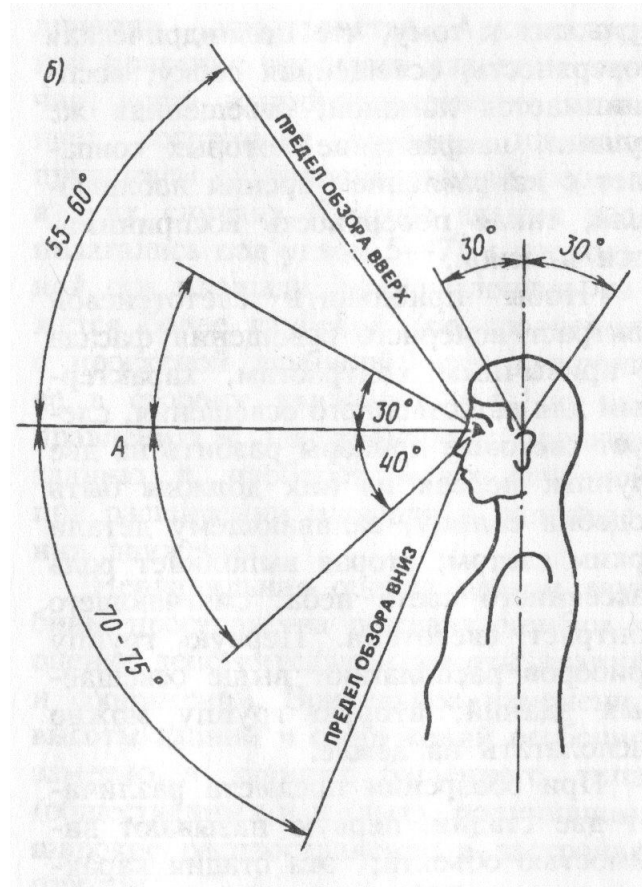
Энергетические		Световые	
Наименование и обозначение	Единицы измерения	Наименование и обозначение	Единицы измерения
ПОТОК ИЗЛУЧЕНИЯ	Вт	СВЕТОВОЙ ПОТОК	лм
энергетическая сила света	Вт/ср	сила света	кд
энергетическая освещенность	Вт/м ²	освещенность	лк
энергетическая светимость	Вт/м ²	светимость	Лм/м ²
энергетическая яркость	Вт/(ср м ²)	яркость	Кд/м ²

Светотехнические величины

Светящийся элемент	Яркость, кд/м ²
Облачное небо в зени те	
в полдень	7000—8000
Ясное небо в зените	
в полдень	2500—4000
Луна при полнолунии	2500
Пламя стеариновой свечи	5000—7500
Лампы ДРИ	
в светорассеивающей колбе	10^5
Ксеноновые лампы	$1,5 \cdot 10^6$ — $1,8 \cdot 10^9$
Солнце в зените	$1,5 \cdot 10^9$
Лампы накаливания	
(220 В, 100 Вт)	$(0,5—15) \cdot 10^6$
Люминесцентные лампы	5000—10000

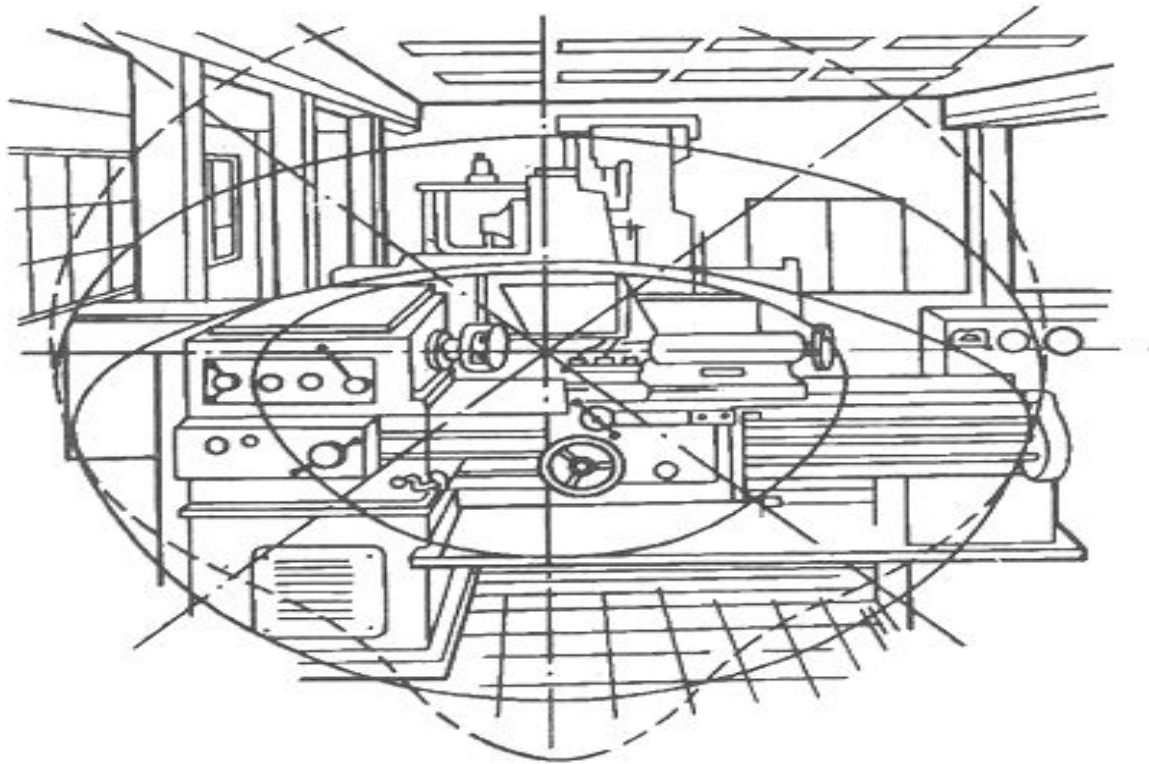
Световая среда

- Поле зрения человека при бинокулярном видении
- Углы зрения в вертикальной плоскости.



Световая среда

- Поле зрения человека при бинокулярном видении



Светотехнические ВЕЛИЧИНЫ

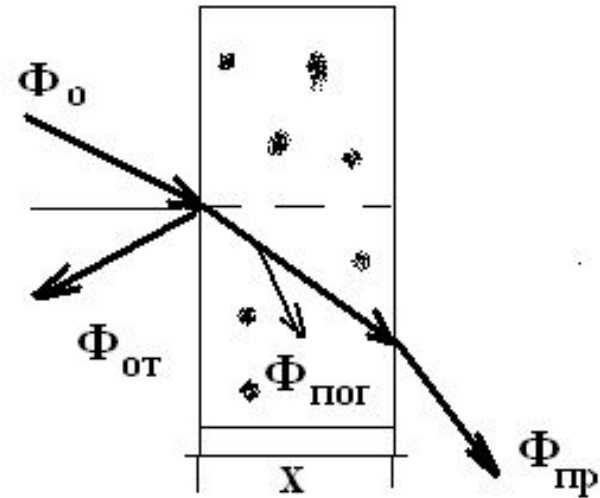
Световые свойства тел

$$\Phi_0 = \Phi_{от} + \Phi_{пог} + \Phi_{пр}$$

$$\rho = \frac{\Phi_{от}}{\Phi_0} \quad \tau = \frac{\Phi_{пр}}{\Phi_0} \quad \alpha = \frac{\Phi_{пог}}{\Phi_0}$$

$$1 = \rho + \tau + \alpha$$

$$\Phi = \Phi_0 \cdot e^{-\mu x}$$



Светотехнические величины

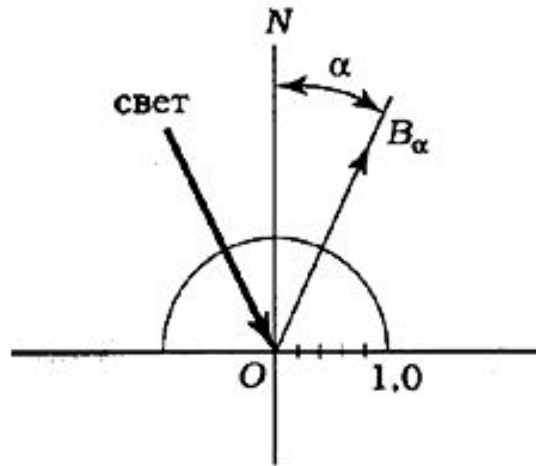
Значения коэффициентов
отражения, поглощения и пропускания

Оконное стекло	$\rho = 0,08$	$\alpha = 0,02$	$\tau = 0,9$
Молочное стекло (тонкая бумага)	$\rho = 0,45$	$\alpha = 0,15$	$\tau = 0,4$
Зеркало	$\rho = 0,85$	$\alpha = 0,15$	-

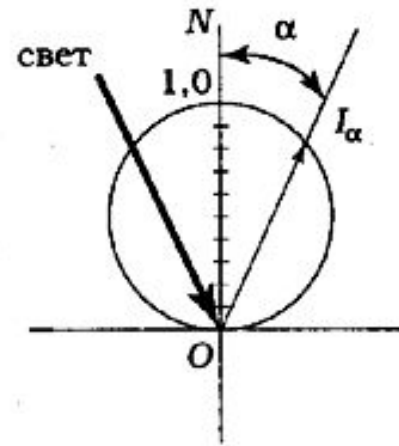
- Для поверхностей диффузно отражающих свет, коэффициент яркости равен коэффициенту отражения .

Индикатрисы СВЕТОНАСВЕЩЕНИЯ

а

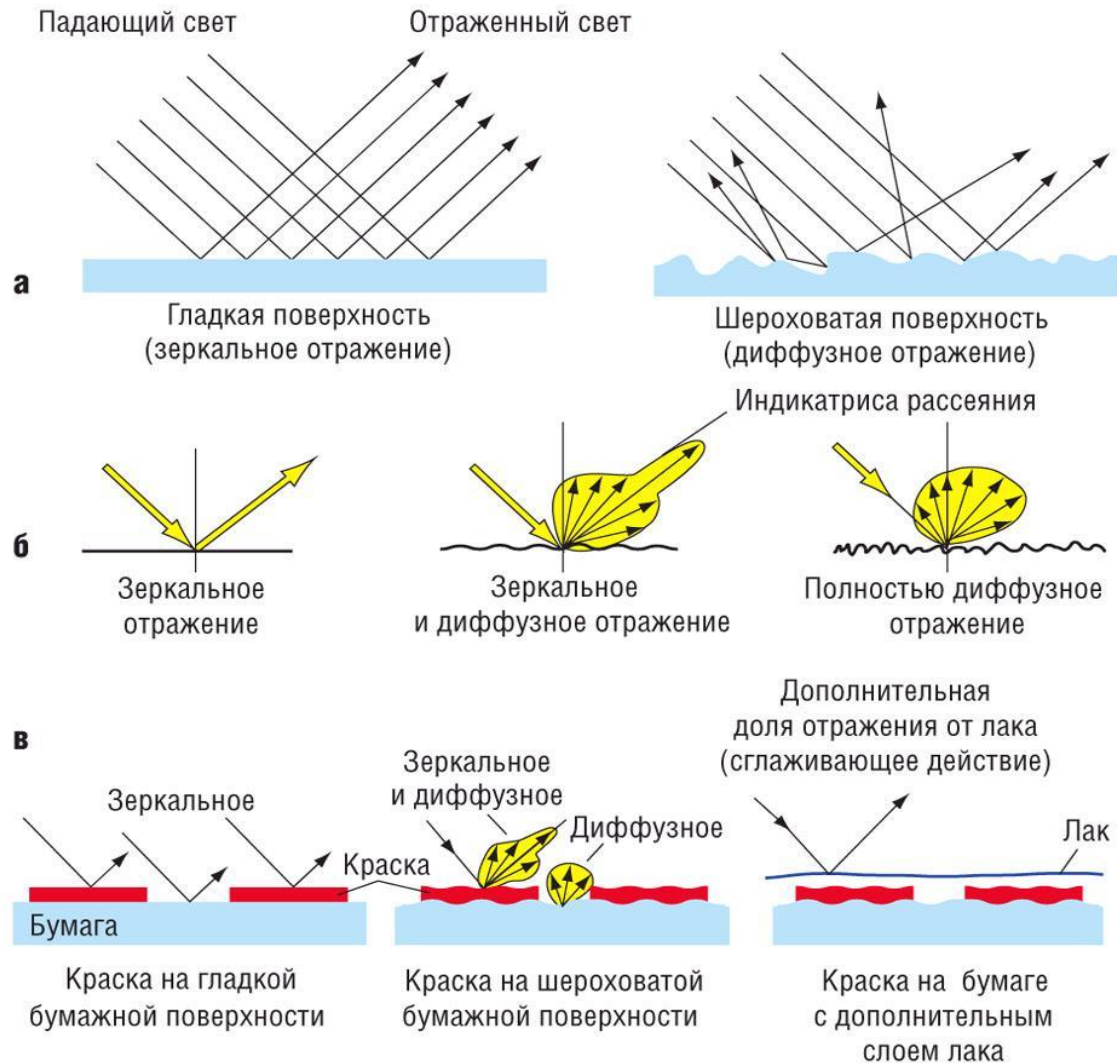


б



- индикатриса яркости (а) и индикатриса силы света (б) для идеального диффузора.
- Индикатриса яркости имеет форму половины окружности с центром в точке падения света О.
- Индикатриса силы света имеет форму окружности, касающейся поверхности в точке падения света О.

Светотехнические величины

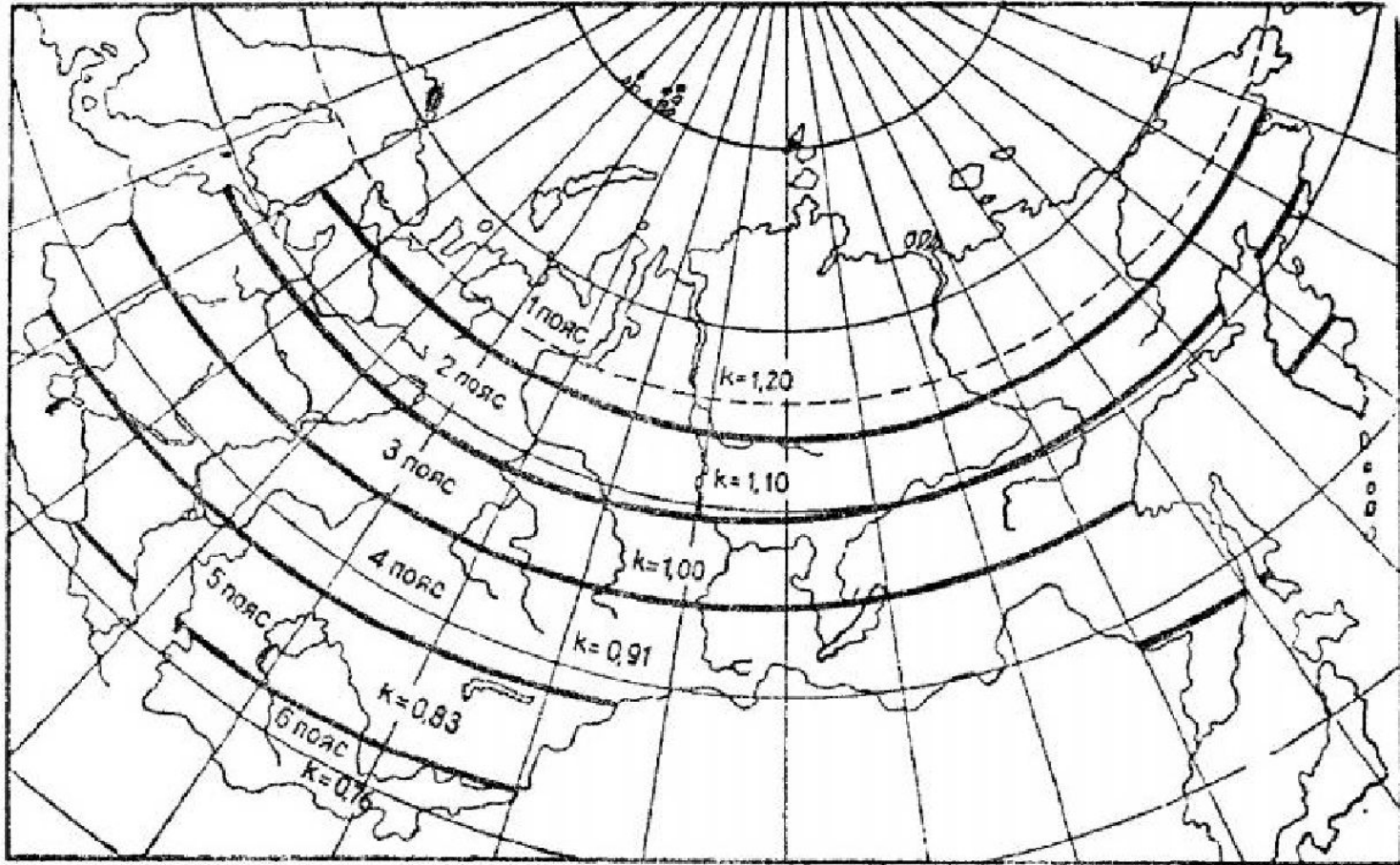


Ресурсы световой энергии

- Вблизи земной поверхности освещенность может превосходить 100000 лк. Основными компонентами дневной освещенности являются:
 - прямой свет от солнца ($E_{\text{п}}$);
 - рассеянный (диффузный) от неба ($E_{\text{н}}$);
 - отраженный от земли и окружающих зданий ($E_{\text{з}}$)
- Совокупность перечисленных компонентов определяет суммарную освещенность $E_{\text{с}}$:
- $E_{\text{с}}$ зависит от характера облачности, рассеивающей способности атмосферы, поверхности

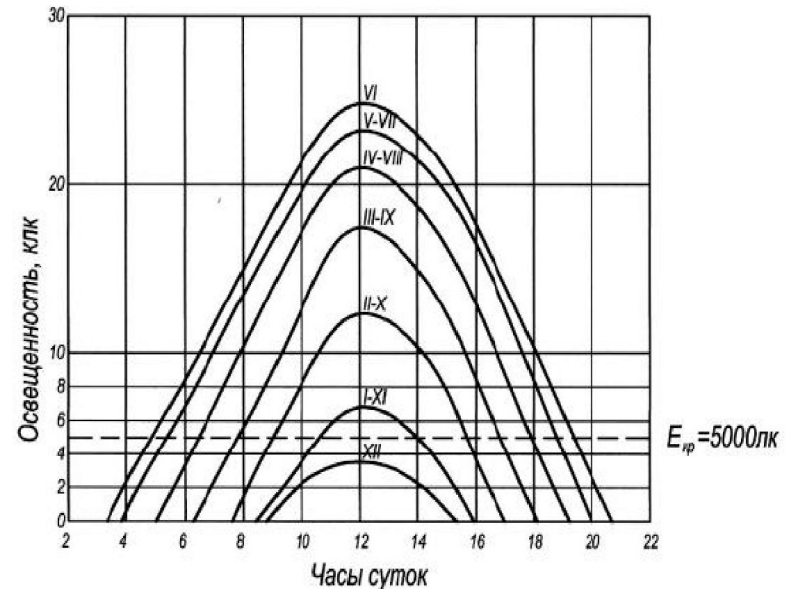
$$E_{\text{с}} = E_{\text{п}} + E_{\text{н}} + E_{\text{з}}$$

Нормирование естественного освещения



Нормирование естественного освещения

- По ресурсам светового климата территория делится на группы административных районов, каждый из которых характеризуется коэффициентом светового климата.
- Наиболее важной компонентой светового климата является диффузное освещение от неба



Наружная диффузная освещенность по месяцам и времени суток в Москве

Естественное освещение

$$KEO = \frac{E_{пом}}{E_{наруж}}$$

Основная характеристика
естественного освещения.
Измеряется в %

Нормирование естественного освещения

- Нормирование КЕО на уровень рабочей поверхности
- Уровень рабочей поверхности выбирается в зависимости от назначения помещений:
 - горизонтальные (уровень пола, рабочего стола)
 - вертикальные (музеи, картинные галереи и т.п.).
- Характер зрительной работы подразделяется на восемь разрядов в зависимости от размеров предмета различения (в мм).
- Первый разряд предусматривает самые высокие нормы освещенности, восьмой разряд–самые низкие.
- Точки помещения для нормирования:
 - середина помещения (двухстороннее освещение);
 - на расстоянии метра от наиболее удаленной от окна поверхности (одностороннее).

Нормирование естественного освещения

Нормативные значения КЕО следует определять по формуле:

$$e_N = e_H m_N,$$

N - номер административного района (по обеспеченности естественным светом)

e_H - нормативное значение КЕО в зависимости от назначения помещения и характера зрительной работы

m_N - коэффициент светового климата

Нормирование естественного освещения

Световые проемы	Ориентация световых проемов по сторонам горизонта	Коэффициент светового климата m_N				
		Номер группы административных районов				
		1	2	3	4	5
В наружных стенах зданий	С	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	СВ, СЗ	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	З, В	1	0,9	1,1	1,1	0,8
	ЮВ, ЮЗ	1	0,85	1	1,1	0,8
	Ю	1	0,85	1	1,1	0,75
В зенитных фонарях	—	1	0,9	1,2	1,2	0,75
<p>Примечание — С — северная; СВ — северо-восточная; СЗ — северо-западная; В — восточная; З — западная; Ю — южная; ЮВ — юго-восточная; ЮЗ — юго-западная ориентация.</p>						

Нормирование естественного освещения

По точности зрительной работы

Характеристика зрительной работы	Размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	к.е.о., %	
			при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	А	От 3,5 до 4,0	От 1,2 до 1,5
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	Б	От 2,5 до 3,0	От 0,7 до 1,0
Средней точности	Более 0,5	В	2,0	0,5

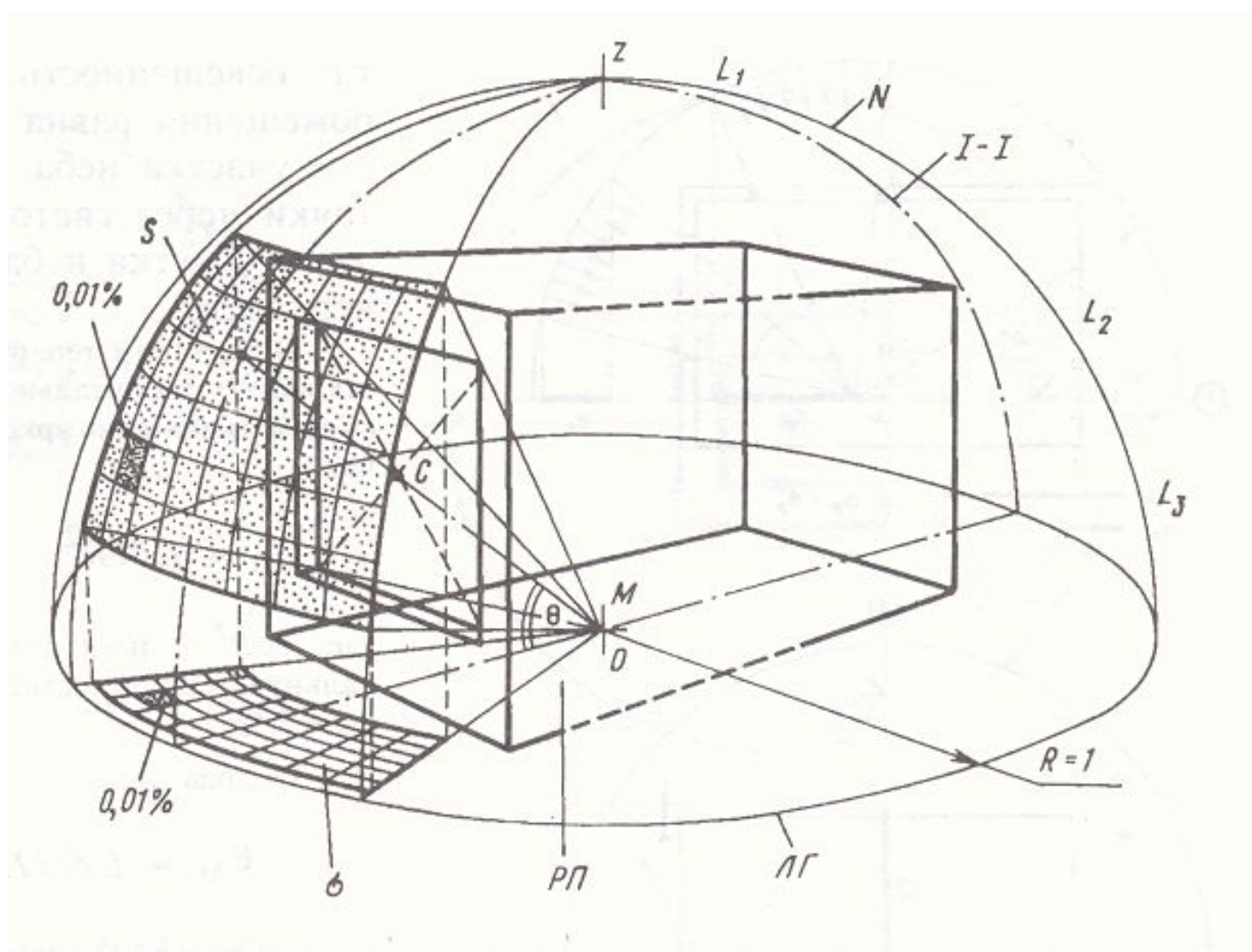
Нормирование естественного ОСВЕЩЕНИЯ

Нормируемые показатели естественного освещения помещений жилых зданий

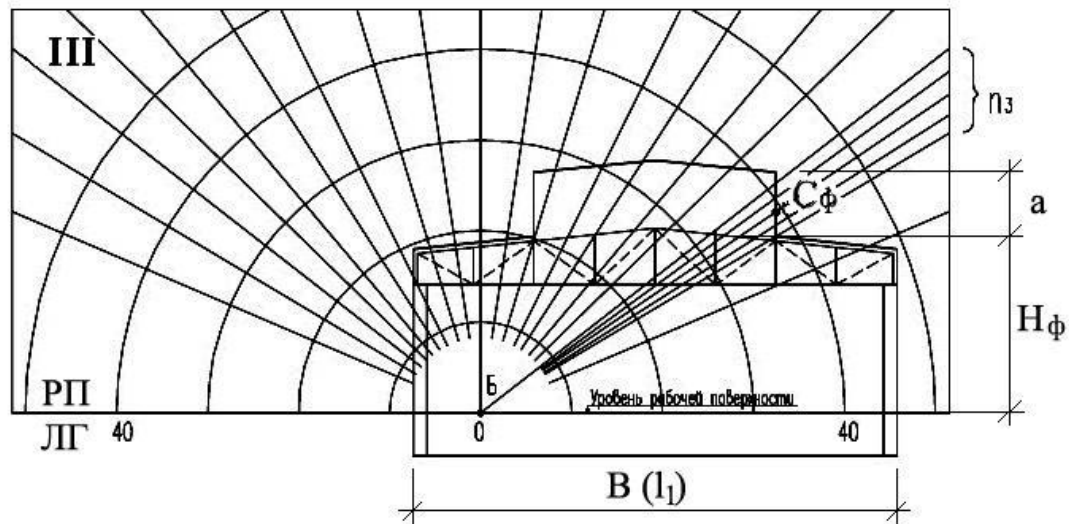
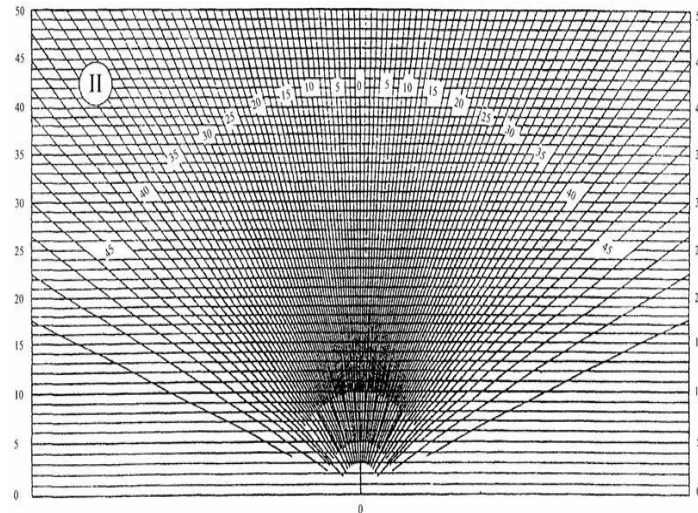
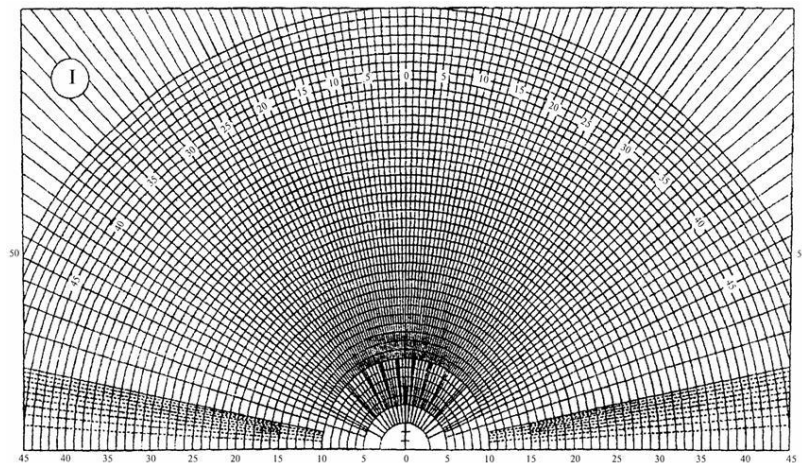
Помещения	Рабочая поверхность и ее высота над полом, м	Коэффициент естественной освещенности к.е.о., %		Нормируемая освещенность рабочих поверхностей при искусственном освещении, лк
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	
Жилые комнаты	Г-0,0	2,0	0,5	150
Кухни	Г-0,0	2,0	0,5	150
Детские	Г-0,0	2,5	0,7	200
Кабинеты	Г-0,0	3,0	1,0	300
Внутриквартирные коридоры	Г-0,0	-	-	50
Ванные комнаты, уборные, санузлы, душевые	Г-0,0	-	-	50

Примечание: Г- горизонтальная рабочая поверхность, В- вертикальная

Закон светотехнического подобия



Проектирование и расчет естественного освещения



Номограммы
для расчета
КЕО

Проектирование и расчет естественного освещения

Световой комфорт – рациональное освещение. Качество освещения определяется:

- равномерностью освещения (отношение минимального КЕО в помещении к максимальному);
- направлением световых потоков по отношению к рабочей поверхности;
- устранением слепящего действия света, вызывающего дискомфорт;
- яркостью окружающего пространства для обеспечения меньшей напряженности и повышения жизненного тонуса человека.

Проектирование и расчет естественного освещения

- метод проектирования естественного освещения заключается в выборе отношения площади световых проемов к площади пола (1:6, 1:7, 1:8 и т. д.).

$$\frac{S_{\text{пр}}}{S_{\text{пол}}} = e \frac{\eta \cdot k_3}{\tau_0 \cdot r_1} k_{30}$$

- где e – нормативное значение КЕО

Проектирование и расчет естественного освещения

где: S_n – площадь пола помещения;

e_N – нормированное значение к.е.о;

k_3 – коэффициент запаса, зависящий от угла наклона светопропускающего материала к горизонту и от количества чисток остекления в год;

η_0 – световая характеристика окон, зависящая от соотношений геометрических параметров помещения;

$k_{зд}$ – коэффициент, учитывающий изменение внутренней отраженной составляющей к.е.о в помещении при наличии противостоящих зданий (с учетом коэффициентов отражения фасадов противостоящих зданий и внутренних поверхностей помещения);

τ_0 – общий коэффициент светопропускания окон (зависит от светопропускания стекла, переплетов, солнцезащитных устройств и т.п.);

r_1 – коэффициент, учитывающий повышение к.е.о. при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения (стены, потолок, пол) и поверхности земли, прилегающей к зданию.

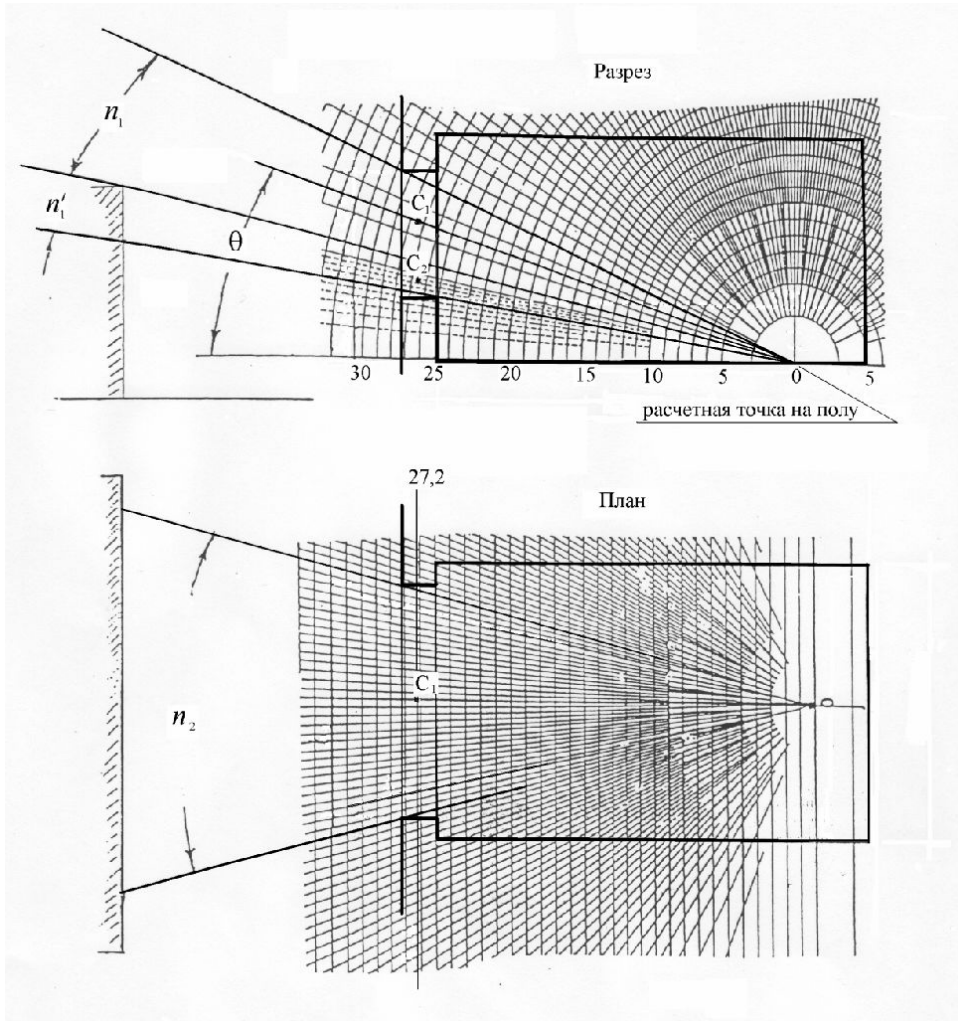
Проектирование и расчет

освещения

$$\varepsilon_{\theta} = 0,01(n_1 n_2),$$

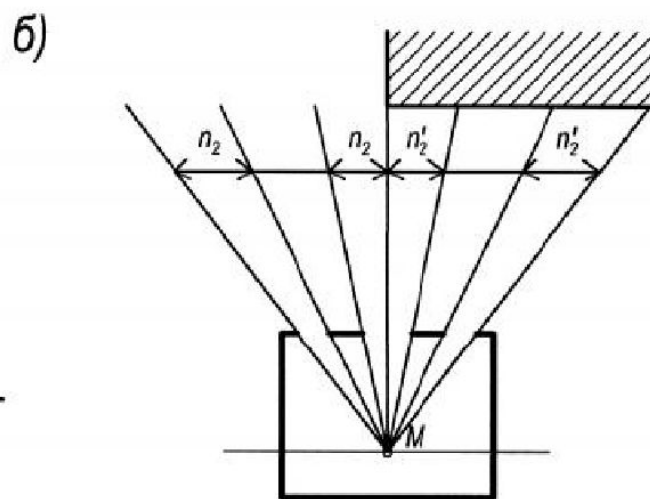
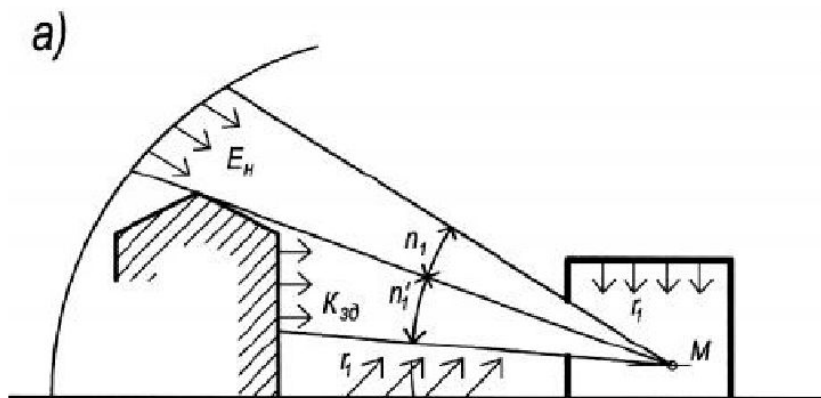
$$\varepsilon_{\text{зд}} = 0,01(n'_1 n'_2),$$

ε - геометрический КЕО



Проектирование и расчет естественного освещения

Подсчет лучей, отраженных от противостоящего здания n_1' и n_2' , проходящих через световой проем, производится аналогично (рис.8.12.)



Проектирование и расчет естественного освещения

- При боковом освещении

$$e_p^{\delta} = (\varepsilon_{\delta} \cdot q + \varepsilon_{зд} \cdot b_{\phi} \cdot k_{зд}) r_1 \frac{\tau_0}{k_3};$$

- При верхнем освещении

$$e_p^{\nu} = \left[\varepsilon_{vi} + \varepsilon_{cp} (r_2 k_{\phi} - 1) \right] \frac{\tau_0}{k_3};$$

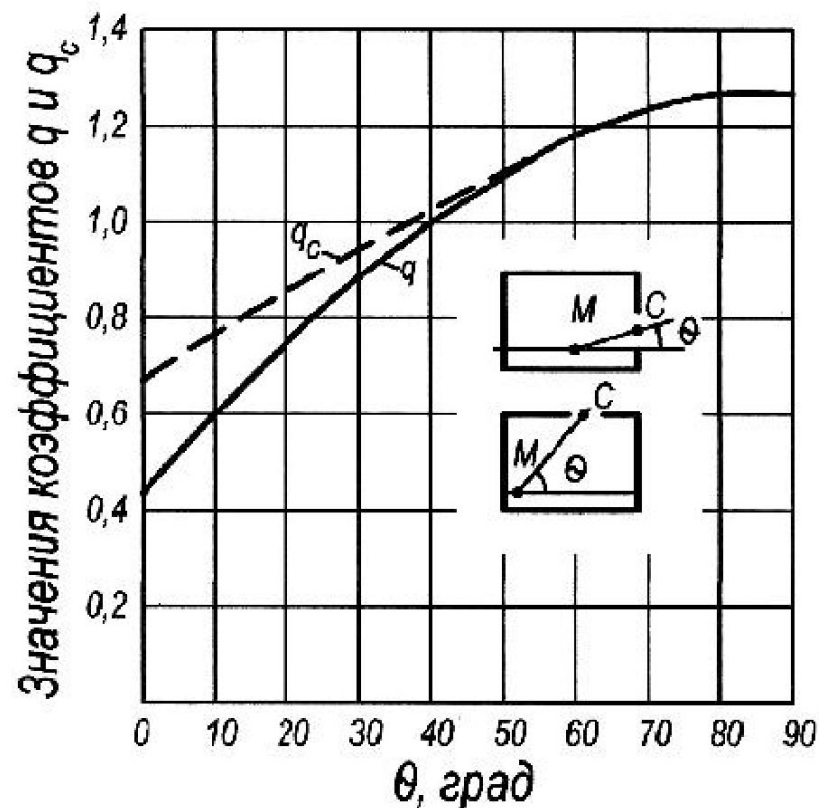
- При комбинированном освещении

- e – расчетное значение
КЕО

$$e_p^{\kappa} = e_p^{\nu} + e_p^{\delta},$$

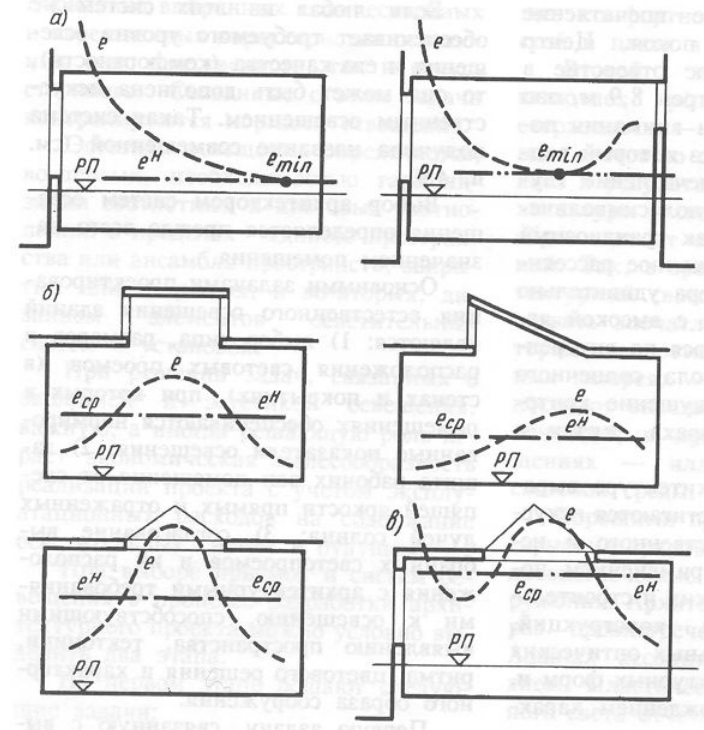
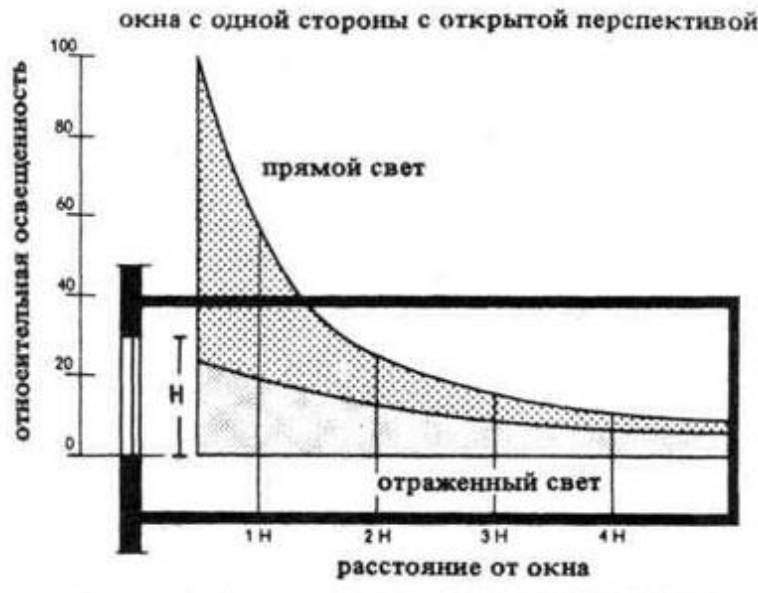
Проектирование и расчет естественного освещения

- Коэффициенты яркости неба q и q_c - при наличии и отсутствии снегового покрова,
- - угловая высота середины светопроема над рабочей поверхностью



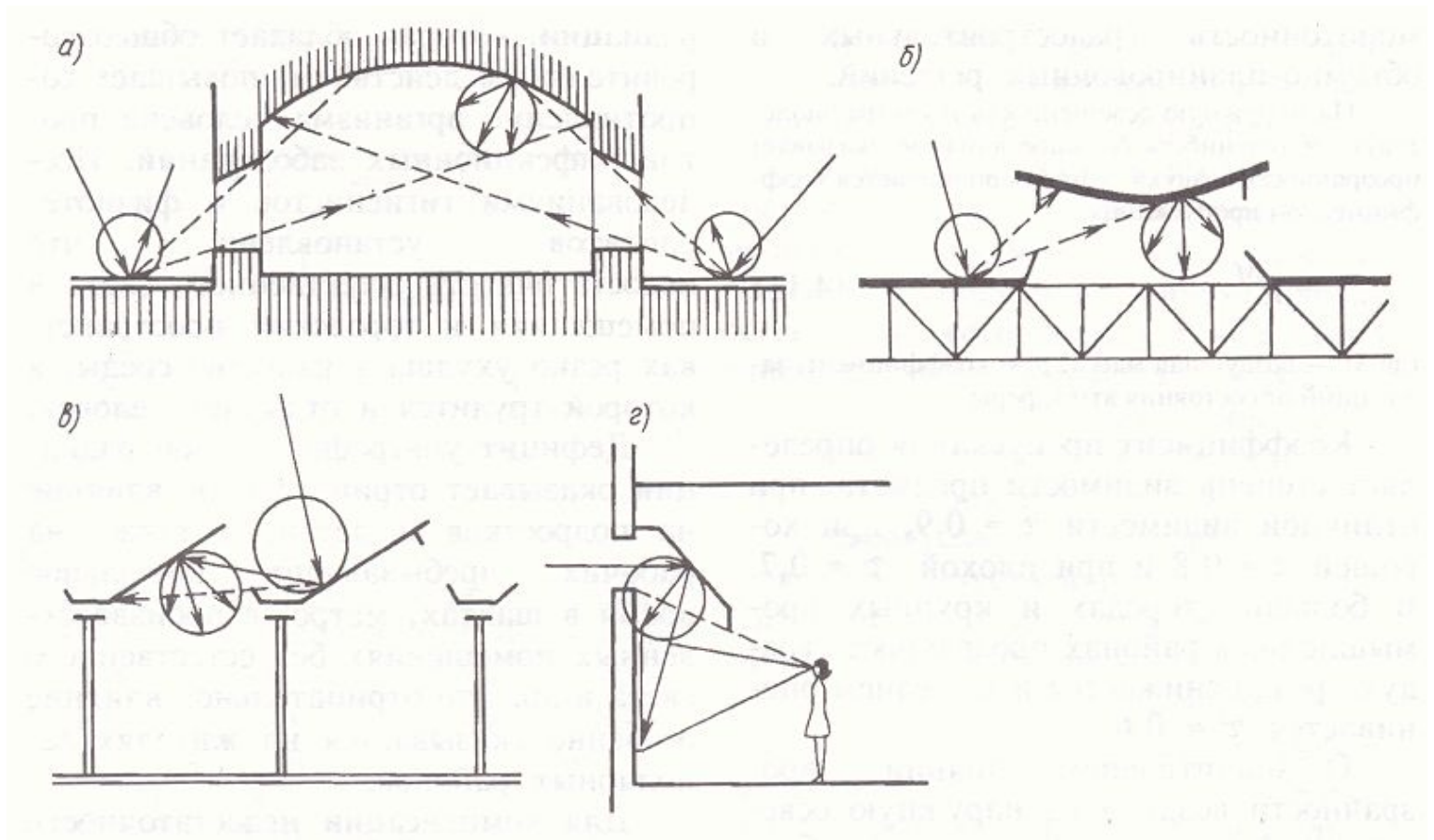
Естественное освещение

$$e = \frac{E_{\dot{v}}}{E_H} \cdot 100\%$$

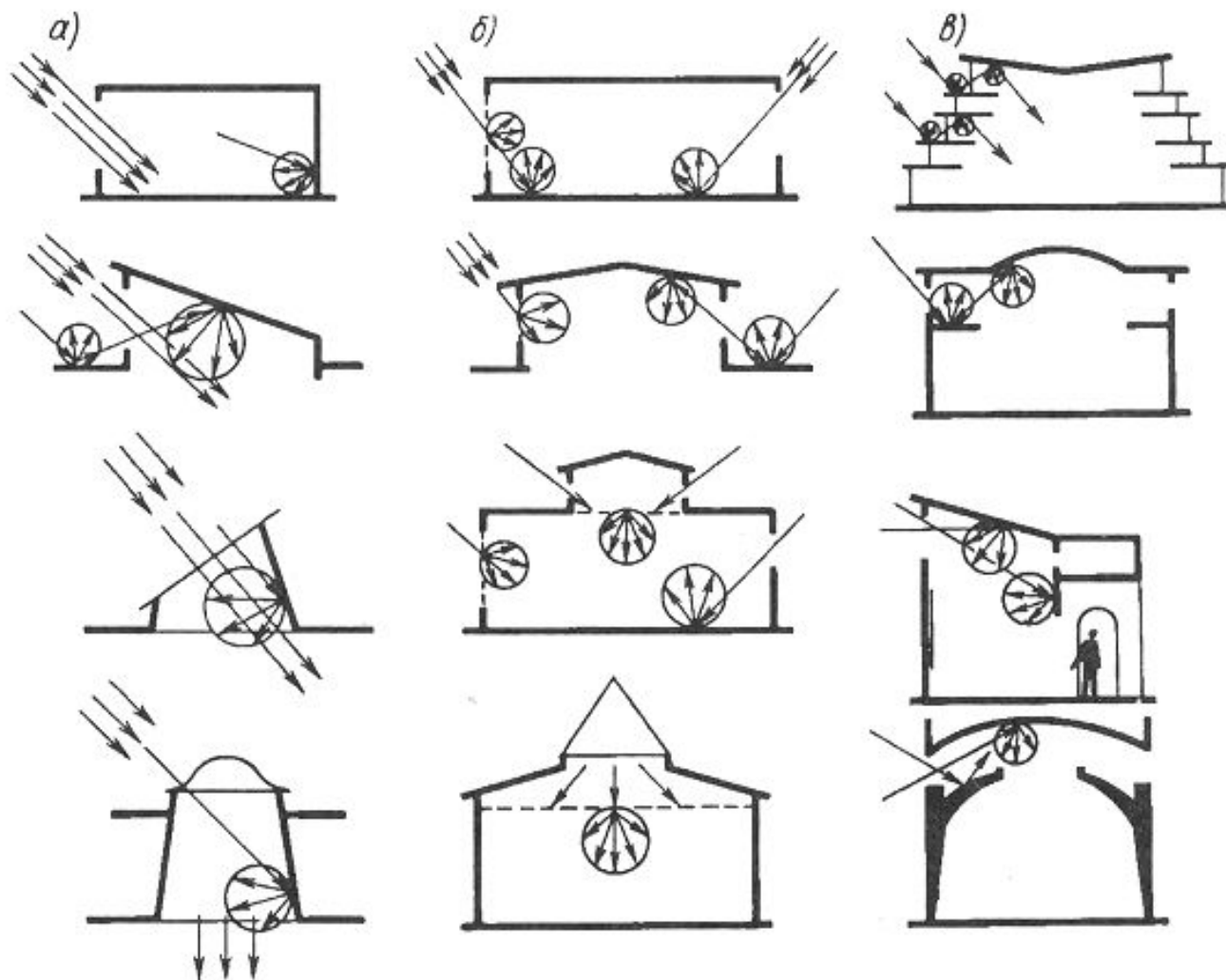


Кривые распределения КЕО в помещениях

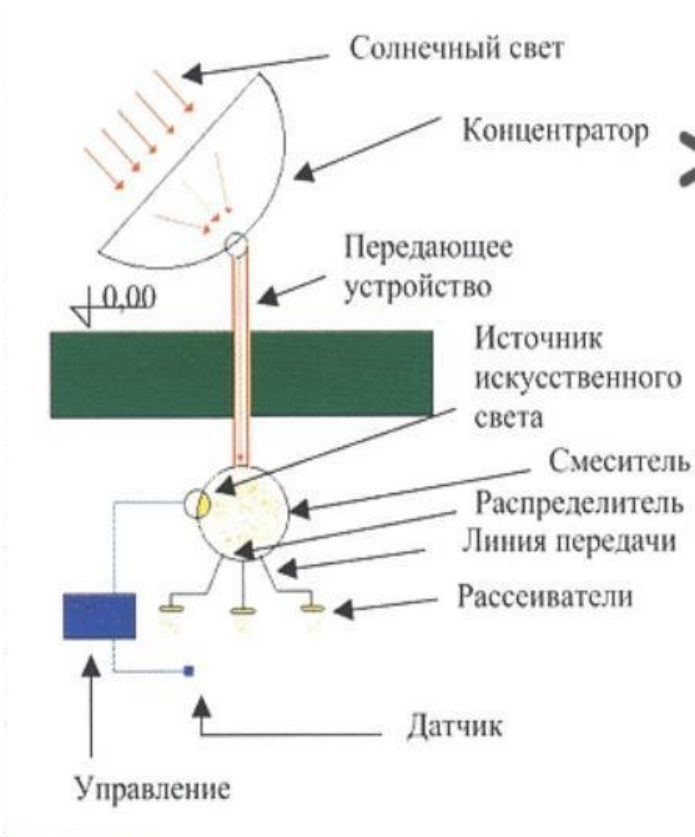
Естественное освещение



Естественное освещение



Использование световодов для освещения помещений

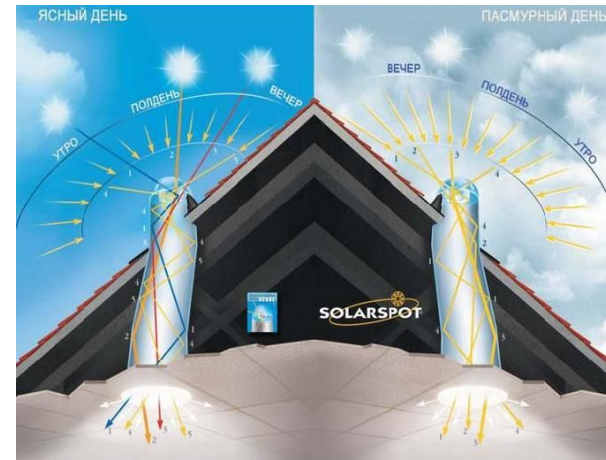


- Использование верхнего света через зенитные фонари позволяет создать равномерное естественное освещение в помещениях больших пролетов и на верхних этажах многоэтажных зданий.
- Для освещения используются трубчатые световодные системы .

Использование световодов для освещения помещений

- Световодные системы естественного освещения содержат линейные устройства, канализирующие естественный свет в здание. Они содержат световод с устройством захвата естественного света с наружной стороны и устройство перераспределения света внутри помещения. Вводное устройство на крыше и внутреннее помещение соединены с помощью вертикальной трубы, внутренняя поверхность которой покрыта высоко отражающим материалом. Современные плёночные отражающие материалы позволяют эффективно переносить естественный свет на расстояния, в 20 раз превышающие диаметр световода.

Использование световодов для освещения помещений



- диаметром 0,25–0,65м
изготовлен из алюминиевого сплава, покрытого изнутри зеркальной пленкой VMF-3M, которая отражает солнечный свет без искажения его яркости
не пропускает инфракрасные лучи, не аккумулирует тепловую энергию

Использование световодов для освещения помещений

