

Световой климат

Световой климат – совокупность характеристик солнечной энергии для данного региона

Основные компоненты светового климата: $E_0 = E_c + E_n + E_z$, где освещенность: E_c – прямым солнечным светом, E_n – рассеянным (диффузным) светом неба, E_z – отраженным от земли светом.

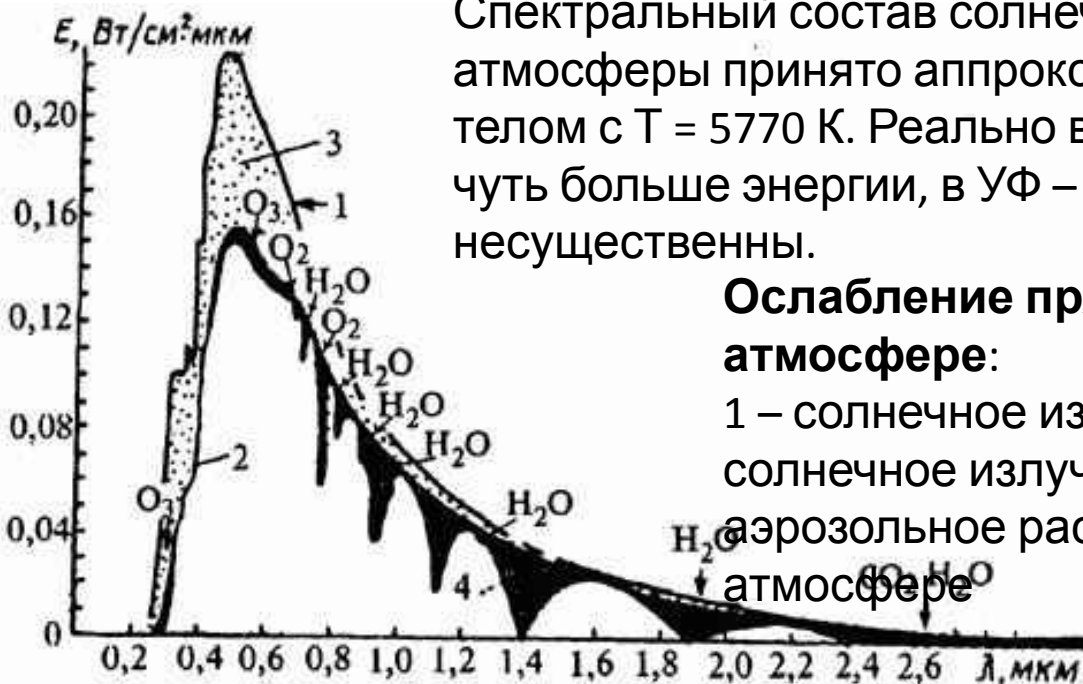
Световая солнечная постоянная E_c^0 – освещенность плоскости, перпендикулярной солнечным лучам и удаленным от Солнца на 1 а.е. $E_c^0 = 135000 \dots 137000$ лк (эту освещенность дает средняя яркость $L_c^0 = 2 \cdot 10^9$ кд/м²).

$E_c = f$ (коэффициент пропускания атмосферы, прозрачность воздуха)

Спектральный состав солнечного излучения на границе атмосферы принято аппроксимировать абсолютно черным телом с $T = 5770$ К. Реально в видимой части Солнце излучает чуть больше энергии, в УФ – чуть меньше, в ИК отличия несущественны.

Ослабление прямой солнечной радиации в атмосфере:

1 – солнечное излучение на границе атмосферы; 2 – солнечное излучение у земной поверхности; 3 – аэрозольное рассеивание; 4 – поглощение в атмосфере



Освещенность солнцем горизонтальной поверхности:

Δ – расстояние до Солнца в заданный момент (по астрономическим таблицам, $\Delta \approx 1$), M – воздушная масса, которую необходимо преодолеть солнечным лучам при прохождении через атмосферу (по таблице Бемпорада), h_0 – высота стояния Солнца над горизонтом, p – прозрачность воздуха.

$$E_c = \frac{E_c^0}{\Delta^2} p^M \sin h_0$$

Освещенность Солнцем вертикальной поверхности

| h_0 , град | 0 | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|--------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|
| M | 26,96 | 10,40 | 5,60 | 3,20 | 2,00 | 1,60 | 1,30 | 1,20 | 1,10 | 1,015 | 1,00 |

Средняя освещенность поверхности, распложенной перпендикулярно солнечным лучам

| Географическая широта, град. | Характерные дни года | | | | | | | | |
|------------------------------|----------------------|--------|-------|----------------------|--------|-------|---------|--------|-------|
| | 22 декабря | | | 22 марта 22 сентября | | | 22 июня | | |
| | Часы дня | | | | | | | | |
| | 8; 16 | 10; 14 | 12 | 8; 16 | 10; 14 | 12 | 8; 16 | 10; 14 | 12 |
| 30 | 41400 | 79500 | 86000 | 75000 | 92900 | 96700 | 86000 | 97300 | 99800 |
| 40 | 14500 | 66800 | 76000 | 70100 | 89400 | 93600 | 86700 | 96600 | 99100 |
| 50 | — | 29800 | 39800 | 43600 | 58700 | 62000 | 60400 | 66600 | 68200 |
| 60 | — | 4200 | 13900 | 35900 | 52500 | 56100 | 59400 | 64800 | 66400 |

Рассеянный (диффузный) свет

неба

$E_n = f$ (высота стояния Солнца, характер облачности, прозрачность воздуха, состояние земного покрова)

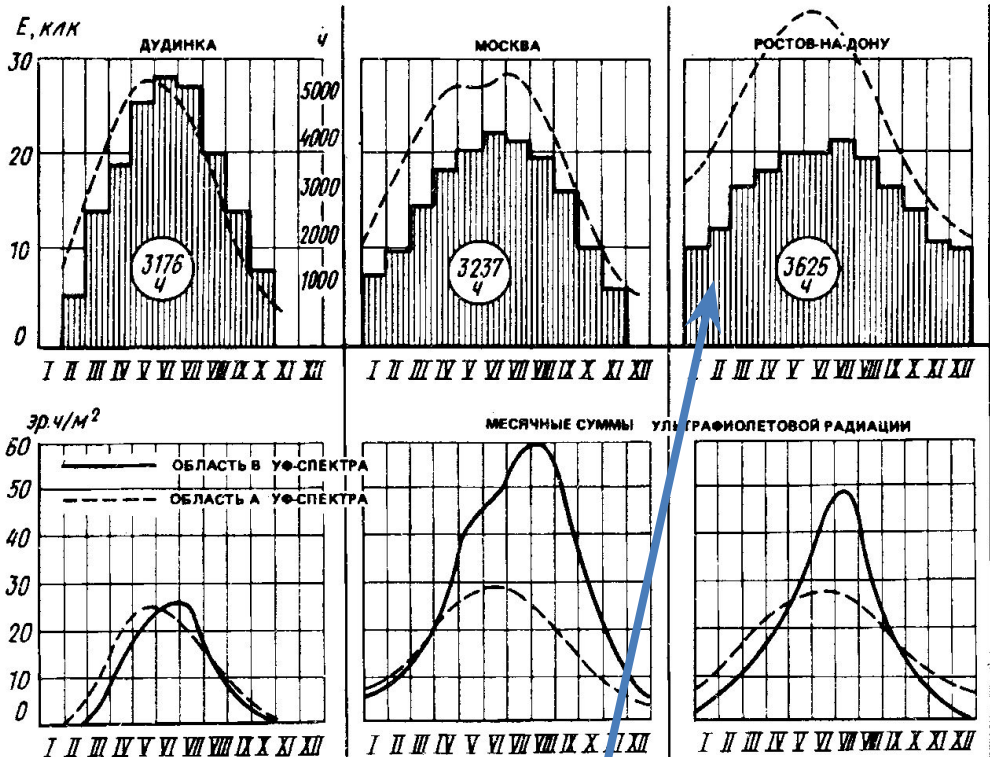
Критерий оценки: среднее за год наружное диффузное освещение на горизонтальной поверхности при открытом небосводе в течение 1 часа ($E_{кр}$) лк:

E – наружная освещенность горизонтальной поверхности, лк,

$E_{кр}$ – критическая наружная освещенность, лк,

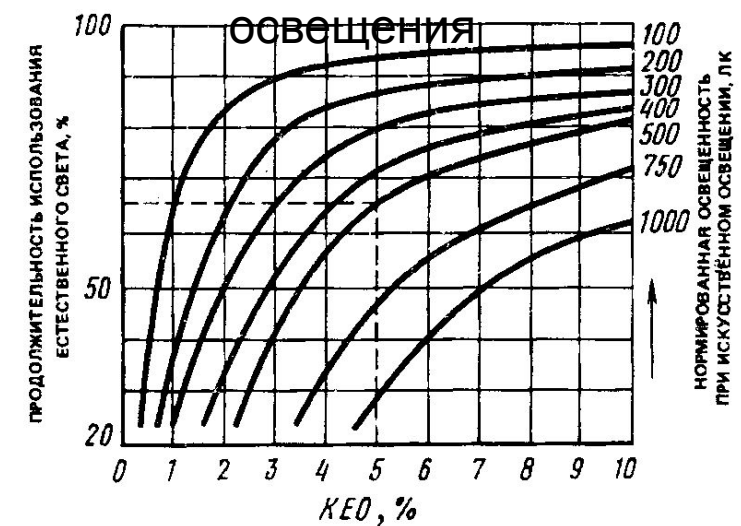
T – продолжительность использования естественного освещения.

$$E_{кр} = \frac{\sum_{\text{год}} (E_{кр})}{\sum_{\text{год}} T}$$



Годовой ход наружной освещенности E и ультрафиолетовой облученности некоторых городов.

Продолжительность использования естественного



Продолжительность естественного освещения при $E_{кр} =$

Для практических расчетов вводится коэффициент:

Для Москвы $m = 1$. Страна разделена на 5 районов.

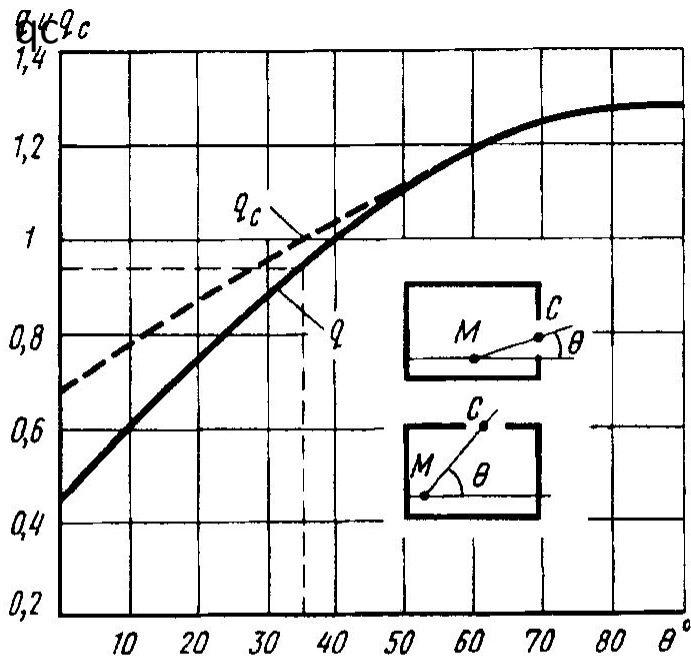
Распределение яркости облачного неба учитывается коэффициентом $q = L_\theta / L_z$
 L_θ – яркость неба, видимого под углом θ (в середине проема), L_z – яркость в зените.

$$\frac{L_\theta}{L_z} = \begin{cases} 0,33 + 0,66\sin\theta & \text{при отсутствии устойчивого снежного покрова} \\ 0,6 + 0,4\sin\theta & \text{в районах с устойчивым снежным покровом} \end{cases}$$

Яркость за остекленной

поверхностью:

Зависимость в определении q и



$$m = \frac{E_{\text{cp}}^M}{E_{\text{cp}}} \quad \text{- средняя освещенность в Москве}$$

$$L_0 = L_\theta \tau_1 \tau_2$$

τ_1 – коэффициент пропускания чистого стекла,

τ_2 – коэфс

| Погодные условия | h_0 , град | L_z , кд/м ² | |
|-------------------|--------------|---------------------------|-----------------------|
| | | при снежном покрове | без снежного покрова |
| Пасмурно, облачно | 10 | 3000 | 1800 |
| | 20 | 5000 | 3600 |
| | 30 | 7500 | 5700 |
| | 40 | 9000 | 8000 |
| Ясно, безоблачно | 10 | При $p = 0,8$ 1000 | При $p = 0,6$ 2000 |
| | 20 | 1500 | 3200 |
| | 30 | 2000 | 4400 |
| | 40 | 2500 | 5500 |

Проблема: если небо слишком яркое, оно может слепить

Световой режим в

полдень

| Поверхность | Освещенность E , лк | Яркость, кд/м ² | Контраст $K = (L_1 - L_2) / L_1$ |
|---|-----------------------|----------------------------|----------------------------------|
| Калька на ватмане в солнечном блике | 28000 | 6530 | 0,95 |
| То же, в глубине помещения | 1250 | 290 | 0,79 |
| Боковая стена (середина, на высоте 1,5 м) | 1445 | 300 | 0,89 |
| Стена против окна (середина, на высоте 1,5 м) | 1608 | 320 | — |
| Окно | — | 4400 | — |

3. Освещенность отраженным светом

Для характеристики

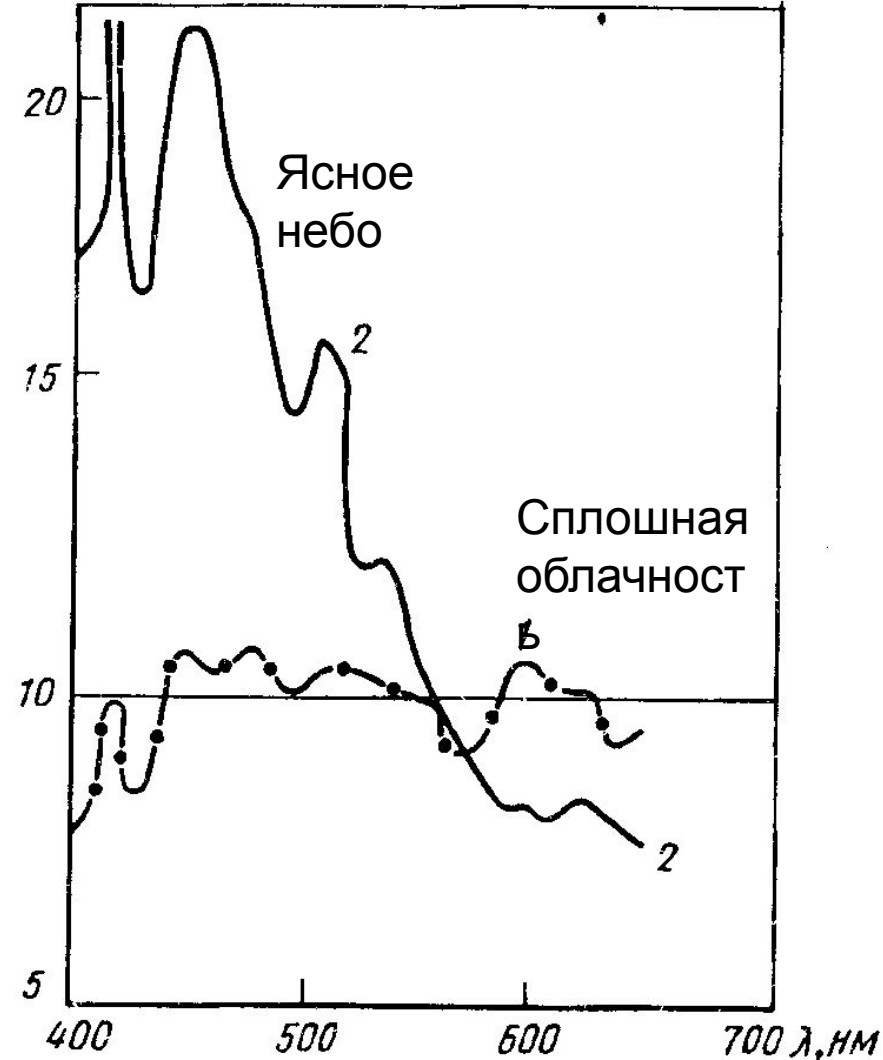
вводится понятие контрастности освещения:

$$K_o = \frac{E_o}{E_H + E_3} = \frac{E_c + E_H + E_3}{E_H + E_3} = \frac{E_c}{E_H + E_3} + 1$$

Обычно летом $K_o = 0,7 \dots 0,8$ для южных районов, $0,6 \dots 0,5$ для центральных, $0,3 \dots 0,4$ для северных.

Спектральный состав естественного света

φ_λ , отн. ед

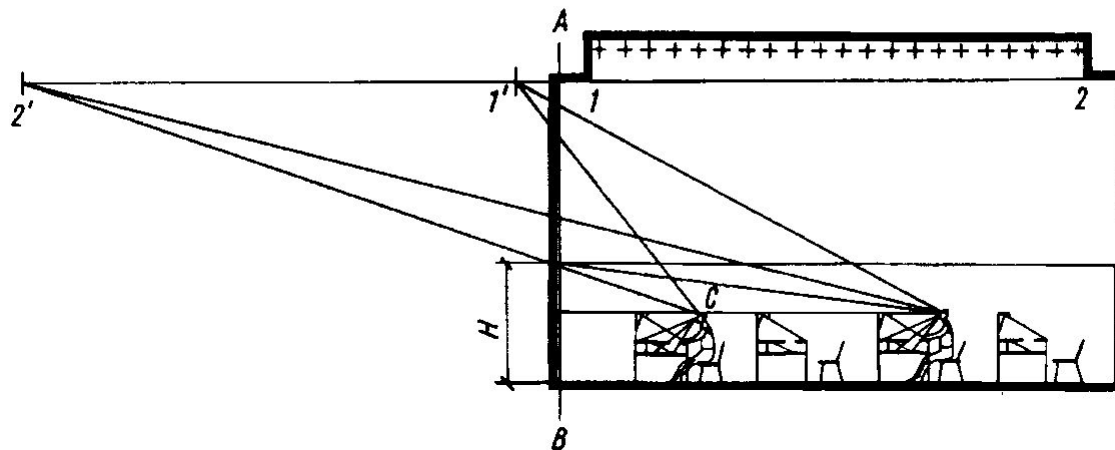


Количественные и качественные характеристики естественного освещения:

1. Распределение яркости в поле зрения, неравномерность освещенности (в природе при облачном небе отношение яркостей зенита : горизонта : на поверхности земли составляет 10:3:1 – южные районы, 5:3:1 – в средней полосе, желательно иметь такие же пропорции для потолка – стен – пола).
2. Насыщенность светом (характеризуется освещенностью цилиндрической поверхностью расположенной на уровне глаз человека).
3. Ослепленность и дискомфортная блескостность (чтобы не попадало в глаза).
4. Контрастность освещения, контраст светотени (дискомфортный контраст, отсутствие теней делает неразличимыми мелкие детали).
5. Направление световых потоков.
6. Спектральный состав излучения, цветопередача.
7. Динамика освещения (освещенность должна меняться).

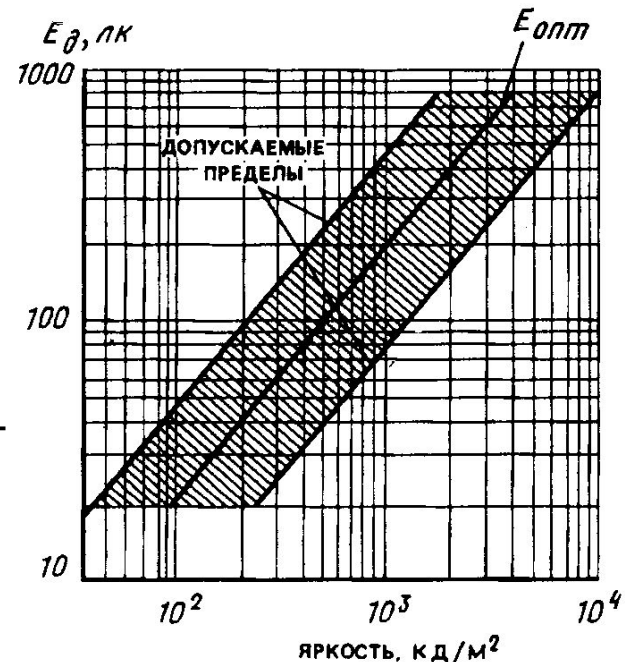
Нормирование естественного и искусственного освещения (СП и СанПин)

Некоторые типовые задачи:
Определение допустимой высоты зеркальной панели



Дополнительная освещенность источников освещения $E_d = 0,12L_0 e_{cp} \tau_1$
 L_0 – яркость неба, видимого из окна, e_{cp} – среднее значение КЕО в рабочей зоне, τ_1 – коэффициент пропускания окна.

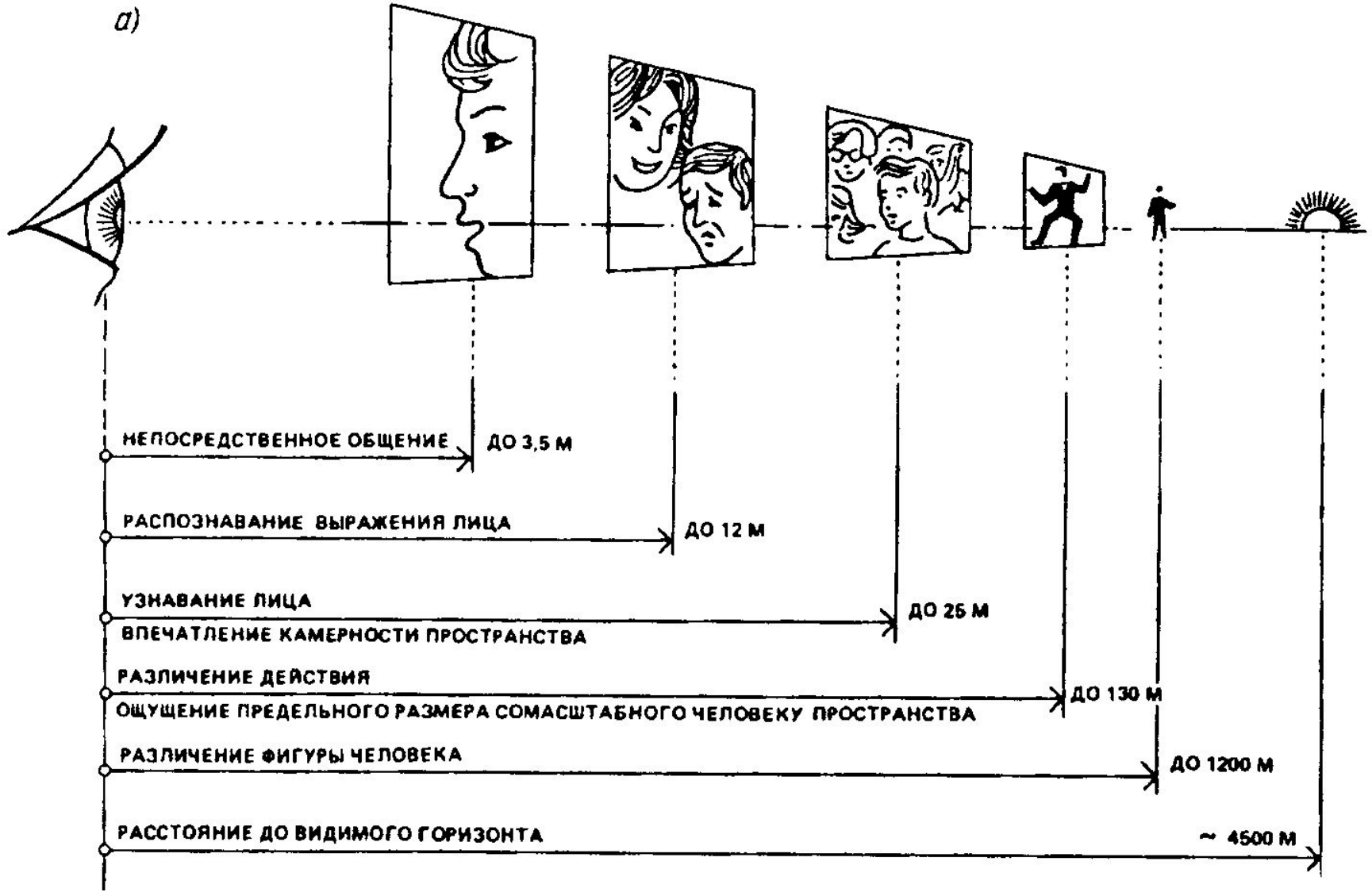
Зависимость постоянной дополнительной освещенности от яркости окна

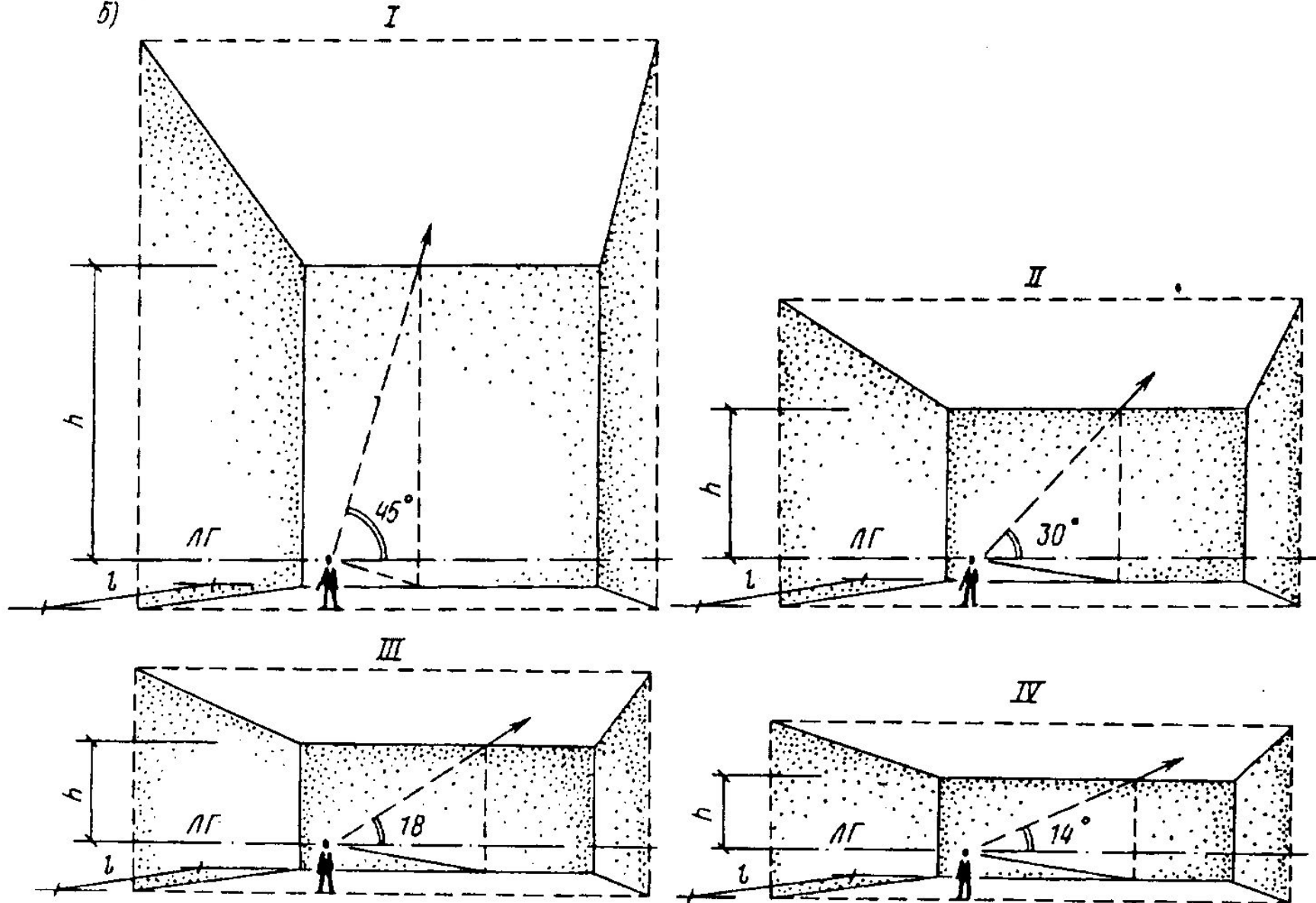


Допустимые КЕО при совместном освещении

| Зрительная работа | Разряд зрительной работы | Наименьший размер объекта различения, мм | Наименьшее нормированное значение КЕО $e_{н}^{\text{III}}$, % | | |
|------------------------------|--------------------------|--|--|--------------------------------------|--------------------------------|
| | | | при верхнем или комбинированном освещении | при боковом освещении | |
| | | | | в зоне с устойчивым снежным покровом | на остальной территории страны |
| Наивысшей точности | I | < 0,15 | 3,0 | 1,0 | 1,2 |
| Очень высокой точности | II | 0,15–0,3 | 2,5 | 0,8 | 1,0 |
| Высокой точности | III | 0,3–0,5 | 2,0 | 0,6 | 0,7 |
| Средней точности | IV | 0,5–1,0 | 1,5 | 0,4 | 0,5 |
| Малой точности | V | 1,0–5,0 | 1,0 | 0,2 | 0,3 |
| Грубая работа со светящимися | VI | > 5 | 0,7 | 0,2 | 0,2 |
| | VII | > 0,5 | 1,0 | 0,2 | 0,3 |

Оценка расстояний и размеров пространства





Субъективное восприятие пространства: I – ощущение полной замкнутости,
 II – нижний предел ощущения полной замкнутости, III – чувство