

(DIN 5034, 5035, 5044, 67524-26, 67528, 5031)

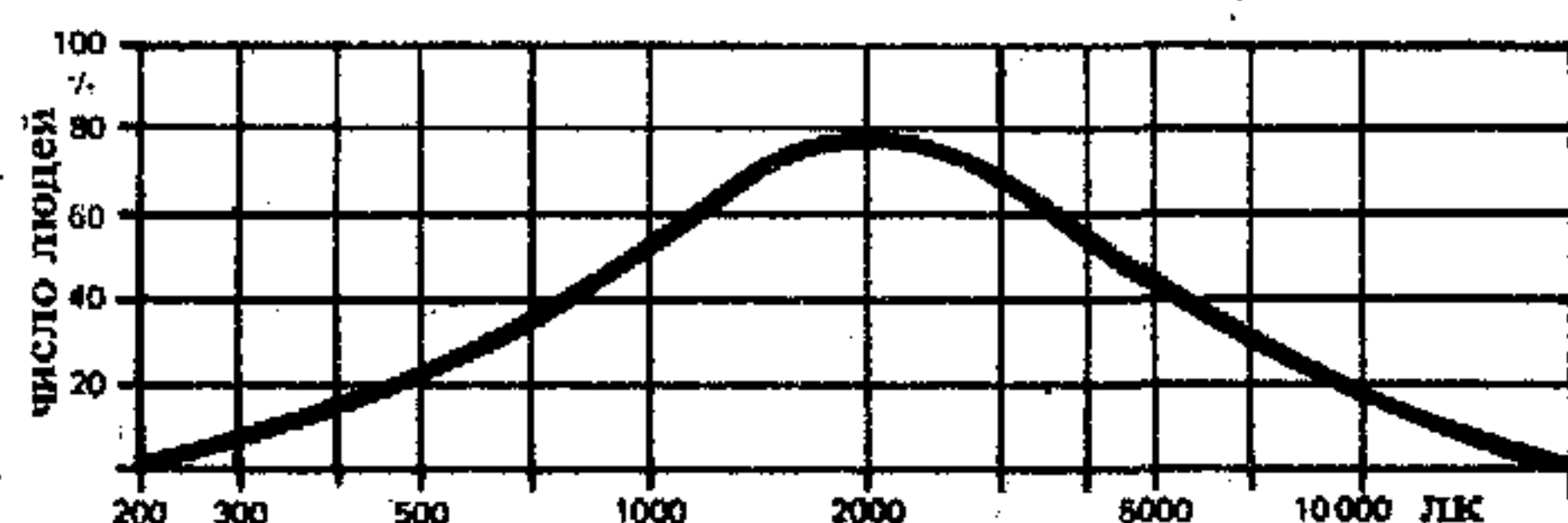
Видимые лучи, посылаемые источником света, называются световым потоком (Φ), за единицу измерения которого принят люмен (лм). Если световой поток встречает на своем пути какую-либо поверхность, то эта поверхность получает определенную освещенность, измеряемую в люксах (лк), причем $1 \text{ лк} = 1 \text{ лм/м}^2$. Плотностью светового потока (D) определяется яркость излучающей свет поверхности независимо от того, сама ли она излучает свет (первичный излучатель), либо только отражает или пропускает световые лучи (вторичный излучатель, например, освещенные поверхности стен, пола, потолка). Единицы измерения яркости первичных излучателей — стильб (сб), вторичных излучателей — апостильб (асб).

Яркость первичных излучателей (асб/м²): солнечные лучи в полдень — 150 000; полная луна — 0,25; люминесцентные лампы — 0,3–1,4; матовые лампочки накаливания — 5–40; газонаполненные лампочки накаливания — 200–2000; ртутная лампа высокого давления (с люминофором) — 4–15; светопрозрачная галогенная паросветная лампа — 700–900.

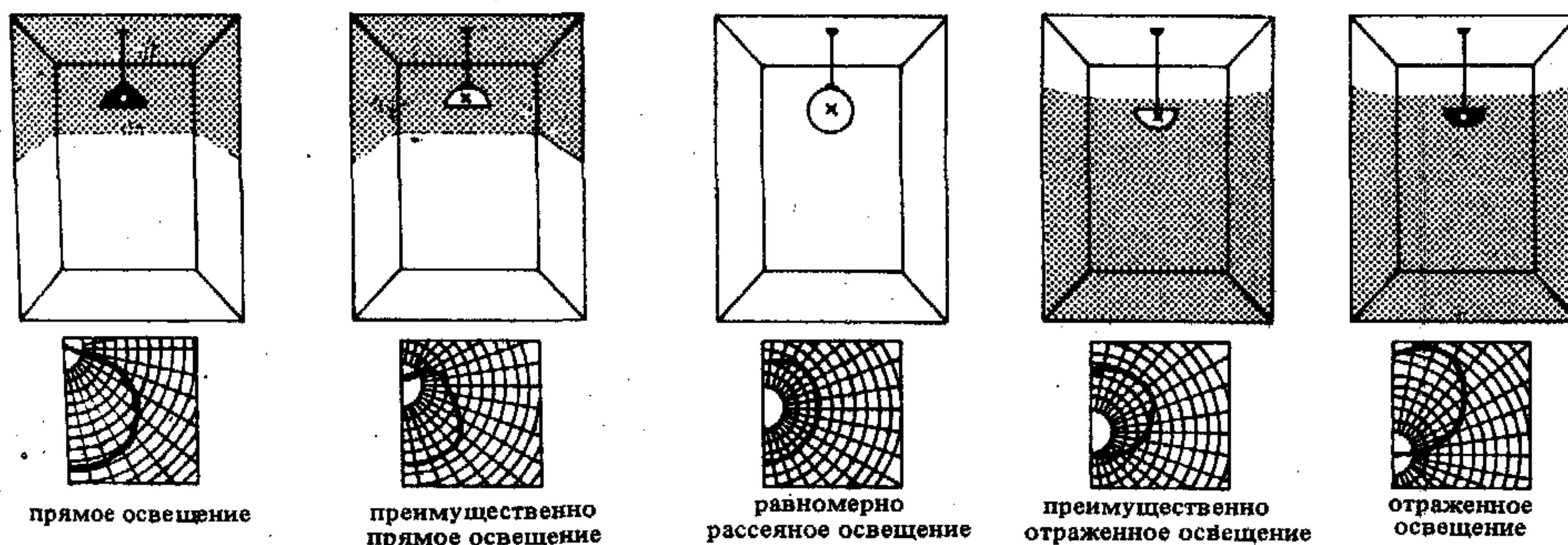
Яркость вторичных излучателей (асб/м²): потолки и стены в освещенных помещениях (в зависимости от освещенности) — 1–300, уличное освещение — 0,5–2.

Лампы с большой плотностью светового потока (лампы накаливания, смешанного света, высокого давления) требуют соответствующего экранирования. Предельная слепимость приведена в DIN 5035.

Средняя освещенность помещения определяется освещенностью горизонтальной поверхности на высоте 0,85 м от уровня пола (примерно на уровне верха стола). Помещение может иметь различную освещенность (E). Отношение $E_{\text{мин}} : E_{\text{ср}}$ служит для оценки равномерности освещения (табл. 1).



1. Наиболее приятная освещенность помещений (по субъективным ощущениям людей)



2. Стандартное распределение светового потока в зависимости от типа светильников

Средняя освещенность $E_{\text{ср}}$ поверхности является результатом действия прямого и отраженного (от потолка, стен и пола) световых потоков.

Рекомендуемая освещенность приведена в табл. 1

Требования к освещенности при различных видах производственной деятельности с учетом типа помещений см. с. 119, рис. 1 и табл. 1.

Таблица 1. Уровни номинальной освещенности по DIN 5035

Уровень	Номинальная освещенность E , лк	Вид деятельности, соответствующий уровню освещенности по DIN 5035
1	15	Ориентация при временной остановке
2	30	
3	60	Работа с крупными деталями с высокой контрастностью
4	120	Работа с деталями средней крупности с средней контрастностью
5	250	Работа с мелкими деталями с низкой контрастностью
6	500	Работа с очень мелкими деталями с очень низкой контрастностью
7	750	Особые случаи, например, освещение от рационального поля
8	1000	
9	1500	
10	2000	
11	3000	
12	5000 и более	

При проектировании новых производств освещенность всех рабочих мест не должна быть ниже 80% величин, приведенных в табл. 1. Величину освещенности, принимаемую по табл. 1, следует увеличить на 1 ступень в следующих случаях:

- при особо сложных условиях работы, связанных с отражающей способностью, окраской и контрастностью обрабатываемых деталей и скоростью рабочего процесса;
- в рабочих помещениях без окон или без достаточного естественного освещения;
- в рабочих помещениях, где трудятся в основном люди пожилого возраста.

В помещениях, предназначенных для длительного пребывания людей, номинальная освещенность должна быть ≥ 120 лк, а уровни 1–3 достаточны для транспортных зон и подсобных помещений.

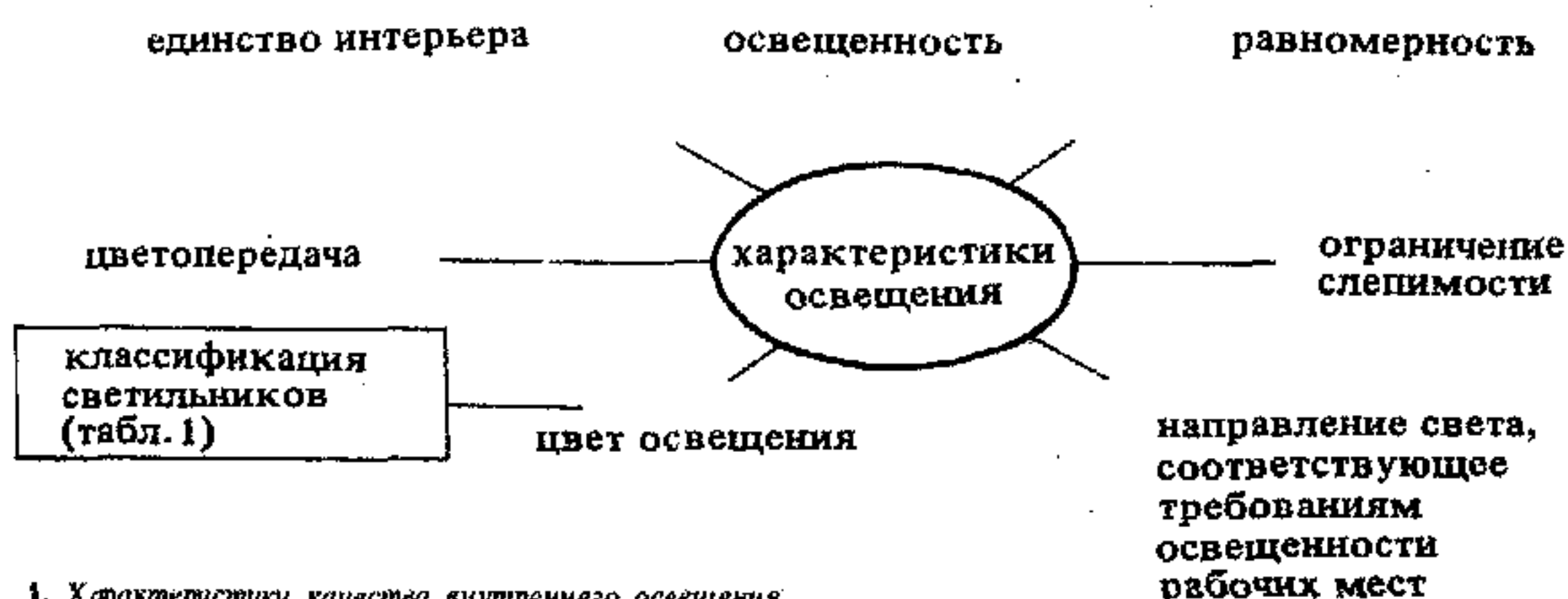
По условиям распределения светового потока светильники делятся на пять основных групп: 1) прямого освещения; 2) преимущественно прямого освещения; 3) равномерно рассеянного освещения; 4) преимущественно отраженного освещения; 5) отраженного освещения (рис. 2).

Кроме того, имеются пять подгрупп, характеризующих светильники: 1) излучатели направленного света; 2) глубокоизлучатели; 3) широкоизлучатели; 4) источники свободного излучения; 5) кососветные излучатели.

Для проектирования внутреннего освещения согласно DIN 5035 необходимо иметь следующие данные:

- 1) план помещения в масштабе;
- 2) характеристики помещения;
- 3) разрезы с указанием высот;
- 4) вид потолочного покрытия (например, гладкий потолок, прогоны, трубопроводы);
- 5) цвета окраски стен, потолка, пола и занавесей (степень отражения);
- 6) расположение машин, письменных столов, шкафов;
- 7) для сложных установок: чертеж и описание существа работы;
- 8) маркировка рабочих мест;

- 9) тип стен (например, сплошная кладка, окна, зеркала и т.д.);
- 10) тип и цвет обрабатываемых деталей;
- 11) место и способ крепления светильников (подвесной потолок, бетонные плиты);
- 12) тип освещения (прямое или отраженное);
- 13) тип имеющегося освещения и причины переоборудования (например, низкая экономичность);
- 14) требуемая номинальная освещенность;
- 15) тип светильников (люминесцентные лампы, лампы накаливания и т.д.);
- 16) напряжение (например, переменный ток 220 В, трехфазный ток 380 В и т.д.).



1. Характеристики качества внутреннего освещения

Таблица 1. Цвет освещения и способность источников света к цветопередаче

Уровень цветопередачи	Цвет освещения	Стандартные источники света	Примечания	Область применения
1	2	3	4	5
1 очень высокий	Дневной белый	Ксеноновые, люминесцентные, галогенные паросветные лампы с очень хорошей способностью цветопередачи		Текстильные предприятия, художественные промыслы, промышленные цеха, выставочные залы, магазины
	Нейтральный белый	Белые люминесцентные лампы с очень хорошей способностью цветопередачи	Возможна комбинация с естественным светом	Конторы, школы, лаборатории, магазины, художественные выставки
	Теплый белый	Лампы накаливания, галогенные и люминесцентные лампы теплого тона с очень хорошей способностью цветопередачи	Очень удобно комбинировать с лампами накаливания	Благоприятное освещение: жилые здания, рестораны, магазины
2 высокий	Дневной белый	Люминесцентные лампы, естественное освещение, галогенные паросветные лампы с хорошей способностью цветопередачи		Цеха промышленных предприятий, выставочные залы
	Нейтральный белый	Белые люминесцентные лампы с хорошей способностью цветопередачи	Возможна комбинация с естественным светом	Конторы, школы, лаборатории, магазины, витрины, цеха и промыслы
	Теплый белый	Люминесцентные лампы теплого тона с хорошей способностью цветопередачи	Удобно комбинировать с лампами накаливания	Коридоры, лестничные клетки, наружное освещение
3 средний	Дневной белый			
	Нейтральный белый	Белые люминесцентные лампы с пониженной способностью цветопередачи, ртутные лампы высокого давления с люминофором	Возможна комбинация с естественным светом	Цеха промышленных предприятий и промыслов, наружное освещение
	Теплый белый	Люминесцентные лампы теплого тона с пониженной способностью цветопередачи		Складские помещения, наружное освещение
4		Натриевые лампы, ртутные лампы высокого давления без люминофора		Направленное освещение, наружное освещение

Цвет освещения: цвет освещения, применяемого для обычных целей, может быть разделен на 3 группы без резко выраженных границ (табл. 1).

Требования к цветопередаче могут быть выполнены путем выбора соответствующих источников света (табл. 1).

Световой поток (Φ) рассчитывают по следующей формуле:

$$\Phi = \frac{1,25 E_N A}{\eta_R \eta_{LB}}$$

где 1,25 — повышающий коэффициент (для учета загрязнений, колебаний напряжения в сети и т.д.); E_N — номинальная освещенность (см. с. 118, табл. 1); η_R — коэффициент влияния формы помещения в зависимости от показателя K (см. с. 121, рис. 16); η_{LB} — коэффициент рабочего использования светильников (по каталогам), см. с. 120, табл. 1, рис. 1.

Для светильников прямого и равномерно рассеянного освещения

$$h = ab / [h(a + b)],$$

где a, b — стороны прямоугольного основания помещения; h — расстояние от поверхности, для которой измеряется световой поток, до светильника.

В рабочих помещениях по возможности следует устраивать **общее освещение**, однако имеются и другие возможности (см. с. 121–124). В особых случаях и для выполнения особо точных работ применяют **местное освещение рабочих мест** в комбинации с общим освещением, которое должно давать $\geq 20\%$ освещенности рабочего места. Надо следить, чтобы источники света и отраженные лучи не ослепляли работающих (см. с. 121, рис. 3,4). Соответствующие рекомендации приведены на стр. 120 и в DIN 5035.

Таблица 1. Освещение жилых помещений

Назначение помещения	Средняя освещенность, лк	В основном прямое освещение				Равномерное смешанное освещение				В основном отраженное освещение			
		Отделка помещения											
		светлая		темная		светлая		темная		светлая		темная	
		А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Освещение лампами накаливания 60 Вт/220 В. Показатели в Вт/1 м² площади *

Лестничная клетка	60	10	16	12	20	11	20	14	24	12	24	16	32
Прихожая	60	10	16	12	20	10	20	14	24	12	24	16	32
Столовая	120—250	20—42	32—70	24—50	40—83	20—42	40—83	28—60	48—100	24—50	48—100	32—70	64—140
Общая комната													
Кабинет													
Детская	120	20	32	24	40	20	40	28	40	20	48	32	64
Спальня													
Ванная													
Кухня	250	42	70	50	83	42	83	60	100	50	100	70	140
Кладовая	60	10	16	12	20	11	20	14	24	12	24	16	32
Подсобное помещение	60	10	16	12	20	11	20	14	24	12	24	16	32
Прачечная	250	42	70	50	83	42	83	60	100	50	100	70	140
Подвал	60	10	16	12	20	11	20	14	24	12	24	16	32
Чердак	60	10	16	12	20	11	20	14	24	12	24	16	32

Освещение люминесцентными лампами 40 Вт/25. Показатели те же

Лестничная клетка	60	3	5	4	6	3,5	6	4,5	7,5	4	7,5	5	10
Прихожая	60	3	5	4	6	3,5	6	4,5	7,5	4	7,5	5	10
Ванная	250	13	21	17	25	15	25	19	31	17	31	21	42
Кухня	250	13	21	17	25	15	25	19	31	17	31	21	42
Кладовая	60	3	5	4	6	3,5	6	4,5	7,5	4	7,5	5	10
Подсобное помещение	60	3	5	4	6	3,5	6	4,5	7,5	4	7,5	5	10
Прачечная	250	13	21	17	25	15	25	19	31	17	31	21	42
Подвал	60	3	5	4	6	3,5	6	4,5	7,5	4	7,5	5	10
Чердак	60	3	5	4	6	3,5	6	4,5	7,5	4	7,5	5	10

* Значения в столбцах А относятся к помещениям благоприятных пропорций (отношение длины и ширины к высоте $>1,5$), значения в столбцах Б — к помещениям неблагоприятных пропорций (указанное отношение $<1,5$).

Местное освещение рабочих мест и ориентированное общее освещение следует устраивать по возможности слева (см. с. 121, рис. 5-11) без отбрасывания теней на рабочее место и обрабатываемые детали. Чем большей направленностью обладают лучи света, тем резче падающие тени. Отраженное освещение не дает теней, вследствие чего трудно различать формы предметов. За исключением особых случаев направленное освещение предпочтительнее.

Для парадных залов также применяют отраженное (скрытое) освещение, несмотря на высокие эксплуатационные затраты. Верхнюю грань карниза, скрывающего лампы, следует располагать на такой высоте, чтобы лампы не были видны (см. с. 124, рис. 1). Расстояние от грани карниза до потолка принимается равным $\frac{1}{8}$ ширины помещения, чтобы ограничить освещенность потолка. Следует избегать темных участков в местах соединений ламп путем их размещения вразбежку или внахлестку (см. с. 124, рис. 2.3). С ростом доли отраженного света повышается влияние отражающей способности стен и потолка. Коэффициенты отражения стен приведены в табл. 2.

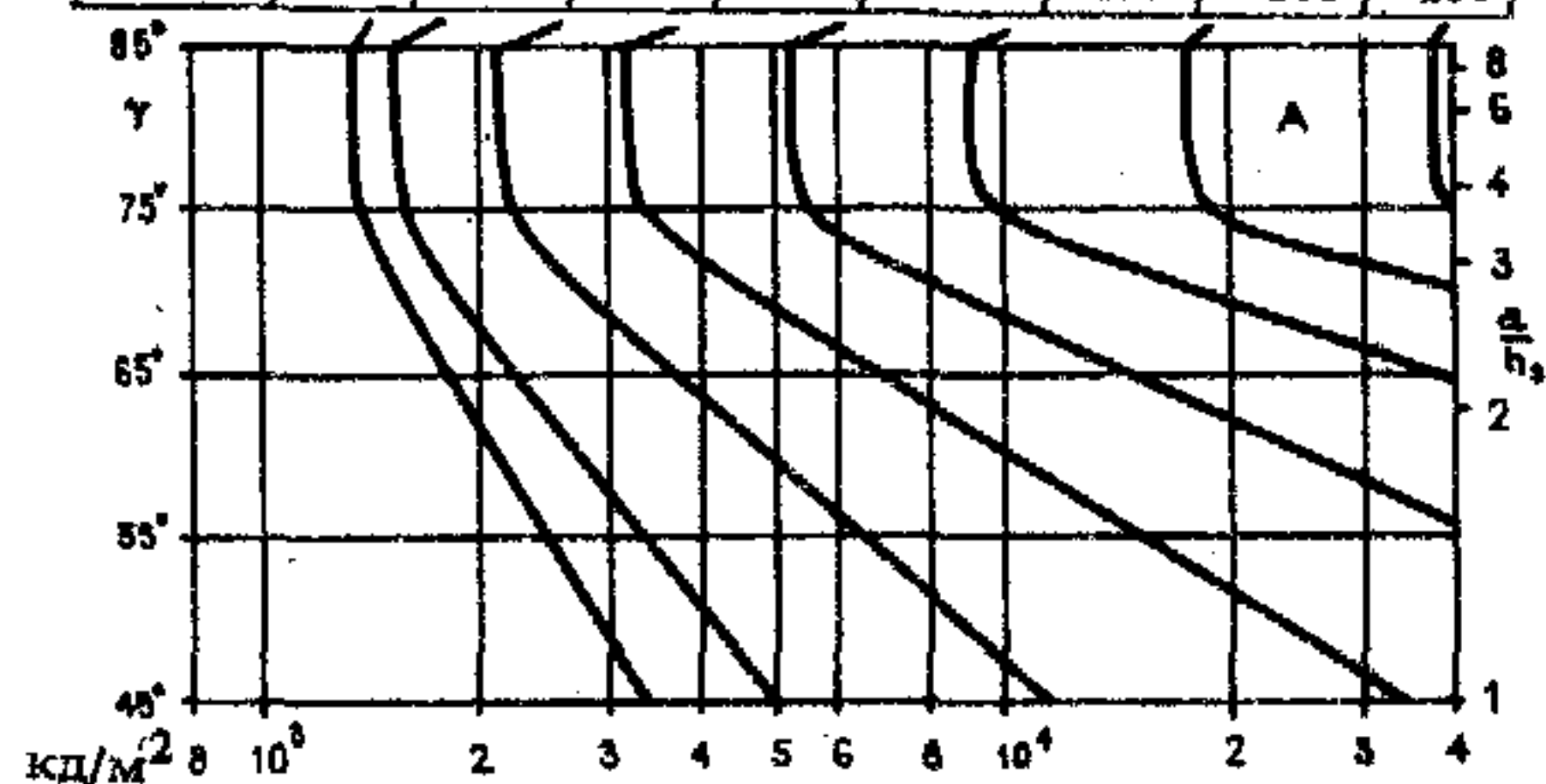
В конторских помещениях целесообразно размещать светильники или отражающие свет устройства рядами вблизи окон; тогда примерно одинаковые условия освещения будут сохранены и в дневное и в вечернее время. При глубоких помещениях следует размещать дополнительный ряд источников света на $\frac{2}{3}$ глубины помещения (см. с. 121, рис. 5-8).

В лампах накаливания свечение возникает при прохождении электрического тока по проводнику. При этом температура вольфрамовой нити достигает 2500-3000°C. Кроме обычных ламп накаливания выпускается много типов светильников различного назначения. Обычные лампы имеют мощность от 15 до 200 Вт и выпускаются со светопрозрачной или матовой колбой (см. с. 122, 123). Люминесцентные (газоразрядные) лампы выпускаются стержневой, кольцевой и U-образной формы. Светоотдача этих ламп в 3-5 раз выше, чем у ламп накаливания, а срок службы в 3-7 раз больше.

шаровой светильник	глубоко излучатель	цельностеклян ный плафон	встроенный потолочный светильник
$\eta_L = 80\%$	$\eta_L = 65\%$	$\eta_L = 70\%$	$\eta_L = 50\%$

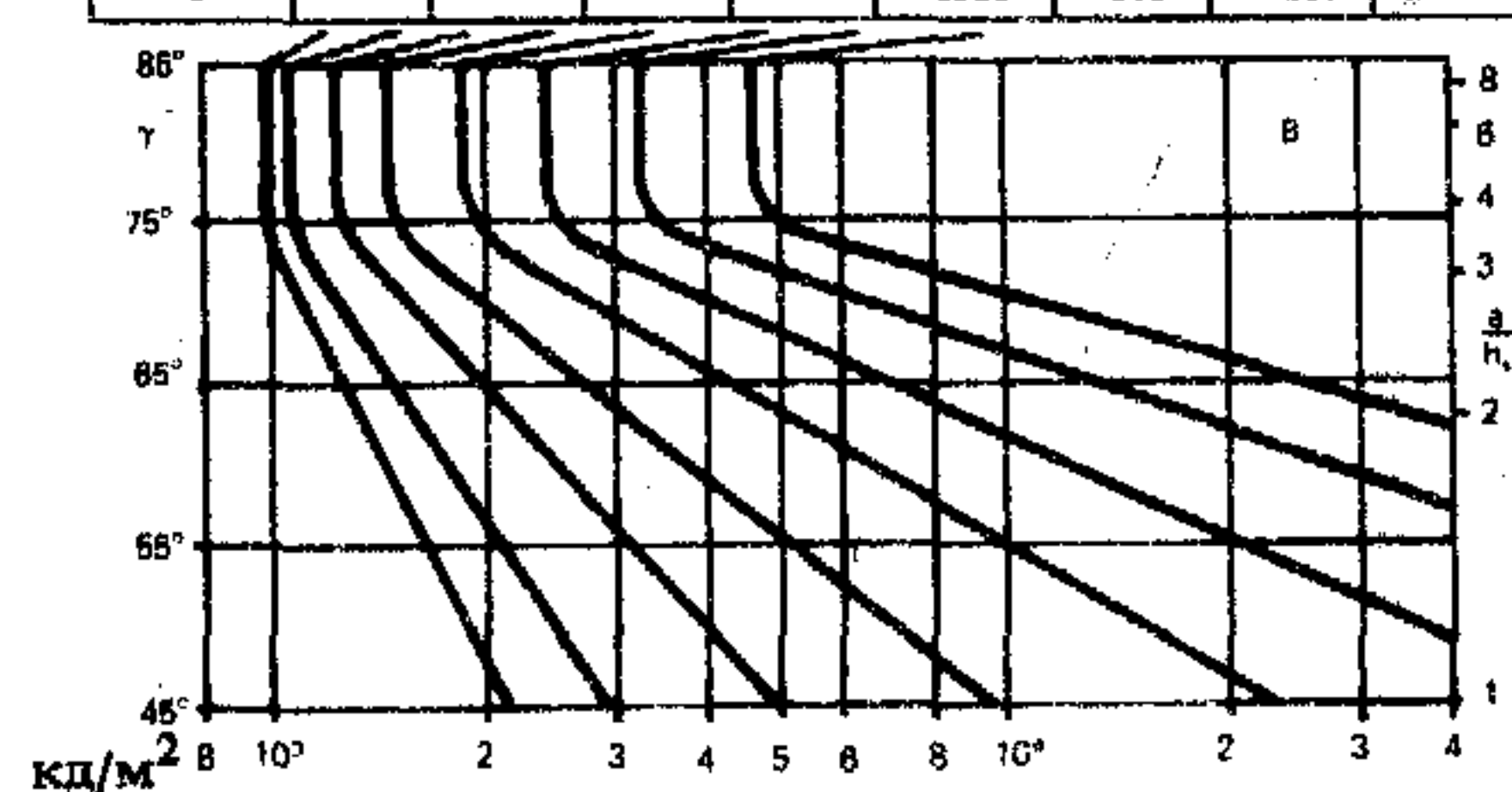
1. Коэффициенты использования основных типов светильников

сорт	действительны для номинальной освещенности, ЛК							
1	3000	2000	1000	500	≤ 250			ЛК
2				2000	1000	500	≤ 250	
3					2000	1000	500	≤ 250

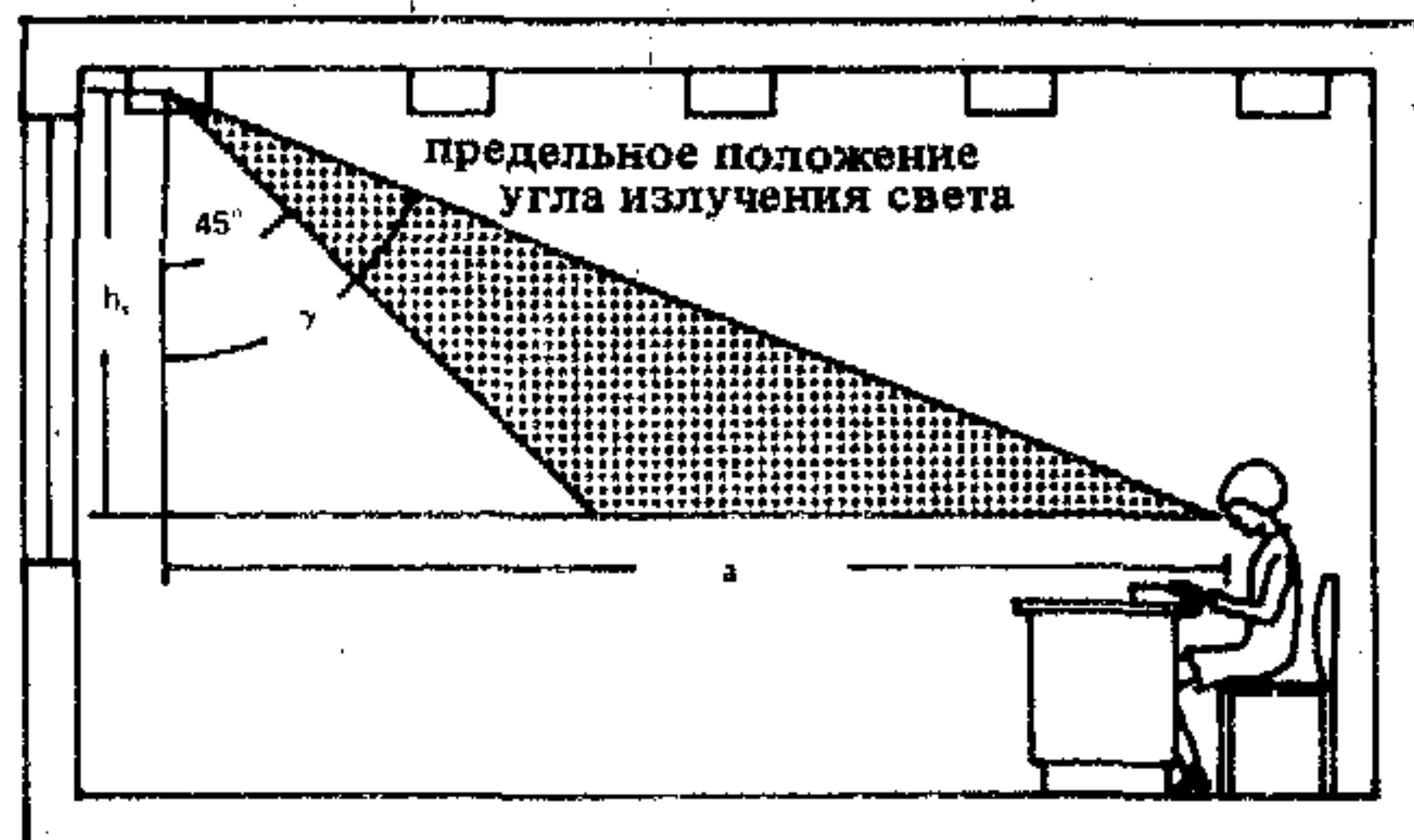


2. Кривые предельной яркости светильников с горизонтальной плоскостью светораспределения; особенно пригодны для встроенных светильников. Все вытянутые светильники расположены параллельно направлению взгляда

сорт	действ. для номинальной освещенности, ЛК							
1	3000	2000	1000	500	≤ 250			
2				2000	1000	500	≤ 250	
3					2000	1000	500	≤ 250



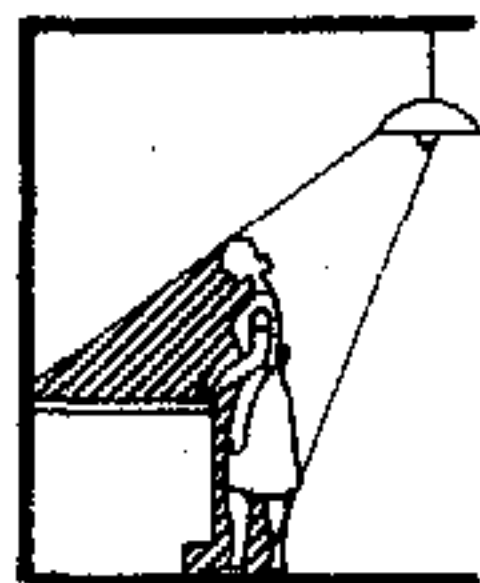
3. Кривые предельной яркости вытянутых квадратных и круглых светильников, с боковым светом, расположенных перпендикулярно направлению взгляда, например светильники в ваннах



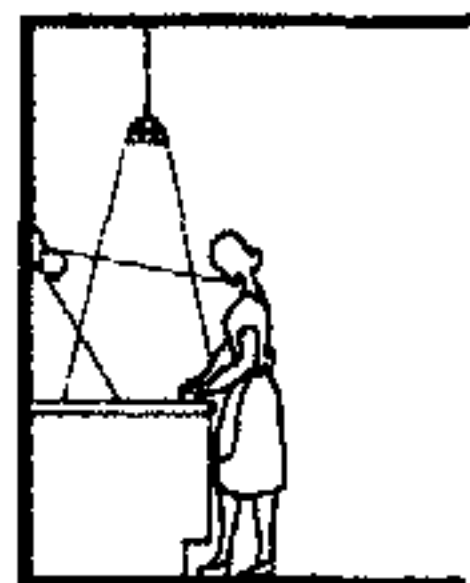
4. Диапазон излучений светильника, в котором должна выдерживаться предельная яркость

Таблица 2. Коэффициенты отражения различных покрытий

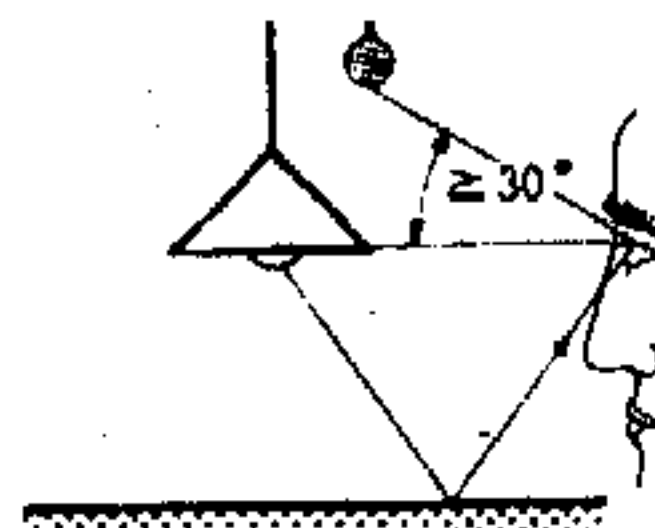
Материал	Коэффициент отражения	Материал	Коэффициент отражения
Белая масляная краска	0,7—0,85	Посеребренная зеркальная поверхность	0,9—0,94
Облицовка стен:		Зеркало с серебряной подосновой	0,75—0,9
белая	0,7—0,85	Светлый раствор	0,4—0,5
желтая	0,5—0,7	Желтый кирпич	0,35—0,4
красная	0,3—0,5	Светлые древесные плиты	0,4—0,5
серая и коричневая	0,25—0,5	Белый кафель	0,6—0,75
зеленая или голубая	0,15—0,45	Белый фарфор	0,6—0,8
Черный бархат	0,02—0,01	Белая эмаль	0,65—0,75
Алюминий:		Белый лак	0,75—0,85
анодированный	0,85—0,9	Белая чертежная бумага	0,7—0,75
полированный	0,65—0,75	Линия, проведенная твердым карандашом	0,45
матовый	0,55—0,6	Линия, проведенная мягким карандашом	0,25
Блестящий хром	0,6—0,7	Черная тушь	0,4
Полированная латунь	0,5—0,6	Асфальтовое покрытие дорог	0,05—0,15
Полированная сталь	0,55—0,6	Бетонное покрытие дорог	0,2—0,3
Полированный никель	0,55—0,6		
Белая жемчужная	0,65—0,7		



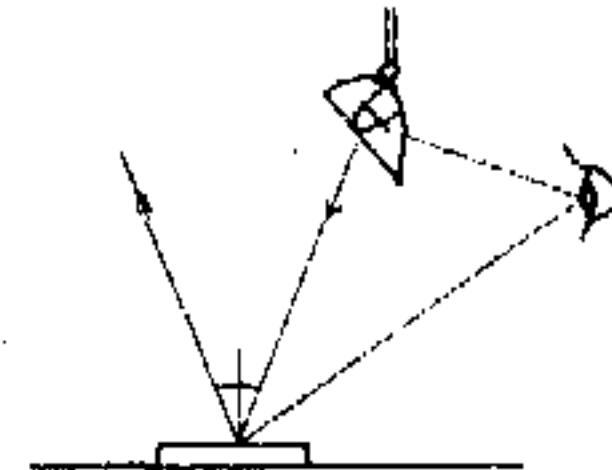
1. При установке светильника, освещающего рабочее место, следует учесть тень, отбрасываемую работником



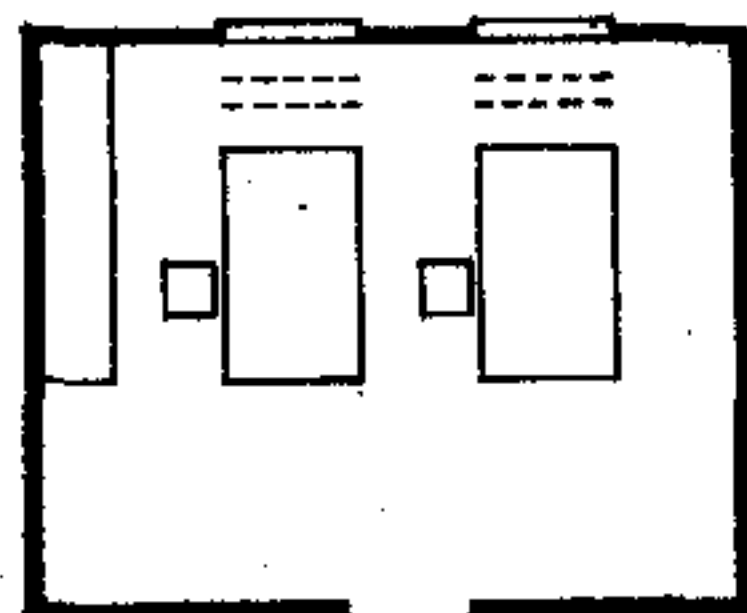
2. Хорошо организованное общее освещение устраняет падающие тени на рабочей плоскости с дополнительным местным освещением рабочего места



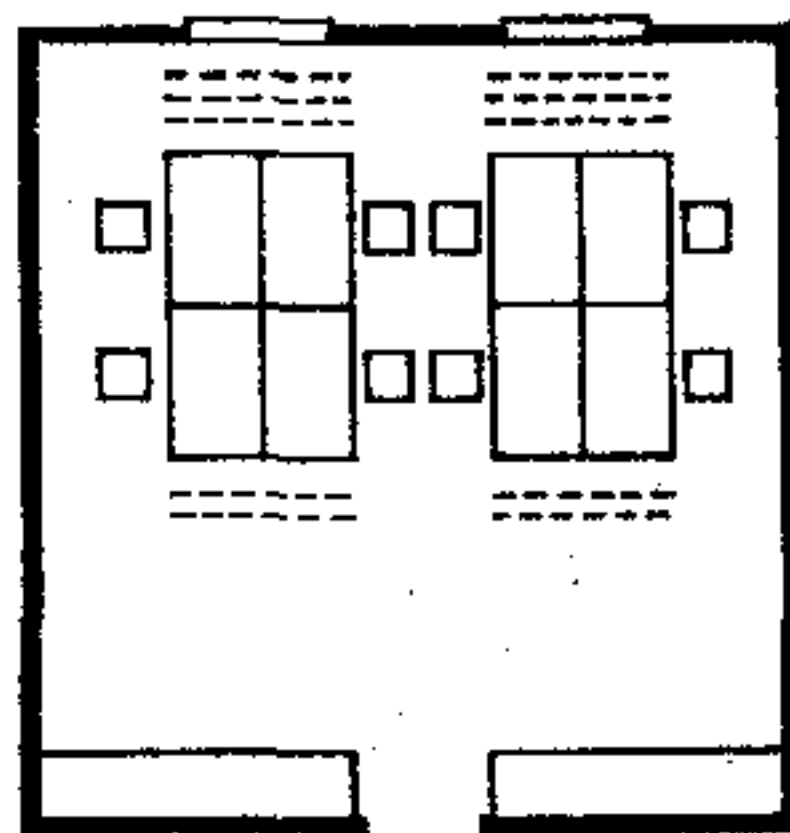
3. Прямые световые лучи не должны попадать в глаза под углом $< 30^\circ$ к горизонту. Поверхность рабочего места не должна давать блики



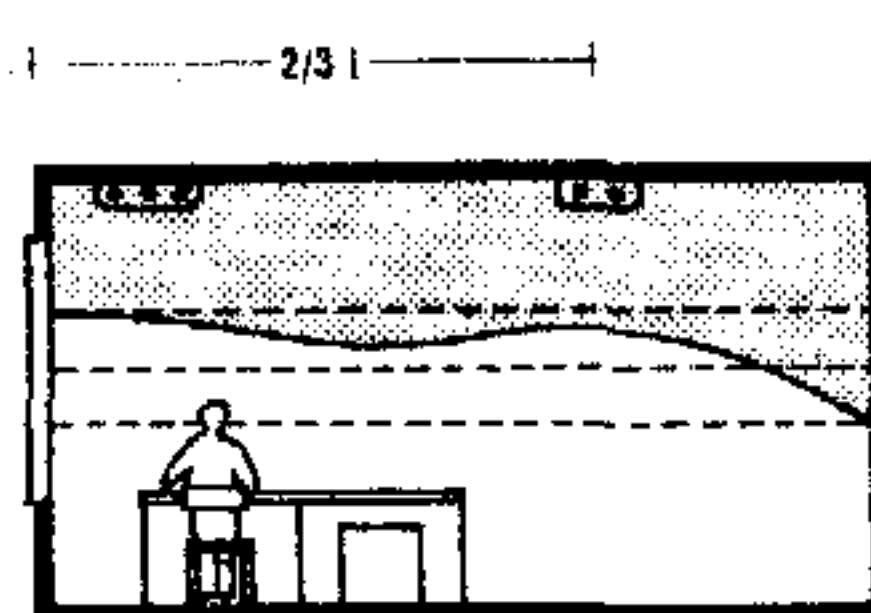
4. Угол падения световых лучей на зеркальную рабочую поверхность должен быть таким, чтобы не возникло слепящих лучей от обрабатываемых деталей



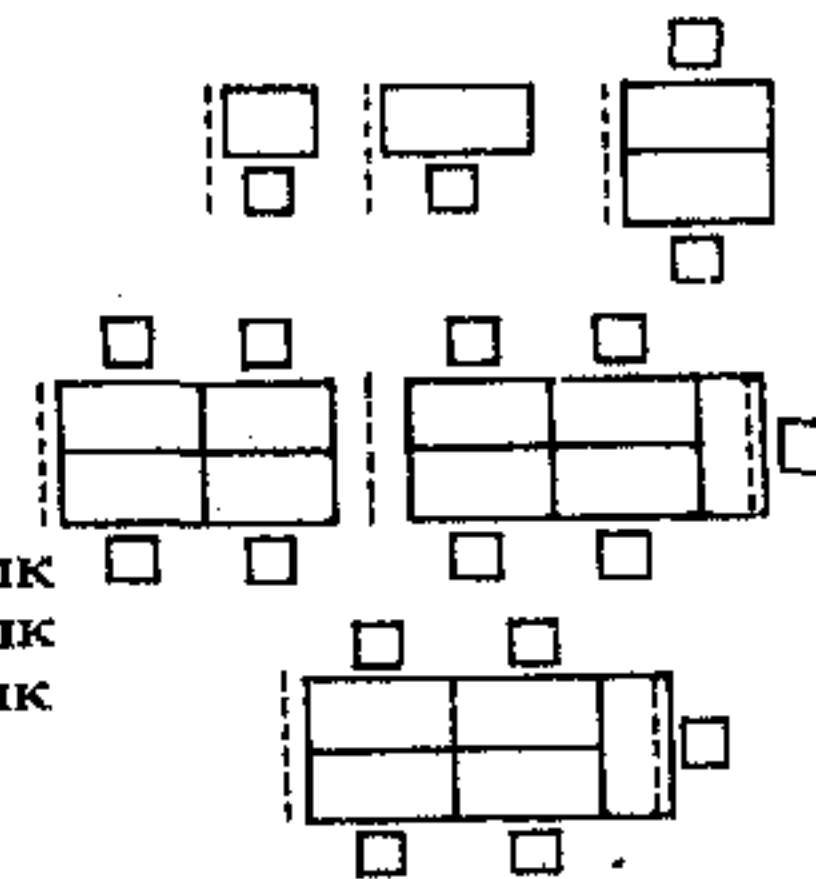
5. Искусственное освещение целесообразно устраивать с той же стороны, откуда падает дневной свет



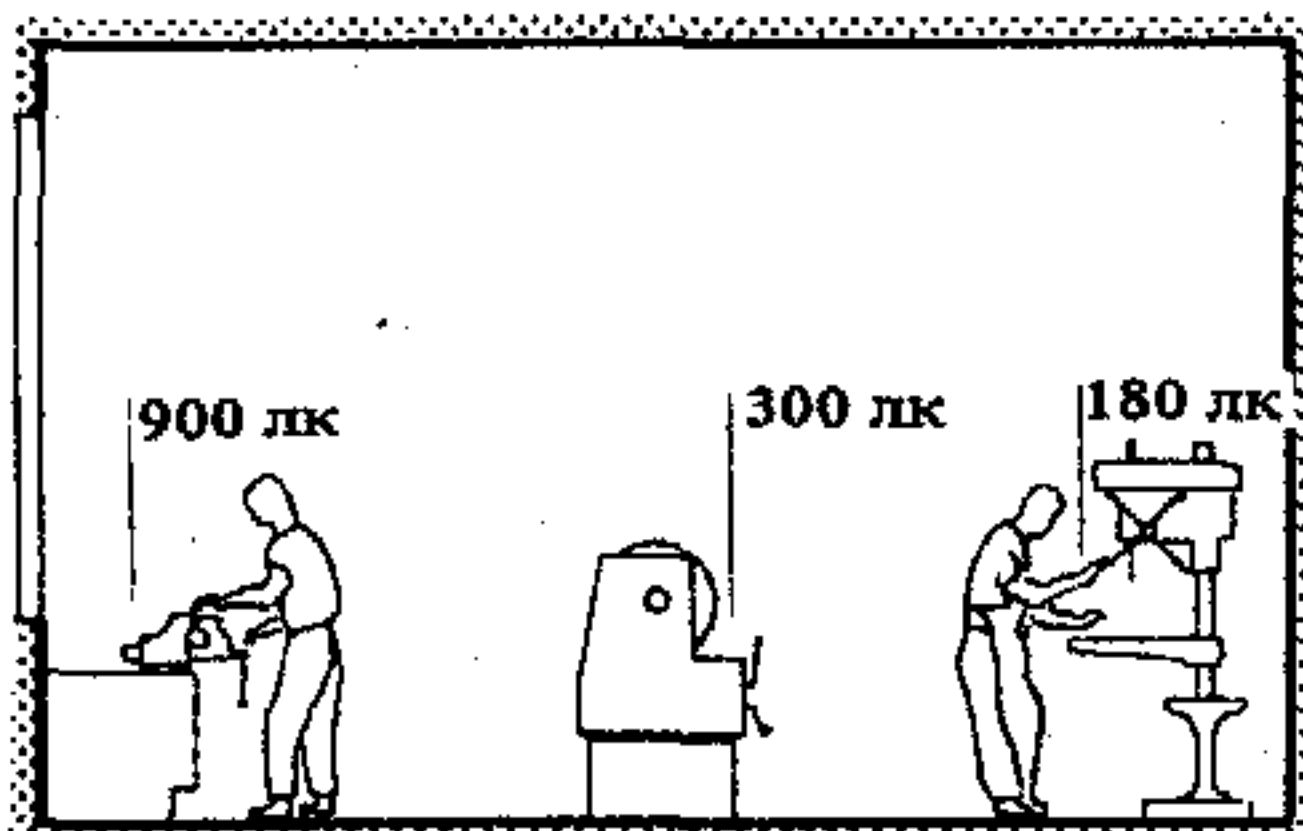
6. В глубоких помещениях второй ряд ламп размещают на $\frac{2}{3}$ глубины помещения (рис. 7)



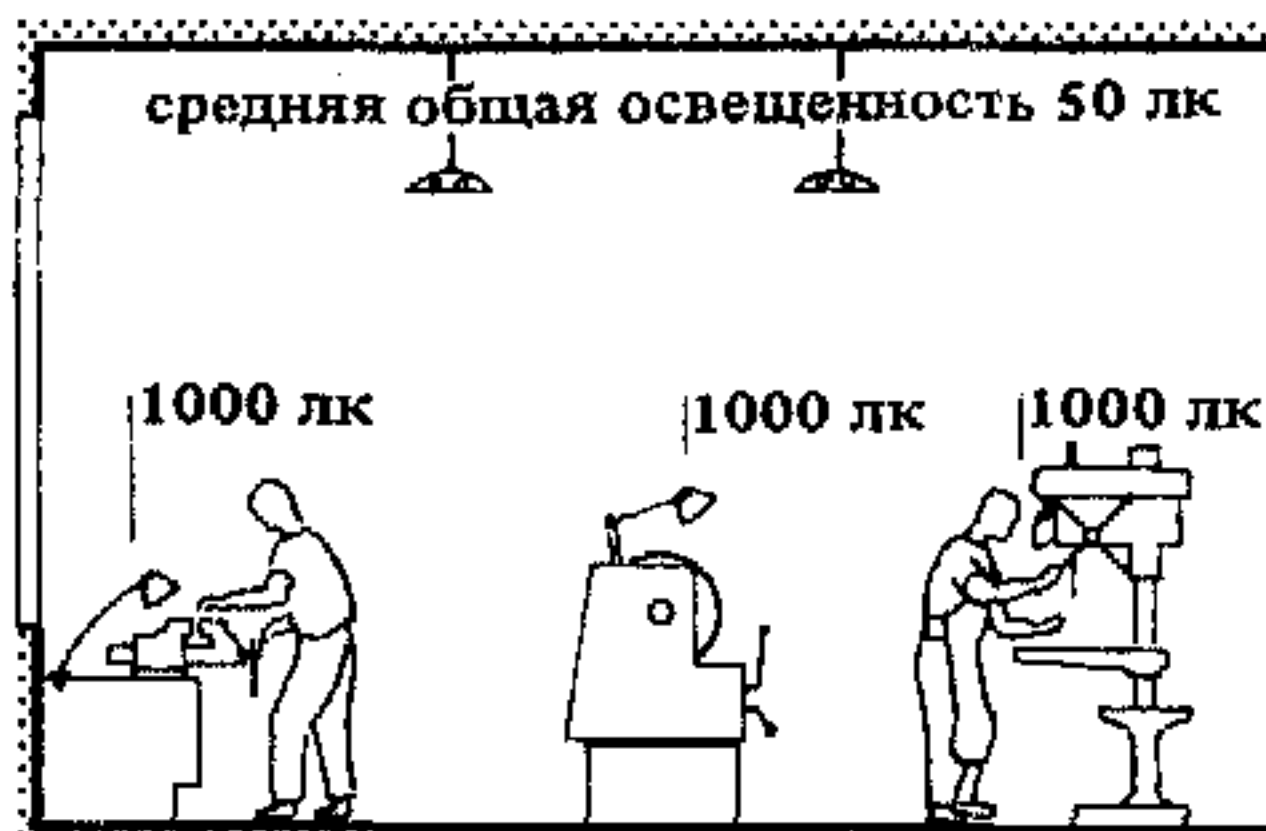
7. Кривая освещенности при наличии второго ряда ламп



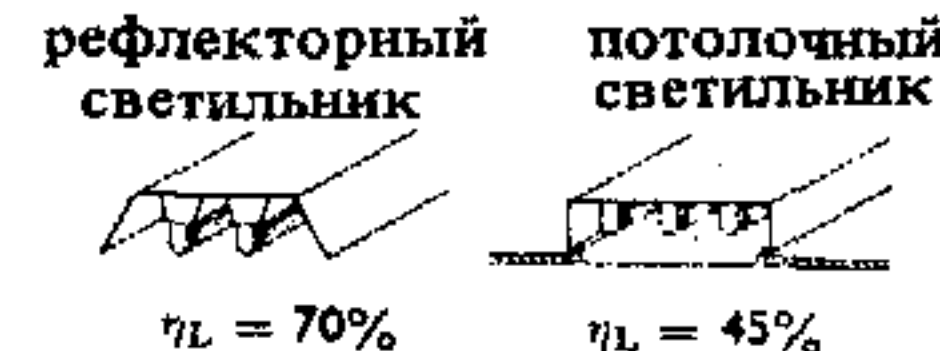
8. Правильная расстановка люминесцентных ламп в конторском помещении



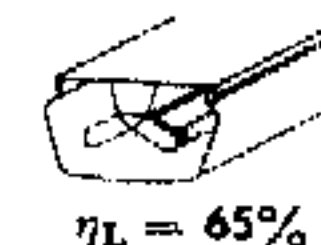
9. Дневной свет



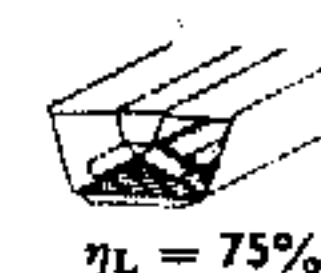
10. Искусственное освещение



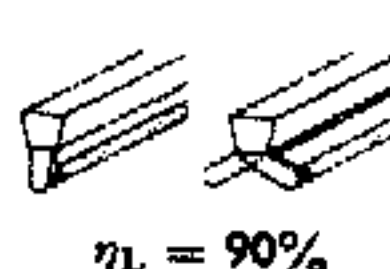
закрывающийся светильник



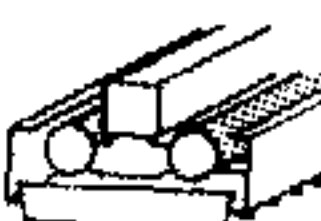
светильник с сеткой



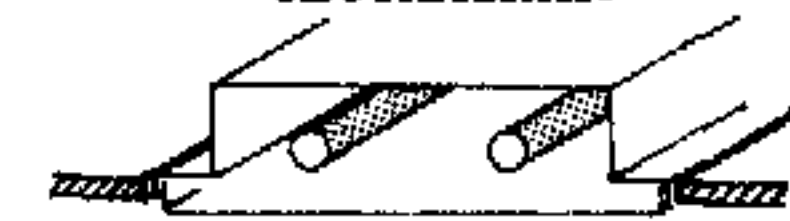
световые рейки



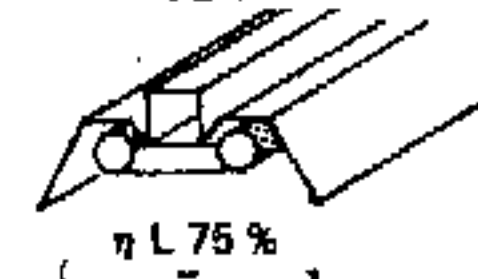
светильник с пластинчатой светозащитной сеткой



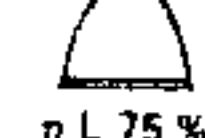
опаловый ванный светильник



белый рефлекторный светильник



круглый рефлекторный направленный светильник; лампа высокого давления с люминофором



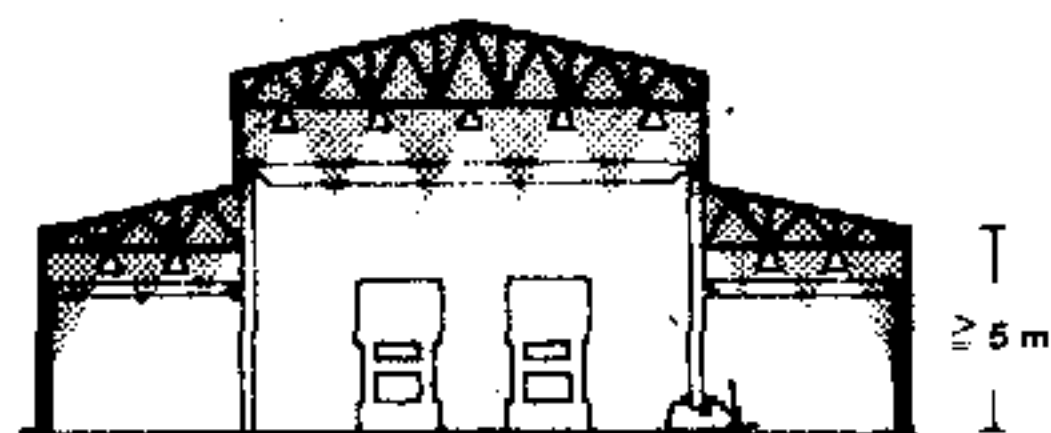
16. Коэффициенты использования светильников



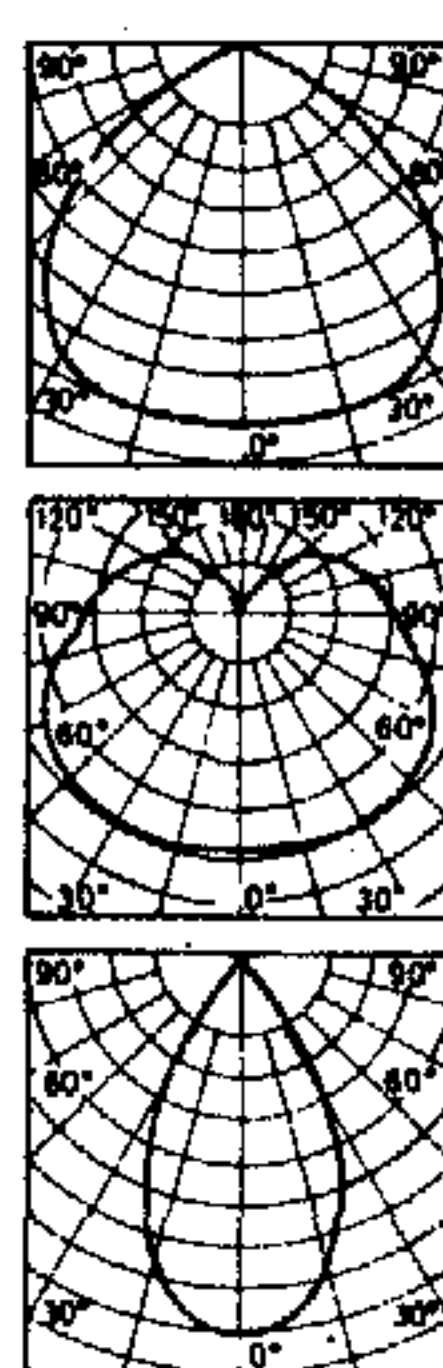
13. Большие одноэтажные здания



14. Шедовое покрытие



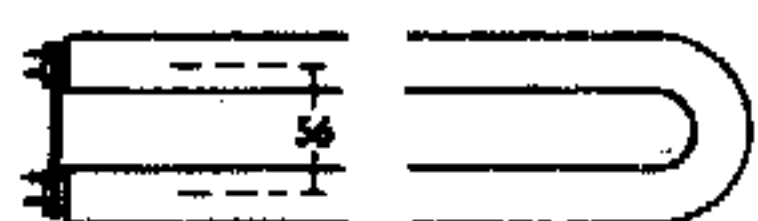
15. Высокие промышленные здания



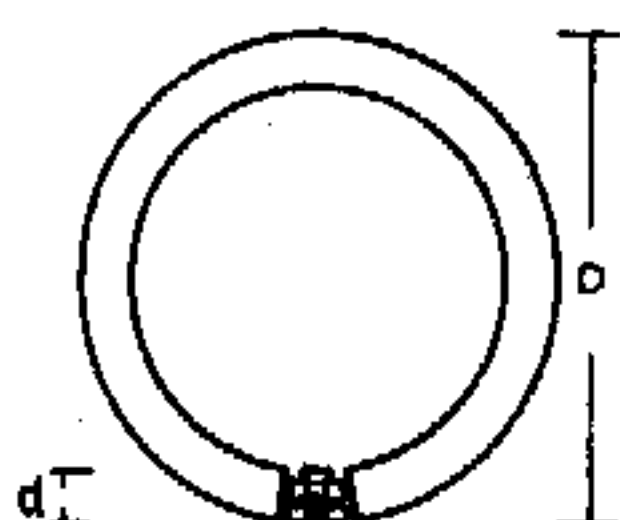
17. В многэтажных зданиях применяют широкоизлучающие люминесцентные лампы, обычно в виде световых реек параллельных рабочему месту. Лампы крепят непосредственно к потолку или на кронштейнах. В одноэтажных зданиях и зданиях с шедовым покрытием применяют люминесцентные лампы. Расположение этих ламп определяется направлением лучей солнечного света, проникающих через остекленные потолки и шеды (рис. 14). Для освещения высоких промышленных зданий требуются зеркальные отражательные лампы. Наиболее экономичны разрядные лампы высокого давления. Необходимо предусмотреть возможность ухода за лампами



1. Прямая люминесцентная лампа (см. табл. 1)



2. U-образная люминесцентная лампа (см. табл. 1)



3. Кольцевая люминесцентная лампа (см. табл. 1)



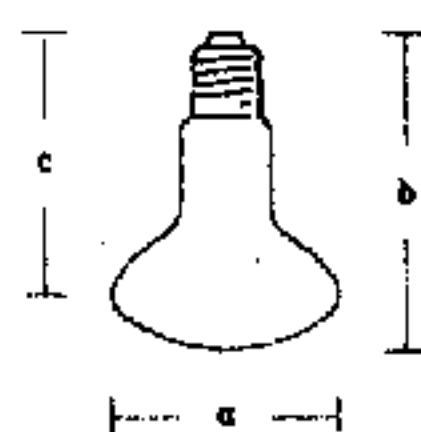
4. Нормальная электрическая лампочка (см. табл. 2)



5. Криптоновая лампа



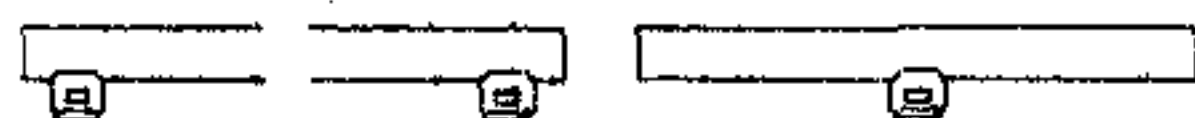
6. Лампа типа «Суперлюкс»



7. Лампа «Концентра» с узким и широким световым конусом (см. табл. 2)



8. Свечная лампа (см. с. 123, табл. 1)



9. Люминесцентные трубки «Линестра» (см. с. 123, табл. 1)



10. Капельная лампа (см. табл. 2)

Таблица 1. Величина светового потока наиболее распространенных люминесцентных ламп (в зависимости от мощности и цвета освещения)

Цвет освещения по DIN 5035			Дневной белый		Нейтральный белый				Теплый белый			
Цветопередача по DIN 5035			1	1	3	1	1	2	3	1	1	1
Мощность лампы, Вт	Мощность лампы и дросселя, Вт	Длина или диаметр, мм										

Прямые лампы (рис. 1)

20	25	59	1250	800	1200	1300	850	1050	1200	1300	850	700
40	49	1200	3200	1900	3200	3400	2000	2500	3200	3400	2000	1750
65	76	1500	5200	3100	5100	5500	3300	4000	5100	5500	3300	2900

U-образные лампы (рис. 2) для квадратных светильников

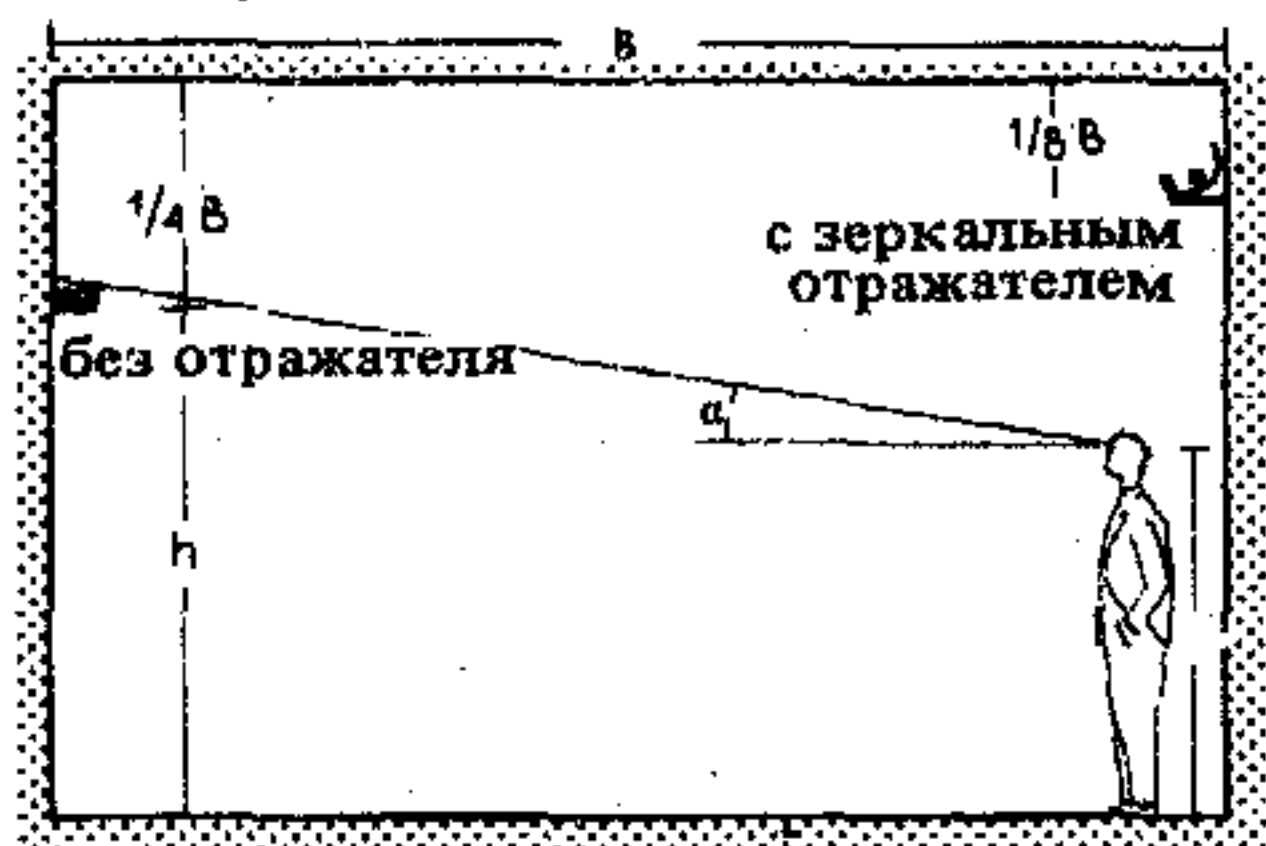
40	49	570				3000		2400		3000		
65	80	570				4500		3500		4500		

Прочие типы ламп (рис. 3)

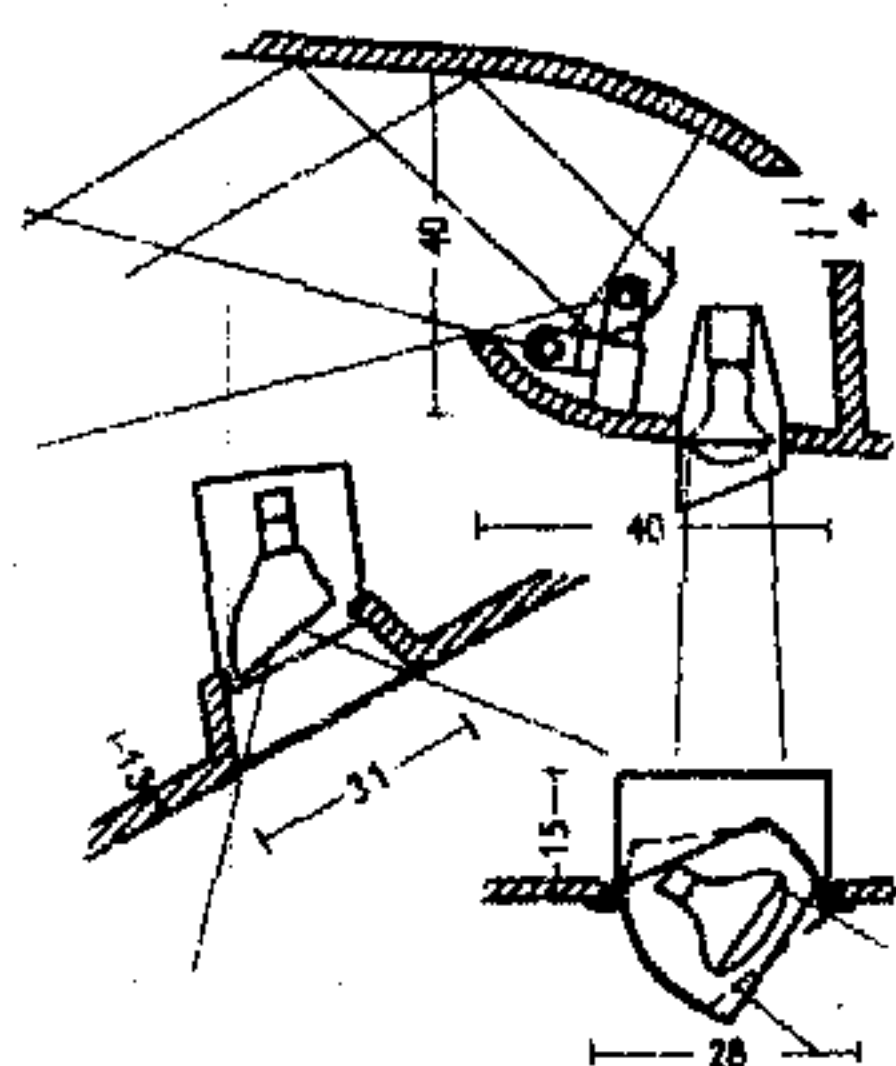
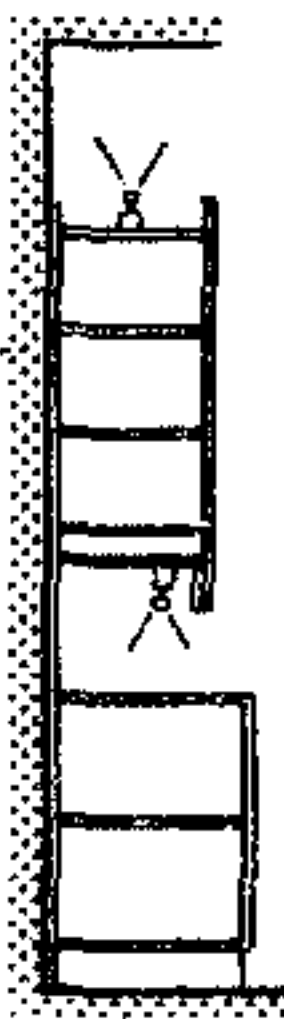
42 (прямая)	52	1047				3400		2500		3400		
32 (кольцевая)	42	Ø 311						1700	2050		1600	
40 (кольцевая)	49	Ø 413						2300	2900		2150	1800

Таблица 2. Наиболее распространенные типы ламп

Лампы накаливания, стандартные (рис. 4)				Криптоновые лампы (рис. 5)			Отражательные лампы «концентра» (рис. 7)					Узконаправленные отражательные лампы «концентра» с колбами из прессованного стекла						
мощность, Вт	световой поток, лм	диаметр, мм	длина, мм	мощность, Вт	диаметр, мм	длина, мм	мощность, Вт	угол излучения, град	диаметр а, мм	длина б, мм	встроенная длина с, мм	мощность, Вт	обозначение	угол излучения, град	диаметр а, мм	длина б, мм	встроенная длина с, мм	
Матовые изнутри или прозрачные				Матовые изнутри			25	35	50	84	72	E14	100	Sp	15	122	133	123
25	230	60	105	25	45	88	40	35	50	84	72		150	Sp	15	122	133	123
40	430	60	105	40	45	88	40	35	63	103	85		Широкоизлучательные лампы					
60	730	60	105	60	45	88	60	35	63	103	85		100	FL	40	122	133	123
75	950	60	105	100	50	96	40	80	80	114	90		150	FL	40	122	133	123
100	1380	60	105	Лампы «Суперлюкс» (рис. 6)			60	80	80	114	90	E27	Широкоизлучательные, окрашенные в красный, желтый, зеленый, голубой цвета					
150	2220	65	112	40	50	92	75	35	95	134	110		100	FL	40	122	133	123
200	3150	80	148	60	50	92	100	35	95	134	110		Газосветные лампы «концентра»					
Прозрачные				100	60	105	150	35	125	168	128		Узконаправленные лампы					
300	5000	90	189	Капельные лампы (рис. 11)			300	35	125	168	128		150	Sp—C	15	122	133	123
500	8400	110	240	Матовые изнутри или прозрачные			Окрашенные в красный, желтый, зеленый, голубой цвета						Широкоизлучательные лампы					
1000	18800	130	274	25	45	80	40	35	63	103	85	Лампы «концентра» 300 Вт (с плоскими штепселями)	150	FL—C	40	122	133	123
				40	45	80	Грушевидные лампы матовые изнутри или прозрачные						300	NSp	9/15	179	127	83
				Т-образные лампы светопрозрачные			15	—	26	57	—	300	NFL	11/25	179	127	83	
				125	32	74	25	—	28	65	—	300	WFL	16/40	179	127	83	



L — длина помещения
 B — ширина помещения
 H — высота помещения
 h — высота установки светильника
 h' — уровень глаз
 минимальное расстояние от потолка = $1/8 B$

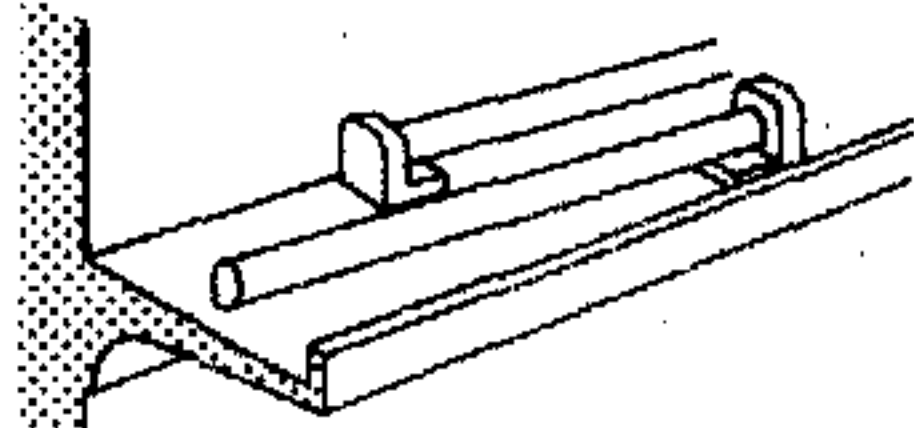
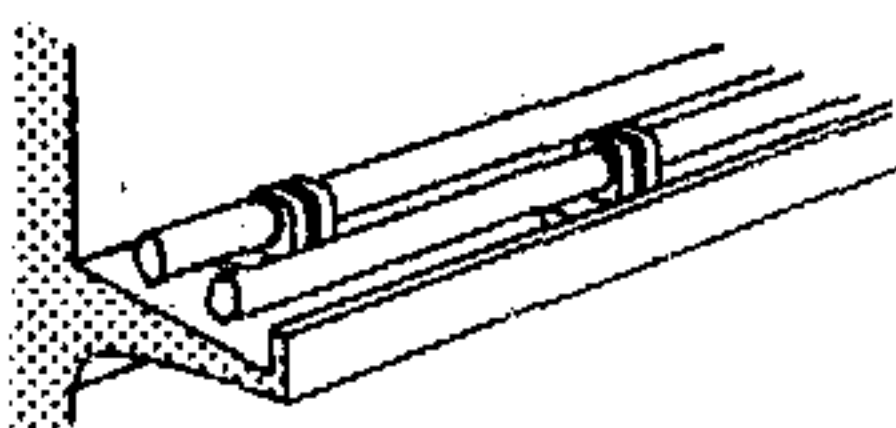


1. Скрытые за карнизом источники отраженного света

4. Источники прямого и отраженного освещения помещений и рабочих мест

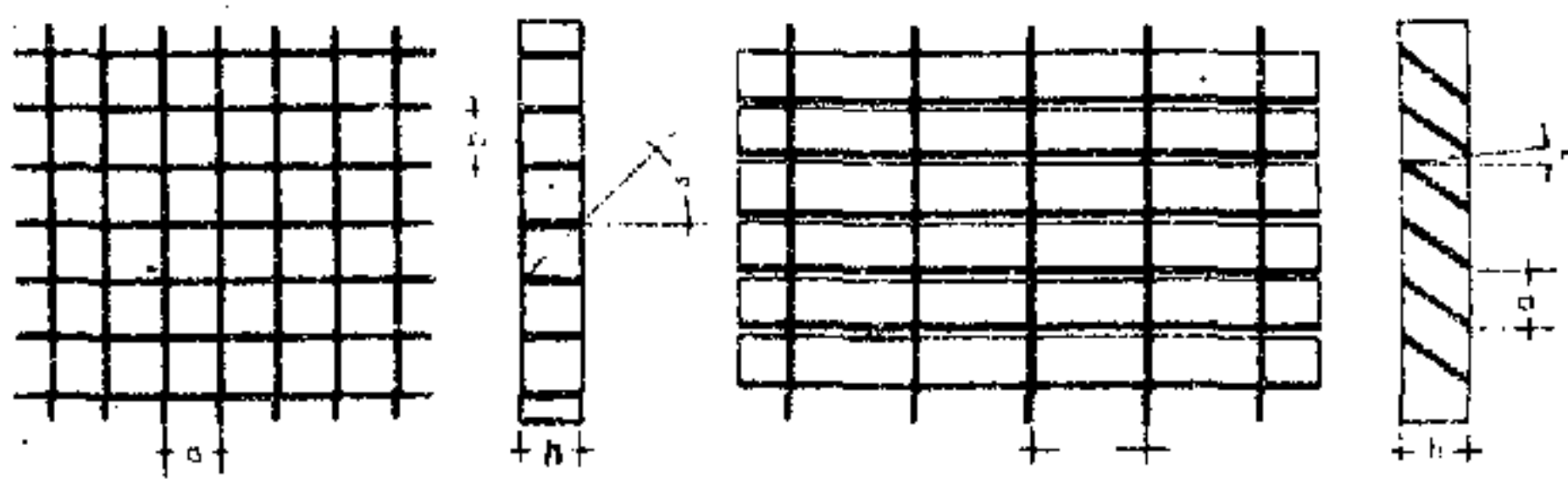
5. Пример освещения за-нависей

6. Размещение источников отраженного и направленного освещения



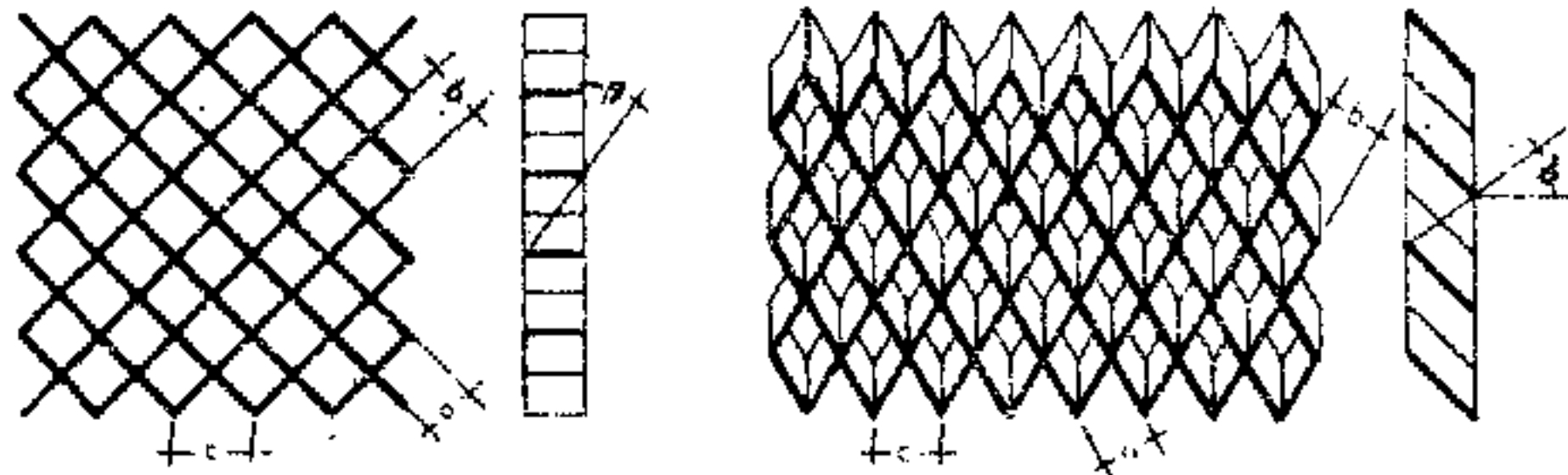
2. Размещение ламп вразбежку в двухрядном светильнике

3. Наклестка ламп предотвращает появление темных участков



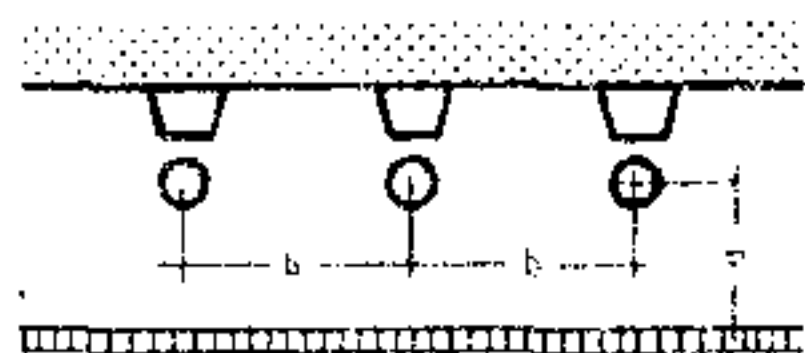
1. Прямоугольная решетка

2. Прямоугольная решетка с наклонными ребрами

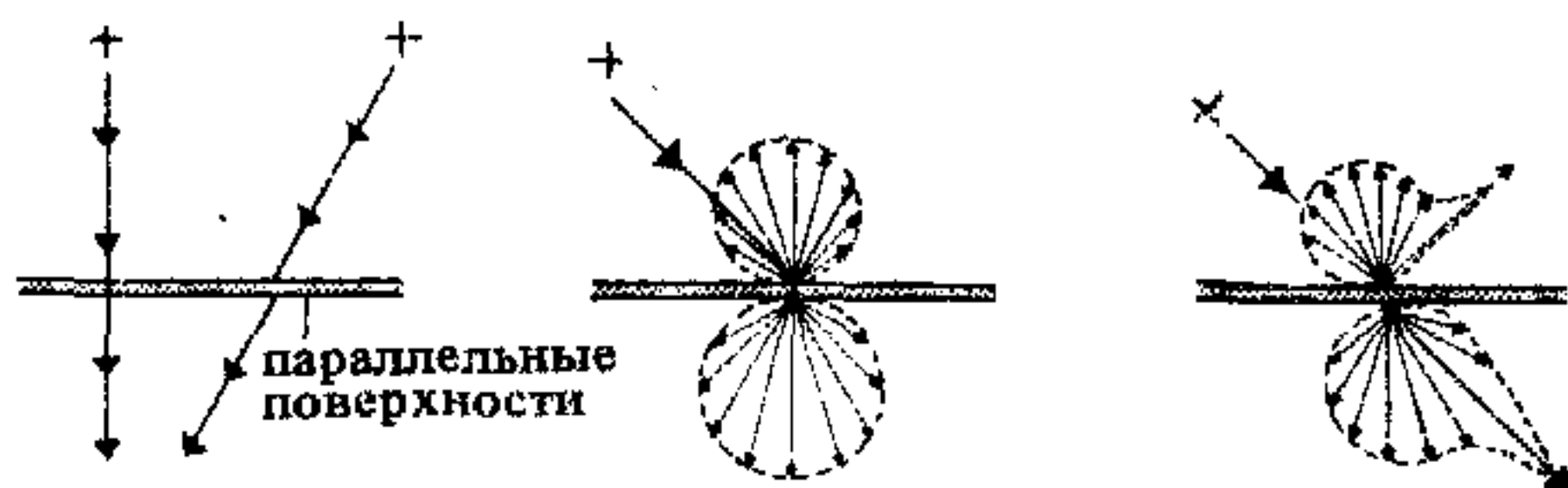


3. Диагональная решетка

4. Диагональная решетка с наклонными ребрами



5. Установка люминесцентных ламп
 $a \geq 2/3d$



6. Направленное пропускание света прозрачными стеклами со смещением при косых лучах

7. Диффузное пропускание и отражение света опаловым, алебастровыми стеклами и т.д.

8. Смещенное пропускание света узорчатым стеклом, шелком, свето-опаловыми стеклами

При выборе размеров, цвета окраски помещений и при назначении размеров окон и освещенности большое значение имеют данные о пропускании, рассеянии и отражении света различными строительными материалами. Это важно также для достижения необходимого эстетического и экономического эффекта.

Различают отражающие свет материалы (табл. 1) с направленным, полностью рассеянным и частично рассеянным отражением и пропускающие свет материалы с направленной (рис. 6), рассеянной (рис. 7) и смешанной пропускной способностью (рис. 8). Следует иметь в виду, что стекла с внутренней матовой поверхностью (они более целесообразны хотя бы из-за меньшего загрязнения) поглощают меньше света, чем стекла с наружной матовой поверхностью (см. табл. 1).

Цветные шелковые абажуры на белой подкладке при уменьшении пропускной способности примерно на 20% поглощают меньше света, чем такие же абажуры без подкладки.

Стекла дневного света, которые приравнивают цветовой состав электрического освещения к солнечному свету, поглощают

около 35% световых лучей; такие же стекла, придающие рассеянному свету окраску небесного свода, поглощают 60-80% лучей.

Прозрачное оконное стекло в зависимости от качества пропускает 65-95% света. По данным д-ра Клеффнера, оконное стекло плохого качества (особенно при двойном и тройном остеклении) может поглотить столько света, что вызванное этим увеличение размеров окон сведет на нет теплотехнические преимущества такого остекления.

Листовое стекло, изготовленное механизированным способом, выходит из машины в готовом виде и не требует дополнительной обработки. Оно прозрачно, бесцветно, имеет одинаковую толщину по всей плоскости и гладкую поверхность с обеих сторон.

Светопропускание 91-93%.

Сортамент: 1-й сорт - стекло повышенного качества по DIN 1249 для жилых и конторских помещений; 2-й сорт - дешевое строительное стекло для фабрик, складов, а также окон подвальных и цокольных этажей.

Для остекления окон одного здания рекомендуется применять стекло одного сорта.

Применение: остекление окон, витрин, дверей, перегородок, в мебели, для изготовления двойных защитных стекол. Возможна дополнительная обработка шлифованием, травлением, матованием, окраской, гнутьем, приданием выпуклости. Выпускаются специальные сорта стекла любой толщины, например облицовочное стекло, стекло для автомашин, небьющееся стекло.

Таблица 1. Светотехнические свойства прозрачных строительных материалов

Материал	Рассеивание	Толщина, мм	Отражение, %	Пропуск, %	Поглощение, %
1	2	3	4	5	6
Стекло прозрачное	Нет	2-4	6-8	90-92	2-4
Стекло узорчатое	Слабое	3,2-5,0	7-24	57-90	3-21
Прозрачное стекло с матовой внешней поверхностью	"	1,75-3,1	7-20	63-87	4-17
То же с матовой внутренней поверхностью	"	1,75-3,1	6-16	77-89	3-11
Опаловое стекло:					
группа 1	Сильное	1,7-3,6	40-66	12-38	20-31
группа 2	"	1,7-2,5	43-54	37-51	6-11
группа 3	"	1,4-3,5	65-78	15-35	4-10
Опаловое двухслойное стекло:					
группа 1	"	1,9-2,9	31-45	47-66	3-10
группа 2	"	2,8-3,3	54-67	27-35	8-11
Опаловое двухслойное цветное стекло:					
красное		2-3	64-89	2-4	29-34
оранжевое		2-3	63-88	6-10	22-31
зеленое		2-3	60-86	3-9	30-31
Опаловое стекло					
Фирфор	Слабое	2,2-2,5	13-28	58-84	2-14
Мрамор	Сильное	3	72-77	2-8	20-21
Полированный	"	7,3-10	30-71	3-8	24-65
Пропитанный	"	3-5	27-64	12-40	11-49
Алебастр	"	11,2-10,4	49-67	17-30	14-21
Картон слабо пропитанный	"		69	8	23
Пергамент:					
бесцветный	"		48	42	10
светло-желтый пропитанный	"		37	41	22
темно-желтый	"		36	14	50
Шелк:					
белый	Очень сильное		28-38	51-71	1
цветной	"		6-24	13-54	27-80
Зефир хлопчатобумажный	Сильное		Около 68	Около 28	Около 4
Резопал подкрашенный	"	11-2,8	32-39	20-36	26-48
Поллопал светлый	"	1,2-1,6	46-46	25-33	21-28
Целлофан:					
белый (тусклый)	"	1	55	17	28
желтый	"	1	36	9	55
синий	"	1	12	4	84
зеленый	"	1	12	4	84
Стекло:					
зеркальное		6-8	8	88	4
армированное		6-8	9	74	17
необработанное		4-6	8	88	4
солнцезащитное (зеленое)		2	6	38	56

Физико-механические свойства строительного стекла

Масса 1 м² стекла толщиной 1 мм 2,5 кг.

Прочность на сжатие: от 8800 до 9300 кг/см², для расчетов принимают 8000 кг/см².

Прочность на растяжение: от 300 до 900 кг/см²; для расчетов принимают 300 кг/см².

Прочность на изгиб: 900 кг/см².

Твердость по шкале MOHS: от 6 (на полевым шпате) до 7 (на кварце).

Термический коэффициент линейного удлинения: 9-10⁻⁶ см/м·град.

Модуль упругости: $E = 7,5 \times 10^5$ кг/см².

Коэффициент теплопроводности: 0,601 Вт/м·°C (DIN 4701).

Таблица 1. Листовое стекло: наименование и размеры (DIN 1249)

Наименование	Толщина, мм	Допуски, мм	Максимальные размеры, мм
1	2	3	4
Тонкое стекло	0,6 — 1,2 1,2 — 1,8 1,75 — 2		600×1260 800×1500 600×1880
Оконное стекло: нормальное двойное	2,8 3,8	+0,2 -0,1 ±0,2	1200×1880 1400×2160
Толстое стекло	4,5 5,5 6,5 8 10 12 15 19 21	+0,3 -0,2 ±0,3 ±0,5 ±0,7 ±0,8 ±1 ±1 ±1	2760×5000 или 3000×5000 2600×5040 2600×3960 2600×3600 2600×3000 2600×3000 2600×3000

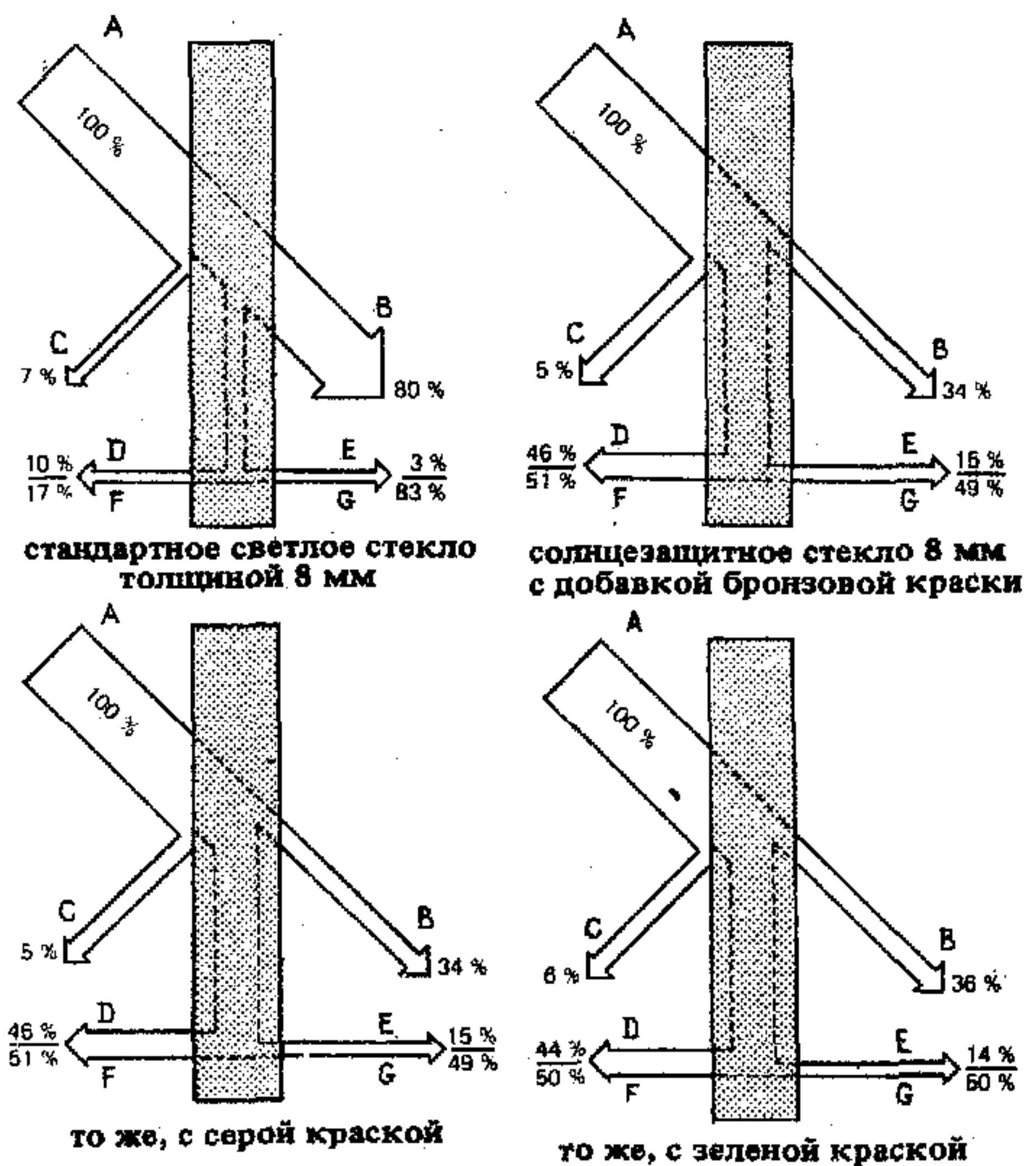
Таблица 2. Размер кристаллического зеркального стекла по DIN 1259

Толщина, мм	Допуски, ± мм	Максимальные размеры, мм
4	0,2	3180×6000
5	0,2	3180×6000
6	0,2	3180×6000
8	0,3	3180×7500
10	0,3	3180×9000
12	0,3	3180×9000
15	0,3	3180×6000
19	1	2820×4500
21	1	2760×4500

Кристаллическое зеркальное стекло изготавливается методом непрерывного проката. Коэффициент светопропускания равен 90%. При добавлении бронзовой, серой или зеленой краски стекло получает солнцезащитные свойства. Имеет гладкую поверхность, без искривлений, поглощает и отражает часть солнечной энергии.

Таблица 3

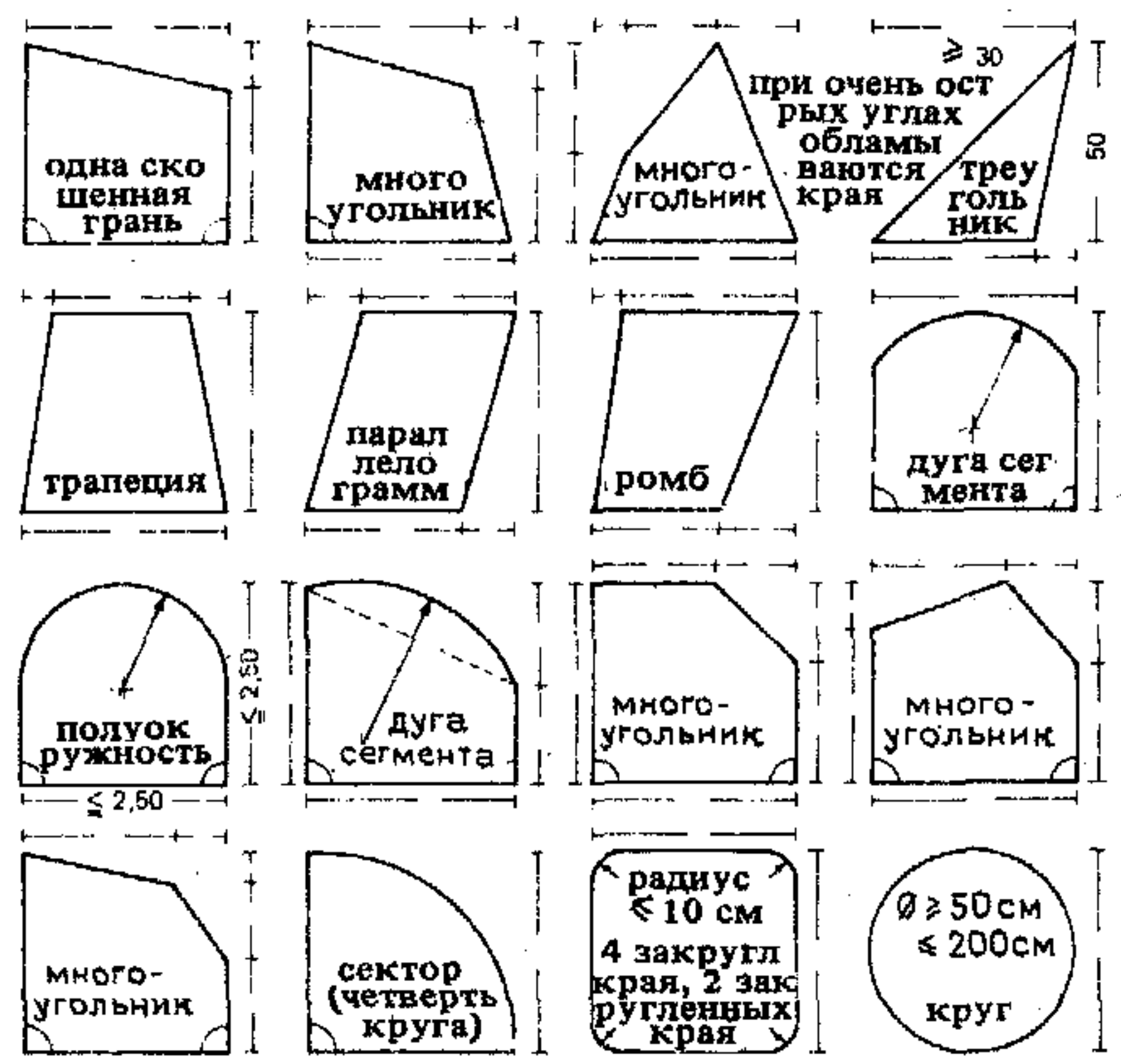
Наименование	Толщина, мм	Допуски, ± мм	Максимальные размеры, мм
Солнцезащитное стекло бронзовый+серый цвета	4 6 8 10 12	0,2 0,2 0,2 0,3 0,3	3150×600
зеленый цвет	4 6 8 10 12	0,2 0,2 0,3 0,3 0,3	3150×6000
Зеркальное необработанное стекло	134 178 200 274	8 6, 8, 10, 12 6, 8, 10, 12 6, 8, 10	1800×4410 1710×4440 2620×4500 2400×4400



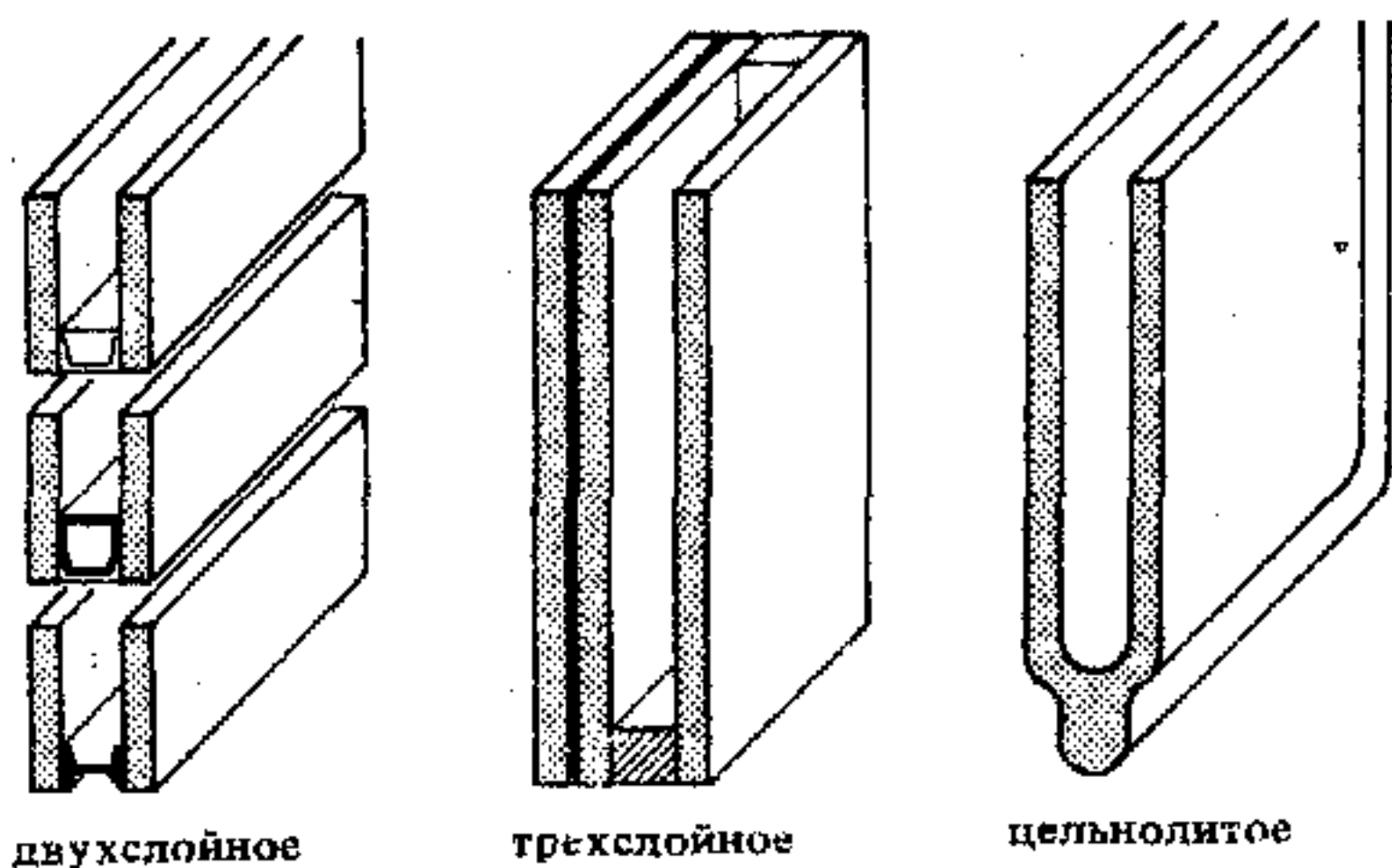
Сравнение стандартных и солнцезащитных стекол

A — солнечная энергия (направленная и рассеянная), 100%; B — сквозная трансмиссия; C — полное отражение; D — конвекция + вторичное излучение наружу; E — конвекция + вторичное излучение внутрь; F — полное отражение и конвекция наружу; G — трансмиссия и конвекция внутрь.

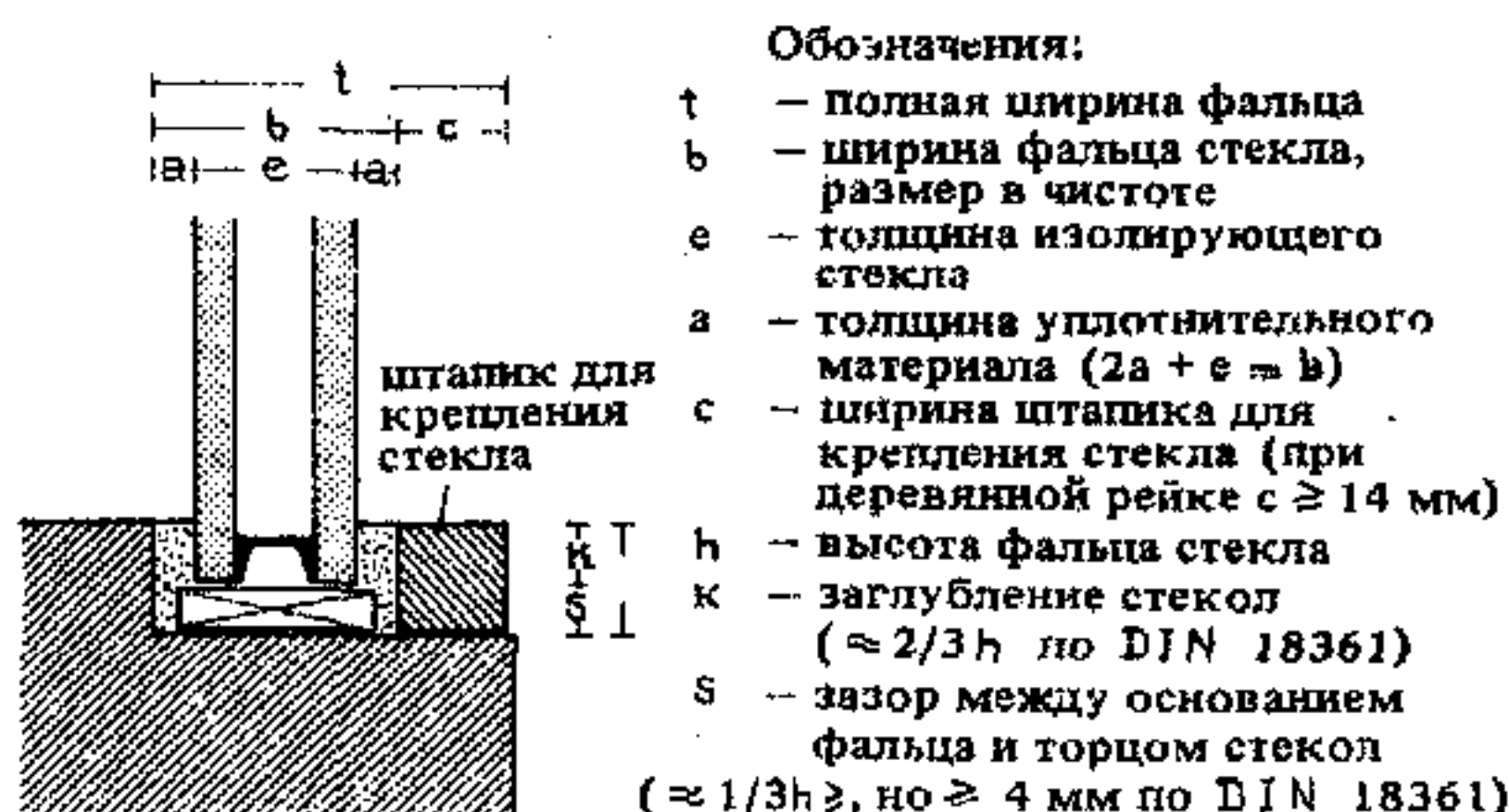
Изолирующее стекло. Изготавливается из двух или трех стекол с зазором и прочным соединением по краям. Зазор между стеклами обеспечивается применением специальных профилей, припаянных или приклеенных к стеклам. Находящийся между стеклами сухой воздух улучшает тепло и звукоизолирующие свойства такого ограждения. Формы изолирующих стекол показаны на рис. 5.



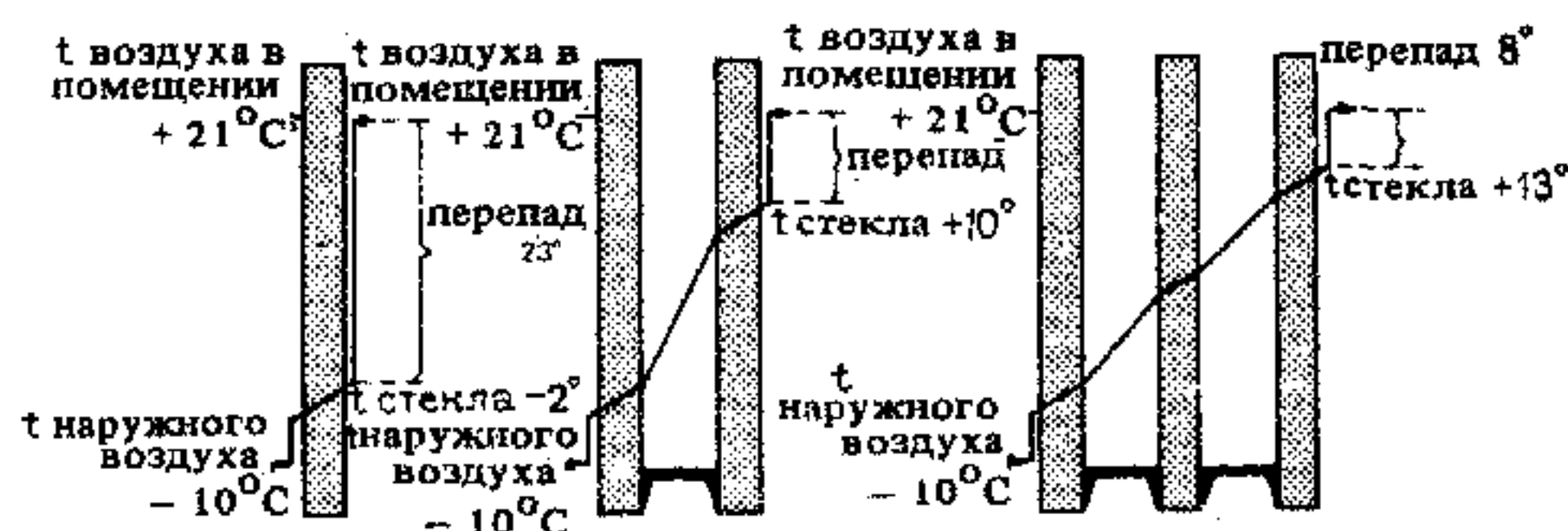
Стандартные размеры цельных изолирующих стеклянных элементов установлены с учетом номинальных размеров (DIN 18050), применяемых в жилищном строительстве оконных (DIN 18100) и дверных проемов с четвертями в кладке и без них, и размеров деревянных оконных профилей (DIN 68121).



1. Конструкция изолирующего стекла



2. Установка изолирующего стекла по DIN 18361

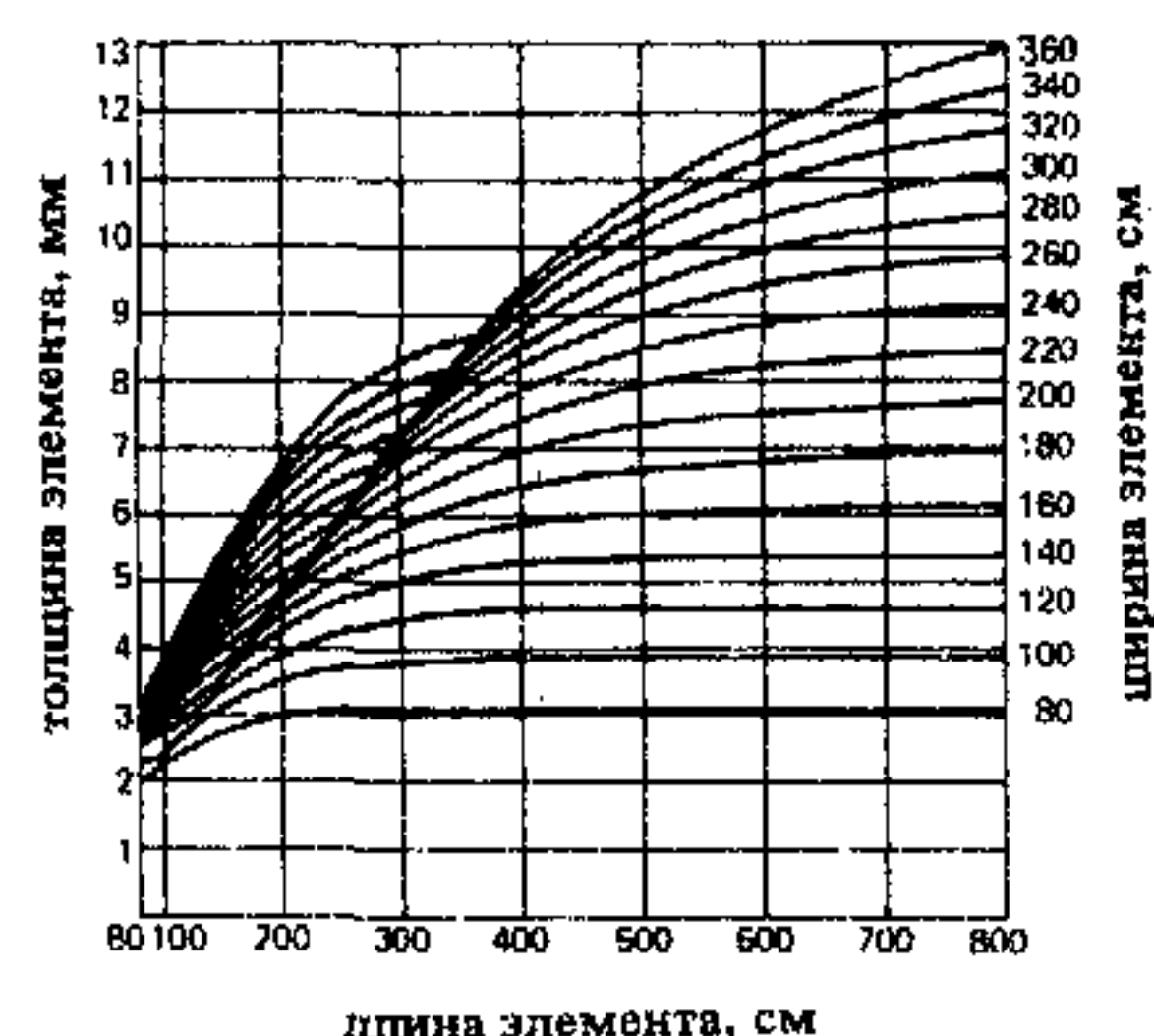


3. Теплоизоляция

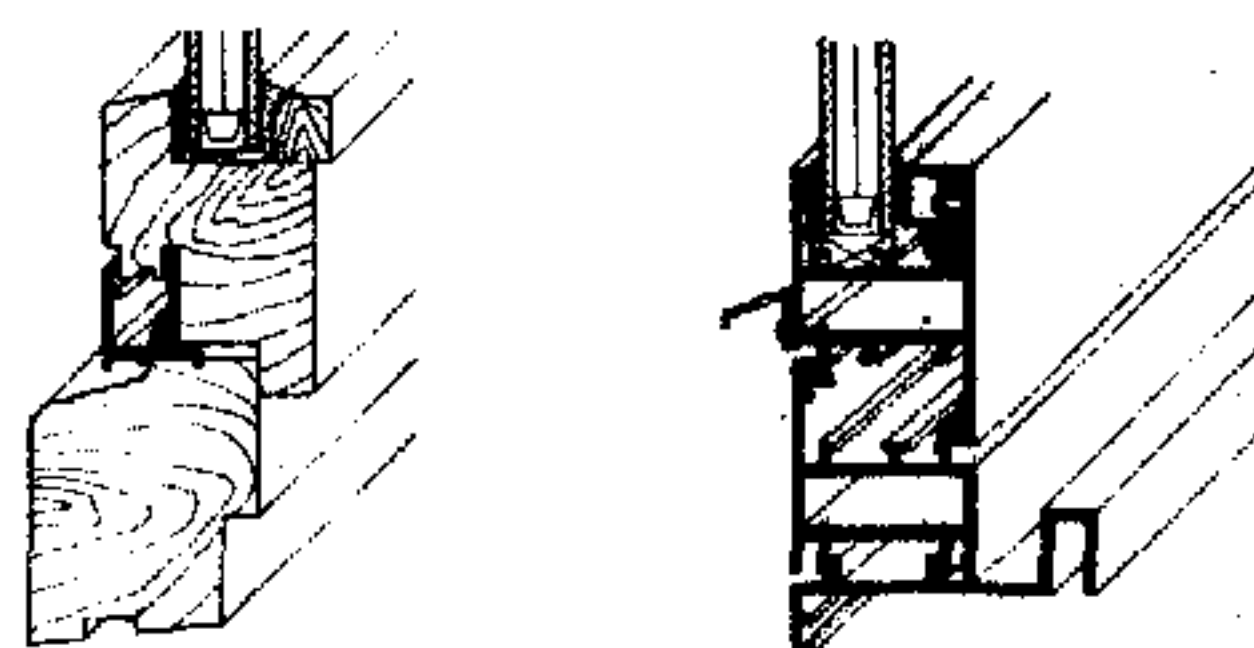
Таблица 1. Ветровые нагрузки на стекла

Высота остекления над уровнем местности, м	Обычное здание ($c=1,2$)		Здание башенного типа ($c=1,6$)	
	ветровая нагрузка $w=q_s$, кН/м²	коэффициент	ветровая нагрузка $w=q_s$, кН/м²	коэффициент
0—8	60	1	80	1,16
8—20	96	1,27	128	1,4
20—100	132	1,48	176	1,72
Более 100	156	1,61	208	1,87

Здание относится к башенному типу, если его ширина меньше $1/5$ высоты.



4. Диаграмма ветровых нагрузок для расчета толщины стекла изолирующих элементов по DIN 1055



деревянная рама

рама из алюминиевого сплава, элемент устанавливается под давлением

5. Установка стеклянных изолирующих элементов в оконную коробку

Таблица 2. Изолирующее остекление из оконного, толстого и кристаллического зеркального стекла

Тип остекления	Толщина воздушной прослойки, мм	Максимальные размеры		Площадь поверхности, м²	Толщина остекления, мм
		ширина, см	высота, см		
Из двух слоев оконного стекла стандартной толщины	12	75	150	1,13	18,5
Из двух слоев оконного стекла двойной толщины	12	141	240	3,36	20,5
Из двух слоев стекла толщиной, мм:					
4,5	12	170	270	3,4	21,5
5,5	12	500	270	8	23,5
6,5	12	500	270	8	25,5
8—10—12	12	500	260	8	28,5—36,5
Из двух слоев зеркального стекла толщиной, мм:					
5	12	300	270	6	22,5
6	12	500	300	6	24,5
8	12	500	300	9	28,5
10+12	12	500	300	10	32,5—36,5

Допуск по толщине $\pm 1,0-1,5$

Таблица 3. Характеристики цельных стеклянных изолирующих элементов (рис. 1)

Цельные стеклянные изолирующие элементы		Двухслойные из оконных стекол	
		стандартной толщины	двойной толщины
Выпускаются только с прямыми углами	Короткие грани Длинные грани Допуски Воздушный зазор Полная толщина Масса	37—75 см 60—200 см $\pm 2,0$ мм ≈ 9 мм 14 мм ≈ 14 кг/м²	75,1—130 см 75,1—200 см 7 мм 19 кг/м²

Таблица 4. Размеры изолирующих безопасных стеклянных элементов (секурит)

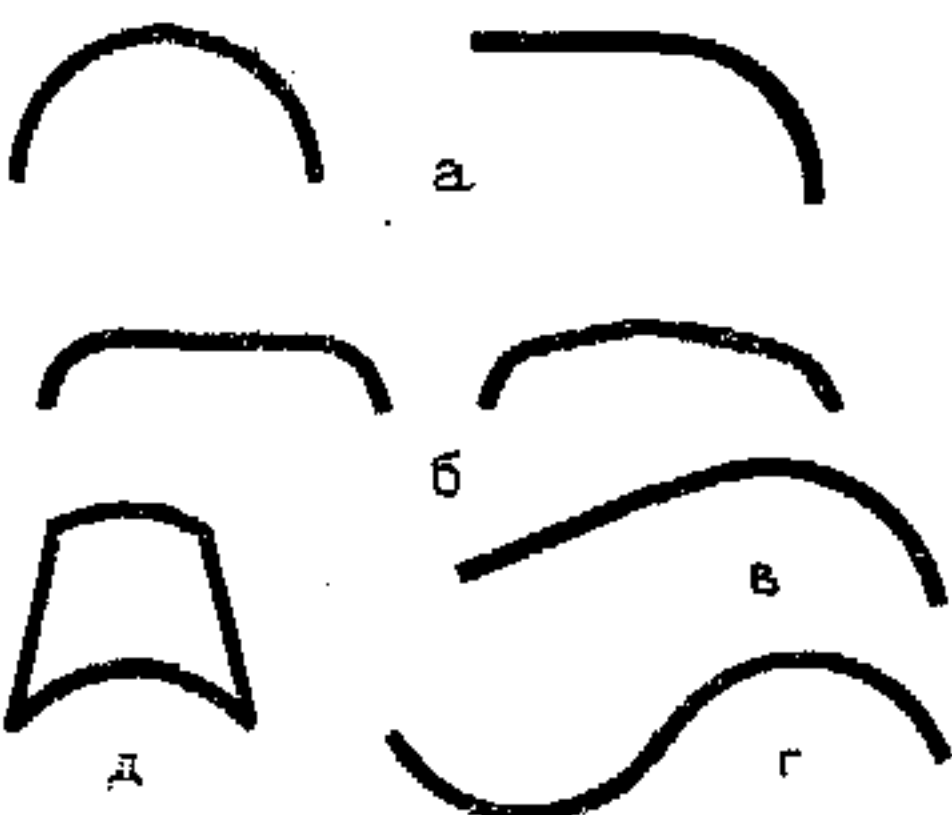
Толщина переднего стекла, мм	Толщина защитного стекла, мм	Толщина воздушного зазора, мм	Максимальные размеры, см	Максимальная площадь поверхности, м²	Толщина элемента, мм
5	5	12	100×160	1,6	22,5
6	6	12	150×260	3,9	24,5
6	6	12	150×246	3,69	24,5
8	8	12	170×280	4,76	28,5
10	10	12	200×450	9	32,5
10	10	12	240×343	8,23	32,5
12	12	12	190×450	8,55	36,5
12	12	12	240×343	8,23	36,5
15	15	12	160×240	3,84	42,5

Таблица 5. Изолирующие многослойные элементы из безопасных стекол со стальной сеткой

Тип стекол	Толщина защитного стекла, мм	Толщина воздуш- ной прослой- ки, мм	Максимальные размеры ширина×дли- на, см	Толщина эле- мента мм
Двухслойные:				
стандартной толщины 6 мм	4,5	12	140×244	23
нестандартной толщины 7 мм	5	12	140×244	24
двойной толщины 8 мм	5	12	160×300	26
толщиной 10 мм (2×4,5 мм)	5	12	180×350	28
толщиной 12 мм (2×5,5 мм)	5	12	180×350	30
Трехслойные:				
толщиной 11 мм	5	12	140×240	29
» 14 »	5	12	160×300	32

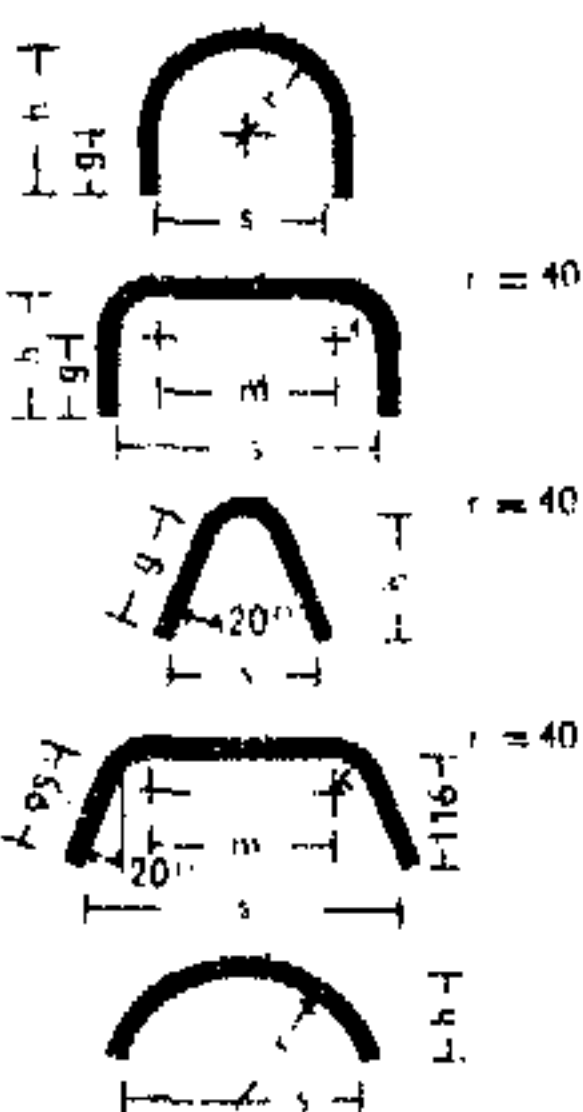
Профильное стекло U-образного поперечного сечения имеет широкую область применения; оно способно выдерживать значительные нагрузки. Такое двухслойное остекление обладает высокой тепло- и звукоизолирующей способностью; уход за ним не требует большой трудоемкости. Профильное стекло используется также для остекления покрытий и стенок шахт лифтов.

Гнутое стекло



1. Формы гнутого стекла:

а—участки окружностей с прямыми вставками или без них; б—двусторонние гнутые элементы с одинаковым или различным радиусом кривизны; в—конические элементы; г—S-образные элементы; д—и-образные или аналогичные элементы с прямыми участками или без них



s	r	g	h	длина развертки
80-300	40-150	0-100	40-190	126-501

s	m	g	h	длина развертки
100-340	20-260	0-100	40-140	146-506

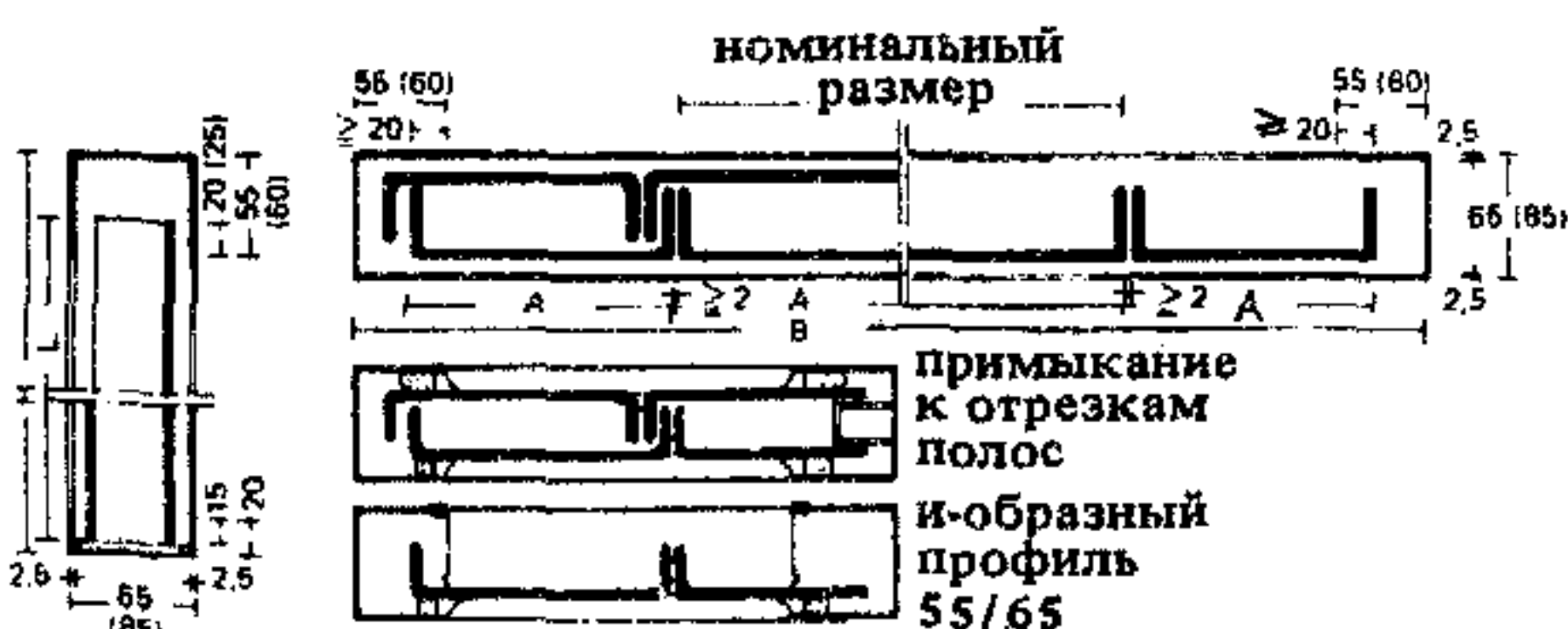
s	g	h	длина развертки
80-200	7-183	33-200	112-464

s	m	длина развертки
160-340	20-200	308-488

s	h	R	длина развертки
140-300	60-100	71-163	202-382

2. Размеры гнутых стекол, мм

- а) длина развертки 126-501; s-80-300; r-40-150; g-0-100; h-40-190
 б) длина развертки 146-506; s-100-340; m-20-260; g-0-100; h-40-140
 в) длина развертки 112-464; s-80-200; g-7-183; h-33-200
 г) длина развертки 308-488; s-160-340; m-20-200
 д) длина развертки 202-382; s-140-300; h-60-100; r-71-163



определение ширины и высоты:
 ширина $B = n \times A + 5$ см,
 высота $H = L + 4$ см

3. Установка профильного стекла

A—номинальный размер + швы; n—число полос; B—наружный размер рамы; H—наружная высота рамы; L—длина стекла × 25 см

По DIN 18032 такое остекление может применяться в гимнастических, легкоатлетических и спортивных залах с игрой в мяч, для протяженного фаяхверка со значительной ветровой нагрузкой. Возможная установка продольной арматуры или проволоочной сетки. Высота остекления до 6,8 м; поверхность орнаментированная; отсутствует слепимость.

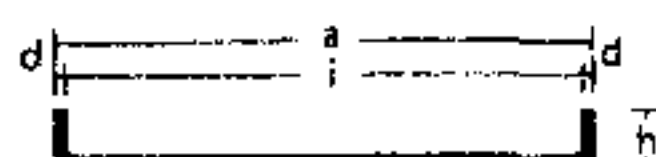
Таблица 1. Максимальные высоты остекления профильным стеклом

Размеры профильного стекла	Высота остекления над уровнем местности, м	Замкнутые здания			Открытые здания	
		полки внутри	полки наружу	двухслойное остекление	полки внутри или наружу	двухслойное остекление
	0-8 8-20 20-100	3,50 3,00 2,50	4,25 3,50 3,00	5 4 3,5	3 2,5 2	4,25 3,25 2,75
	0-8 8-20 20-100	5,00 4,25 3,50	5,75 4,75 4,00	7 5,5 4,75	4,5 3,75 3,25	6 4,75 4
	0-8 8-20 20-100	3,25 2,75 2,25	4,00 3,25 2,75	4,5 3,75 3,25	2,75 2,25 1,75	3,75 3 2,5
	0-8 8-20 20-100	4,75 4,00 3,25	5,50 4,50 3,75	6,5 5,25 4,5	4,25 3,5 3	5,5 4,5 3,75
	0-8 8-20 20-100	3,00 2,50 2,00	3,75 3,00 2,50	4 3,25 2,75	2,5 2 1,5	3,25 2,5 2
	0-8 8-20 20-100	4,50 3,75 3,00	5,25 4,25 3,50	6 4,75 4	3,75 3 2,5	5 4 3,25
	0-8 8-20 20-100	2,50 2,00 1,75	3,00 2,50 2,00	3,25 2,5 2,25	2,25 1,75 1,5	3 2,25 1,75

Таблица 2. Выпускаемые типы профильного стекла

Размеры, мм				Масса, кг/м²		Тип стекол
i	d	a	h	окна, включая одинарные	уплотнители двойные	
220	6	232	41	20	40	Стандартный
218	7	232	60	26	52	»
250	6	262	41	20	40	Стандартный с проволоочной сеткой и продольным армированием
248	7	262	60	26	52	То же
319	6	331	41	18,5	37	Стандартный
317	7	331	60	24,5	49	»
486	6	498	41	17,5	35	»
486	6	498	41	17,5	35	»

Допуски: $a \pm 2$ мм; $d \pm 0,1$ мм; $h \pm 1$ мм.

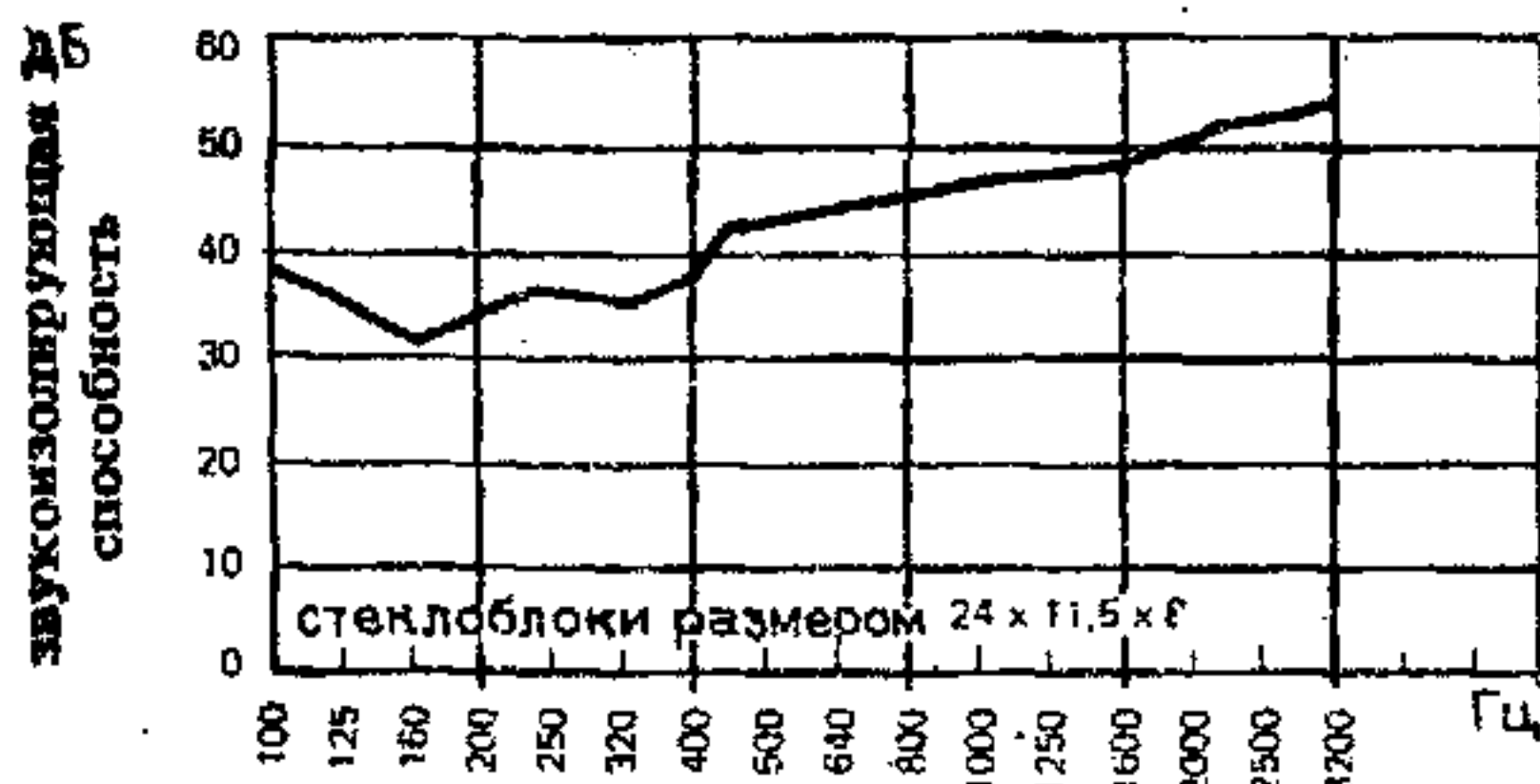


Стеклоблоки (размеры по DIN 18175, требования к производству работ по DIN 4242) применяют для внутренних и наружных стен. С помощью холодного давления получают декоративную поверхность и придают стеклоблокам светорассеивающие и фокусирующие свойства.

Пустотные стеклоблоки размером 190 × 190 × 80 мм применяются для остекления проемов в огнестойких стенах. Выпускают стеклоблоки различных размеров пустотные с окрашенным внутренним слоем и с наружным слоем, окрашенным бронзовой краской (солнцезащитные блоки). Стеклоблоки обладают звуко- и теплоизоляцией, светопропускная способность до 85%; блоки имеют высокую ударную прочность и огнестойкость.

Таблица 1. Техническая характеристика стеклоблоков

Светопропускная способность, %	190×190×80 мм	240×240×80 мм	240×115×80 мм	300×300×80 мм
	81	85	70	84
Размеры, мм	Ширина швов, мм	Коэффициент теплопроводности, Вт/м²×°С	Средняя звукоизолирующая способность, дБ	Доля растворных швов, %
240×115×80	10	2,9	42	11
190×190×80	10	2,73	37	10
240×240×80	10	2,84	37	8
300×198×100	15—17	3,19	39	10
300×300×100	15—17	3,19	39	10



1. Звукоизоляция

Анкеровка стеклоблоков производится таким образом, чтобы обеспечить нормальную работу деформационных швов. Кладку блоков и заполнение швов следует вести на безусадочном цементном растворе. Крупность зерен песка ≤ 3 мм по DIN 1045 + 4226. Диаметр арматурных стержней ≤ 4 мм, класс I, III.

При высоте стен более 25 м необходимо принять меры к обеспечению их устойчивости. Стены из стеклоблоков с армированными и неармированными швами являются ненесущими конструкциями.

Таблица 2. Максимальные размеры плоскостей из стеклоблоков

Стеклоблоки	Толщина, мм	Площадь поверхности стены, м², до	При длине стороны, мм, до
Теплотелые	30	6	6000
Пустотные	50 80 100	10 18 24	6000



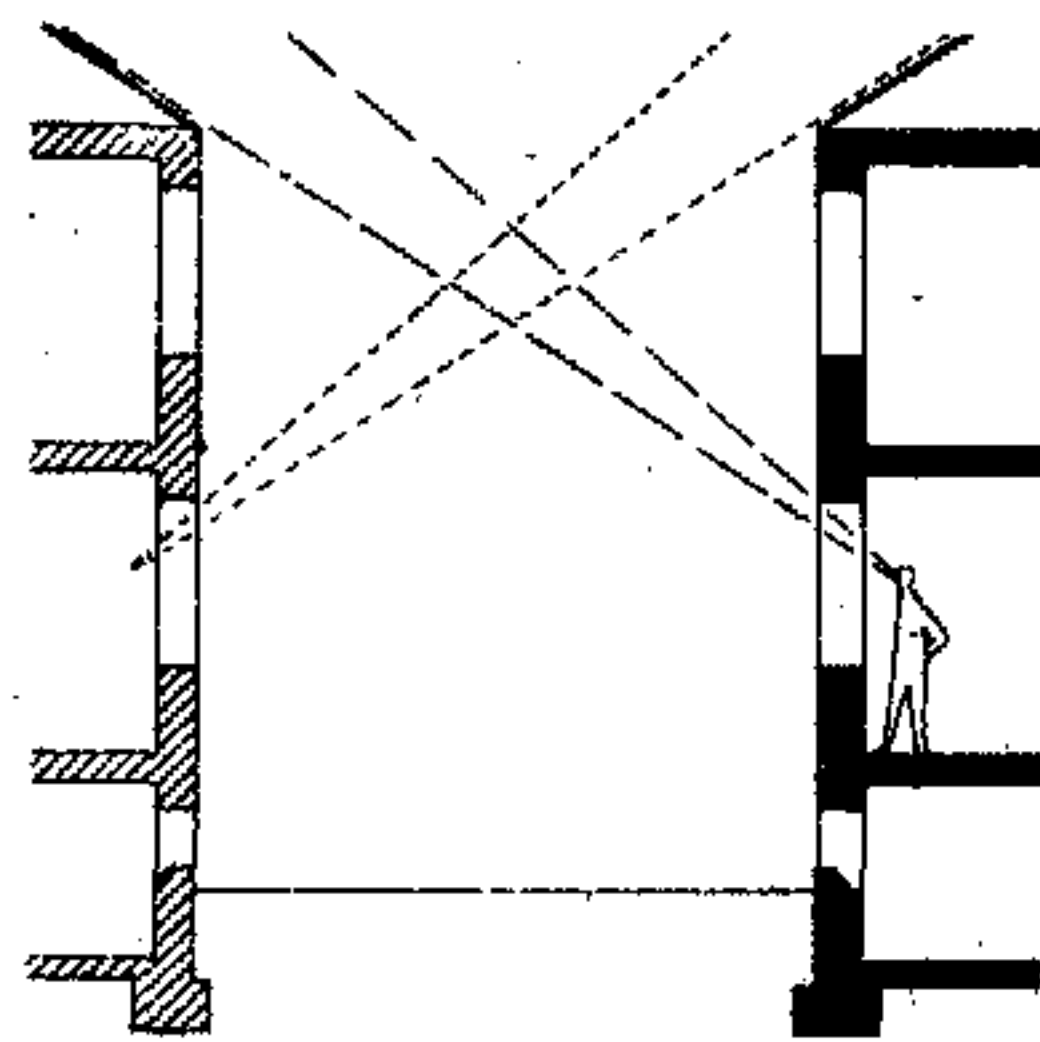
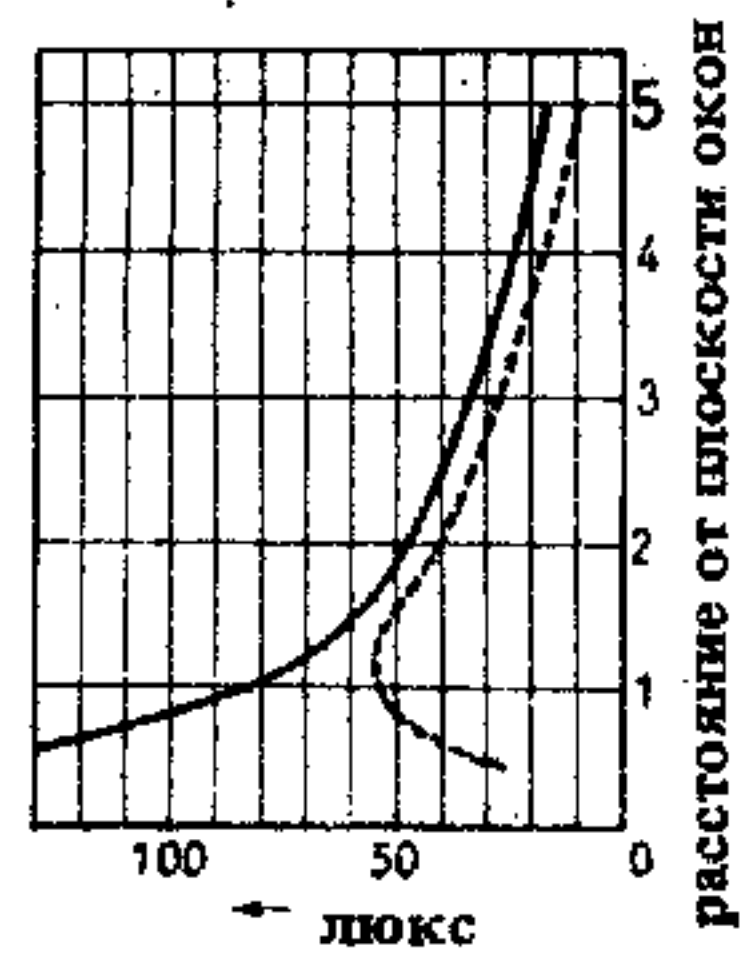
а — размер стеклоблока в — видимая ширина шва
с — краевой слой бетона с деформационным швом
n — число стеклоблоков размер проема в конструкции определяется так: $N \text{ или } B = (n \times a) + 1 + (n - 1) \times c + (2 \times c)$



2. Детали установки стеклоблоков

Таблица 3. Размеры стеклоблоков

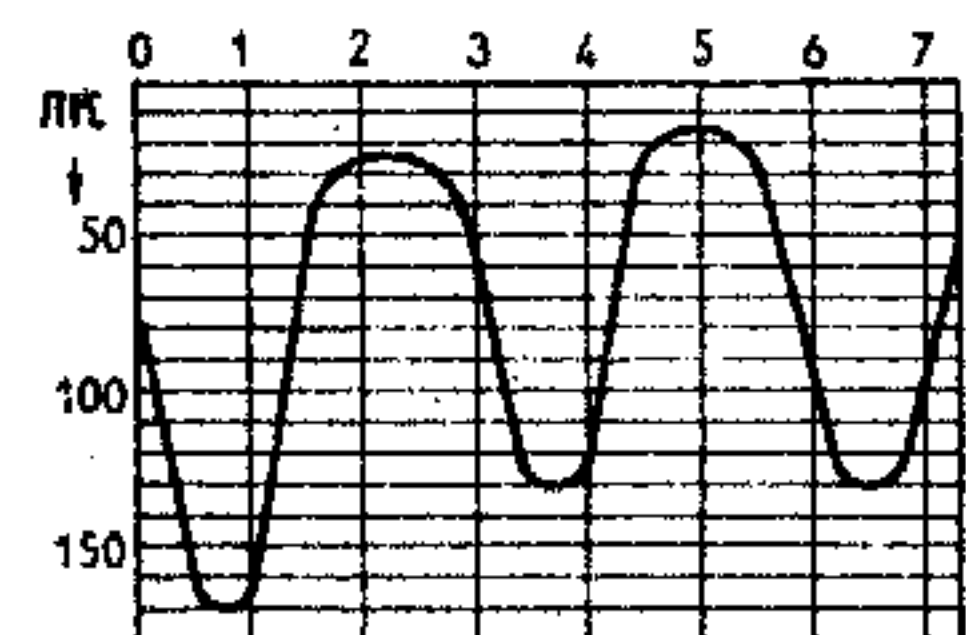
Длина, ±2 мм	Ширина, ±2 мм	Толщина, ±2 мм	Число блоков на м²	Цвет окраски стеклоблоков
115	115	80	64	Красный
190	190	80	25	
190	190	80	25	
240	115	80	32	Голубой Желтый Зеленый
240	157	80	27	
240	240	80	16	
300	300	100	10	



1. Кривые средней освещенности горизонтальной плоскости

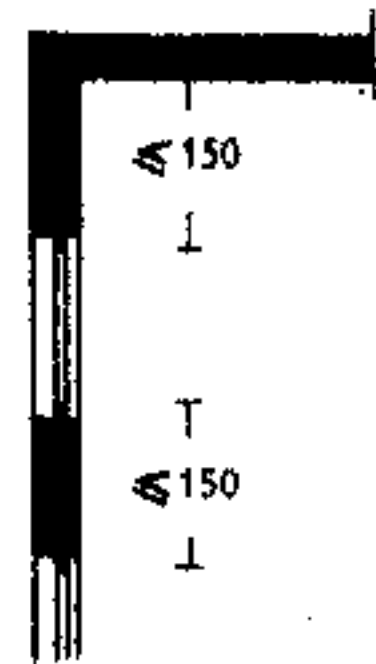
3. Из окон нижнего этажа должно быть видно небо

15	13	16	12	12
20	18	23	16	16
30	30	38	23	20
53	50	54	48	44
170	25	130	16	130

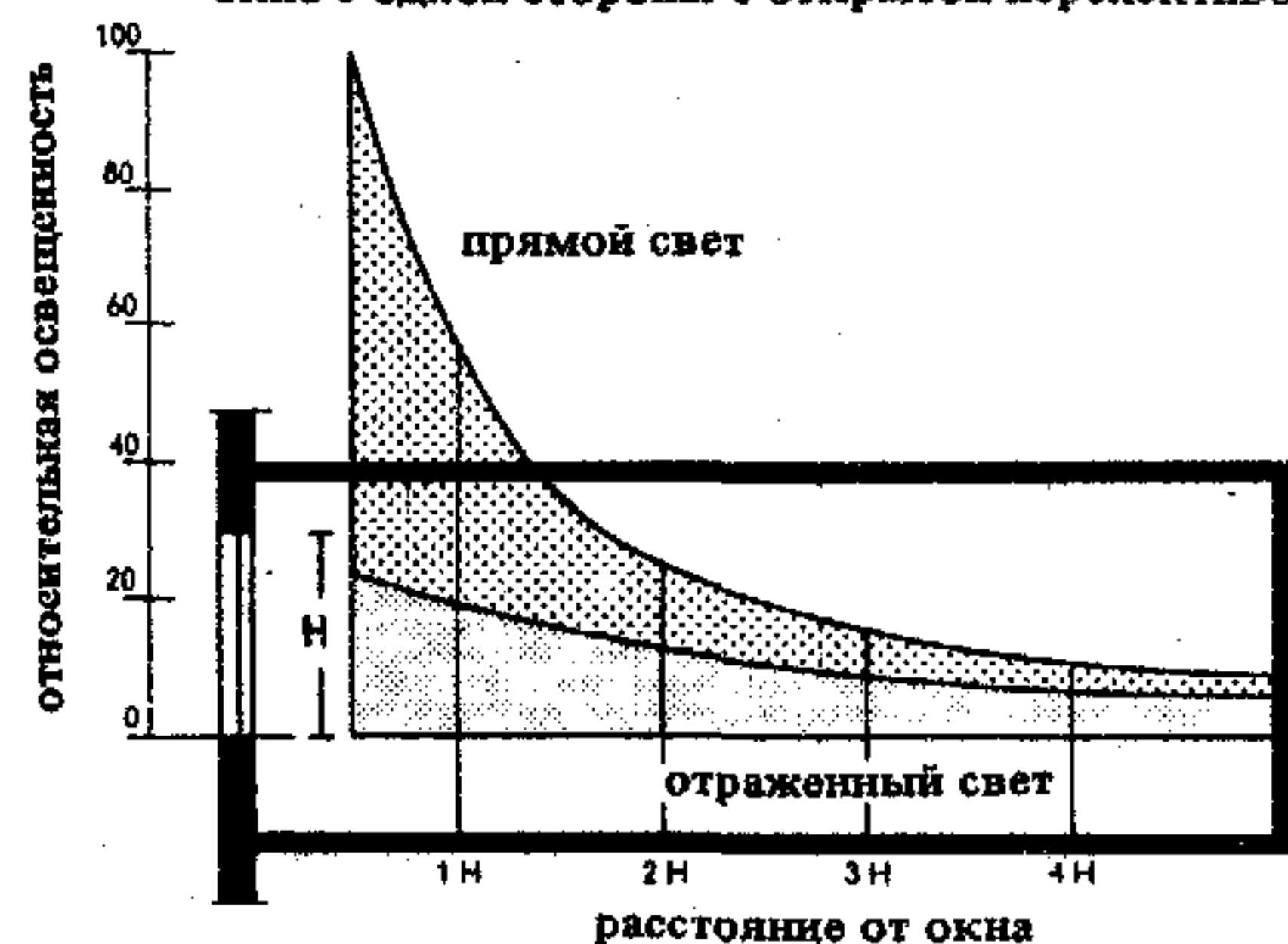


2. Широкие оконные простенки резко повышают неравномерность освещения помещений

4. Расстояние от края остекления окон до боковой стены и между смежными окнами одного помещения не должно превышать 150 см



окна с одной стороны с открытой перспективой



5. Удельный вес прямого и отраженного света и освещенности помещения

100	6,5	19	7,0	2,5	1,3	0,8	0,7
205	110	60	17	6,5	4,0	2,0	1,5
230	120	55	35	11	6,0	4,0	3,5
190	7,0	21	16	10	7,5	3,0	2,5

Пример I: без гардин
средняя освещенность горизонтальной плоскости
 $E_{\text{ср}} = 39 \text{ лк}$
коэффициент использования $\eta = 48\%$
равномерность $E_{\text{мин}} : E_{\text{макс}} = 1 : 195$

50	5,0	14	3,0	2,0	2,0	1,5	0,8
150	90	71	21	9,5	5,5	2,0	1,5
105	96	61	21	10	6	3	2,5
50	6,5	17	16	11	6	4,5	3

Пример II: с гардинами
средняя освещенность горизонтальной плоскости
 $E_{\text{ср}} = 27 \text{ лк}$
коэффициент использования $\eta = 33\%$
равномерность $E_{\text{мин}} : E_{\text{макс}} = 1 : 115$

Еще 160 лет тому назад прусское законодательство требовало, чтобы из окон нижнего этажа был виден небосвод (рис. 3). По действующим сейчас правилам все помещения, предназначенные для длительного пребывания людей, должны иметь естественное освещение. Естественное освещение помещений подвержено количественным и качественным изменениям, зависящим от облачности неба, географического расположения, ориентации по странам света и времени суток.

Размеры окон. По исследованиям В. Клеффнера, увеличение размеров окон свыше $\frac{1}{10} - \frac{1}{8}$ площади пола помещения не дает соответствующего повышения средней освещенности горизонтальной поверхности в помещении. При увеличении размера окон с $\frac{1}{6}$ до $\frac{1}{3}$ площади пола повышение освещенности составляет не 100, а всего 59%. Экономичность применения окон общей площадью свыше $\frac{1}{8}$ площади пола должна быть тщательно проверена в каждом отдельном случае.

Равномерность освещения при северной ориентации помещений достигается при высоко поднятых окнах с перемычками небольшой высоты, при светлых стенах и потолках, большой площади окон, небольшой глубине помещения, а также применением занавесей. Однако занавеси значительно снижают коэффициент использования окон и ими следует пользоваться лишь при слишком ярком освещении (солнечный свет). Целесообразно применять занавеси только в нижней части оконного переплета, что смягчает яркость освещения вблизи окна (рис. 6).

Средняя освещенность горизонтальных поверхностей в помещении. Точка, освещенность которой равна среднему значению, расположена в передней трети или ближе к середине помещения (в зависимости от равномерности освещения), т.е. там, где обычно размещают рабочие места. Освещенность определяют для рабочей поверхности на высоте 1 м от пола (рис. 5).

По исследованиям В. Клеффнера, особенно заметное значение для средней освещенности горизонтальной поверхности в глубине помещения имеет отраженное освещение. Наибольшее отражение дают: боковые стены, потолок, задняя стена, пол и, в последнюю очередь, фасадная стена.

Даже при окнах, из которых открывается совершенно свободный обзор (угол затенения смежной застройкой равен 0°), доля освещенности прямым светом имеет основное значение лишь в непосредственной близости от окон; уровень освещенности помещений определяется отраженным светом (зависит от коэффициента отражения ограждающих поверхностей) (рис. 5).

Доля освещенности отраженным светом какой-либо точки помещения, куда не достигает прямой свет, выражается формулой $E_{\text{отр}} = E_{\text{прям}} \cdot 1/(1 - \rho_{\text{т}})$.

Кривая $E_{\text{отр}}$ резко снижается при черных стенах, имеет более пологое очертание при окраске стен в светлые тона и почти не снижается при белых стенах.

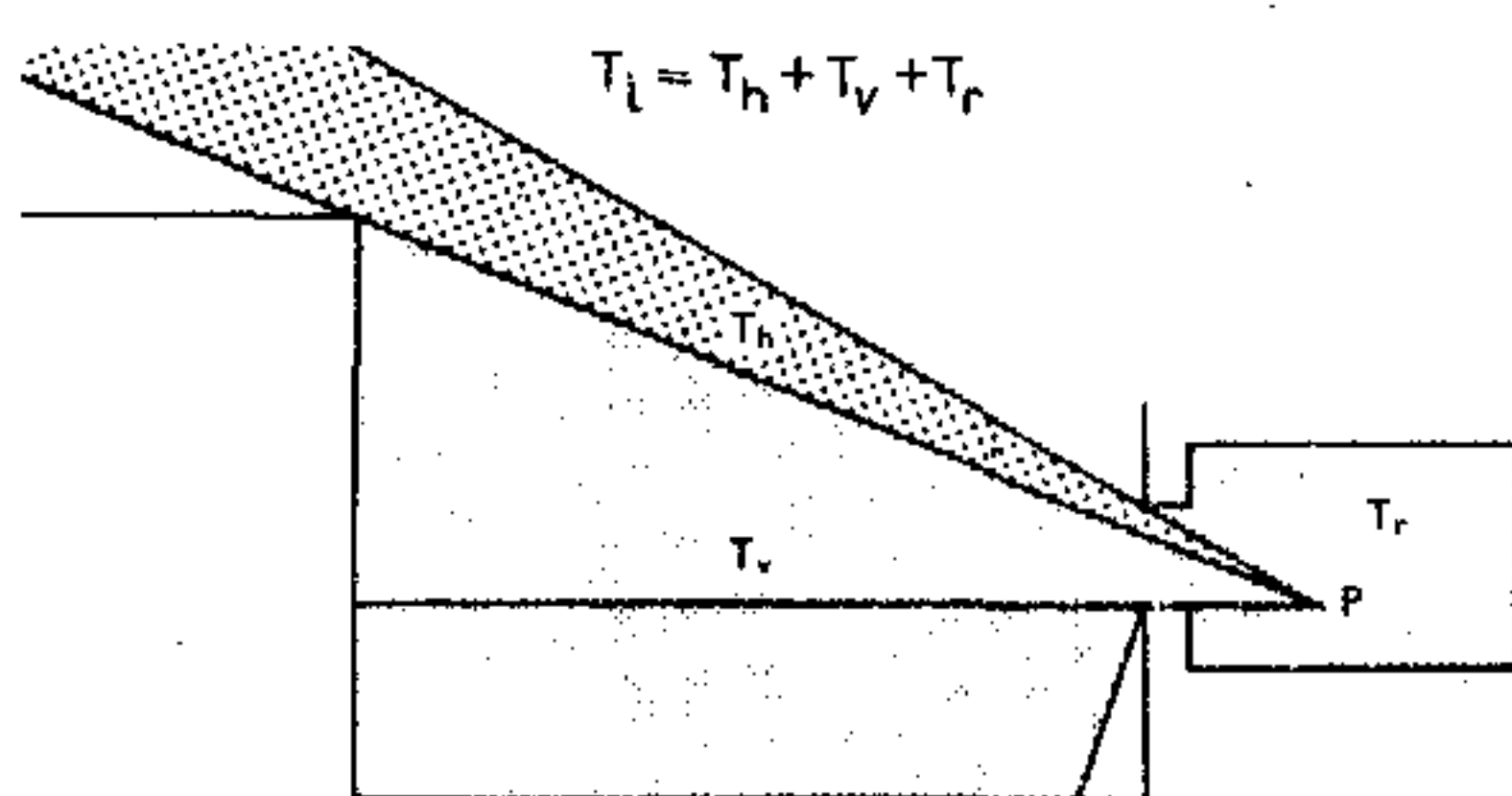
Этим обусловлены санитарно-гигиенические требования, сформулированные еще в 1949 г.:

а) расстояние от боковой стены до края остекления окна, а также ширина простенков не должны превышать 150 см (рис. 4);

б) среднее значение коэффициента отражения должно составлять 30%.

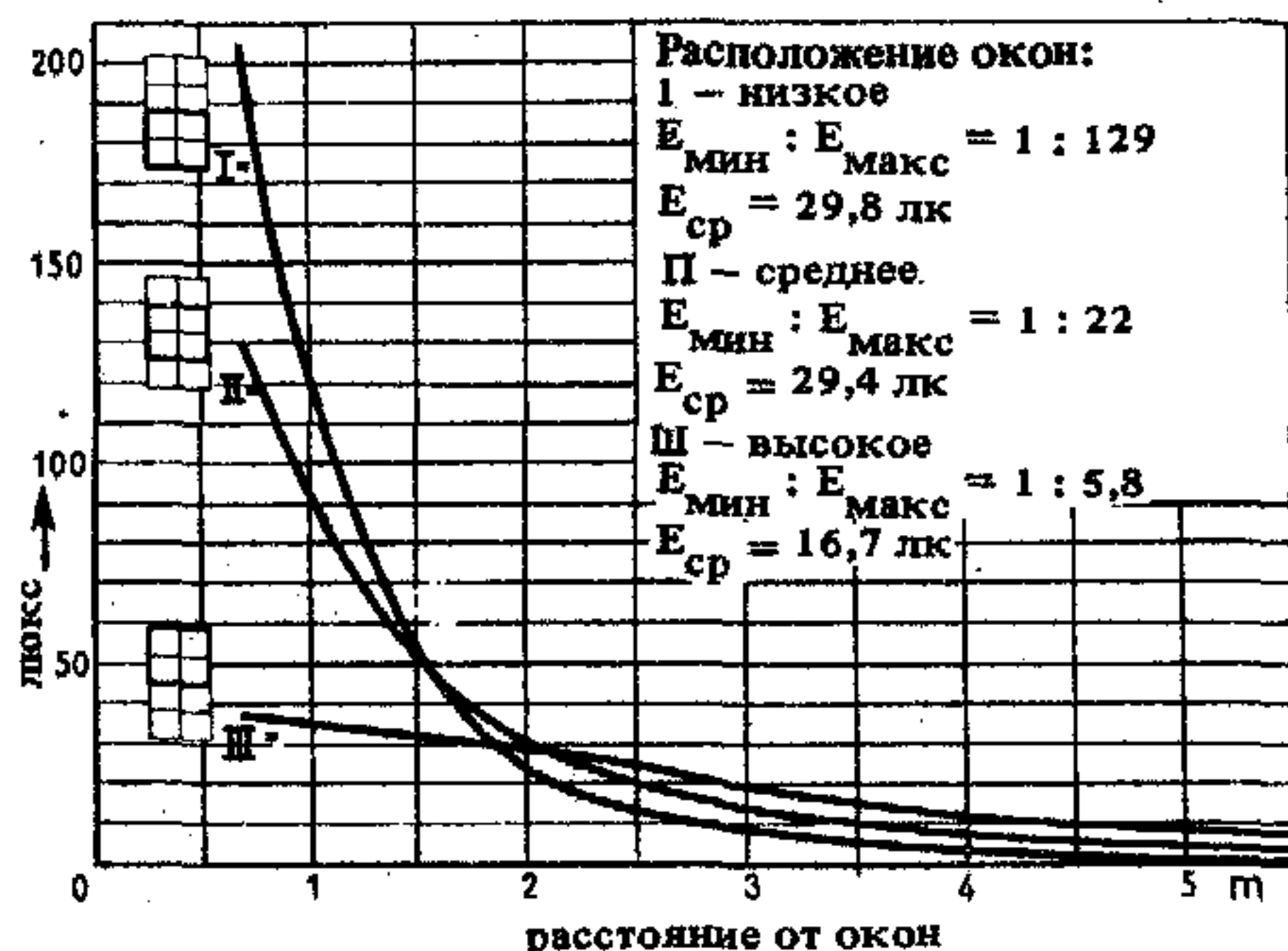
Ощущение комфорта и приятное впечатление от окраски помещения в решающей степени зависят от «психологического» коэффициента $1/(1 - \rho_{\text{т}})$ (см. с. 111, табл. 1).

6. Занавеси в нижней части окна повышают равномерность освещения без значительного снижения степени его эффективности

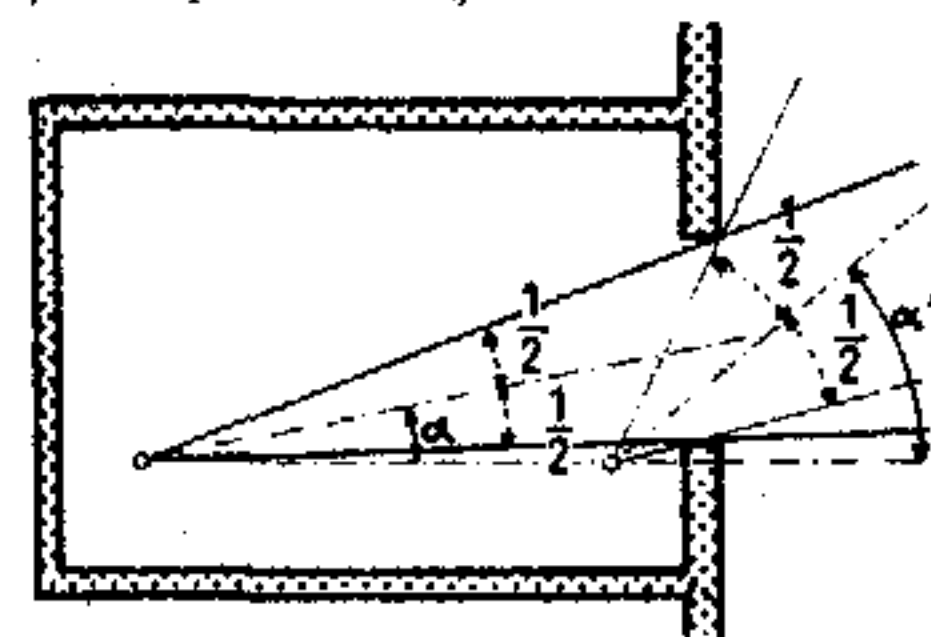


$T_i = T_h + T_v + T_r$
 T_i = освещенность в помещении
 T_h = доля освещенности светом от небосвода
 T_v = доля освещенности светом, отраженным противоположными зданиями
 T_r = доля освещенности светом, отраженным внутренними поверхностями помещения

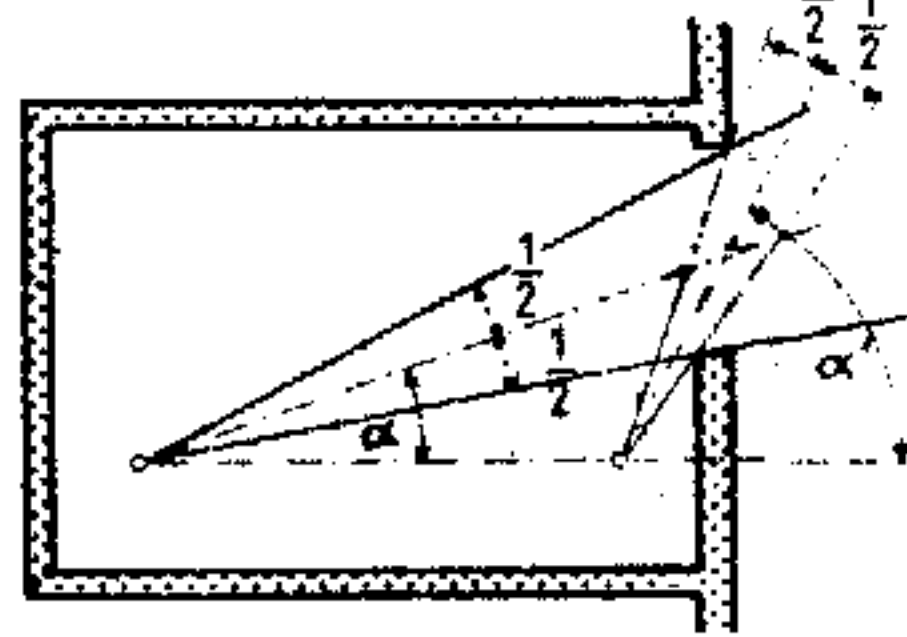
1. Составляющие освещенности T_i в точке P на горизонтальной рабочей поверхности в помещении с односторонним расположением окон



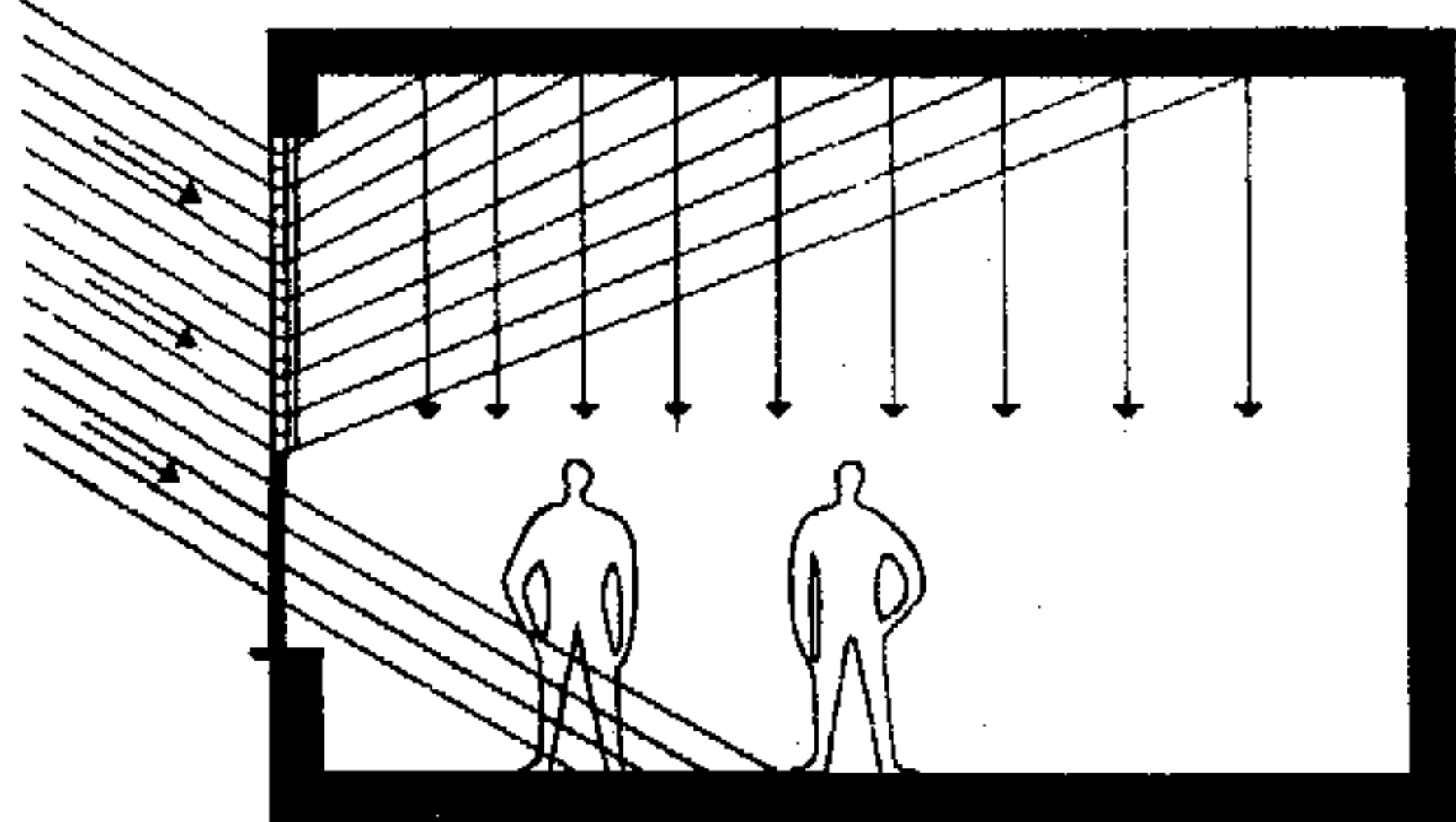
2. Чем выше размещены окна, тем светлее в глубине помещения и тем выше равномерность освещения



3. Свет падает под слишком малым углом. Наиболее освещенная точка расположена в глубине помещения



4. Свет падает под большим углом. Лучшая освещенность на рабочей плоскости (на высоте 1 м)



применение светопреломляющих стеклоблоков для более равномерного освещения



преломление света специальными стеклоблоками

Таблица 1. Степень освещенности и коэффициенты отражения внутренних ограждающих поверхностей помещений

Общее впечатление от помещения	Среднее значение коэффициента отражения ограждающих поверхностей	1 $1-\rho_m$
1	2	3
Очень светло	0,60	2,50
Светло	0,60—0,50	2,50—2,00
Средняя освещенность	0,50—0,35	2,00—1,55
Темно	0,35—0,15	1,55—1,18
Очень темно	0,15	1,18

При выборе цветового решения интерьера необходимо учитывать условия его освещения дневным светом за исключением тех случаев, когда помещение эксплуатируется только при искусственном освещении.

Повышение освещенности помещений, в которые плохо проникает прямой солнечный свет, может быть достигнуто путем применения стеклянных призм (люксофер), преломляющих световые лучи и направляющих их в глубину помещения (рис. 5).

Затенение. По действующим правилам путем светлой окраски помещения следует снизить его затенение настолько, чтобы освещенность любой точки помещения в тени составляла $\geq 20\%$ освещенности в незатененных местах.

Смещение окон. Коэффициент использования и равномерность освещения повышаются при некотором смещении окна с оси фасадной стены, однако не вплотную к боковой стене, что может привести к противоположному результату.

Широкие простенки снижают равномерность освещения (см. с. 133, рис. 1-4). Поэтому в больших рабочих помещениях ширина простенков должна составлять $\leq 1/4$ ширины окна.

Размещение окон по высоте. Чем выше расположено окно и чем меньше коэффициент использования, тем равномернее освещение и тем дальше от наружной стены размещаются точки, соответствующие средней горизонтальной освещенности помещения (рис. 3). При этом глубина помещения может быть более эффективно использована, чем при низко расположенных окнах, поскольку даже в самых дальних частях помещения лучи света падают под достаточно большим углом (рис. 4). Наиболее благоприятным является свет, падающий под углом $\geq 20^\circ$ к рабочей плоскости. При свете, падающем под меньшим углом, образуются мешающие работе длинные падающие тени. Высоту оконной перемычки следует принимать ≤ 30 см. Рекомендуется избегать занавесей, жалюзи и других приспособлений, закрывающих верхнюю часть окон.

Освещенность. Правилами светотехнического общества ФРГ установлены следующие значения освещенности.

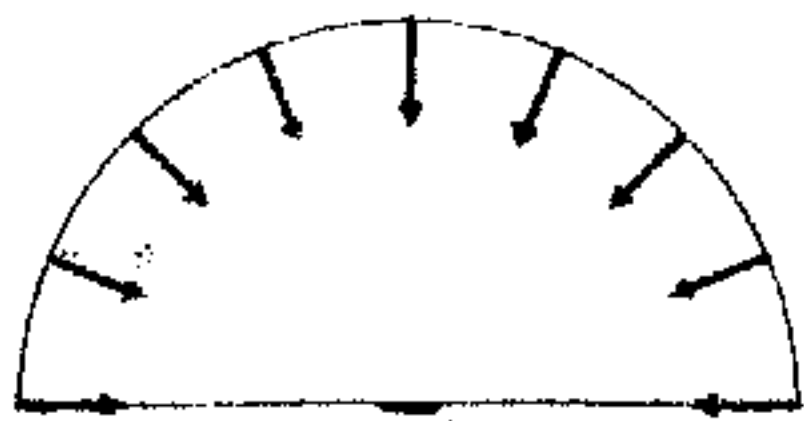
Вид работы	Освещенность, лк	Коэффициент естественного освещения, %
Грубая	40	1,33
Средней точности	80	2,66
Точная	150	5
Очень точная	300	10

Эти значения относятся к рабочим местам. Если размещение последних еще не определено, то эти значения относятся к горизонтальной освещенности на высоте 1 м от пола; при верхнем свете освещенность рассчитывается для средних участков помещения, при боковом освещении — для точки, расположенной на перпендикуляре к оси фасадной стены, на расстоянии 2 м. Указанные значения должны быть обеспечены при горизонтальной освещенности на открытом воздухе в 3000 лк.

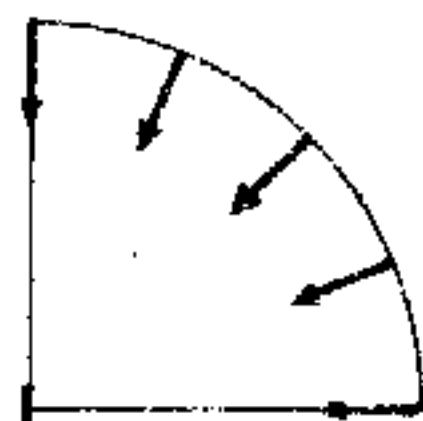
5. Рассеяние света жалюзиными занавесками

Основы расчета естественного освещения помещений с помощью коэффициента использования по методу д-ра Фрюлингга (рис. 1-7).

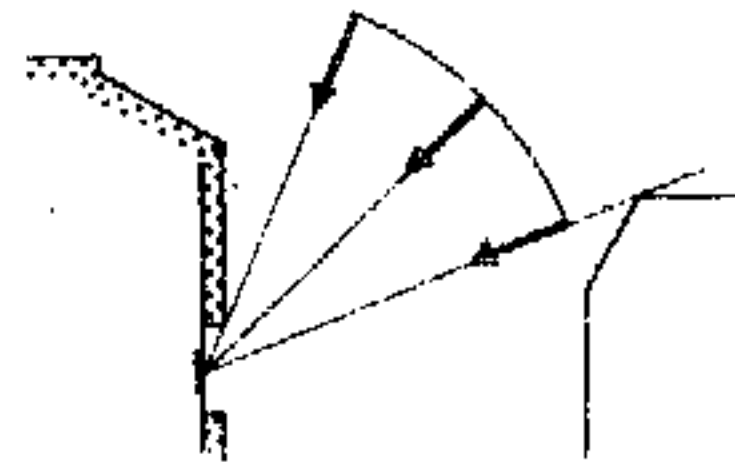
Расчет по коэффициенту использования дает только приближенное определение средней освещенности горизонтальной



1. Освещенность горизонтальной поверхности на открытом воздухе при равномерной яркости небосвода $E_{нар}$



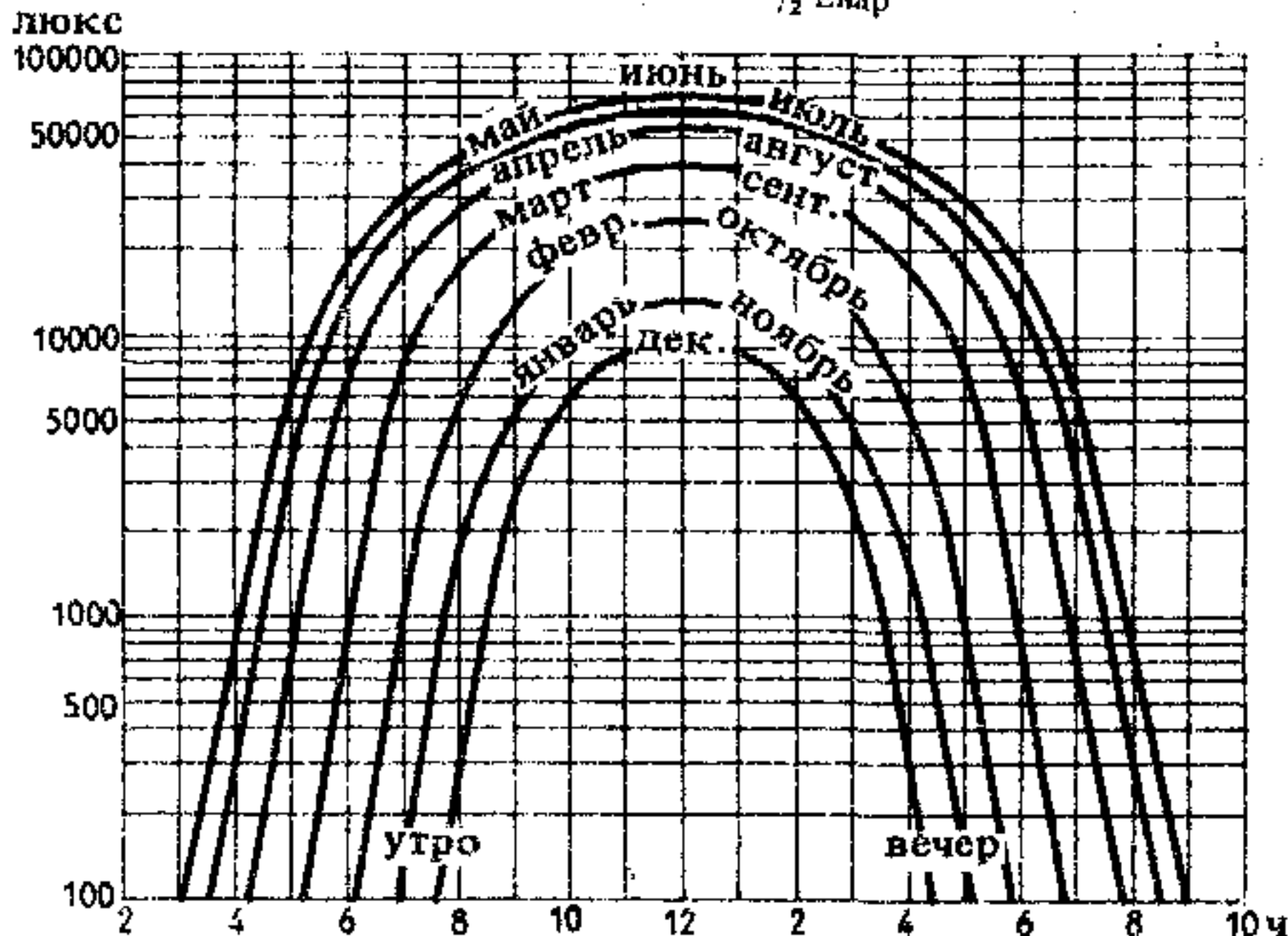
2. Освещенность вертикальной поверхности на открытом воздухе поливной небесного свода составляет $1/2 E_{нар}$



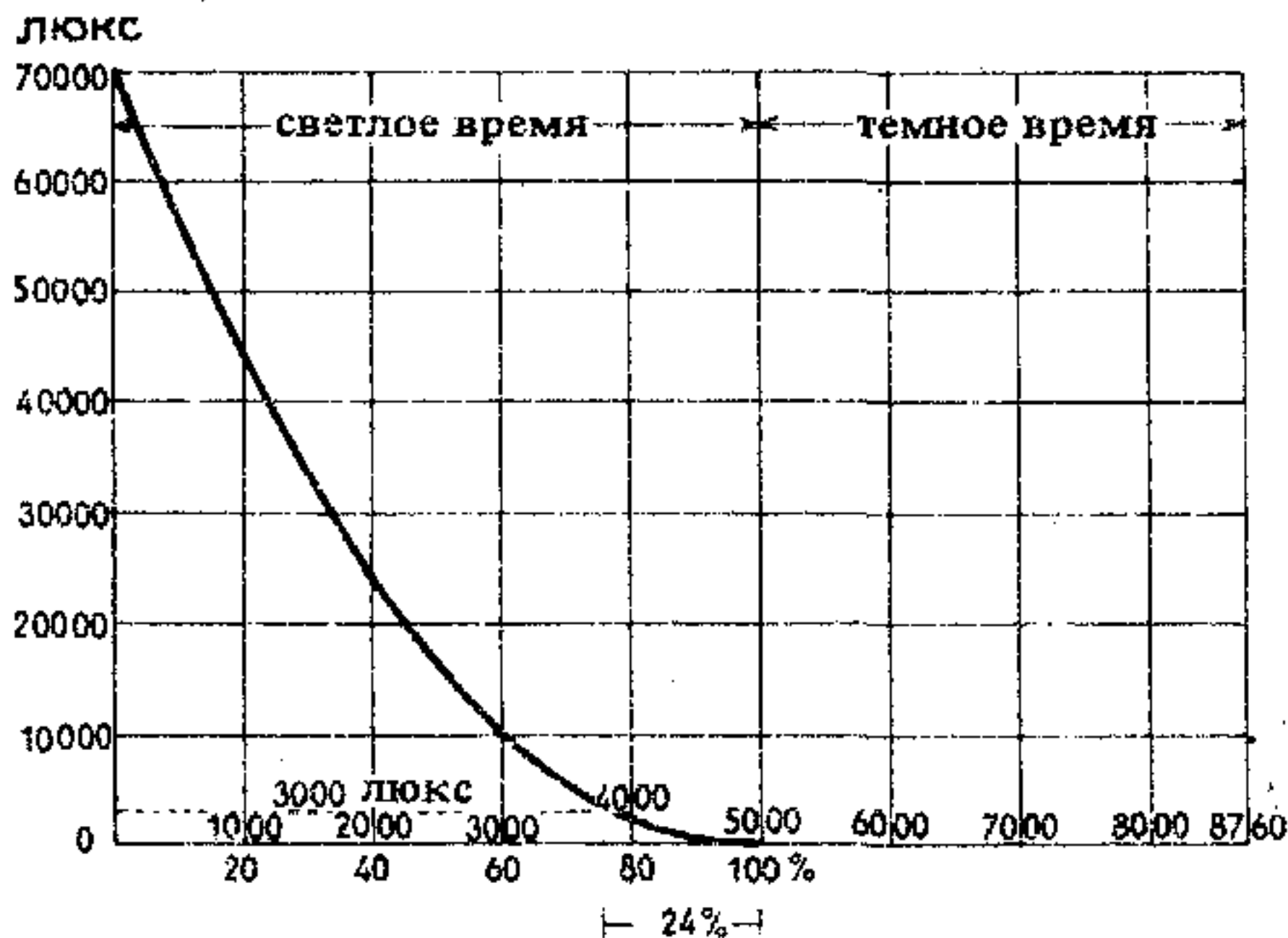
3. Освещенность наружной поверхности окна

$$\begin{aligned} E_f &= E_a \times f \\ E_b &= E_f \times \eta \times \left(\frac{E_f}{E_b} \right) \\ &= E_a \times f \times \eta \times \left(\frac{E_f}{E_b} \right) \end{aligned}$$

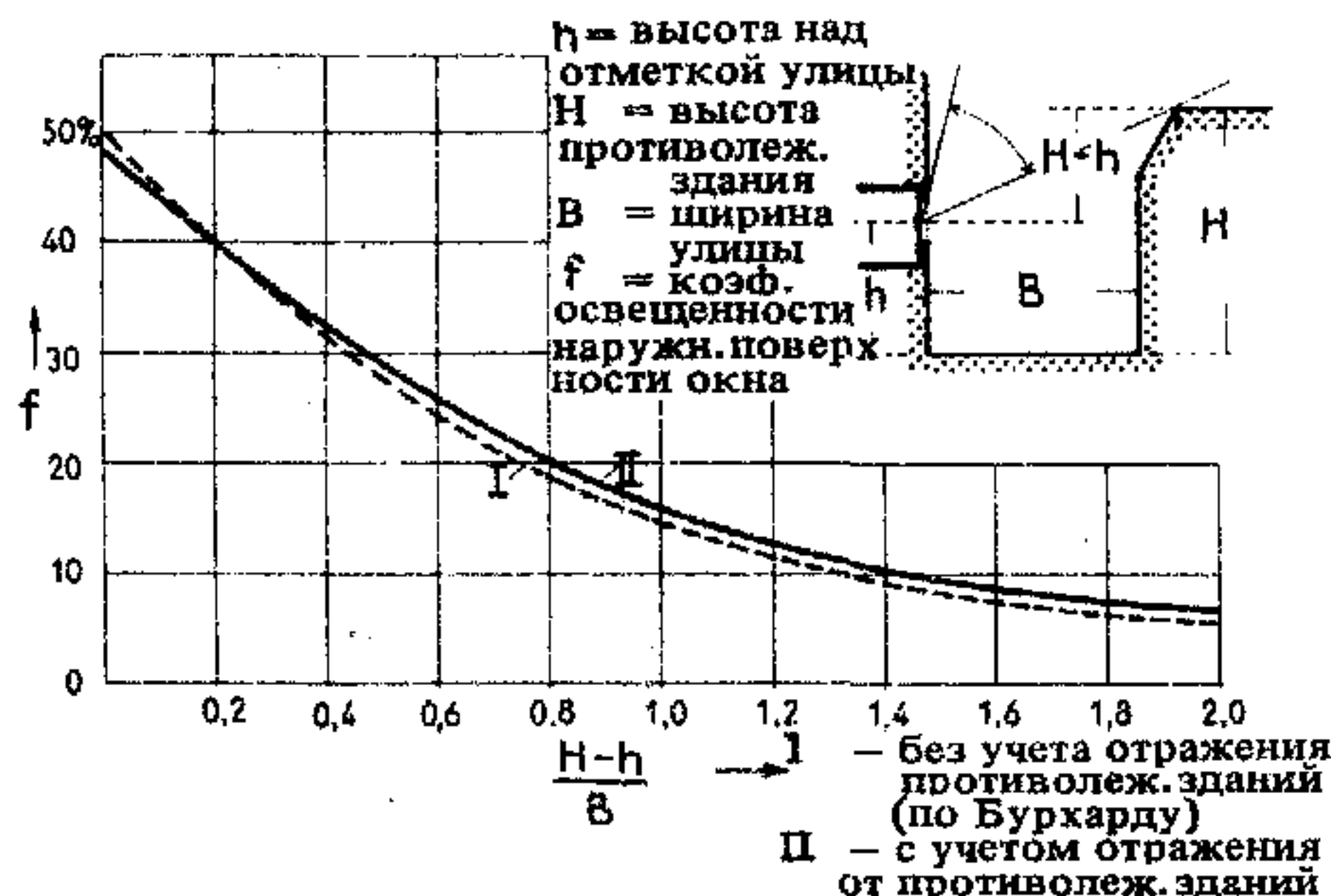
4. Освещенность горизонтальной поверхности в помещении



5. График суточного изменения средней освещенности горизонтальной поверхности на открытом воздухе (по среднемесячным данным метеорологической обсерватории в Потсдаме)



6. График годового распределения освещенности по числу часов и интенсивности (важно для назначения величины $E_{нар}$)



плоскости в помещении. Он дает только приблизительные данные о порядке величин освещенности в помещении. Однако в ряде случаев необходимо знать освещенность в определенной точке помещения. Для определения этих значений пользуются другими методами расчета, в первую очередь методами, разработанными Бюнинггом и Арндтом.

Горизонтальная освещенность на открытом воздухе E_a . Яркость естественного освещения может меняться на 100-200% в течение 1 мин даже при сплошной облачности; при ярком солнце и бегущих облаках она меняется больше чем на 100% в течение 1 с. Поэтому при расчете естественного освещения внутренних помещений приходится иметь дело с относительными значениями, которые определяются по сравнению с освещенностью на открытом воздухе. Для упрощения за основу расчетов принимается освещенность от небесного свода равномерной яркости (рис. 1).

Значение горизонтальной освещенности на открытом воздухе колеблется на протяжении дня и года от 0 до 100 000 лк, чаще до 70 000 лк (рис. 5). Из 8760 ч в году в течение 5000 ч светло; из них около 1000 ч с освещенностью от 0 до 3000 лк почти не имеют значения для освещения помещений (рис. 6). Поэтому при определении размера окон, необходимого для обеспечения достаточной освещенности каждого рабочего места в помещении, при минимальном значении освещенности на открытом воздухе (в 9 ч 15 мин в декабре, см. рис. 5) в 3000 лк следует принимать в расчет значение $E_{нар} = 3000$ лк. Международная комиссия по освещению предлагает принять за основу расчета освещенности $E_{нар} = 5000$ лк (в декабре в 9 ч 45 мин).

Вертикальная освещенность на открытом воздухе (E_v). Для окон со свободным обзором, расположенных в плоскости наружных стен здания, освещенность равна освещенности вертикальной поверхности на открытом воздухе и составляет $1/2$ или 50% $E_{нар}$ (рис. 7). Если здания, расположенные на противоположной стороне улицы, отнимают часть света, то освещенность окна соответственно снижается. Освещенность наружной поверхности окон для разных условий взаимного расположения зданий легко определить по графику (рис. 7).

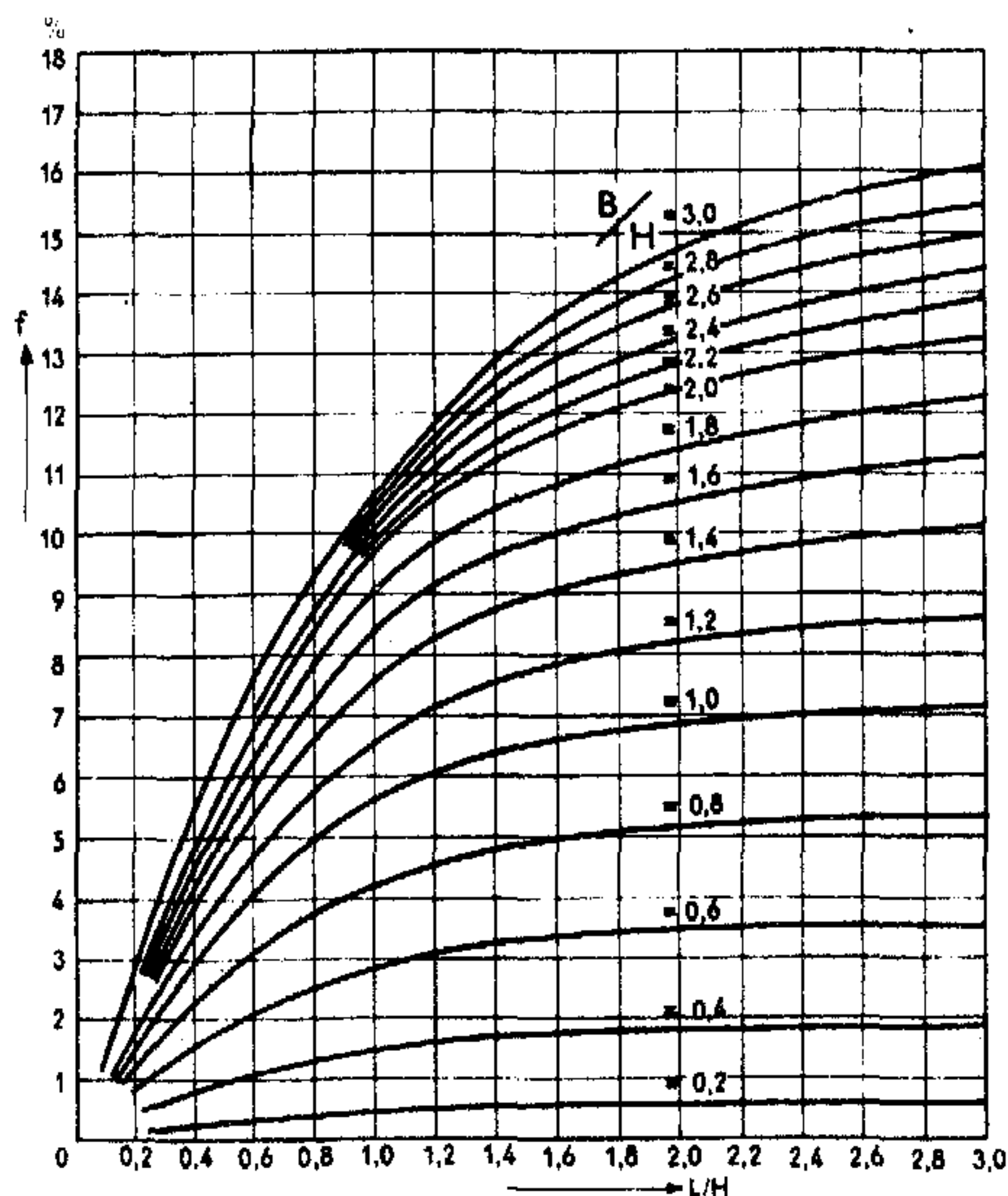
Коэффициент использования освещенности в помещении (η). Только часть проникающего через окна светового потока падает на рабочую плоскость (горизонтальная плоскость на высоте 1 м от пола), остальная часть приходится на другие поверхности помещений, которые лишь частично отражают световой поток на рабочую плоскость. По многочисленным измерениям в школах, магазинах и фабриках коэффициент использования при вертикальных окнах составляет 30-50%. Поэтому можно принимать среднее значение 40%, что примерно соответствует коэффициенту использования при искусственном освещении помещения.

Средняя горизонтальная освещенность в помещении (рис. 4) определяется по формуле

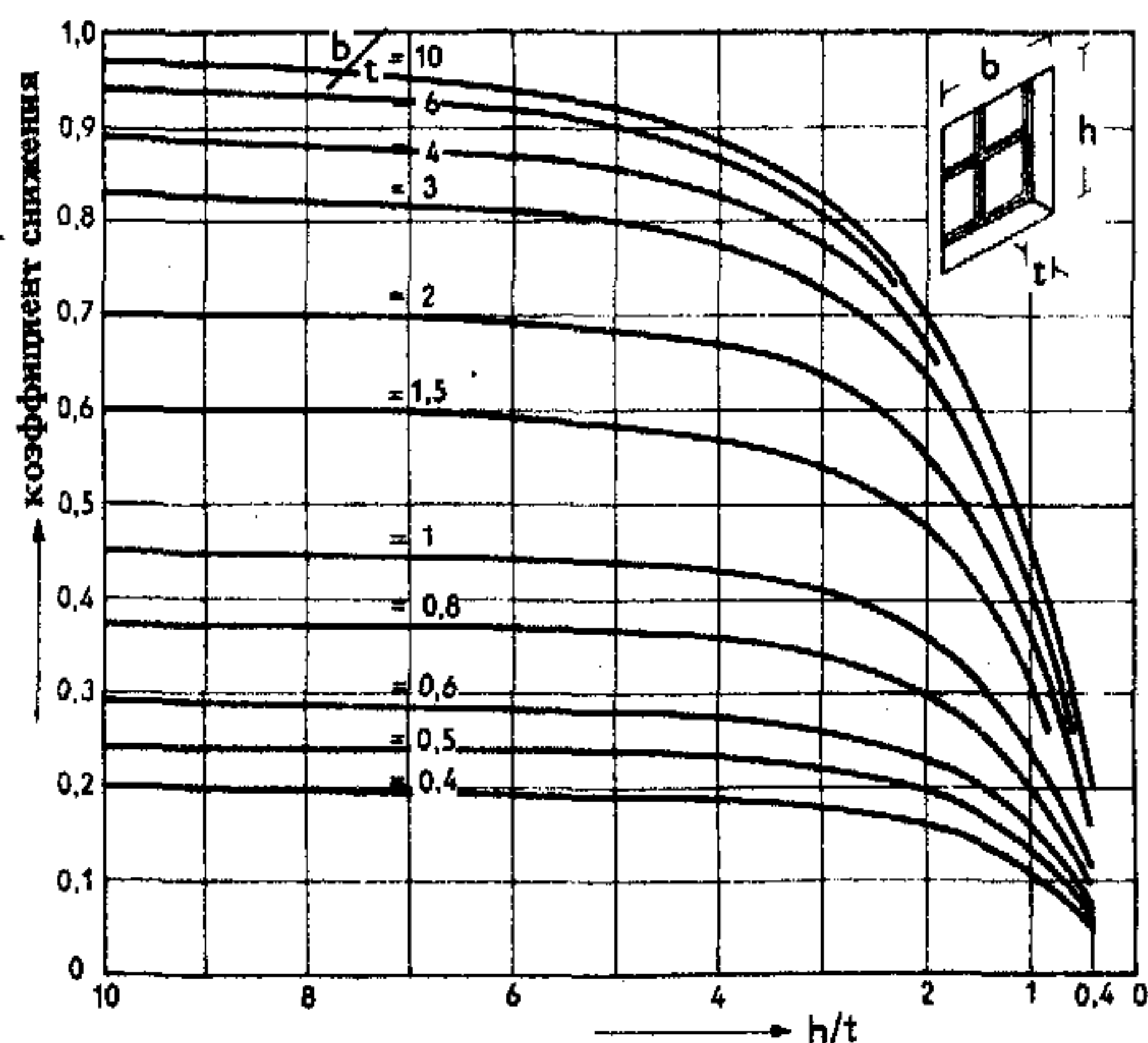
$$E_b = E_{ок} \eta \frac{F_{ок}}{F_{пом}}$$

Если принять горизонтальную освещенность на открытом воздухе $E_{нар} = 3000$ лк, освещенность наружной поверхности окна $E_{ок} = 30\%$, коэффициент использования $\eta = 40\%$, площадь окон $F_{ок} = 1,8 F_{пом}$ (площади пола), то $E_b = 3000 \times 0,3 \times 0,4 \times 1,8 = 45$ лк. Такая освещенность достаточна для рабочего места при грубой работе. В помещении для чертежных работ, где требуется освещенность в 150 лк, нужно было бы площадь окон $F_{ок}$ увеличить до $F_{ок}/F_{пом} = E_b/\eta E_{ок} = 150/(0,4 \cdot 900) = 0,47$ от площади пола.

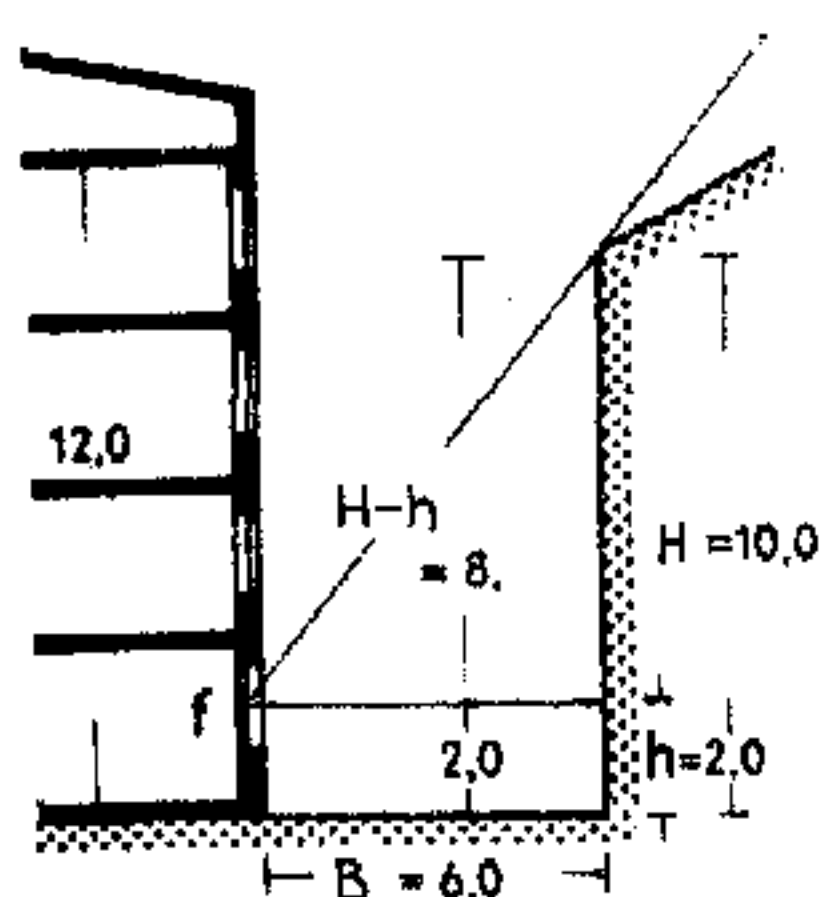
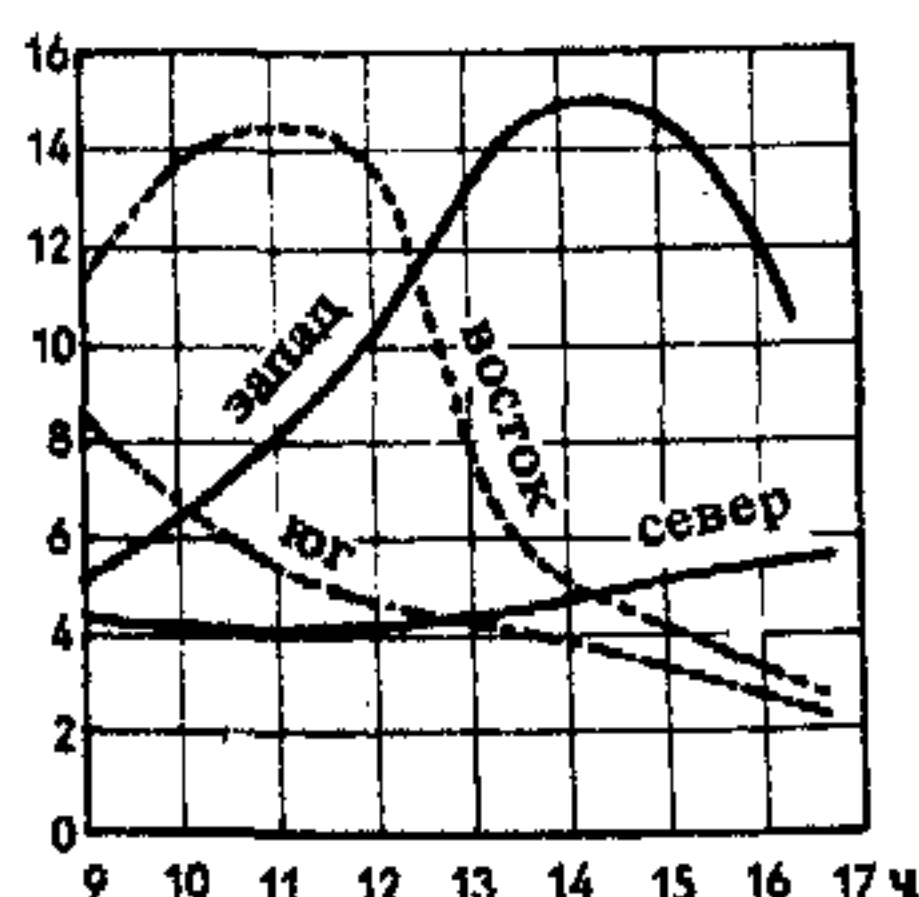
7. График для определения значения освещенности наружной поверхности окон для зданий на улицах



1. График для определения освещенности наружной поверхности окон во дворах (без учета затенения оконными откосами и отражения от стен противоположных зданий)



2. График для определения коэффициента снижения освещенности при глубоких оконных откосах



Смежные здания в большей степени влияют на освещенность окон, выходящих во двор, чем выходящих на улицу. Кроме отношения величины разрыва между противостоящими зданиями к высоте (от середины окна до верха крыши), равного B/H , должно быть учтено отношение длины двора L к высоте H (если L или H имеют несколько значений, то учитывают их средние величины). На графике (рис. 1) даны значения освещенности наружных поверхностей окон, размещенных очень неблагоприятно — в углу двора. Если окно расположено в средней части двора, то двор условно делят вертикальной плоскостью, проходящей по оси окна, на две части, для каждой из которых определяют значения освещенности окна. Сумма этих величин дает искомую освещенность окна. Таблица учитывает только прямое освещение от небесного свода; отражение света от стен и затенения окон смежными зданиями в ней не учтены, так как они, как правило, взаимно компенсируются (чем круче угол падения лучей света, вызывающих затенение окон тенью от перемычки, тем сильнее отражение света от стен противостоящих зданий).

Оконные откосы. При очень глубоких оконных откосах значения освещенности поверхности окна, полученные из графика (рис. 1) и графика (рис. 7) на с. 135, необходимо уменьшить, пользуясь графиком (рис. 2). По графику (рис. 2) легко определяется коэффициент снижения освещенности, зависящий от глубины откоса; найденное ранее значение освещенности наружной поверхности окна следует умножить на этот коэффициент.

Отражение. При очень светлых стенах зданий, расположенных против окна или окружающих двор (например, из глазурованного кирпича), значение освещенности отраженными лучами очень велико; оно часто превосходит (особенно в нижних этажах) освещенность прямыми лучами света; для некоторых окон стена, отражающая свет, является единственным источником света. Величину такого светового потока для рассматриваемого окна можно легко рассчитать, приняв некоторые упрощения. В основу расчета берется значение общей средней освещенности отражающей стены, ее средняя отражающая способность и среднее расстояние до рассматриваемого окна. Поскольку стена освещена не только небосводом, но и светом, отраженным от стен соседних и противостоящих зданий, значение которого трудно учесть, то наиболее быстрым методом определения величины светового потока является замер на модели. Измерения д-ра Фрюлинга показали, что фактическая освещенность окон во дворе, окруженном пятиэтажными домами, облицованными глазурованным кирпичом (с отражающей способностью 70%), на 10–100% больше, чем определенная расчетом без учета отражения. Наибольшие отклонения получены для окон первого этажа, для которых освещение от небесного свода ничтожно по сравнению со светом, отраженным от светлого покрытия двора (рис. 4).

Ориентация. Значение освещенности наружной поверхности окон, помимо высоты стояния солнца, зависит также от ориентации окон (рис. 3). Наибольшей равномерностью характеризуется освещенность окон, обращенных на север (ориентация, принятая для ателье художников).

Пример. Требуется определить среднюю горизонтальную освещенность в помещении площадью 30 м^2 ; свет падает через окно размером $1,5 \times 2 \text{ м}$, с откосами глубиной 50 см ; здание длиной 20 м , шириной 6 м , высотой 10 м облицовано глазурованным кирпичом и расположено во дворе со светлым покрытием; вертикальная ось окна удалена от угла двора на 7 м , горизонтальная ось проходит на высоте 2 м от отметки двора (рис. 4).

$B/(H-h) = 6/8 \approx 0,8$; $L_1/(H-h) = 7/8 \approx 0,9$; по графику (рис. 1) освещенность наружной поверхности окна составляет 4% .

$L_2/(H-h) = 1/8 = 0,125$; по графику (рис. 1) освещенность окна составляет 5% ; суммарное значение — 9% .

Коэффициент снижения: $h/t = 2/0,5 = 4$; $b/t = 1,5/0,5 = 3$; по графику (рис. 2) находим коэффициент снижения, равный $0,78$.

Доля отраженного освещения определена в соответствии с местными условиями в 80% .

Окончательная величина освещенности наружной поверхности окна $9\% \cdot 0,78 \cdot 1,8 = 12,5\%$ при $E_{\text{нар}} = 3000 \text{ лк}$ получаем 378 лк . Средняя горизонтальная освещенность:

$$E = E_{\text{ок}} \cdot \eta \cdot F_{\text{ок}} / F_{\text{пом}} = 378 \cdot 0,4 \cdot 3,0 / 30 = 15,1 \text{ лк.}$$

Для обеспечения достаточной для работы освещенности в 40 лк можно увеличить площадь окна до

$$F_{\text{ок}} = (F_{\text{пом}} \cdot E_{\text{н}}) / (\eta \cdot E_{\text{ок}}) = (30 \cdot 40) / (0,4 \cdot 378) = 8 \text{ м}^2 \text{ — размер окна } 4 \times 2 \text{ м.}$$

Незначительной величиной коэффициента снижения для окна столь большой площади можно пренебречь.

3. Кривые яркости освещения в ясный августовский день на 40° северной широты по Х. Хефелю

4. Пример расчета средней освещенности горизонтальной поверхности в помещении, выходящем во двор

Помещения в одноэтажных зданиях (производственного назначения) могут освещаться через фонари верхнего света (см. с. 139).

Коэффициент естественной освещенности (КЕО) выражен отношением освещенности в данной точке внутри помещения $E_{вн}$ к наружной освещенности горизонтальной плоскости $E_{нар}$ в процентах:

$$КЕО = E_{вн} / E_{нар} \cdot 100.$$

Определение КЕО для любой точки P на горизонтальной рабочей плоскости показано в табл. 1. Видимая из точки часть небосвода ограничена прямыми (крайними) лучами, проведенными через грани светового проема L_1 и L_2 . Эти лучи вырезают из полуокружности, проведенной из точки P с диаметром D , дугу M_1M_2 .

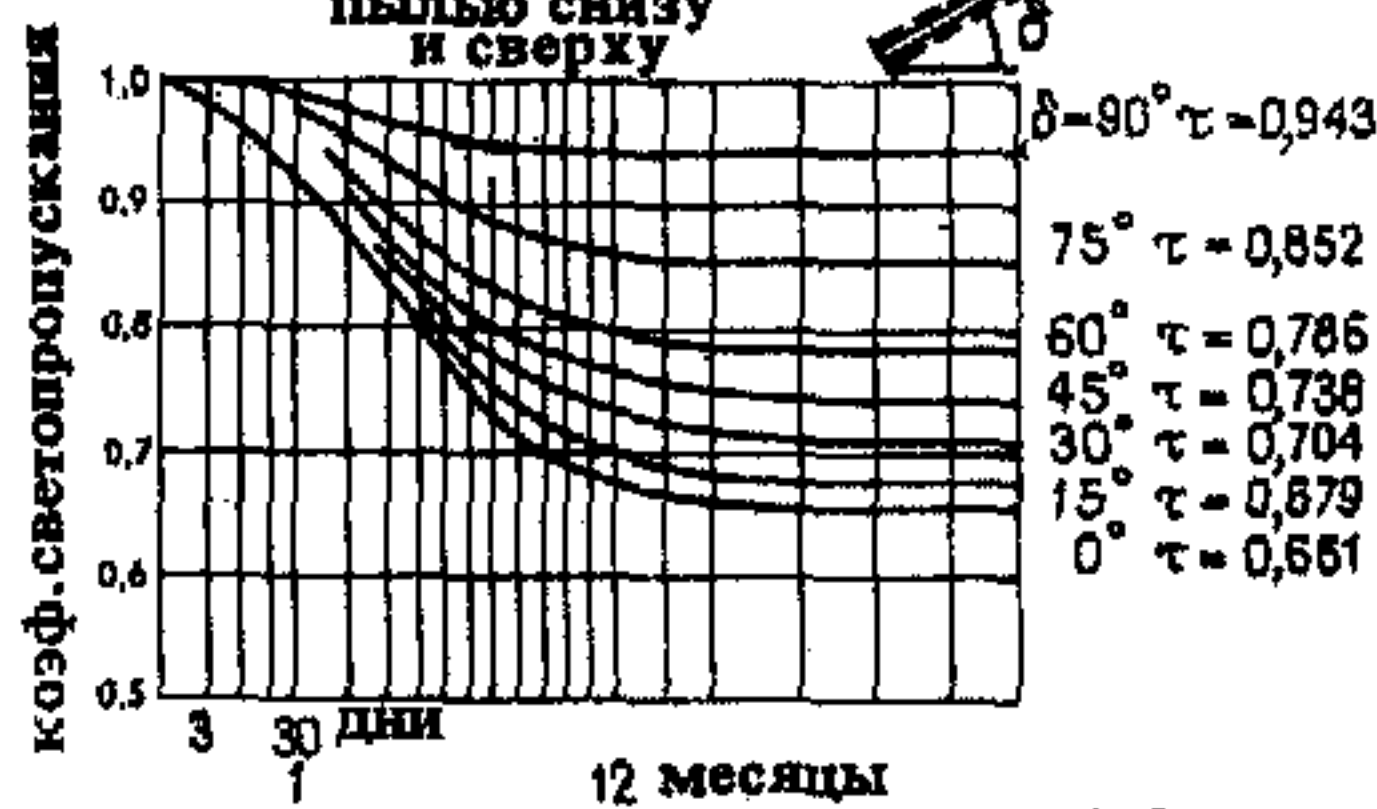
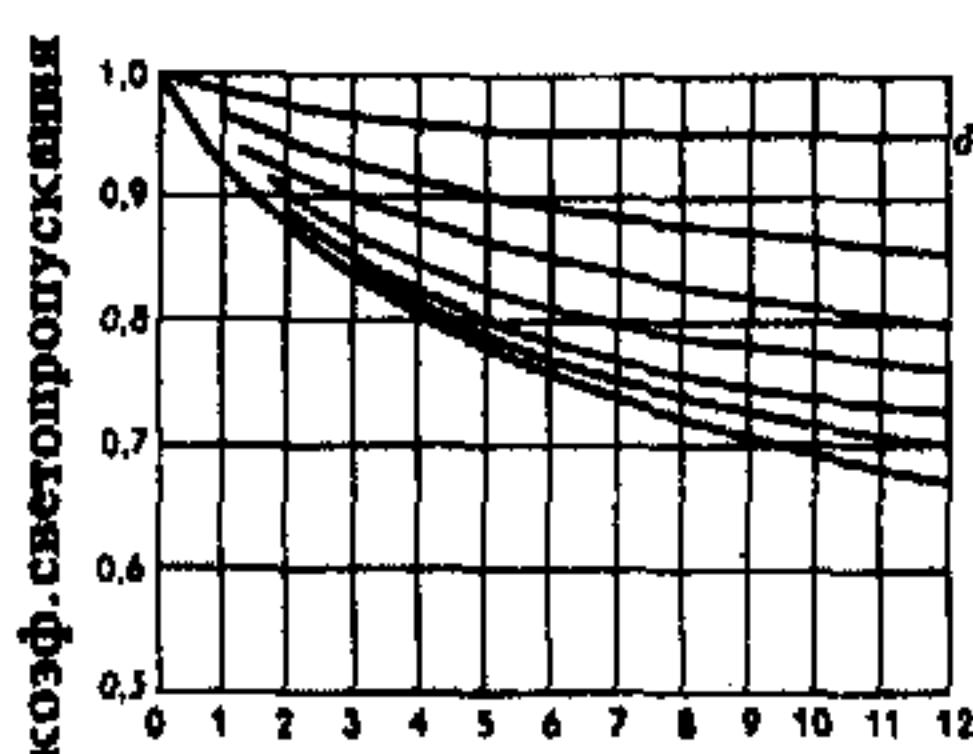
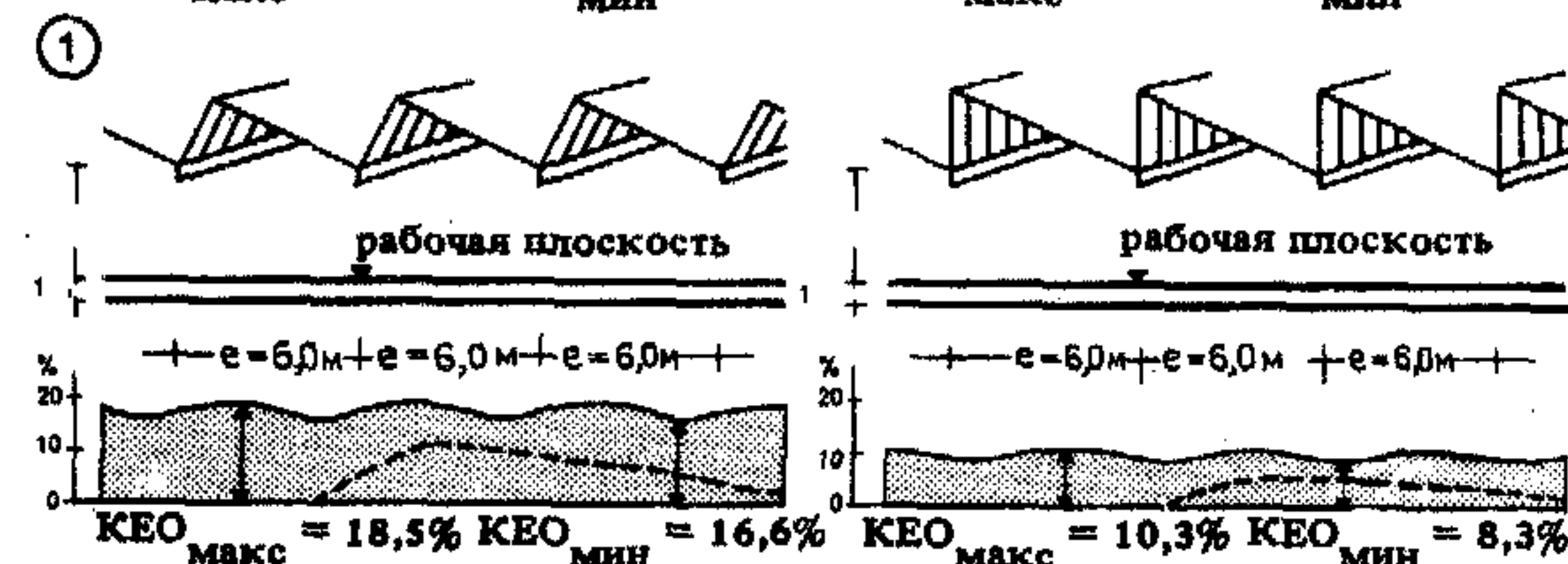
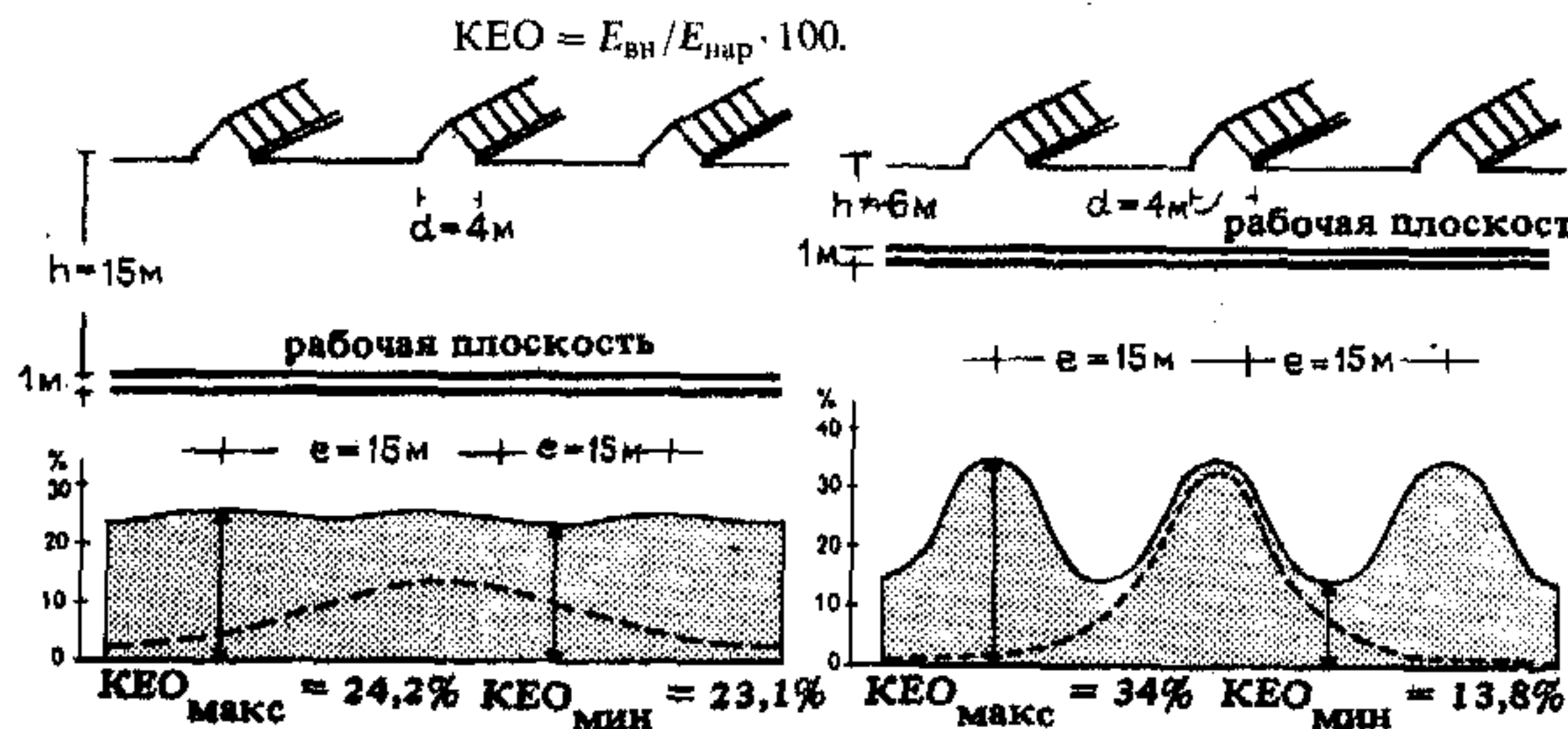
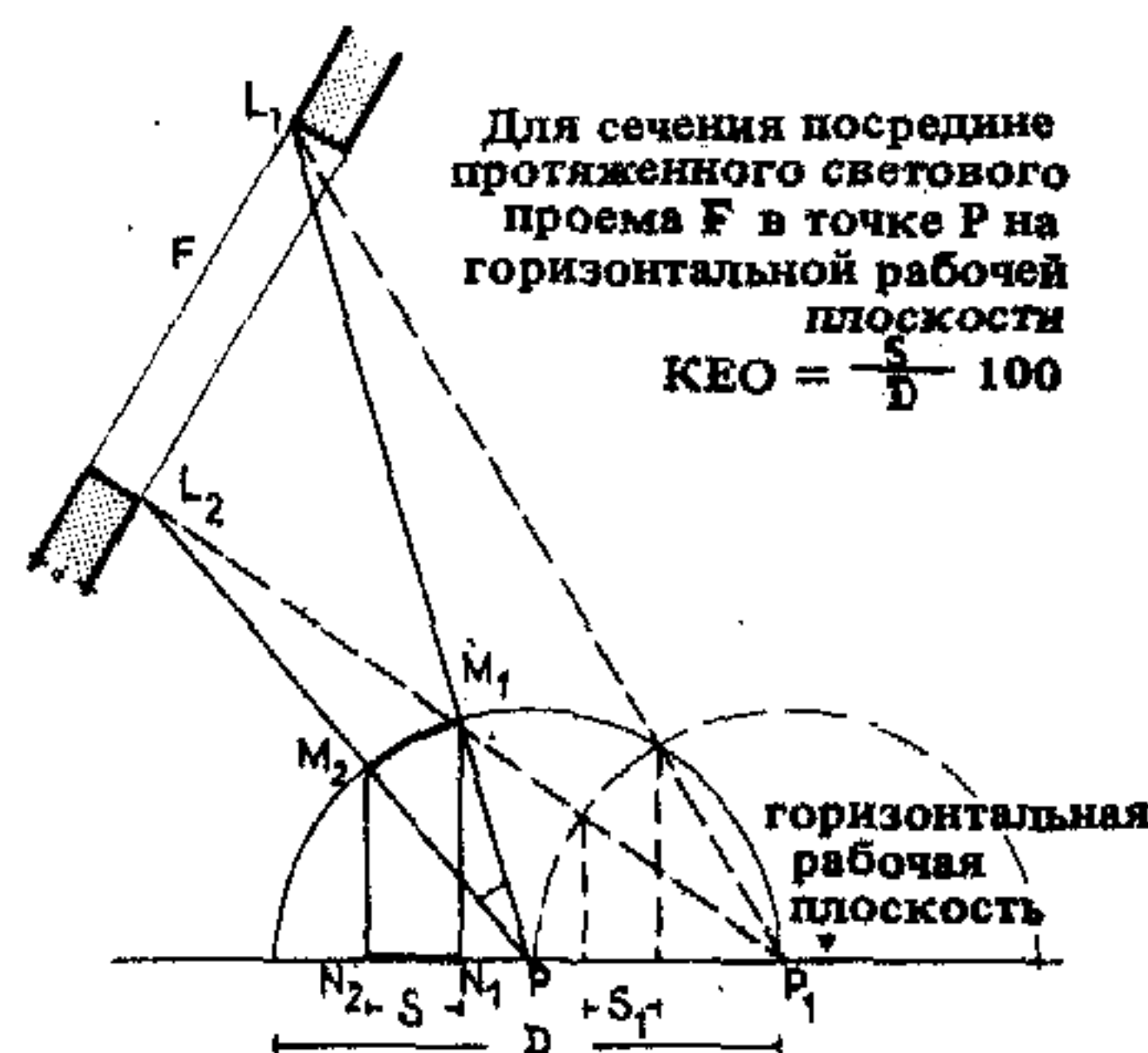


Таблица 1. Снижение значения τ за счет остекления и его загрязнения

Отношение площадь светового проема → площадь пола → $\frac{d}{e}$ Коэффициент полезного действия η по рис. 1, 2, 3	Зенитные фонари	Шедовое покрытие с наклоном остекления	
		на 60°	на 90°
$\frac{d}{e} = 0,267$	26,7%	35%	35%
$\eta = 0,889$	0,889	0,5	0,271
$\tau_I = \eta \cdot \frac{d}{e}$	23,7%	17,5%	9,5%
Коэффициент светопропускания τ для остекления и конструкций фонаря:			
горбыльки и конструкции фонаря $\tau_1=0,92$	0,92	0,92	0,92
армированное стекло толщиной 6—8 мм, прозрачное, $\tau_2=0,78$	0,78	0,78	—
простое стекло толщиной 6—7 мм, прозрачное, $\tau_3=0,87$	—	0,87	0,87
простое стекло толщиной 6—7 см, матовое, $\tau_4=0,66$	0,66	—	—
Искомый коэффициент светопропускания $\tau_k = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 = \tau_{II} = \tau_k \tau_I$	0,474 11,2%	0,624 10,9%	0,646 6,6%
Коэффициент светопропускания слоя пыли на стекле при наклоне стекла:			
45°	0,738	0,786	—
60°	—	—	—
90°	8,3%	8,6%	6,2%
$\tau_{III} = \tau_s \tau_{II}$			

Если проекцию этой дуги на рабочую плоскость обозначить s , получим: $КЕО = \frac{s}{D} \cdot 100$.

Если принять $D = 100$ мм, то длина отрезка s в мм определит величину КЕО. Этот расчет справедлив для фонарей большой протяженности в их среднем поперечном сечении. Равномерность значений КЕО зависит от расстояния между фонарями, от их площади и высоты помещения. Чем ближе расстояние между фонарями (в одноэтажном помещении с равномерным параллельным размещением фонарей оно совпадает с высотой помещения), тем равномернее значение КЕО (рис. 1, 2).

Коэффициент полезного действия фонарей $\eta = \frac{КЕО}{d/e}$ зависит от наклона остекленной поверхности фонаря (по Фрюлинг):
 для горизонтального остекления $\eta = 0,8-0,9$;
 для наклонного остекления под углом 60° $\eta = 0,5-0,6$;
 для вертикального остекления $\eta = 0,25-0,35$.

Расчет освещения ведется в три стадии:
 I—для открытого незастекленного светового проема;
 II—для застекленного, незагрязненного светового проема;
 III—для застекленного, покрытого пылью светового проема (предельное значение) (табл. 1).

Остекление, горбыльки и конструктивные элементы фонарей являются причиной потерь в освещенности. Эти потери увеличиваются с загрязнением остекления (рис. 5, 6) по Спенсеру. Применение для фонарей матового стекла способствует рассеянию прямых солнечных лучей.

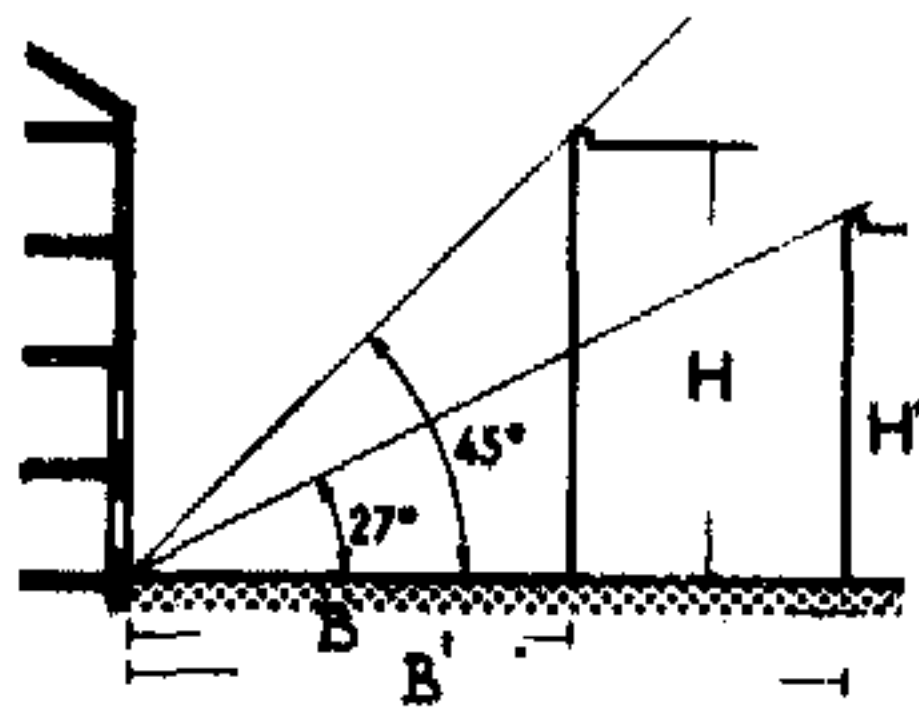
Из графиков видно, что загрязнение фонарей с обеих сторон через некоторое время достигает постоянной величины; коэффициент светопропускания τ при этом имеет наибольшее значение для вертикального остекления и наименьшее для горизонтального. Больше или меньше содержание пыли в воздухе влияет только на сокращение или удлинение сроков достижения максимального загрязнения. Это справедливо только при загрязнении остекления сухой пылью и не относится к загрязнению липкими и маслянистыми веществами, а также к остеклению зданий вблизи цементных заводов.

Нормы естественного освещения

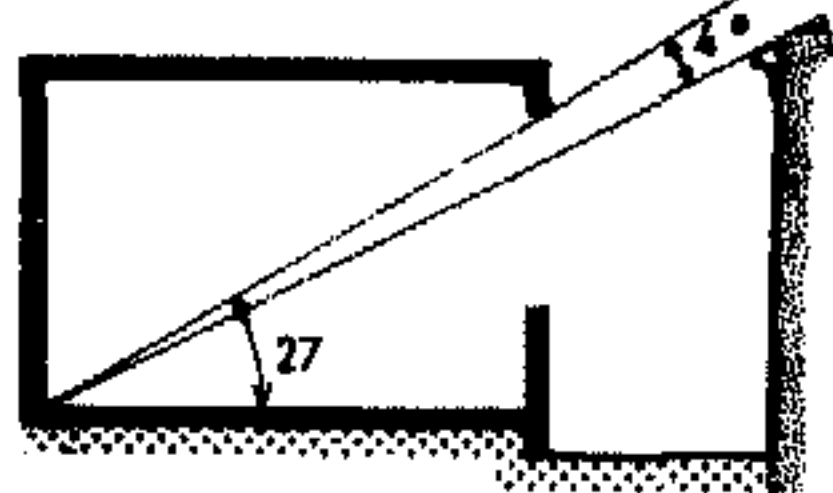
Минимальные разрывы между зданиями и максимальные высоты зданий, установленные строительными правилами, имеют целью обеспечить естественное освещение помещений. Для школ и больничных зданий установлен разрыв $B = 2H$ (рис. 1). Это соответствует углу падения лучей света в 27° ; для помещений первого этажа требуется угол свободного обзора $4-5^\circ$. В центрах старых городов чаще всего ограничиваются разрывом $B = H$, т.е. углом падения лучей 45° . Для делового центра Берлина величина разрыва снижена до $B = 5/6H$. С учетом этих предпосылок в зависимости от назначения здания устанавливают отношение площади окон (нетто) к площади пола в пределах от $1/10$ до $1/3$. Местные нормы, принятые в Гертлице и Магдебурге, требуют, чтобы в старых районах города $1/3$, а в остальных районах $1/2$ поверхности пола помещений были обеспечены прямым освещением от небесного свода.

Расчет производится по эмпирической формуле Кюстера:

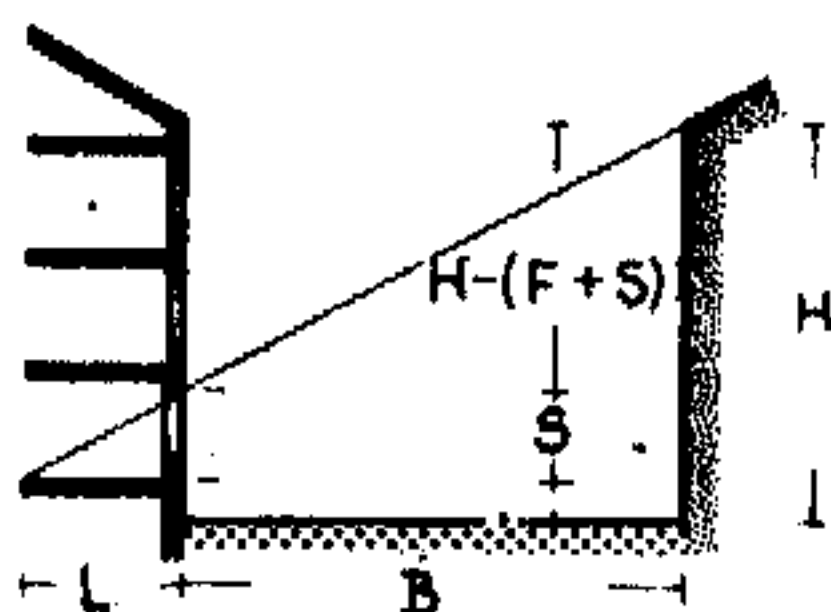
$$L = B \frac{5}{H - (F + s)}$$
 (рис. 3). Балконы, лоджии и козырьки следует устраивать так, чтобы они возможно меньше мешали освещению помещений (рис. 4).



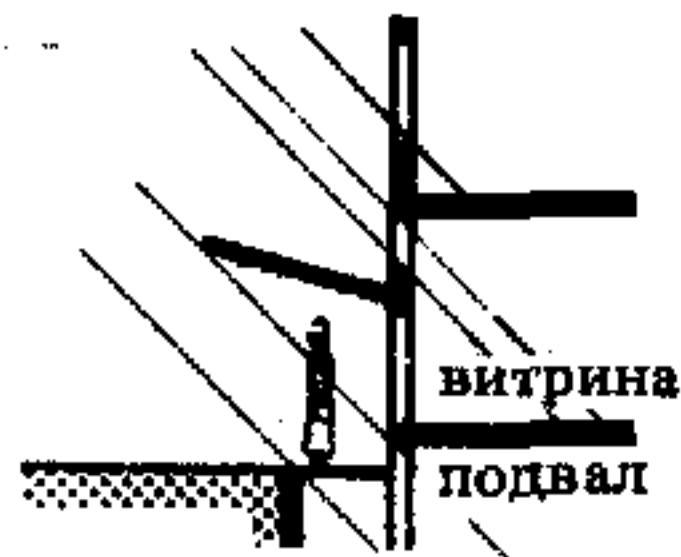
1. Нормальный профиль улицы. При угле 45° $B = H$ (в старом городском центре), при угле 27° $B = 2H$ (в районах новой застройки)



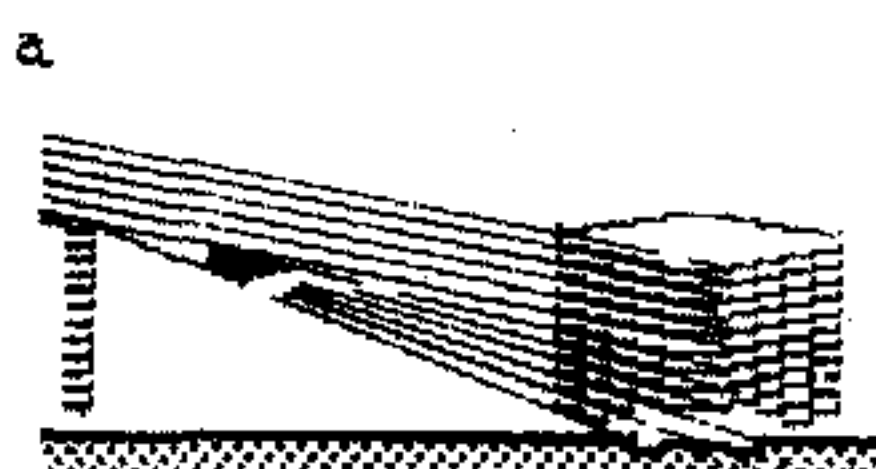
2. Угол падения луча света, образованный касательной наружной грани перемычки из самой дальней точки пола должен быть $\geq 27^\circ$; угол свободного обзора из этой же точки $\geq 4^\circ$



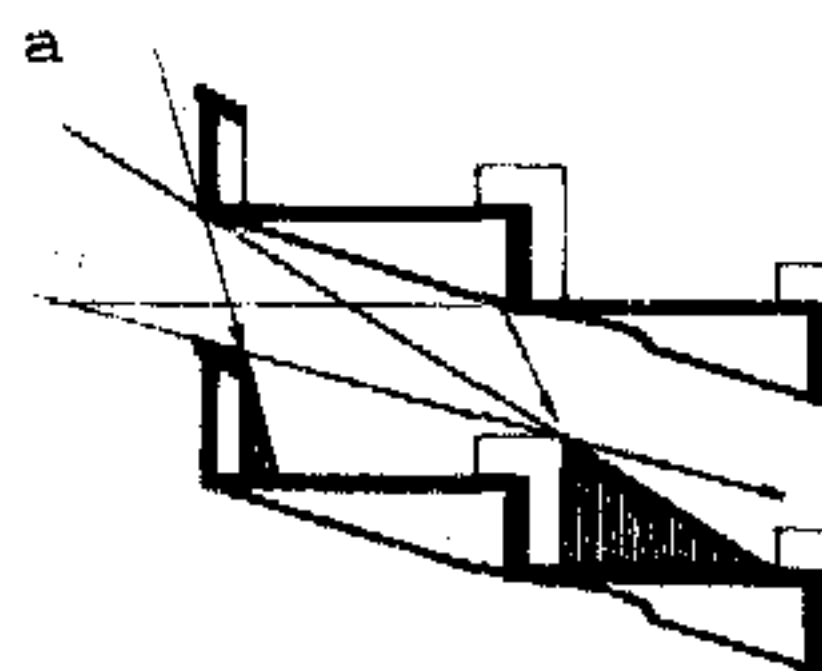
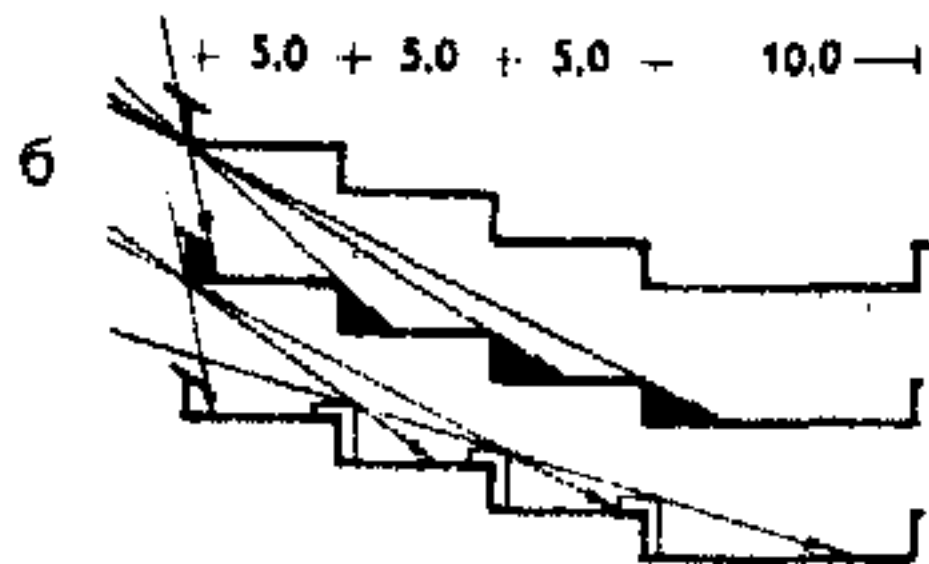
3. Определение естественного освещения по эмпирической формуле Кюстера; площадь $L \geq 1/3-1/2$ площади пола



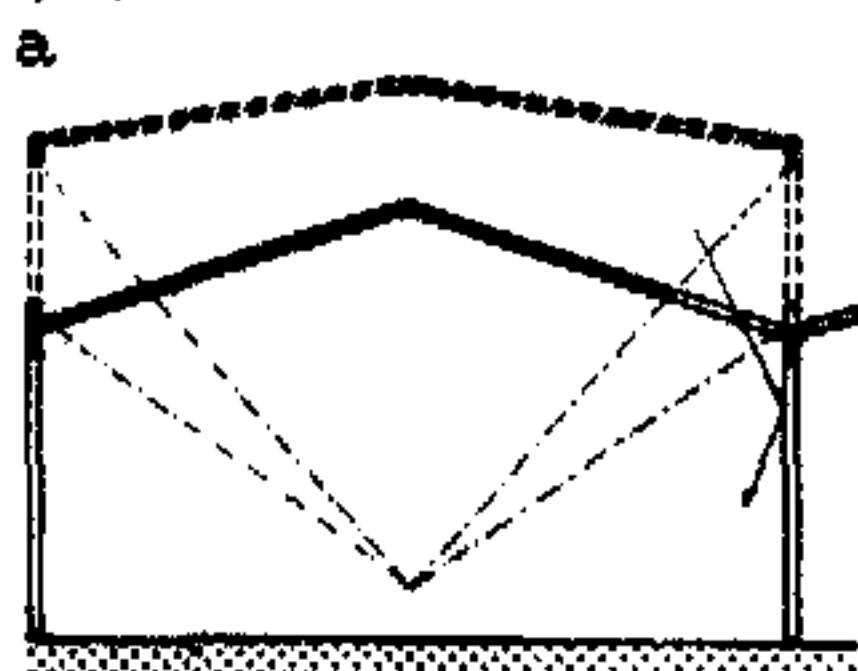
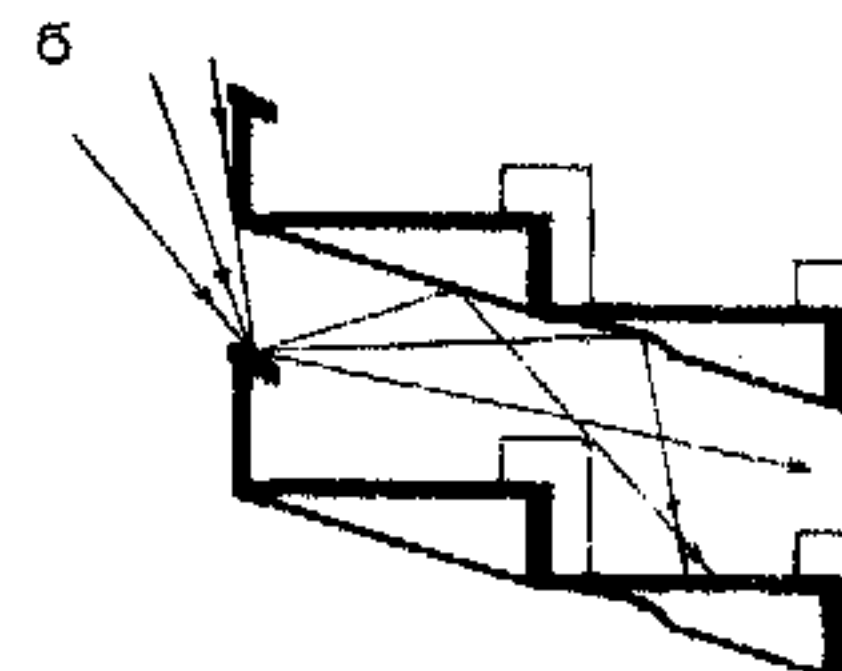
4. Устройство козырька над витриной, освещение которой обеспечивается призматическими стеклами. Освещение подвала через приямок с призматическими стеклами на уровне тротуара 1-витрина; 2-подвал



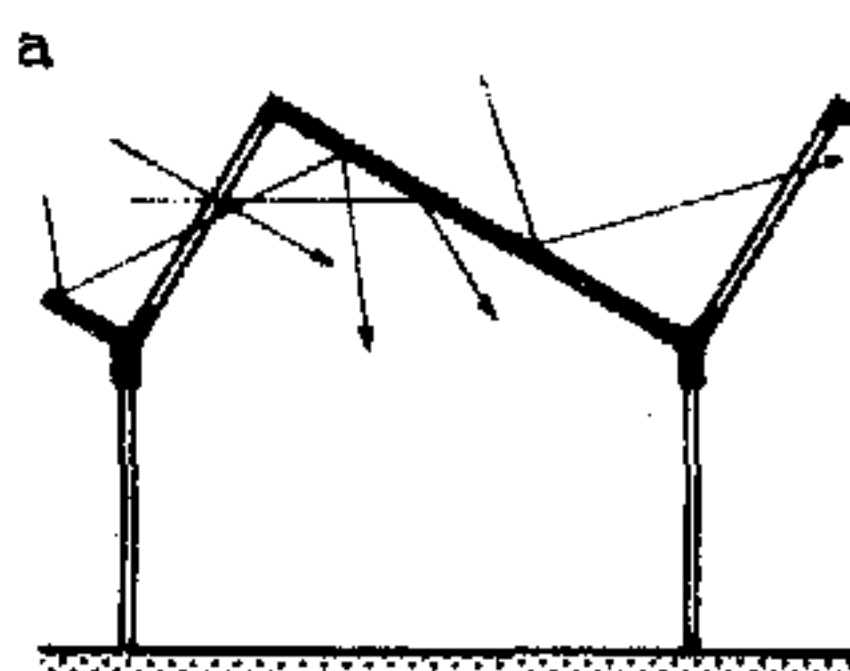
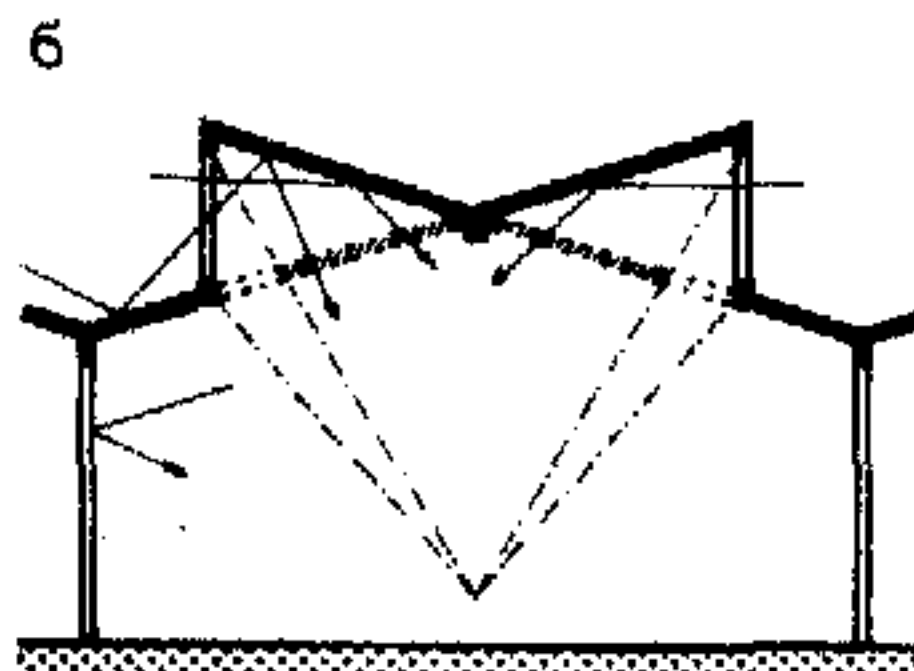
5. В больших зданиях ступенчатое расположение перекрытий с понижением отметок к середине может обеспечить естественное освещение на всю глубину помещений через высоко расположенные окна; в зависимости от назначения здания глубина корпуса может быть доведена до 30-60 м (запатентовано автором)



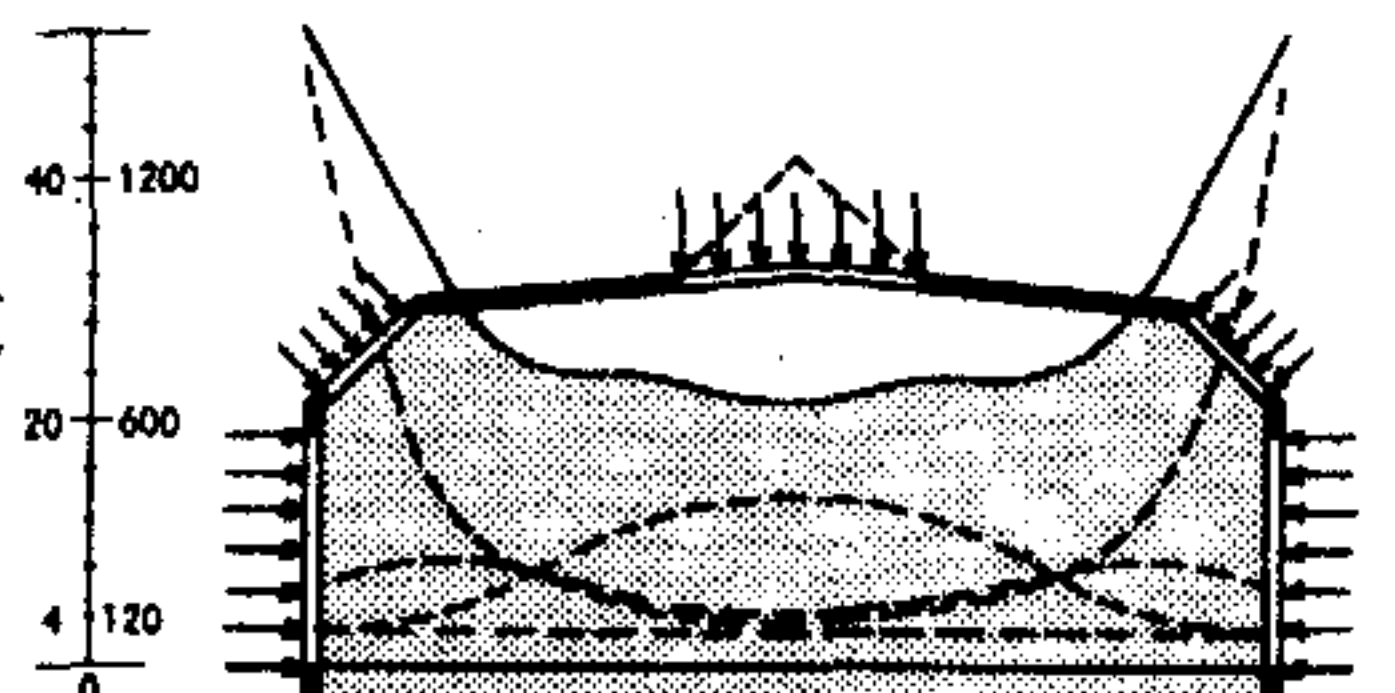
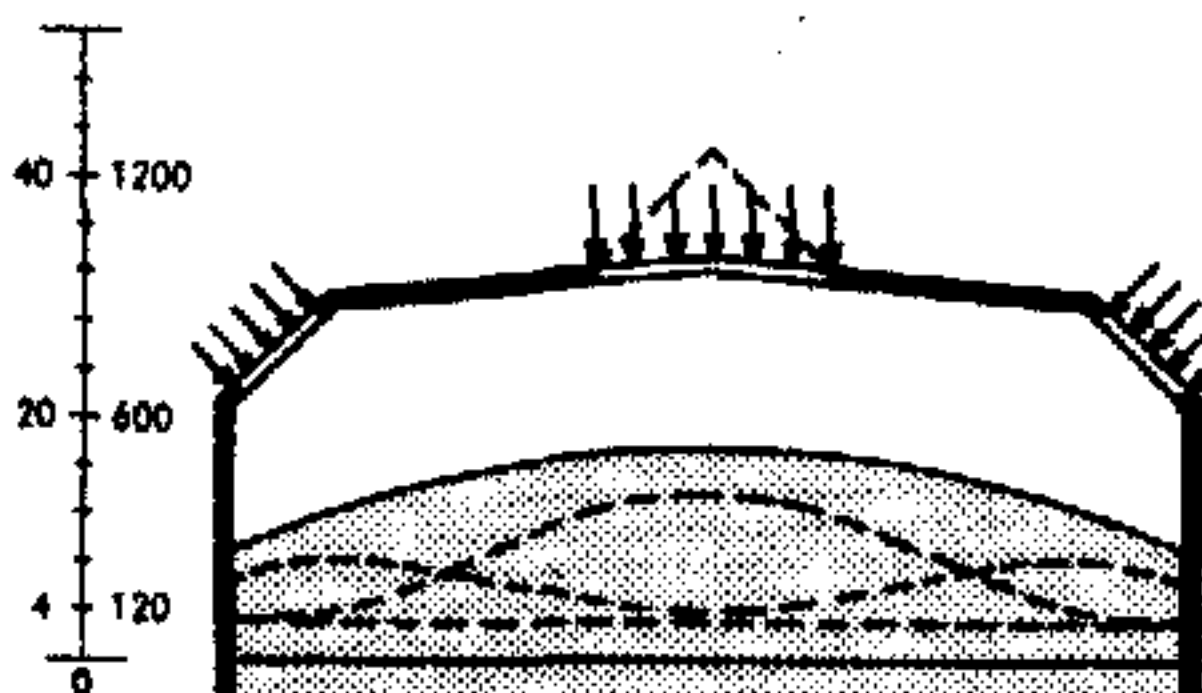
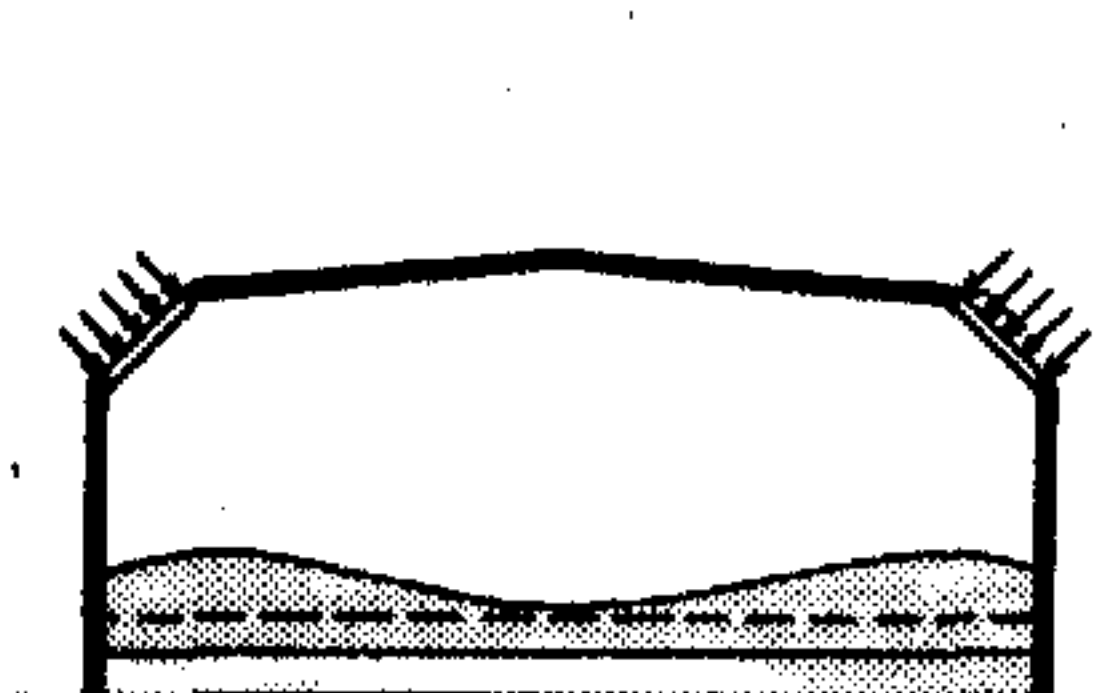
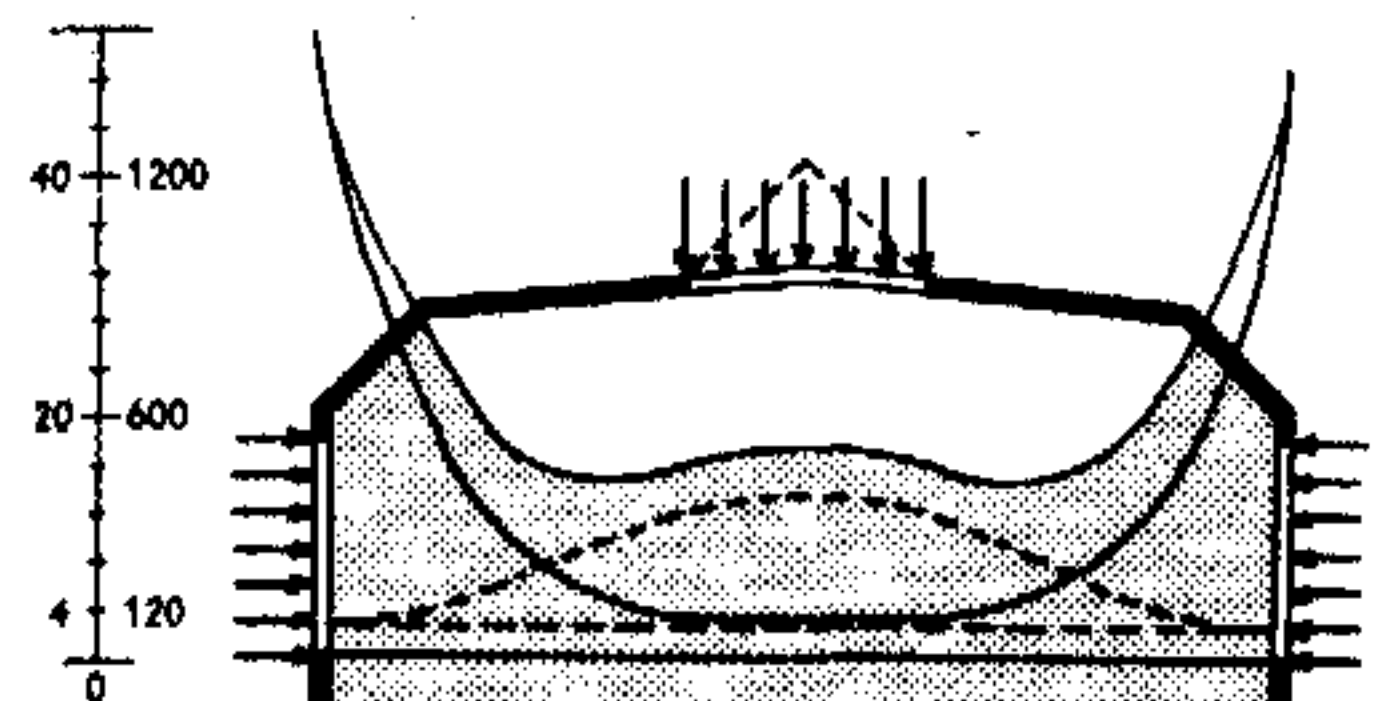
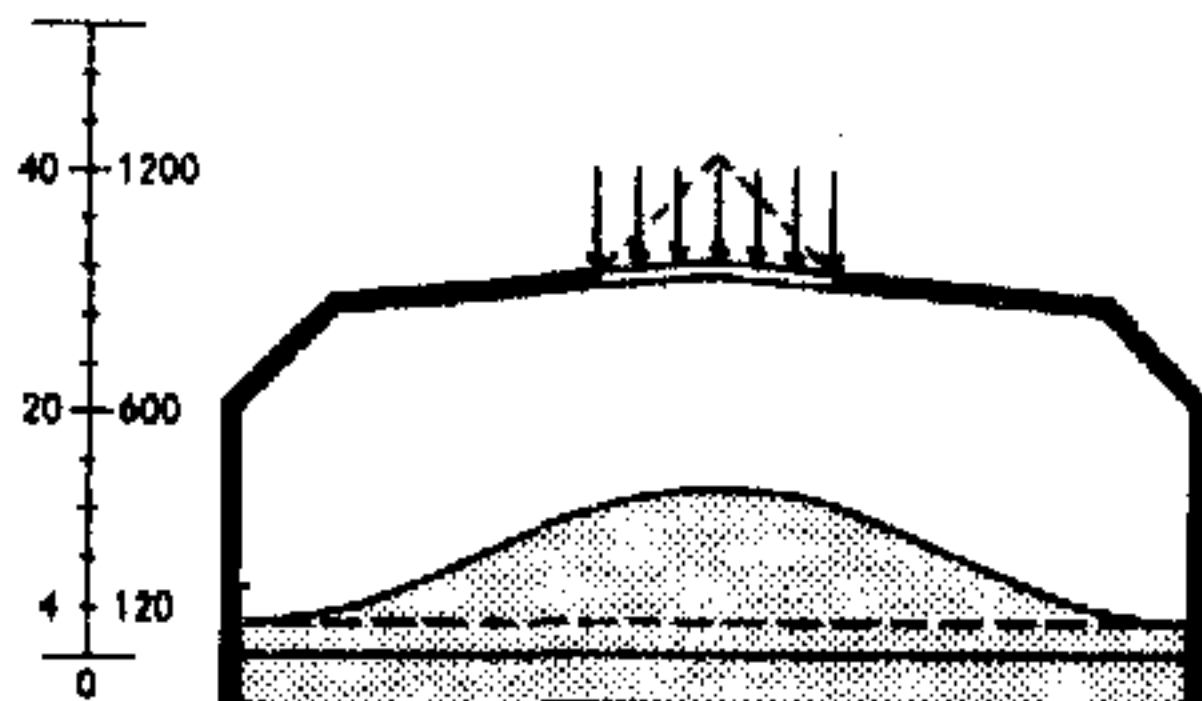
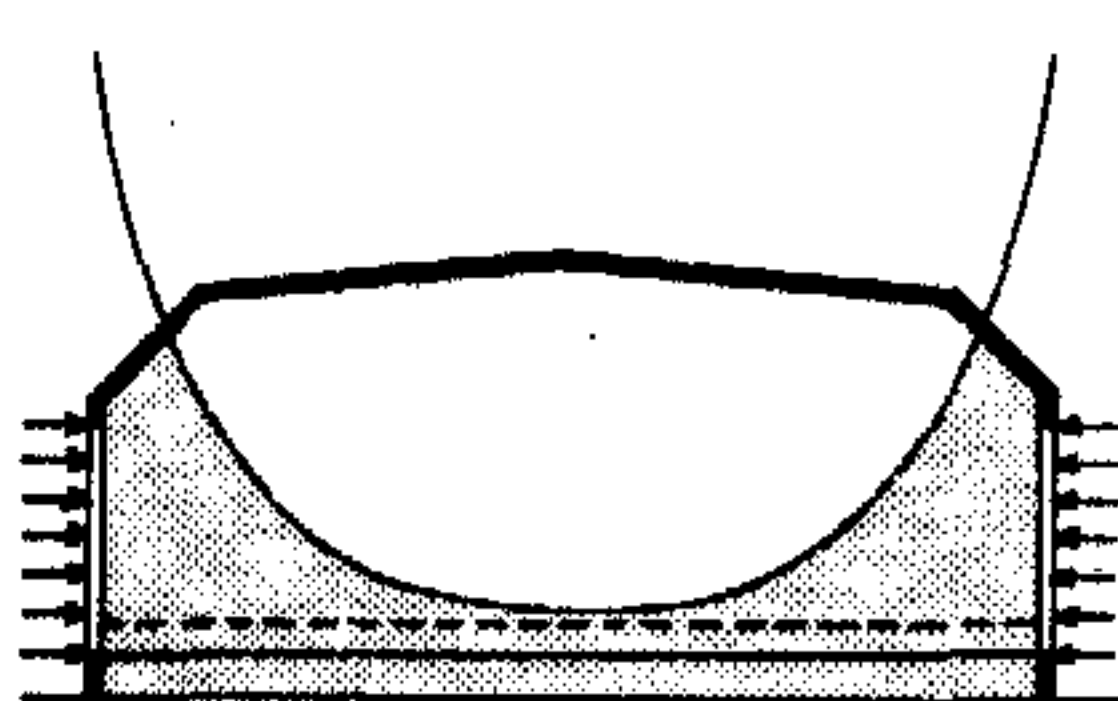
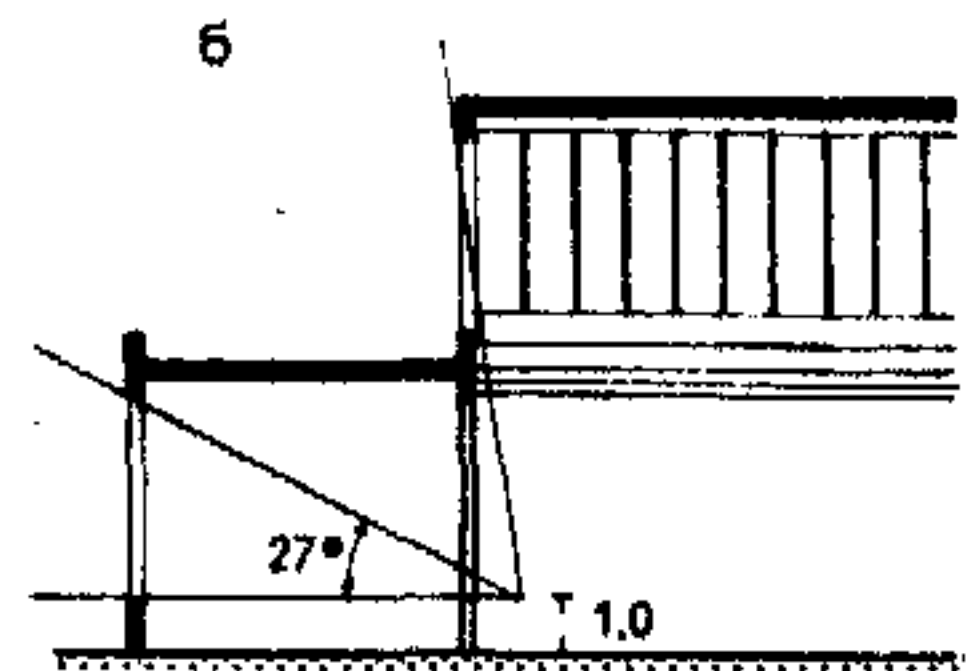
6. Разница отметок перекрытия при больших пролетах между колоннами может быть использована для размещения прогонов. Неизбежные при этом наклонные потолки хорошо отражают свет; подоконник, интенсивно отражающий свет, способствует освещению потолка при падении света под большим углом



7. В одноэтажных зданиях наклонное остекление верхнего света экономнее вертикального. М-образные фонари (б) наиболее выгодны в связи с хорошим отражением света и обеспечением аэрации помещения

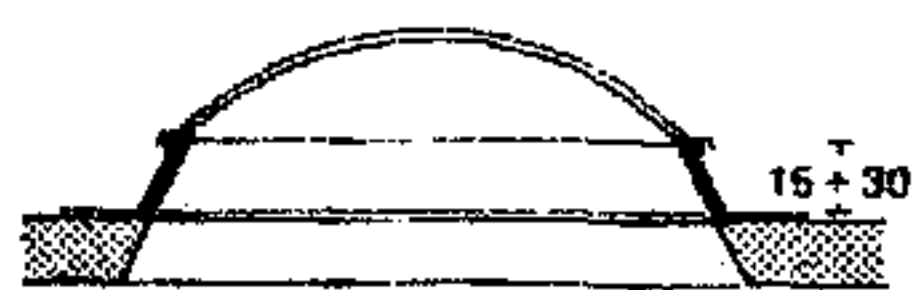
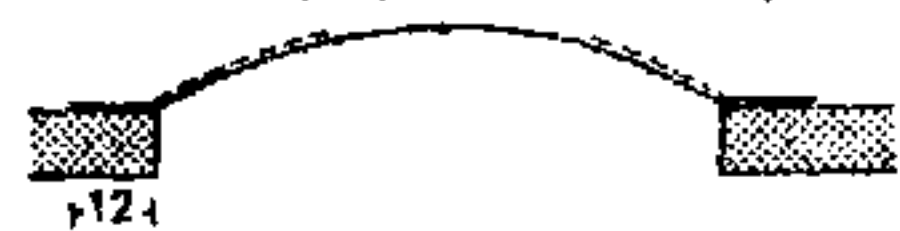


8. Шадовое или пилеобразное покрытие создает более равномерную освещенность благодаря отражению света нижней поверхностью; при светлых крышах равномерность освещения повышается. Фонари не доводят до наружных стен здания

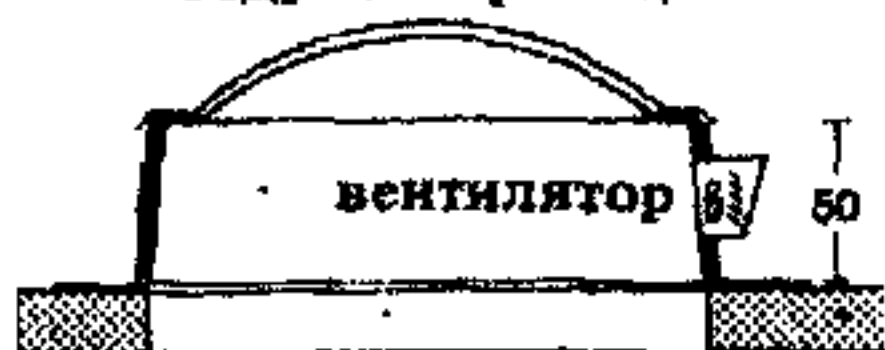


9. Необходимая освещенность в большепролетных зданиях обеспечивается различными сочетаниями бокового и верхнего освещения

А) для непосредственной установки на кровле применяют также двухслойные купола

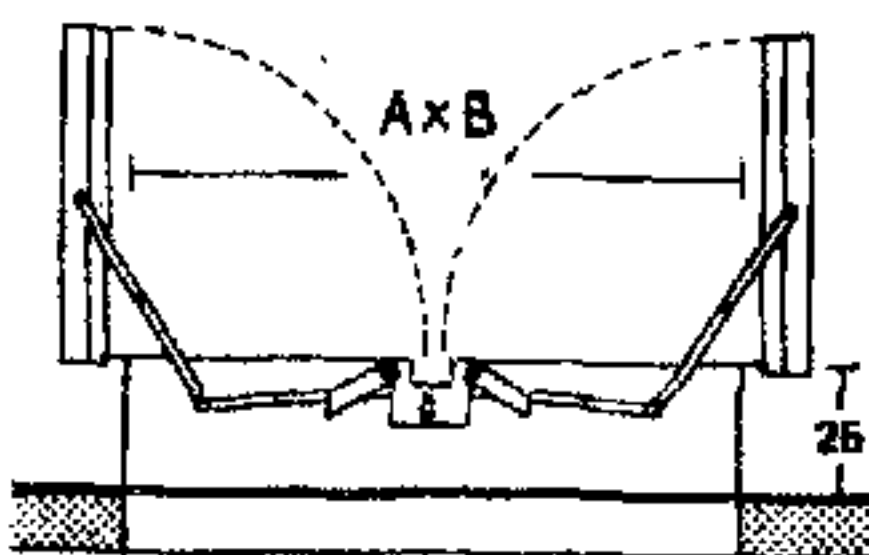


Б) с жестким опорным кольцом, воздухонепроницаемы

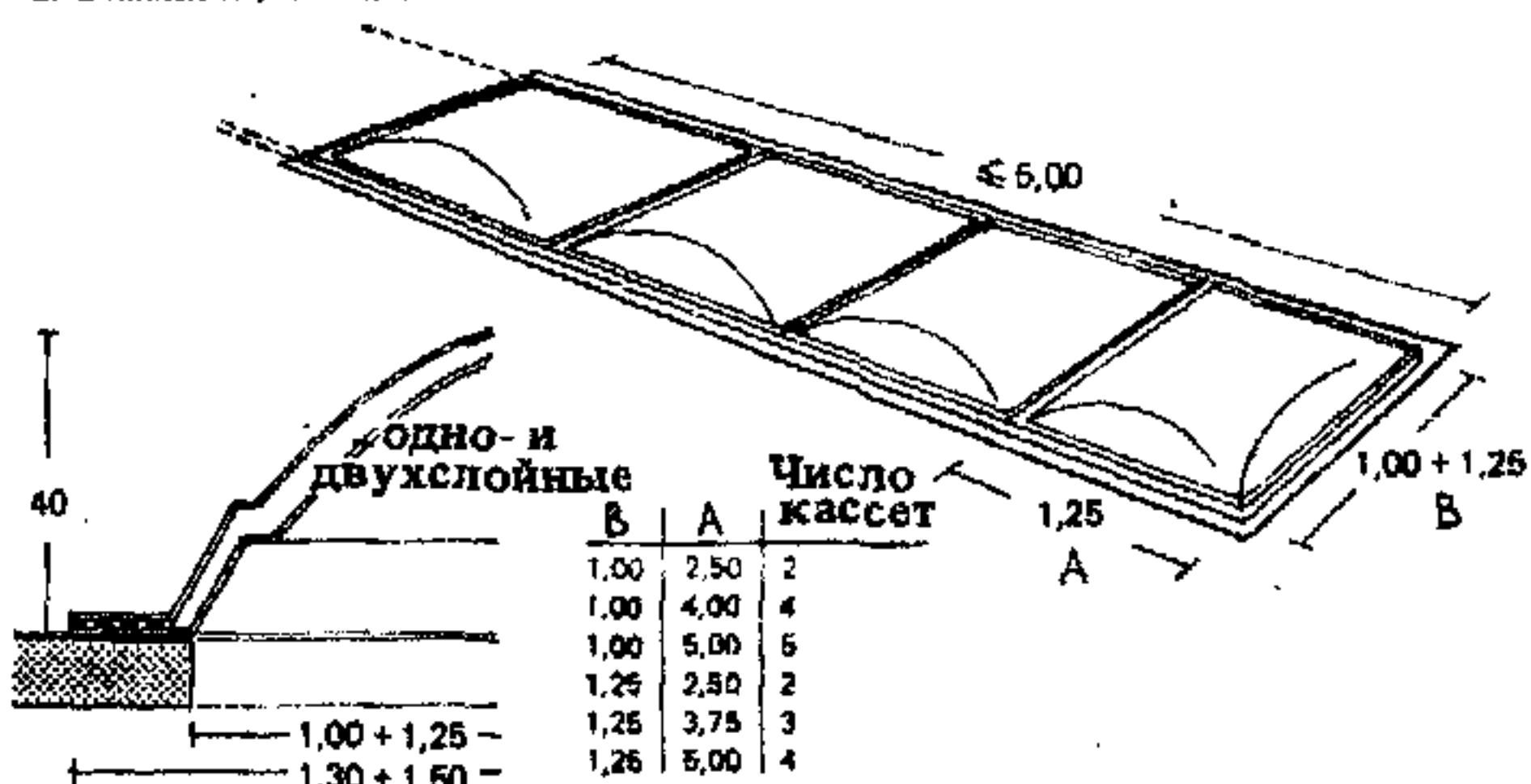


В) с высоким опорным кольцом и вентилятором

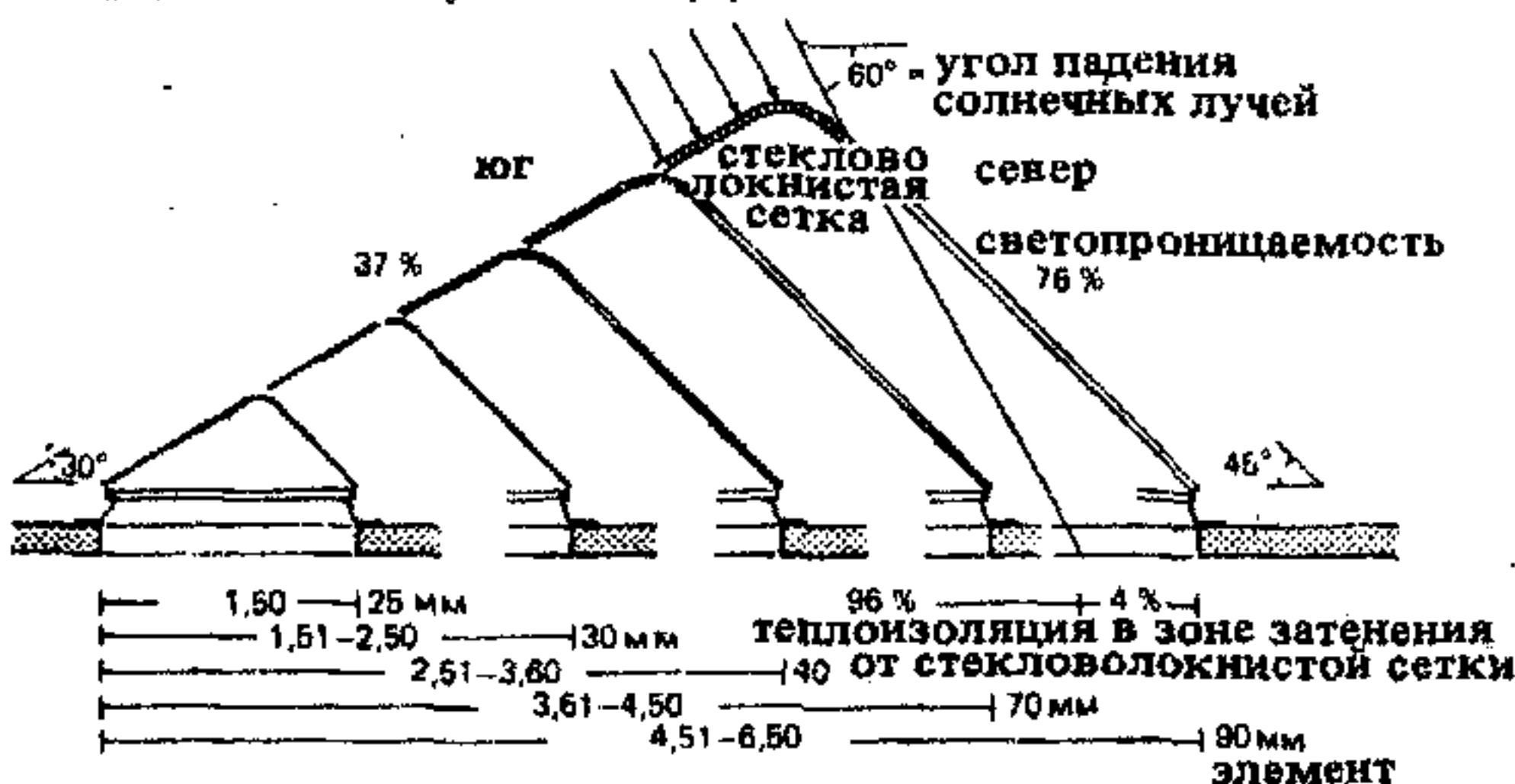
1. Световые купола из акрилового стекла



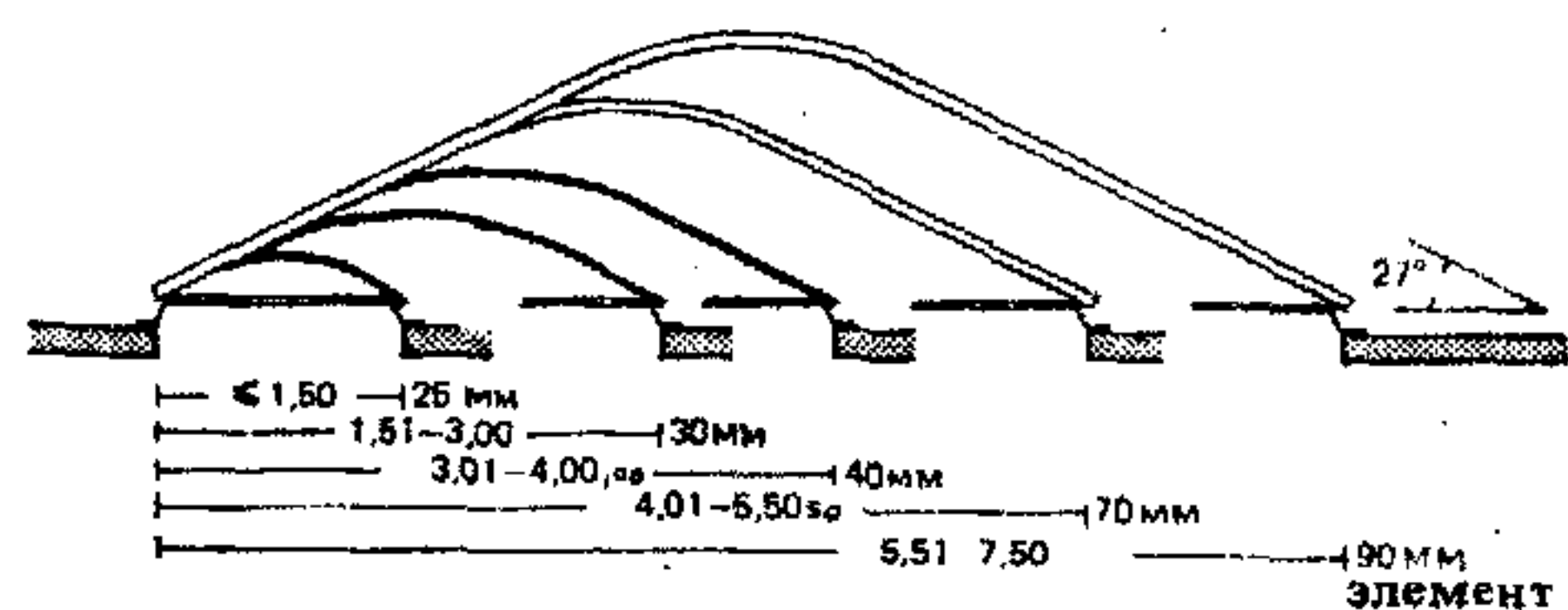
2. Вытяжные колья



3. Кассетные световые купола из поликарбоната



5. Шедовая конструкция световых фонарей из поликарбонатных плит, упрочненной стекловолоконной сеткой



7. Двухслойные светопрозрачные элементы для световых фонарей

А — плоские купола с утолщением по контуру

50×50	1,0×1,0	1,2×1,8
75×75	1,0×1,6	1,2×2,0
75×1,0	1,0×2,0	1,2×3,0
75×2,0	1,0×2,4	1,5×1,5
85×3,0	1,0×3,0	1,6×1,3
90×90	1,2×1,2	1,6×5,0

В — с жестким опорным кольцом, воздухонепроницаемы

60×60	1,30×2,4	1,80×2,4
80×80	1,25×2,5	1,80×2,7
90×90	1,50×1,6	1,80×3,0
1,0×1,0	1,50×1,8	2,20×2,2
1,0×2,0	1,50×2,4	
1,2×1,2	1,80×1,8	

Круглые световые купола конструкции Б Ø 56, 80, 96, 116, 146, 176, 216, 246, 288, 296

В — с высоким опорным кольцом

50×1,0	1,30×1,0	1,2×1,5
50×1,5	1,0×1,5	1,2×2,4
60×60	1,0×2,0	1,5×1,5
60×90	1,0×2,5	1,5×3,0
90×90	1,0×3,0	1,6×2,7

Номинальные размеры А×В	Свободная площадь, м²
1,0×2,0	2
1,0×2,4	2,4
1,2×1,2	1,44
1,2×2,4	2,88
1,8×1,8	3,24
2,0×2,0	4

ВЕРХНИЙ СВЕТ-СВЕТОВЫЕ КУПОЛА

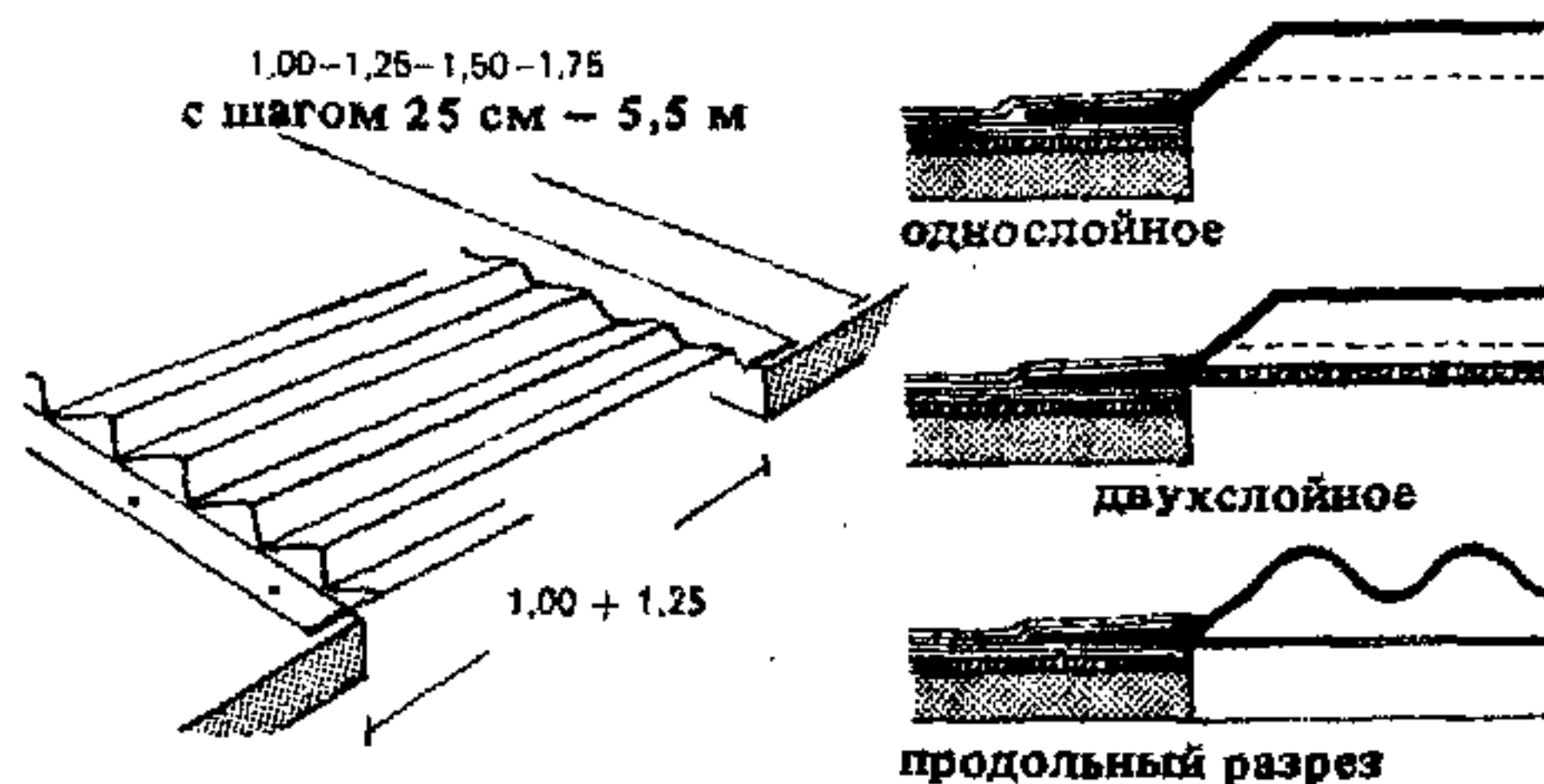
Для освещения, вентиляции и аэрации помещений, залов, лестничных клеток и т.п. применяют купола, световые элементы, кассеты, вытяжные клапаны и жалюзи в качестве жестких или подвижных элементов. Их изготавливают также из теплоотражающего плексигласа.

При ориентации световых куполов на север снижается количество солнечных лучей, проникающих в здание (рис. 6). При высоком опорном кольце светового купола сокращается угол попадания солнечных лучей (рис. 1); жалюзи следует располагать с подветренной стороны, чтобы избежать возникновения разряжения. Приточные отверстия делают на 20% меньше вытяжных. Возможна принудительная вентиляция путем установки в световом куполе вентиляторов производительностью 150–1000 м³/ч (рис. 1, в).

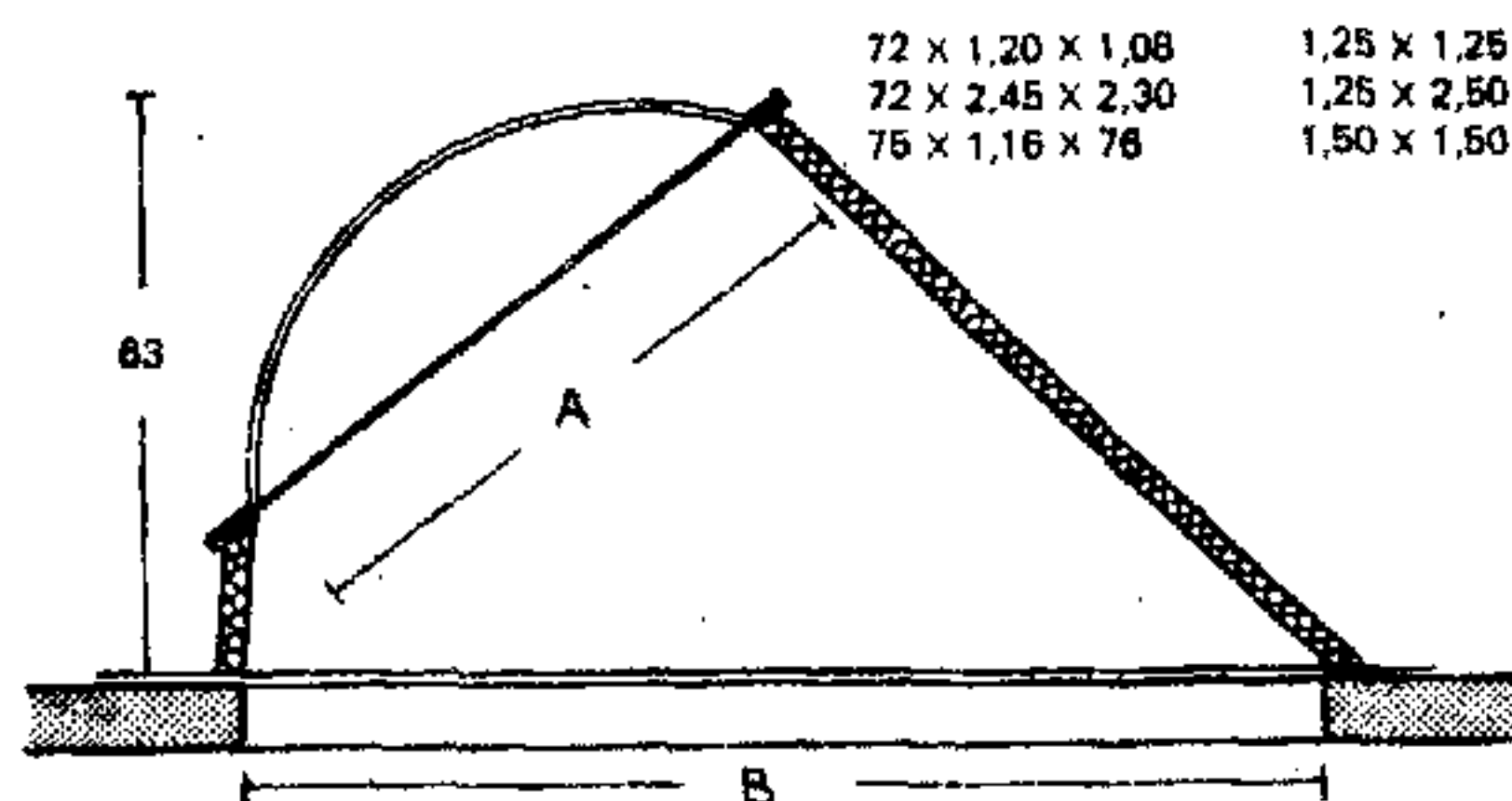
Купола с плоским опорным кольцом (рис. 1, а) применяют там, где образуется незначительное количество конденсата.

В лестничных клетках высотой более четырех этажей, устраивают отверстие для вытяжки дыма (рис. 2). Расстояние между отверстиями до 5,5 м, иногда 7,5 м.

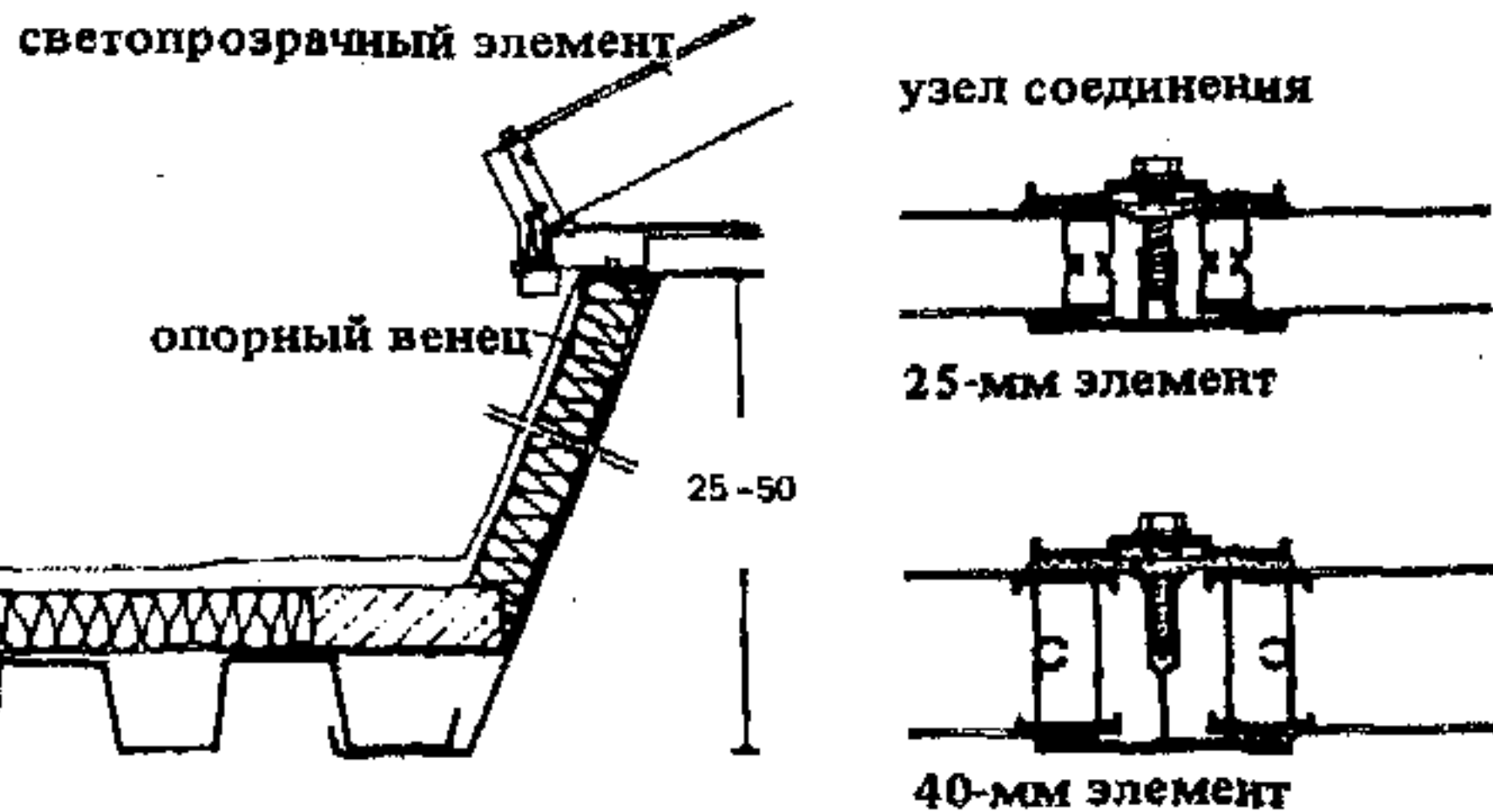
Системы верхнего света (рис. 7) создают рассеянное бестеневое освещение. Хорошие результаты дает применение шедового освещения (рис. 5). Плоские кровли можно реконструировать для шедового освещения путем установки опорных колец (рис. 5).



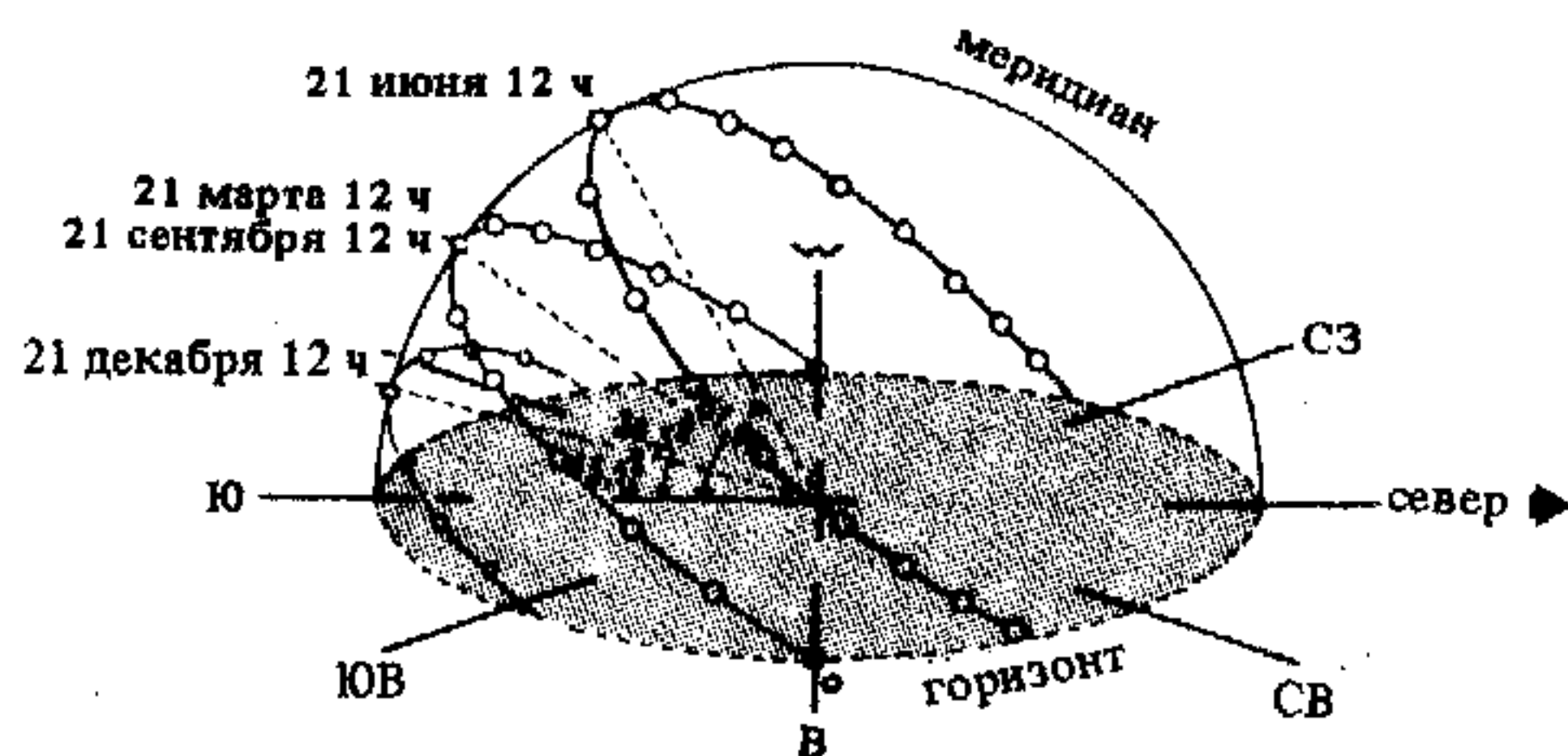
4. Светопрозрачное покрытие из поликарбоната, упрочненного стекловолоконной сеткой



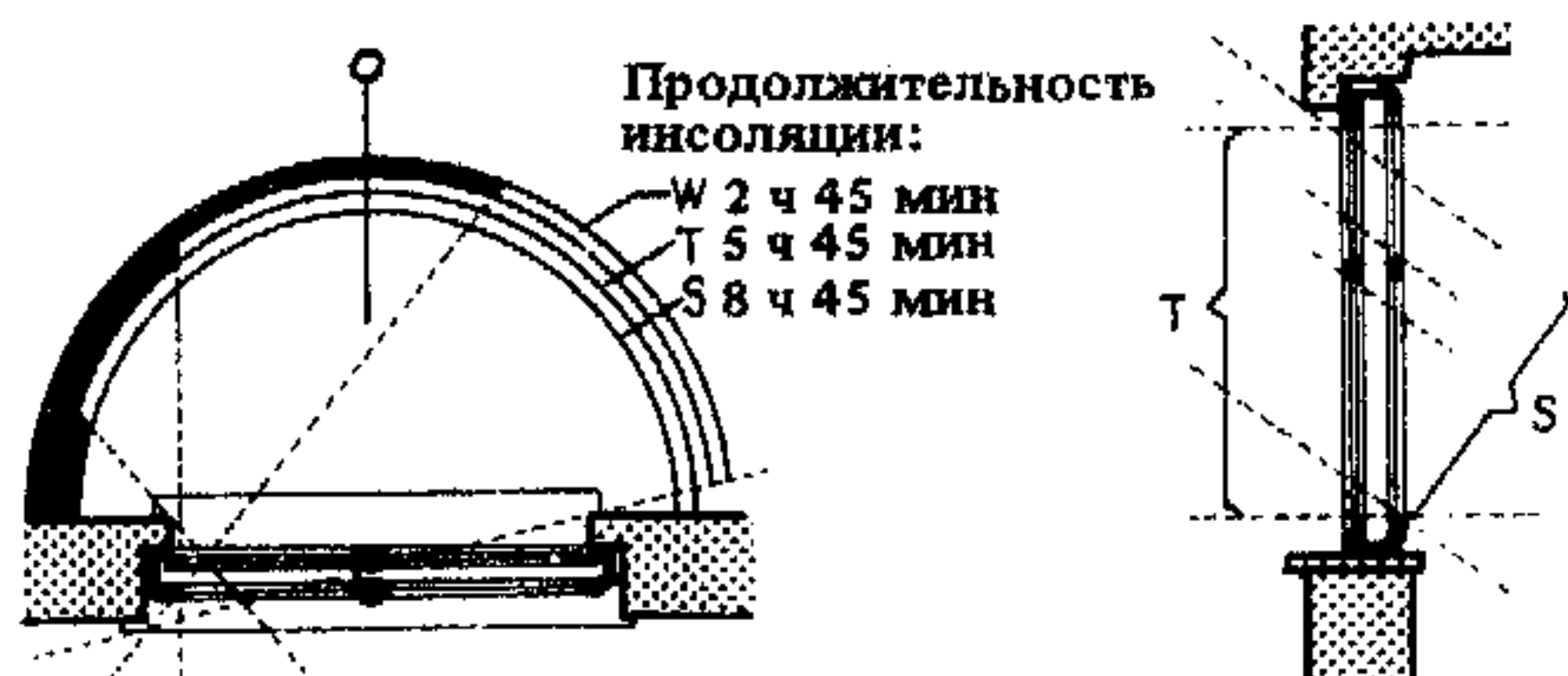
6. Шедовый купол, ориентированный на север
А — световой проем; В — отверстие в покрытии



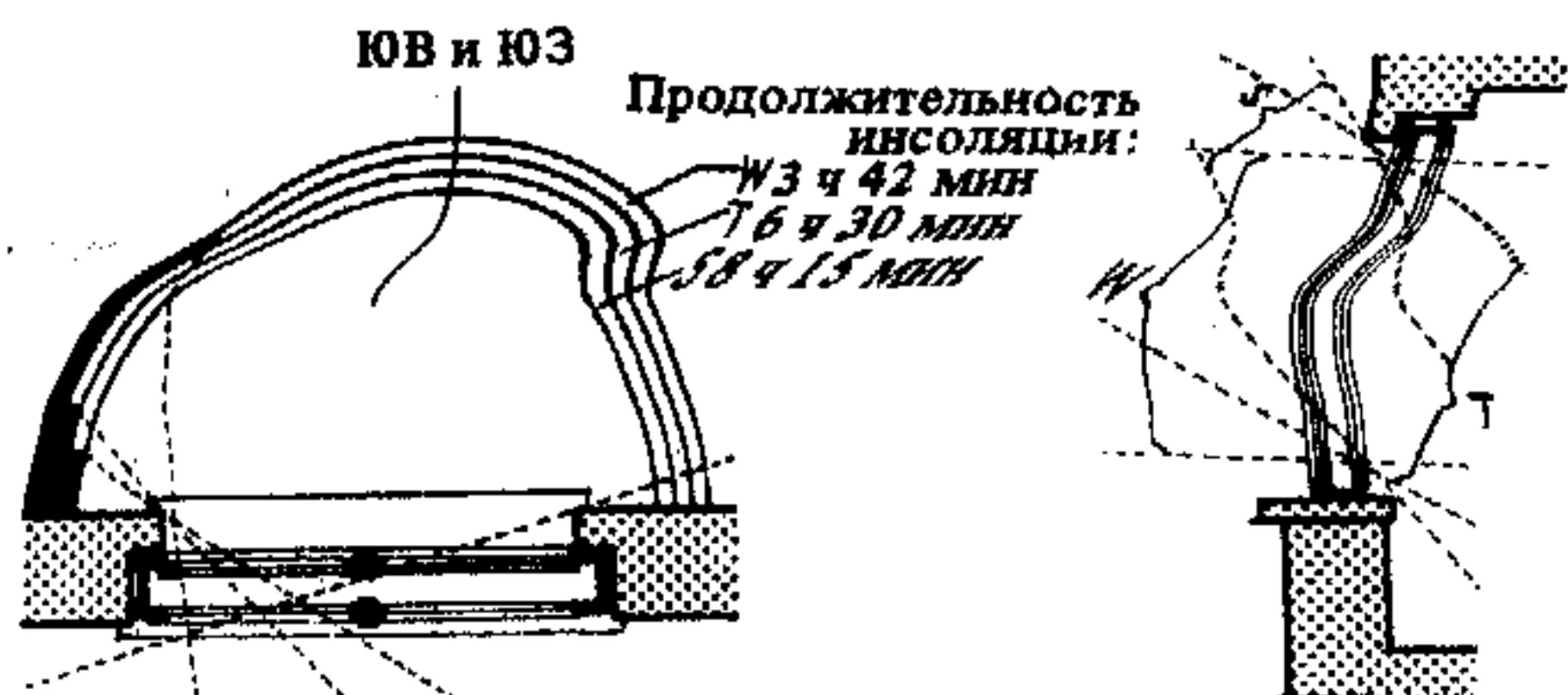
8. Детали к рис. 5–7



1. Путь движения солнца во время зимнего солнцестояния (W), равноденствия (T), летнего солнцестояния (S) по отношению к зданию или наблюдателю (для широты 51.5°)



2. В окна, ориентированные на восток и на запад, во время равноденствия проникают горизонтальные лучи; к летнему солнцестоянию угол падения лучей увеличивается (рис. 3). Справа разрез

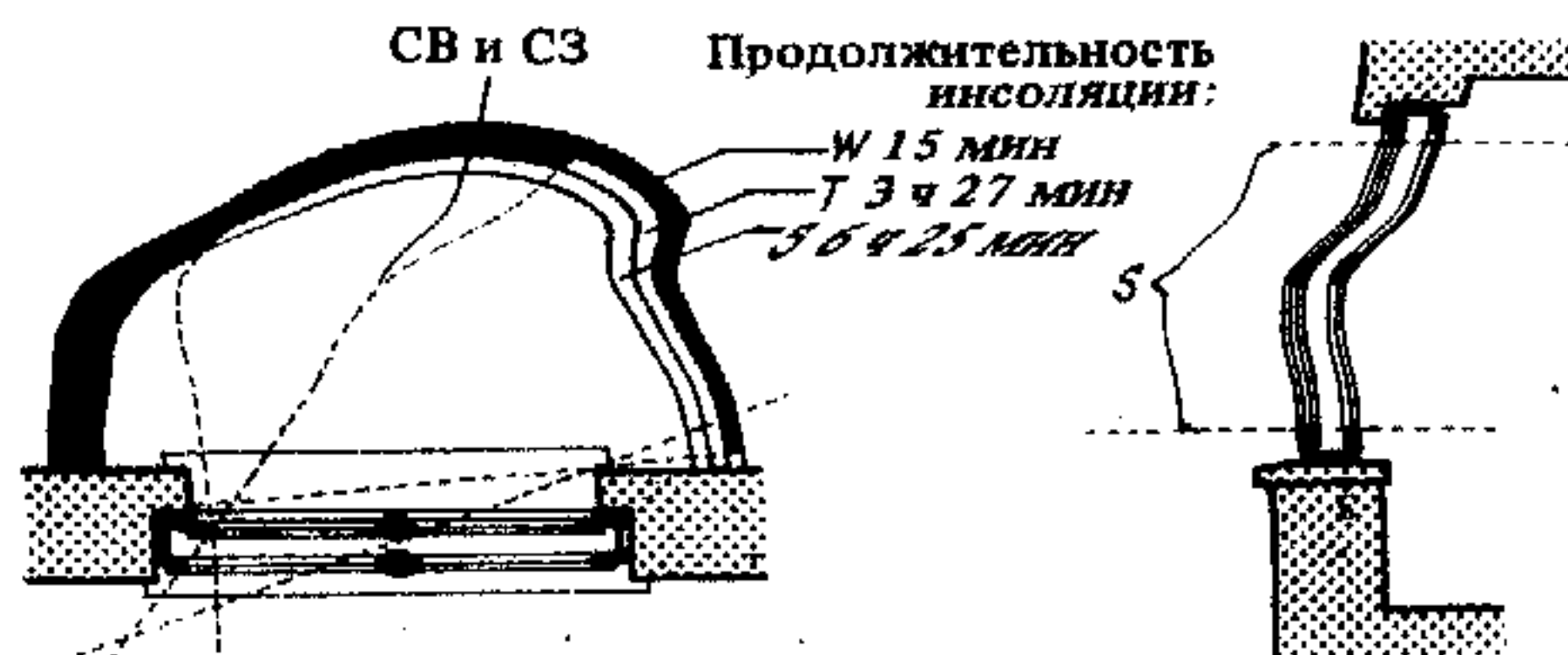


4. Окна юго-восточного и юго-западного фасадов обеспечивают летом и зимой инсоляцию помещения полными, глубоко проникающими лучами. Справа разрез

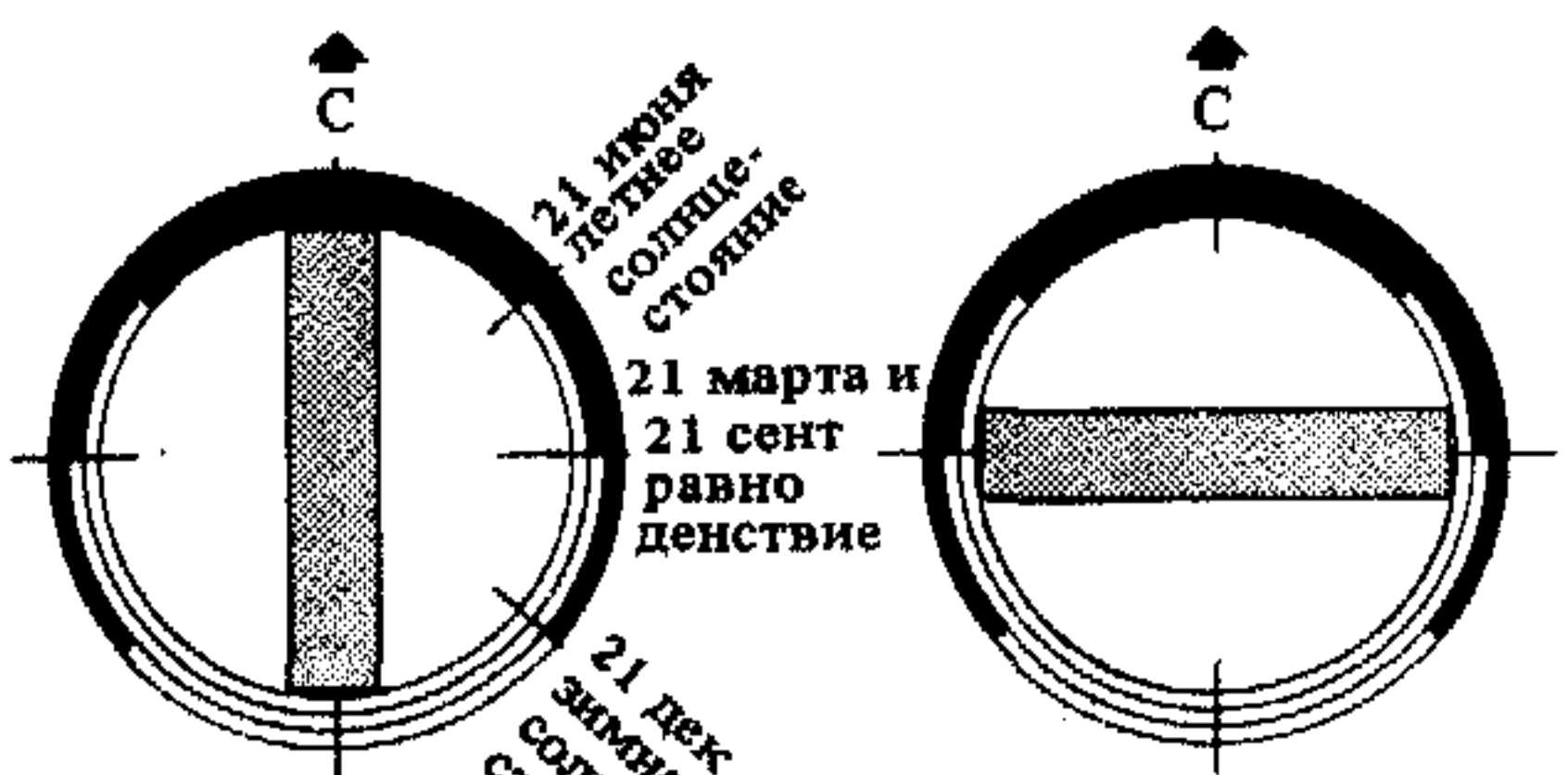


Через окна северного фасада немного солнечных лучей проникает лишь в период летнего солнцестояния

3. Южная ориентация окон целесообразна для помещений, нуждающихся в инсоляции как летом, так и зимой. Справа разрез

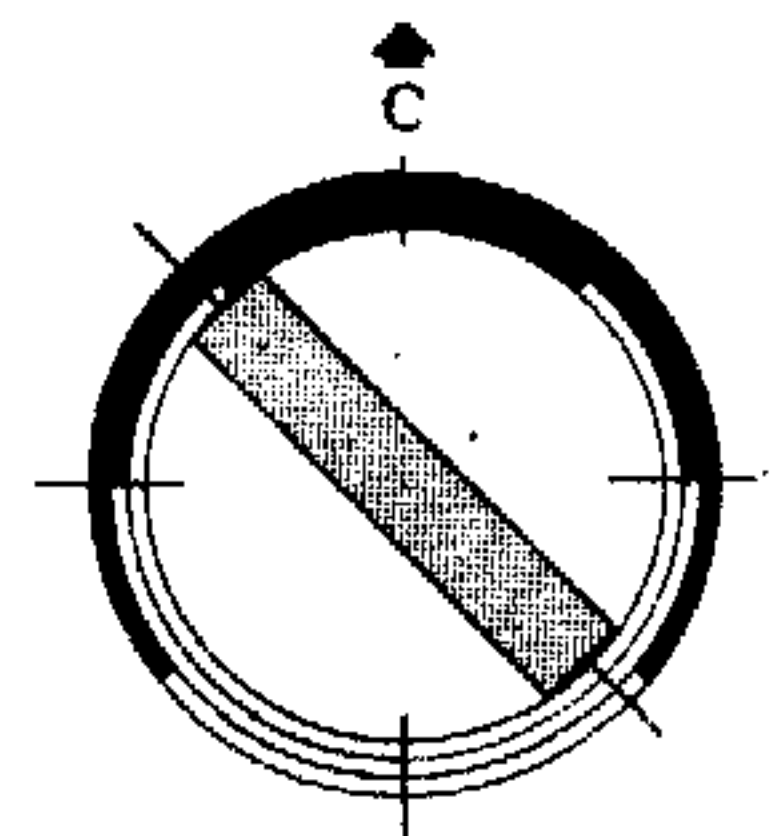


5. В окна северо-восточного и северо-западного фасадов солнечные лучи зимой не попадают, зато обеспечивается интенсивная инсоляция весной и осенью. Летом через них проникают горизонтальные лучи солнца. Справа разрез

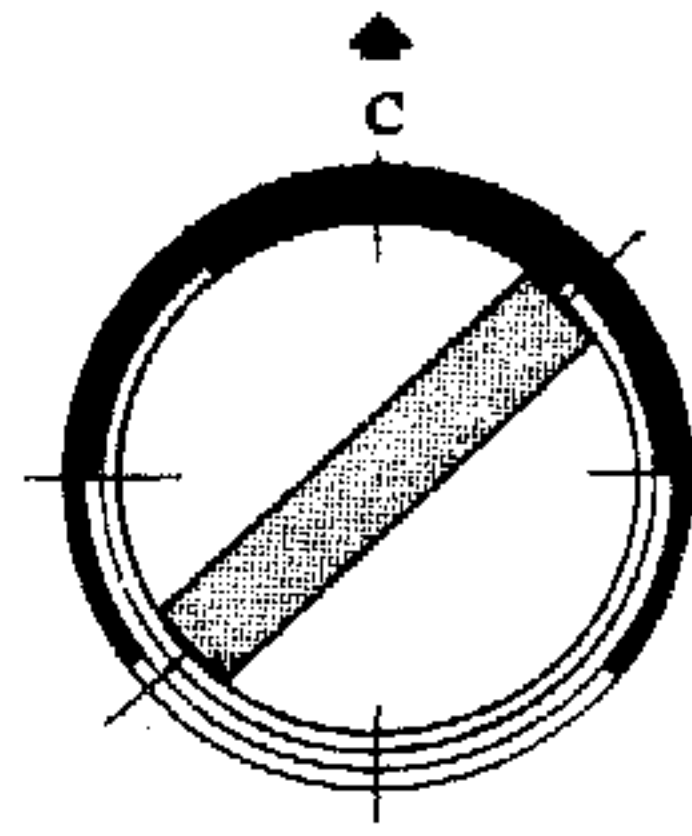


6. Меридиональная ориентация здания: инсоляция обоих продольных фасадов

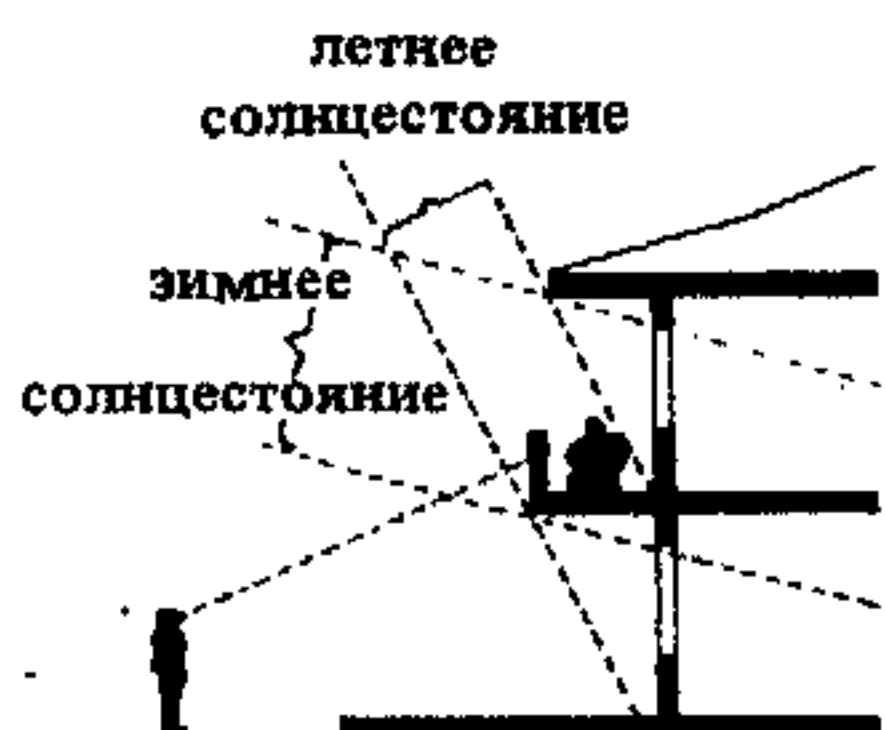
7. Широтная ориентация здания наиболее пригодна для квартир в 1-2 комнаты; на юг ориентируют общую комнату и спальню, на север - лестничную клетку, ванную, прихожую, кухню и т.д.



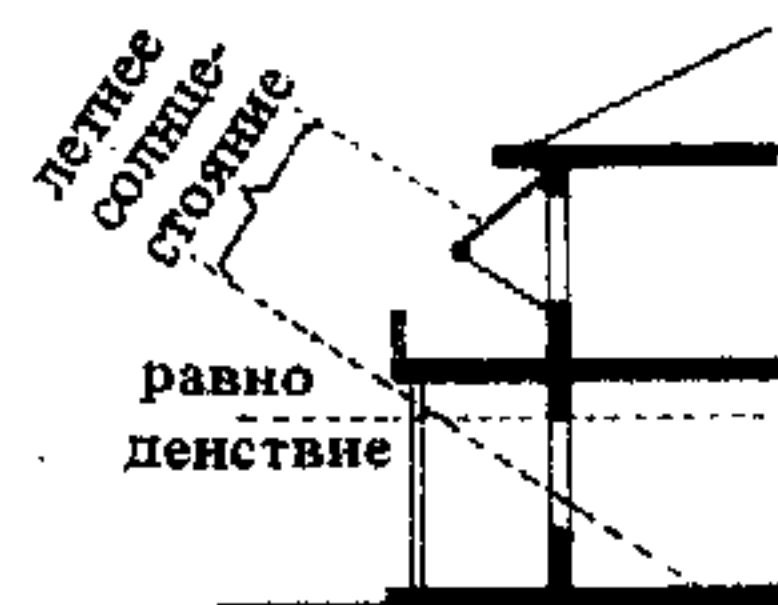
8. Диагональная ориентация (ось здания проходит на СВ-ЮВ) пригодна для больших квартир, на СВ ориентированы спальни и хозяйственные помещения, на ЮВ - общая комната и детские



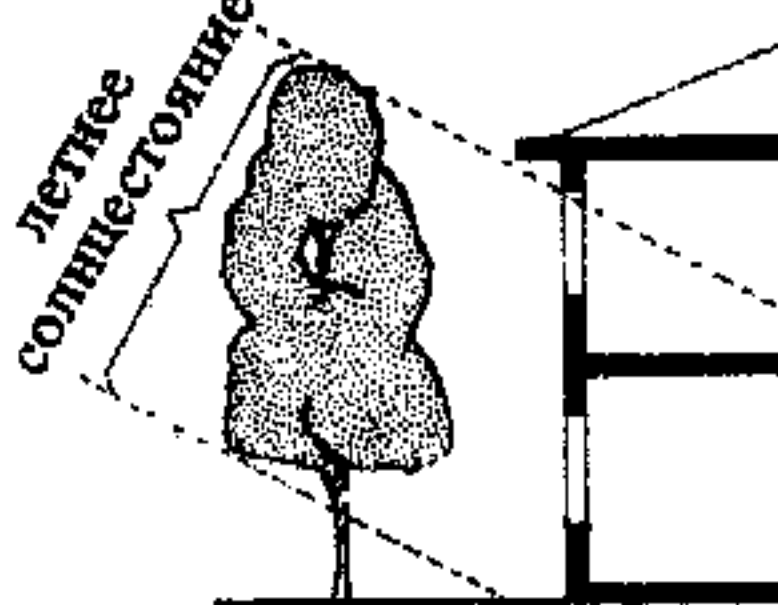
9. Диагональная ориентация (ось здания проходит на СВ-ЮЗ) применима для 3-4-комнатных квартир; на ЮВ ориентированы общая комната и спальня; на СЗ - хозяйственные и вспомогательные помещения



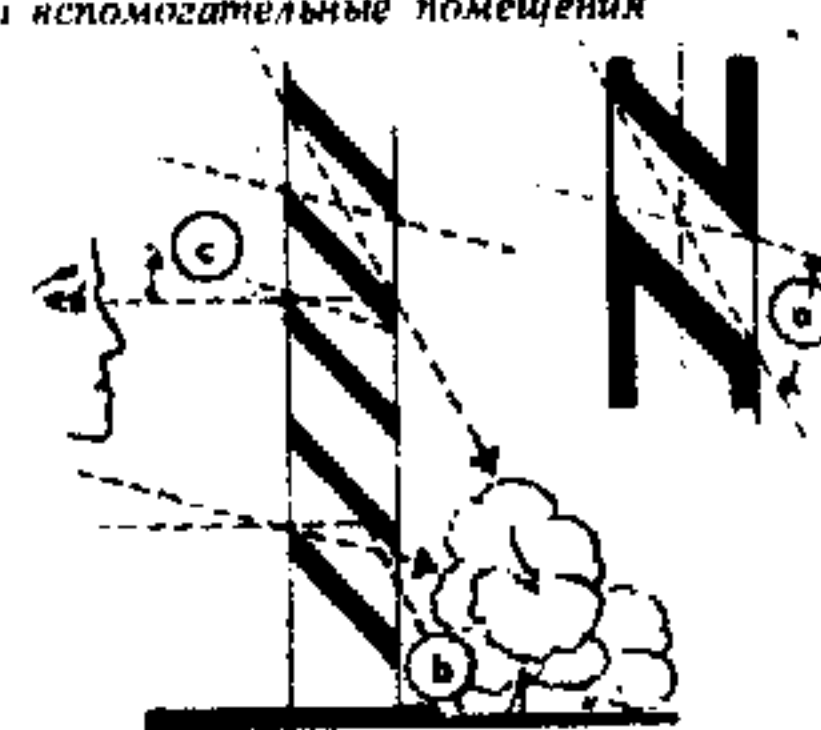
10. Южный фасад. Зимой теплые солнечные лучи проникают в глубину помещения. Летом окна и стены защищены от солнечного перегрева



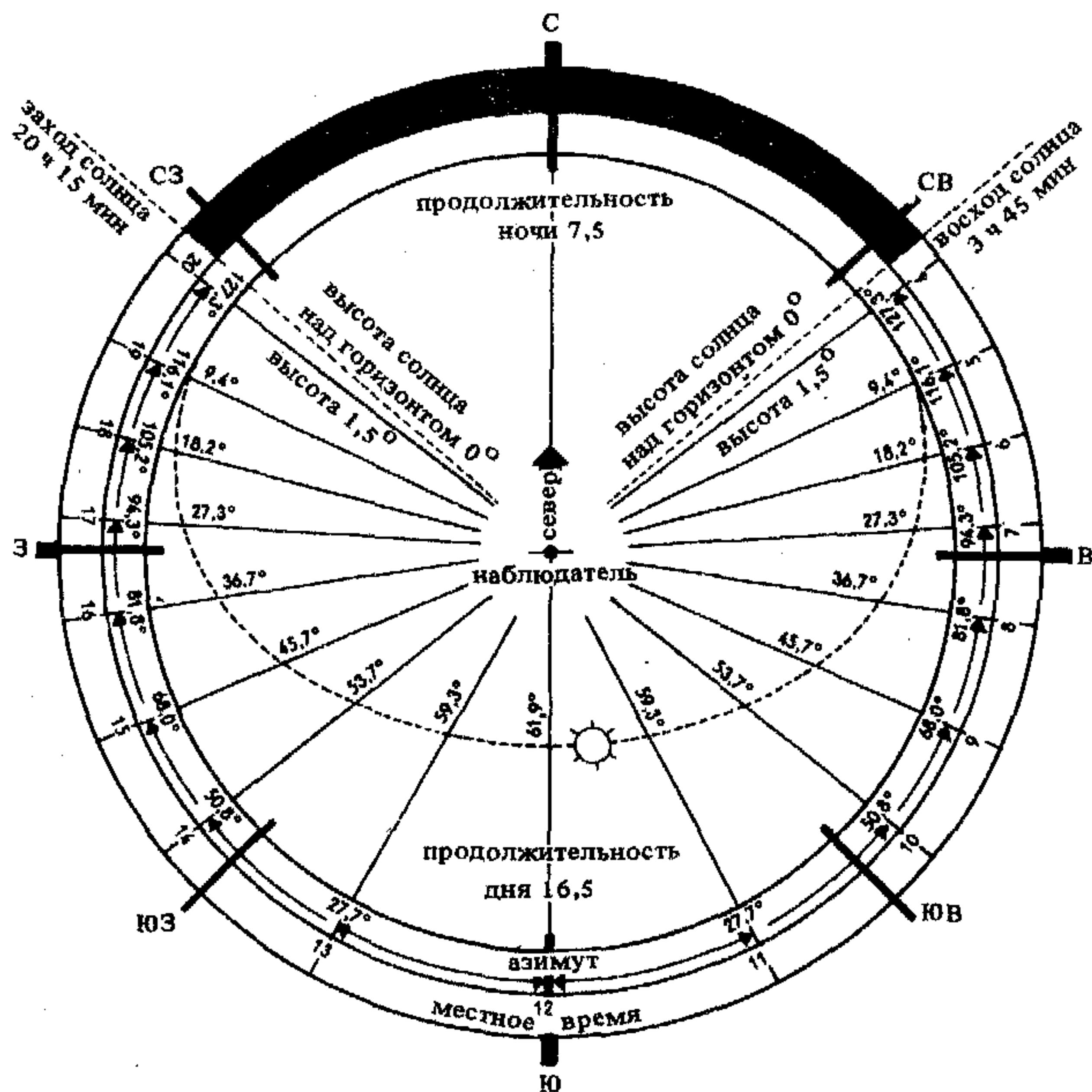
11. Восточный фасад. Полого падающие солнечные лучи позволяют устраивать широкие, чаще всего защищенные от ветра террасы, не препятствующие инсоляции



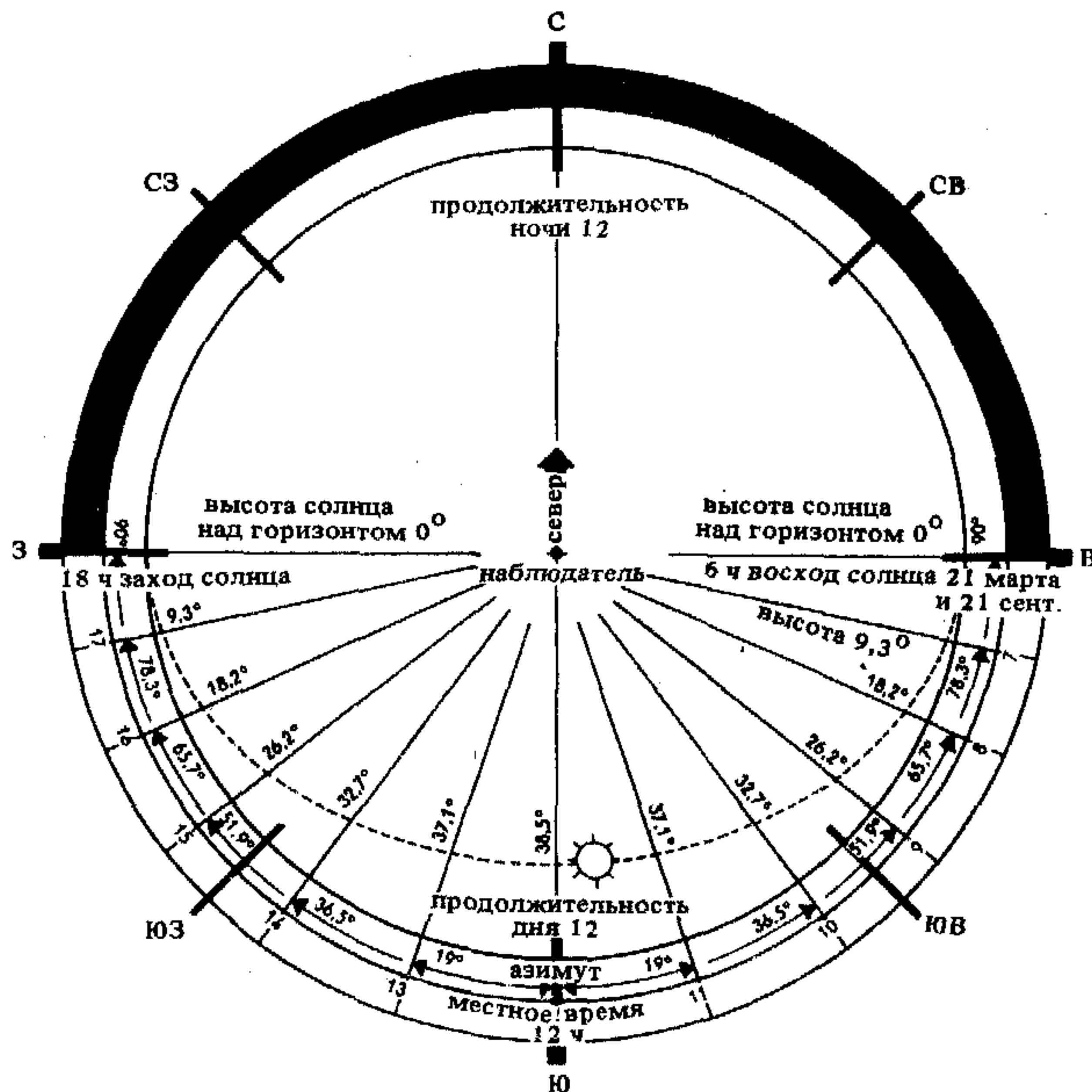
12. Западный фасад. Для защиты от перегрева и западных ветров лучше насаживать листопадные деревья, которые зимой при опавшей листве пропускают солнечные лучи



13. Через жалюзи и баллонные ограждения указанной формы проникает большая часть лучей (а); другая часть лучей отражается (в); кроме того, защищает от посторонних взглядов и ветра (с)



1. Траектория движения солнца в период солнцестояния (около 21 июня) для самой продолжительного дня в году (51,5° северной широты, Дортмунд-Галле)



2. Траектория движения солнца в период осеннего равноденствия (около 21 сентября)

Расчет инсоляции по методу Фишера и Кюрте (см. журнал «Бауформен», 1932 г., с. 531-540).

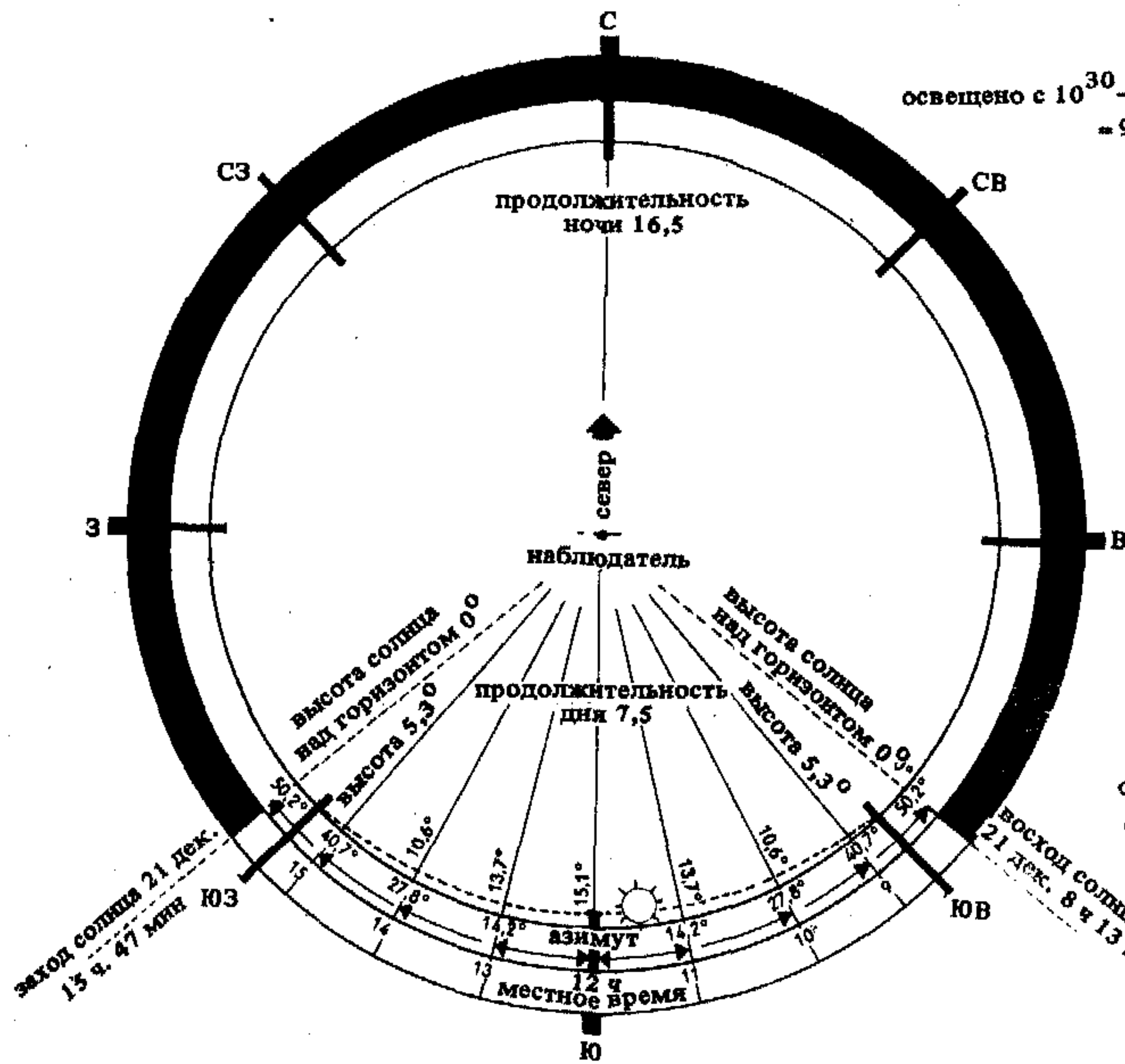
Описанный ниже метод позволяет быстро определить инсоляцию запроектированного здания путем наложения вычерченного на кальке плана здания в соответствии с его ориентацией по странам света на график солнечного пути, или наоборот. Приведенные траектории движения солнца относятся к районам 51,5° северной широты (Дортмунд-Гёттинген-Галле-Миллих).

Для самых южных районов, расположенных на 48° северной широты (Фрайбург-Мюнхен-Зальцбург-Вена), показанные на графиках значения высоты солнцестояния следует увеличивать на 3,5°. Для самых северных районов, расположенных на 55° северной широты (Фленсбург-Борнхольм), их следует уменьшать на 3,5°. Градусы, указанные во вторых внешних кольцах, дают значения азимута, т.е. угла, которым измеряют перемещение проекций солнца на горизонтальную плоскость при его движении с востока на запад. Местное время, указанное во внешнем кольце, совпадает со средневропейским поясным временем, определенным для меридиана 15° восточной долготы (Гёрлиц-Штаргард-Борнхольм). Местное время в районах восточнее этого меридиана опережает средневропейское поясное время на 4 мин на каждый градус разницы в долготы; для мест, расположенных западнее, отстает соответственно на 4 мин. Например, для Потсдама, расположенного на 10° восточной долготы (по Гринвичу), местное время отстает от средневропейского поясного времени на 8 мин.

Продолжительность инсоляции. Продолжительность солнечного освещения за день примерно одинакова за время с 21 мая по 21 июля — от 16 до 16 ³/₄ ч и с 21 ноября по 21 января — от 8 ¹/₂ до 7 ¹/₂ ч. В промежуточные месяцы продолжительность дневного солнечного освещения изменяется за месяц почти на 2 ч. Действительное время инсоляции составляет не более 40% от приведенных данных в связи с туманами и облачностью. Оно различно для различных местностей. В Берлине условия инсоляции очень благоприятны (в июле в Берлине почти 50%, в Штутгарте 35%).

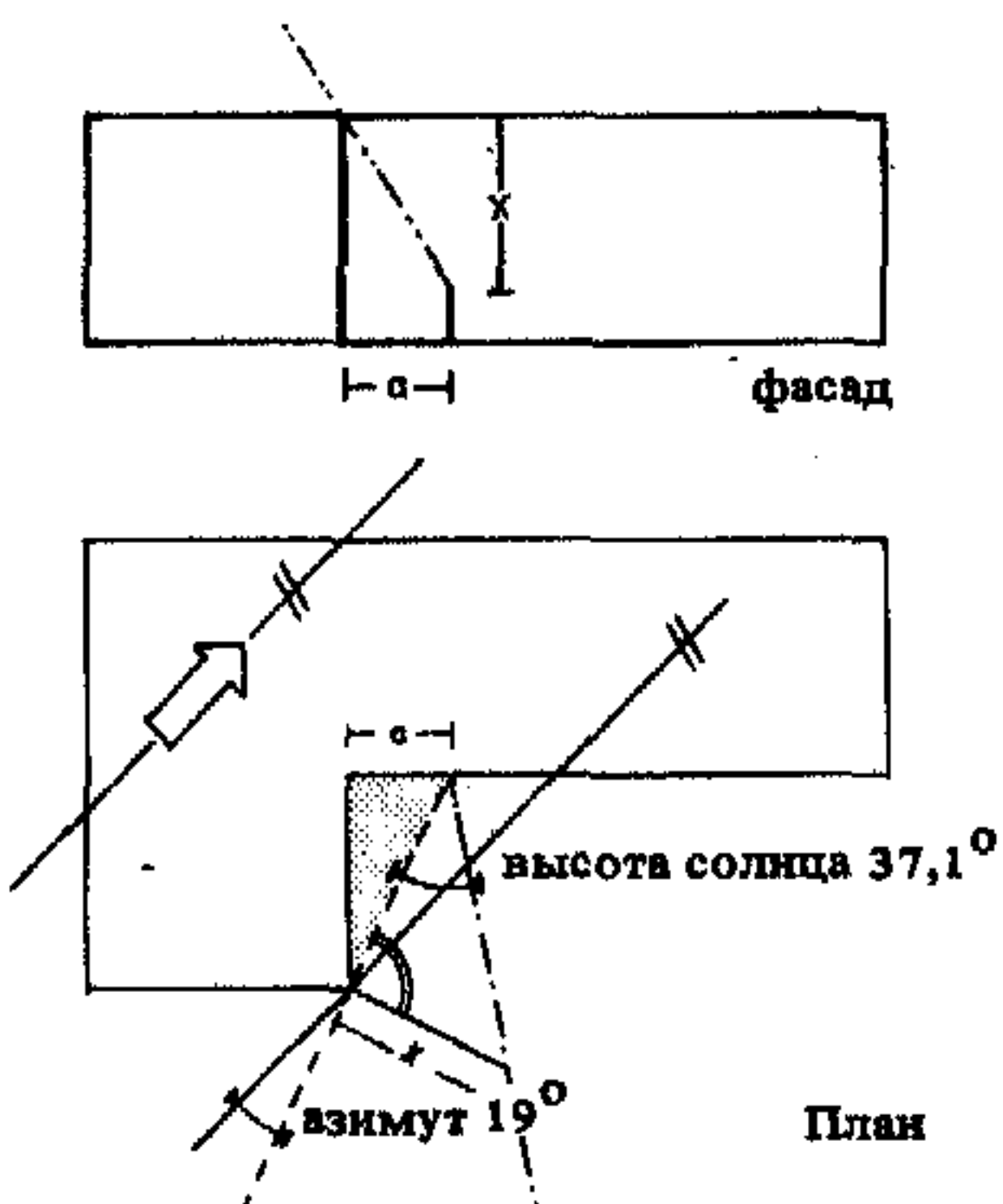
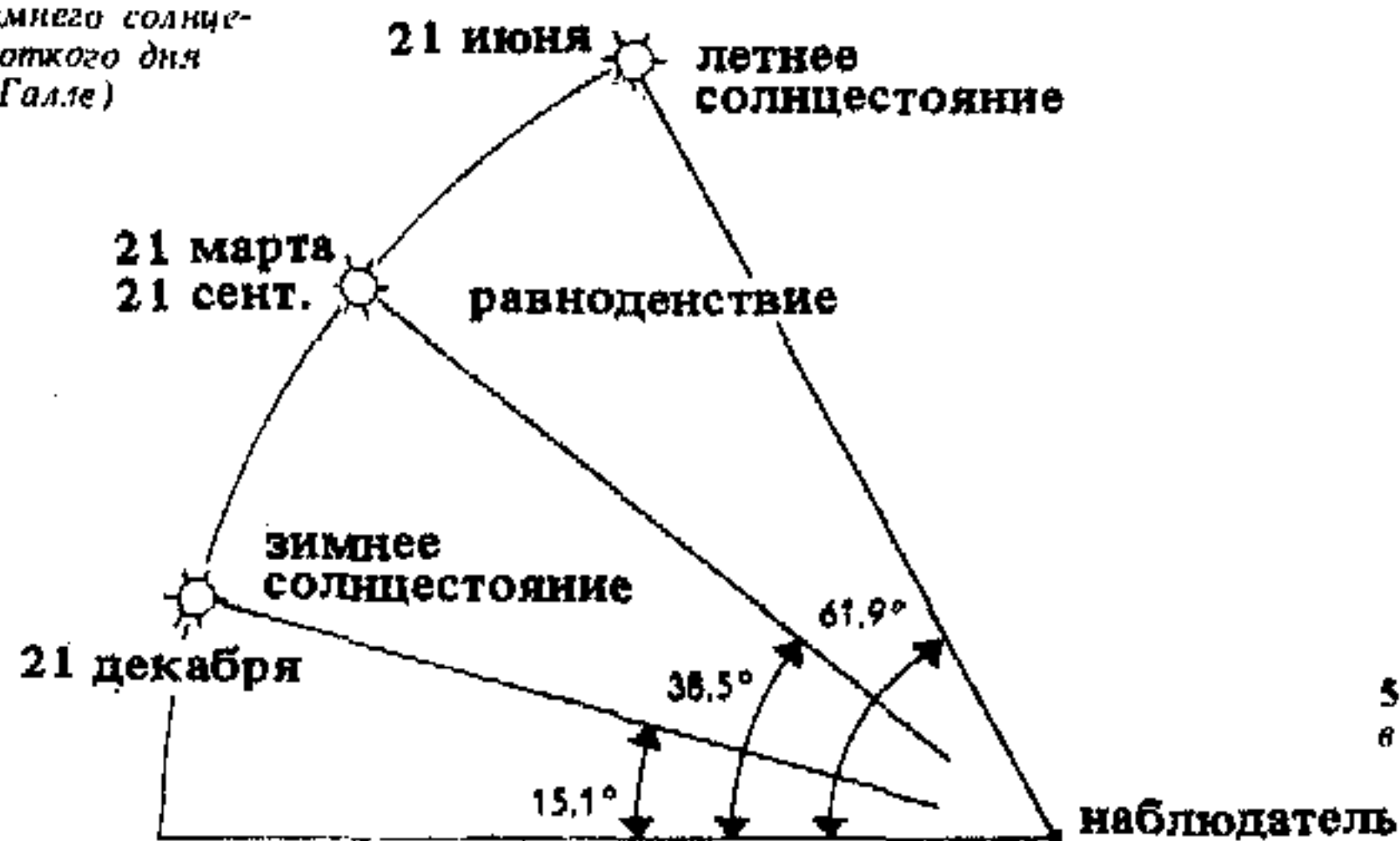
Точные данные для отдельных местностей можно получить на соответствующих метеостанциях.

Солнечный свет и тепло. Температура наружного воздуха зависит от высоты солнцестояния и теплоотдачи грунта. Поэтому кривая тепла приблизительно на месяц отстает от кривой высоты солнцестояния: самые теплые дни приходятся не на 21 июня, а на последние дни июля, а самые холодные дни бывают не 21 декабря, а в последних числах января. Естественно, что для различных мест эти условия резко различны.

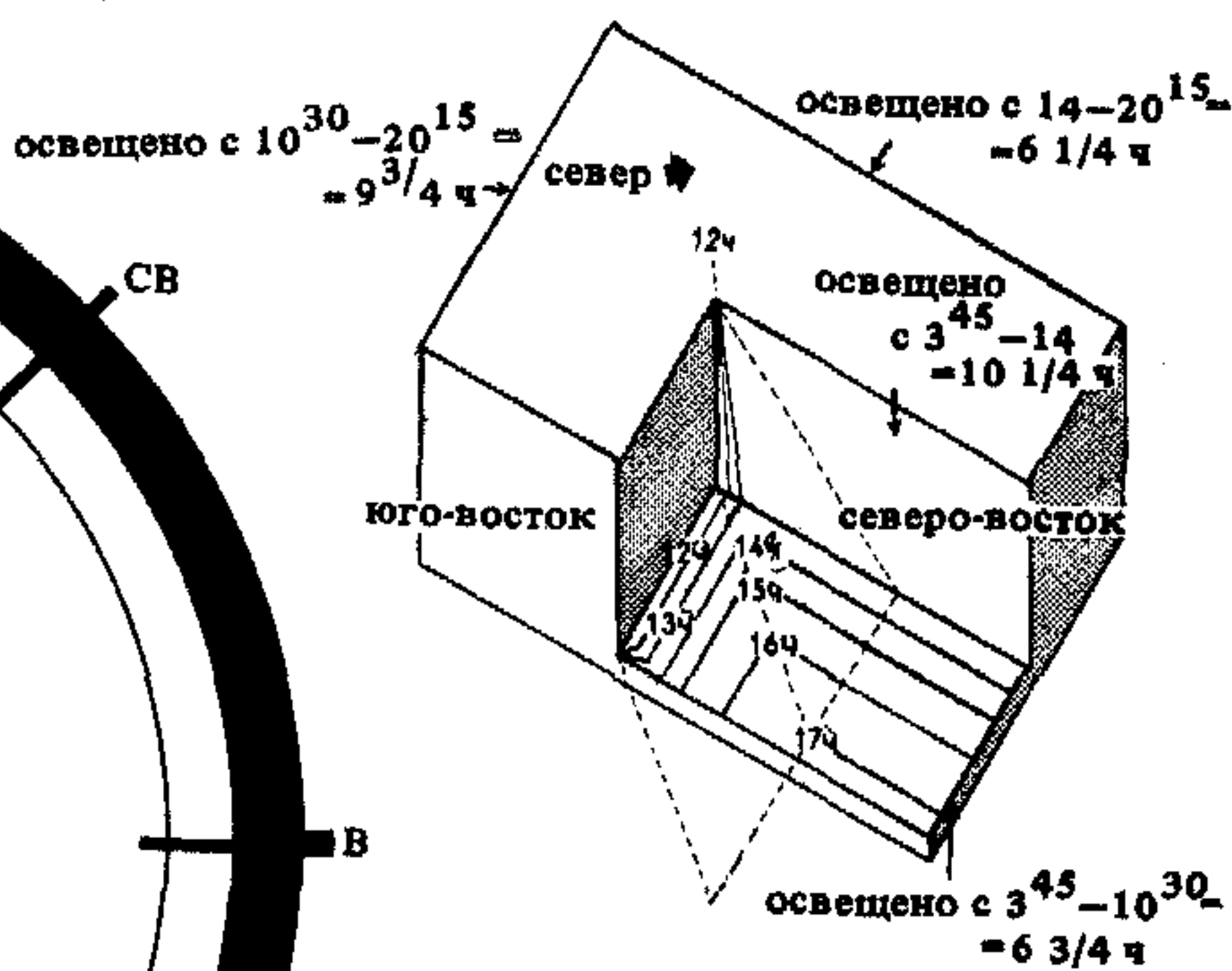


1. Траектория движения солнца в период зимнего солнцестояния (около 21 декабря) для самого короткого дня в году (51,5° северной широты, Дортмунд-Галле)

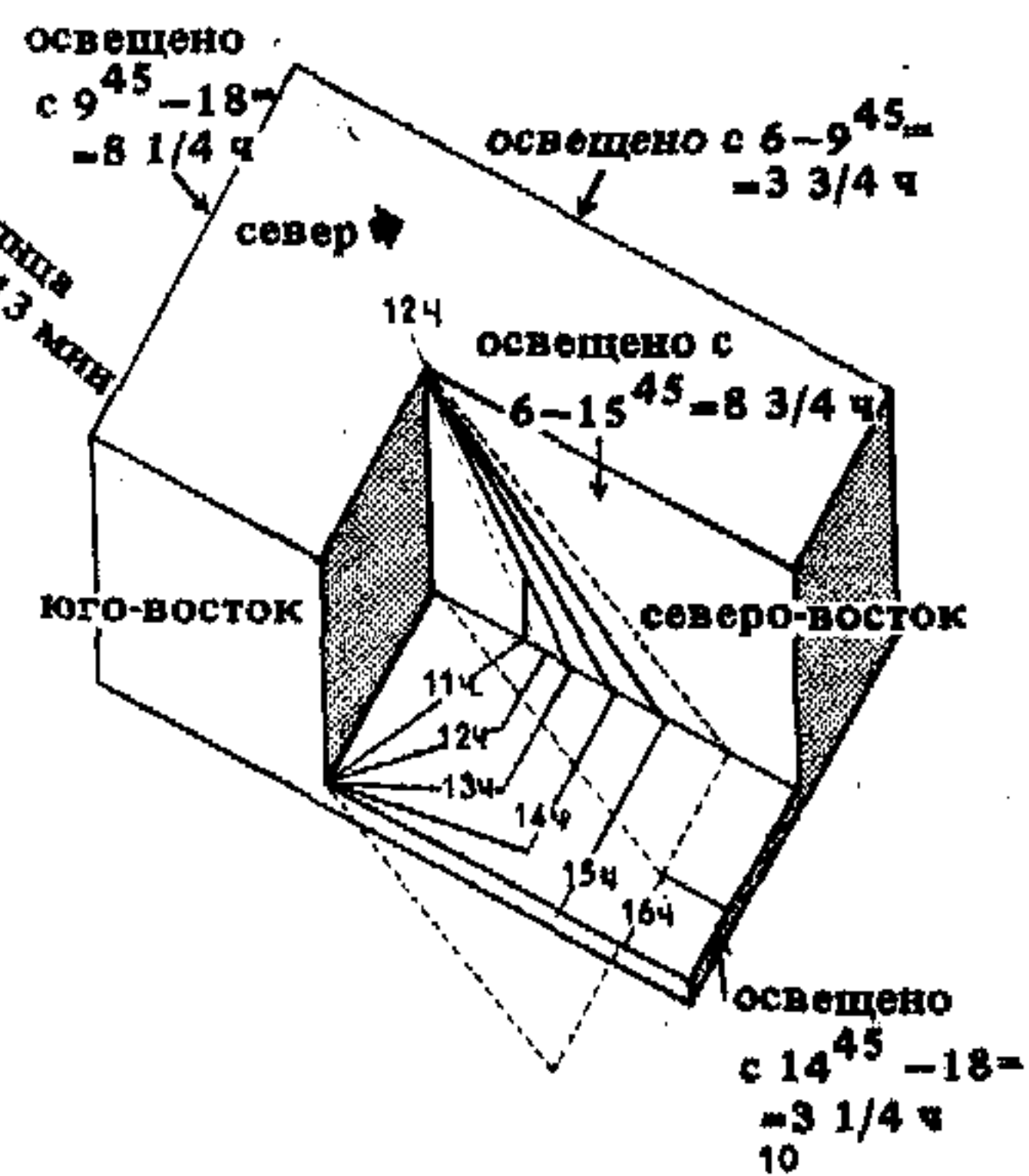
2. Полуденное положение солнца в характерные дни года. Расстояние до солнца от наблюдателя определяется радиусом траектории движения солнца, проекция которой нанесена пунктиром на графиках движения солнца в плане с указанием высоты солнцестояния



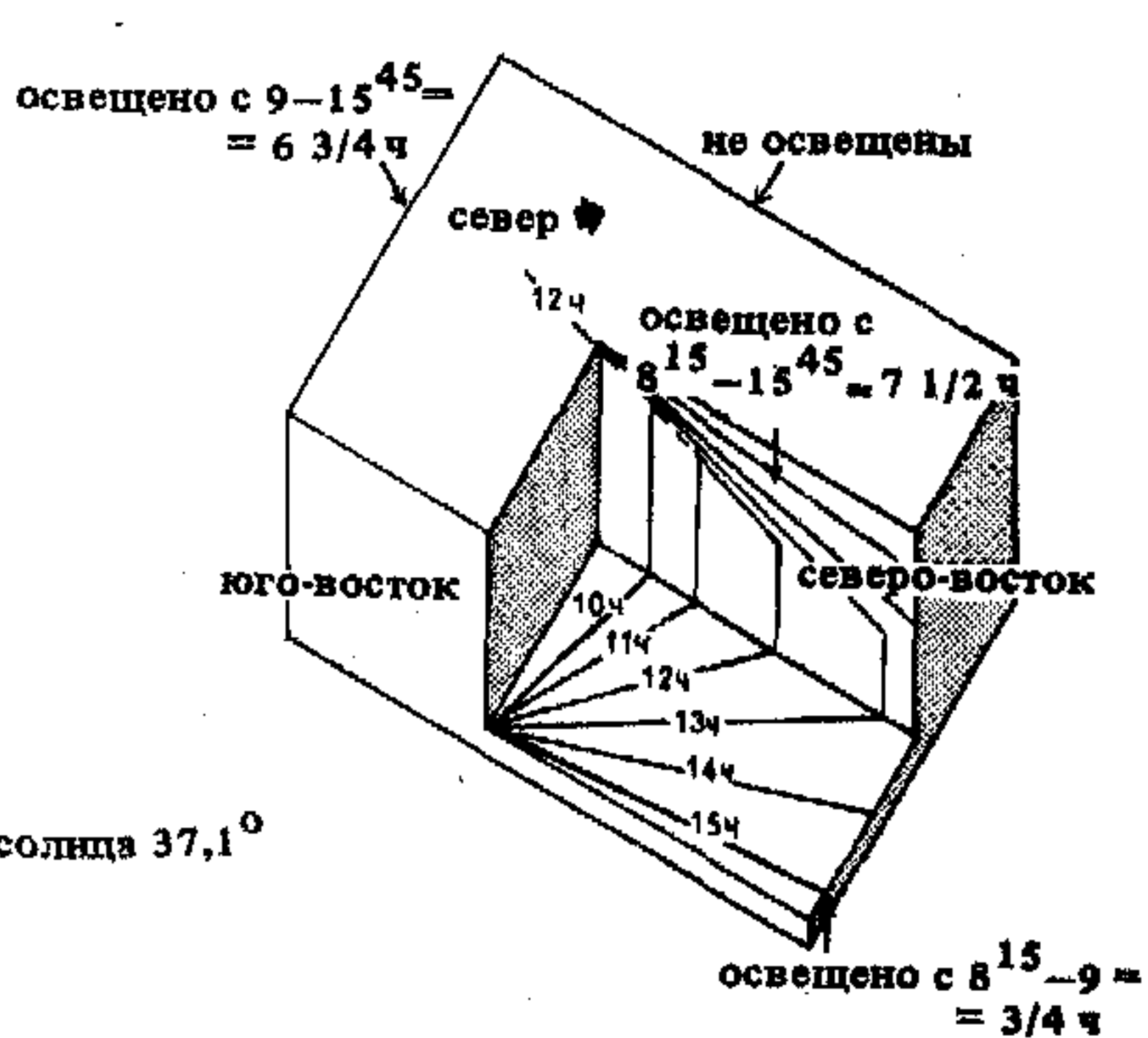
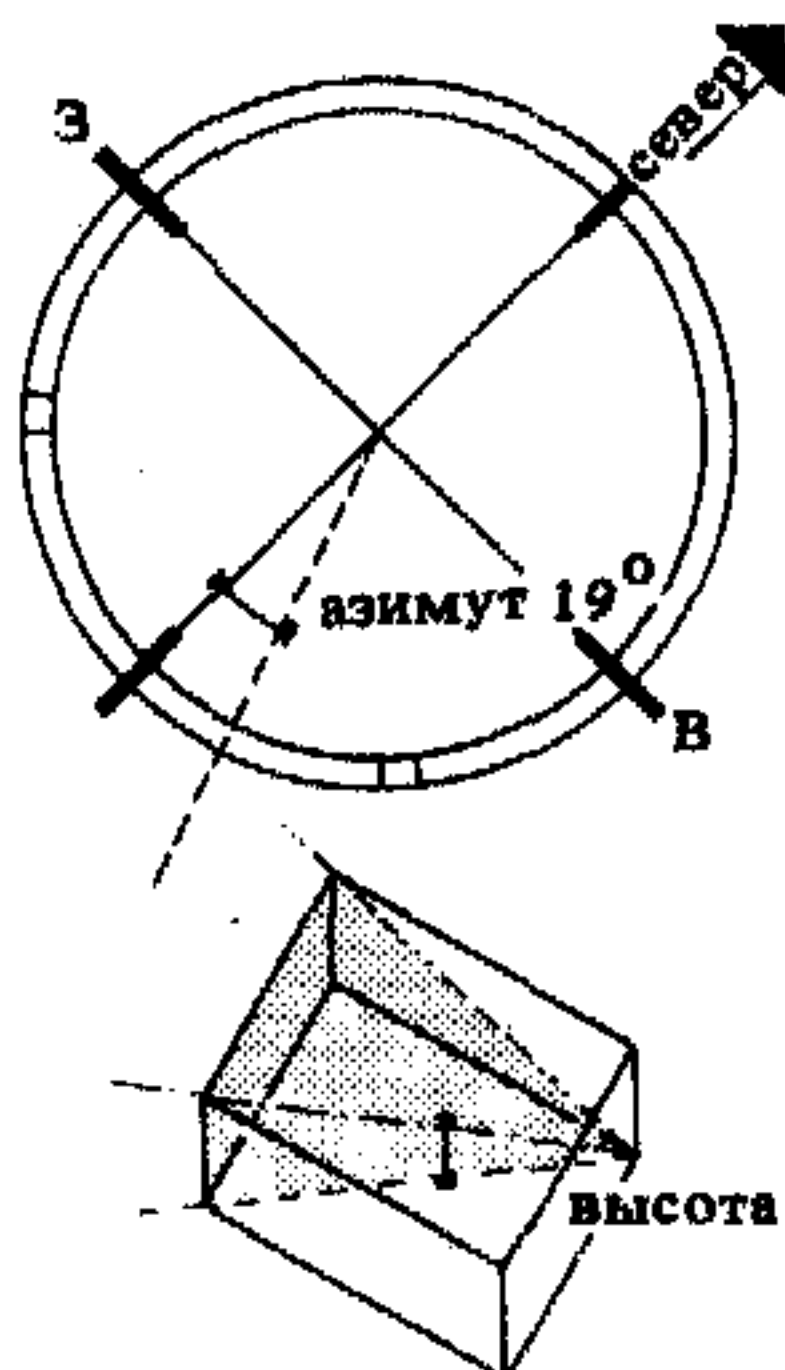
3. Для выявления освещенных и затемненных частей здания в определенный час какого-либо дня года (например, в 11 ч в день равноденствия) на плане здания в соответствующем углу наносится величина азимута. Она определяет на плане разницу падающей тени; на ней строится угол возвышения солнца. Величина проведенного из угла здания перпендикуляра к границе тени до стороны угла возвышения солнца переносится на фасад; соединив его конец с карнизом здания, получим границу падающей тени на фасаде



4. Летнее солнцестояние. Вскоре после 11 ч северо-восточные фасады оказываются в тени; вскоре после 13 ч оказываются в тени и юго-восточные фасады, остальные в это же время освещены



5. Равноденствие. Северо-восточные фасады оказываются в тени вскоре после 10 ч, юго-восточные - незадолго до 15 ч



6. Зимнее солнцестояние. Северо-восточные фасады освещены в течение всего около часа, юго-восточные фасады оказываются в тени вскоре после 15 ч