

**МОСКОВСКИЙ АРХИТЕКТУРНЫЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ)**

**КАФЕДРА "АРХИТЕКТУРНАЯ ФИЗИКА"**

**ДИСЦИПЛИНА  
"АРХИТЕКТУРНАЯ  
ФИЗИКА"**

**Раздел  
"АРХИТЕКТУРНАЯ  
СВЕТОЛОГИЯ"**

**УЧЕБНО-  
МЕТОДИЧЕСКИЕ  
УКАЗАНИЯ  
к курсовой  
РАСЧЕТНО-  
ГРАФИЧЕСКОЙ  
РАБОТЕ**

**РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ  
ПОМЕЩЕНИЙ**

**МИГАЛИНА И.В. ШЕПЕТКОВ Н.И.**

**МОСКВА • МАРХИ • 2010**

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГБОУ ВПО «Московский архитектурный институт  
(государственная академия)»

**И.В.Мигалина, Н.И.Щепетков**

**Расчет и проектирование естественного  
освещения помещений**

*Учебно-методические указания к курсовой  
расчетно-графической работе*

Москва  
МАРХИ  
2011

УДК 535-5  
ББК 38.113  
Р 24

**Мигалина И.В., Щепетков Н.И.**

Расчет и проектирование естественного освещения помещений: учебно-методические указания к курсовой расчетно-графической работе / И.В.Мигалина, Н.И.Щепетков. — М.: МАРХИ, 2011. — 68 с.

© МАРХИ, 2011  
© Мигалина И.В., 2011  
© Щепетков Н.И., 2011

	Содержание
ВВЕДЕНИЕ .....	4
I. Общие положения .....	6
II. Системы естественного света в зданиях .....	7
III. Светопропускающие материалы и изделия для световых проемов .....	17
IV. Нормирование естественного освещения .....	26
V. Расчет и проектирование естественного освещения.....	37
1. Предварительный расчет площади световых проемов .....	38
2. Проверочный расчет коэффициента естественной освещенности.....	46
А. Расчет КЕО при боковой системе освещения .....	48
Б. Расчет КЕО при верхней системе освещения .....	58
В. Расчет КЕО при комбинированной системе освещения .....	62
VI. Контрольные вопросы.....	64
VII. Литература .....	65

## ВВЕДЕНИЕ

Исторически архитектура развивалась под воздействием двух определяющих ее качества объективных факторов – конструктивных возможностей перекрытия интерьерных пространств и возможностей их естественного освещения. Первый фактор получил в теории и практике архитектуры всестороннее осознание и развитие, второму уделено гораздо меньше внимания. История архитектуры как история формообразующей и образной роли света в архитектуре еще не написана, есть лишь некоторые ее фрагменты, получившие имя световой архитектуры. Тем не менее, в творчестве неизвестных и многих великих зодчих природный свет стал основой их творческой философии. В их творениях “давление” Божеского света на лепку архитектурной формы доминировало над давлением других факторов, например, функции, которая в течение длительной жизни архитектурного сооружения могла неоднократно меняться, а образ, созданный мертвым строительным материалом и животворящим светом, оставался неизменным.

Император Адриан в 125 году воздвиг один из шедевров античного мира – Пантеон, ставший классическим образцом совершенной композиции материальных масс, гармонично организованного пространства и реально-символического света. Круглая композиция языческого “Храма всех богов” в Древнем Риме спроектирована для выражения идеи царящего над землей солнца на небесном своде. Без гениального решения системы его естественного освещения, обеспеченного оригинальным архитектурно-конструктивным решением, он не стал бы недостижимым в течение многих столетий примером единства материальной формы и света. Здесь вполне очевидно, что объем здания – это “тело” архитектуры, а свет – его “душа”. Тело без души – труп. Архитектура без света – нонсенс. Можно представить архитектуру даже без воздуха (на Луне, под водой), а человека в скафандре, но ориентироваться в архитектурной среде и оценивать ее он может лишь при свете. Все оценки исторической (да и современной по инерции тоже) архитектуры даны в условиях того или иного дневного, усреднено-глобального освещения, однако роль света как автономного средства художественной выразительности, обладающего к тому же индивидуальными качествами эмоционального воздействия в солнечные и пасмурные дни, в теории и истории зодчества практически никогда не отмечается.

Другой известный шедевр световой архитектуры древности – собор Святой Софии в Константинополе. Император Юстиниан поставил своей целью превзойти в нем величие библейского Храма Соломона. Зодчие Антемий из Тралл и Исидор из Милета в 537 году построили христианский храм Божественной Мудрости, где впервые под куполом появился низкий барабан, прорезанный множеством окон. Это архитектурно-конструктивное новшество обеспечило не только достаточное освещение вместительного интерьера, но и волшебную игру господствующего в регионе солнечного света с роскошным

мерцающим эффектом небесного парения 33-метрового купола, облицованного блистающей золотом смальтой. Идея божественности, а также иллюзорного расширения и мистического одухотворения пространства была воплощена столь убедительно, что на многие века служила образцом для многочисленных, но, увы, не столь удачных подражаний в христианском храмо-строении.

Последующие эпохи романской и готической архитектуры, Ренессанса и барокко, ампира и модерна также оставили оригинальные произведения более или менее удачного синтеза материально-пространственных форм и естественного света, выделяющиеся своей образной выразительностью.

Ведущие мастера архитектуры XX века провозгласили свет в числе ее приоритетов. Райт и Салливен, Корбюзье и Перре, Гропиус и Мис ван дер Роэ, Сааринен и Аалто, Кан и Джонсон, Танге и Андо, Утзон и Леверенц, Асплунд и Суомалайнен с успехом воплотили в своих постройках, по-разному и в меру своих возможностей, гимн Божественному свету, хотя у человечества появился его все более мужающий соперник – рукотворный электрический свет. Трое из корифеев – Корбюзье, Аалто и Кан – выразились на эту тему наиболее определенно. Первый утверждал, что материалами для архитектора служат солнце, пространство, растительность, сталь и бетон, подчеркивая, что их значение точно соответствует порядку перечисления. Второй, относясь к свету как к “великому дару природы”, в своих постройках продемонстрировал виртуозные приемы его трансформации элементами архитектурной формы в целях создания необходимого настроения в интерьерах. Для третьего свет, в первую очередь, солнечный – важнейшее структурное средство формирования архитектурного пространства. “Можно назвать архитектурным только то пространство, которое имеет свой свет и свою конструкцию”, говорил Л.Кан, подтверждая мысль, изложенную в начале “Введения”.

О продолжателях этих традиций упомянуто на стр. 15. И, хотя в данном пособии речь идет об элементарных гигиенических требованиях к созданию естественной световой среды в помещениях разного назначения и простейших методах расчета регламентируемых параметров этой среды, не следует забывать о высшем предназначении света в архитектуре, об архитектуре света или световой архитектуре.

Н. Щепетков.

## I. Общие положения.

Критерием оценки переменного естественного освещения<sup>1</sup> служит коэффициент естественной освещенности (КЕО), который представляет собой отношение естественной освещенности  $E_M$ , создаваемой в точке М на заданной рабочей поверхности внутри помещения диффузным светом неба (непосредственно или после отражения), к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности под открытым небосводом  $E_H$ . Значение КЕО показывает, какую долю составляет освещенность в данной точке М помещения от одновременно измеренной освещенности горизонтальной поверхности на открытом месте при диффузном свете неба; КЕО выражается в процентах. Участие прямого солнечного света в определении  $E_M$  и  $E_H$  исключается. Значение КЕО, обозначаемого в формулах как  $e$ , находится из выражения:

$$e_M = (E_M / E_H) \cdot 100 [\%] \quad (1)$$

Наряду с  $e$  в расчетах естественного освещения применяется геометрический КЕО, обозначаемый  $\epsilon$ . Он отличается от  $e$  тем, что не учитывает влияние остекления, и света, отражаемого фасадами зданий, землей и внутренними поверхностями помещения с определенной отделкой, а также не учитывает неравномерной яркости небосвода.

Суммарное значение КЕО в той или иной точке помещения определяется следующими составляющими: долей естественного освещения, создаваемого прямым светом неба и оцениваемого значением геометрического КЕО; долей КЕО, обусловленной при боковом освещении отражением света фасадов противостоящих зданий и подстилающим слоем; долей КЕО, обусловленной отражением света от внутренних поверхностей помещения.

$$e_M = e_H + e_{\text{пр. зд.}} + e_{\text{под. сл.}} + e_O \quad (2)$$

где  $e_M$  – расчетный КЕО в данной точке помещения;

$e_H$  – КЕО от прямого света неба ( $\epsilon_H$ );

$e_{\text{пр. зд.}}$  – КЕО за счет отражения естественного света от фасада противостоящих зданий ( $\epsilon_{\text{зд.}}$ );

$e_{\text{под. сл.}}$  – доля КЕО за счет отражения от подстилающего слоя (альбедо земли);

$e_O$  – доля КЕО в результате многократных отражений от внутренних поверхностей помещения.

<sup>1</sup>Естественное освещение обладает, по сравнению с искусственным, той особенностью, что оно изменяется в течение года, сезона, дня в зависимости от погодных и климатических условий и по уровням освещенности, и по спектральному составу.

## II. Системы естественного света в зданиях.

Объемно-планировочное решение здания является одним из главных факторов, определяющих выбор систем естественного освещения помещений. Таких систем три: боковая (окна в наружных стенах – рис. 1а), верхняя (световые фонари в покрытии, а также проемы в стенах в местах перепада высот здания – рис. 1 б, в, г), комбинированная – боковое + верхнее естественное освещение (рис. 1д).

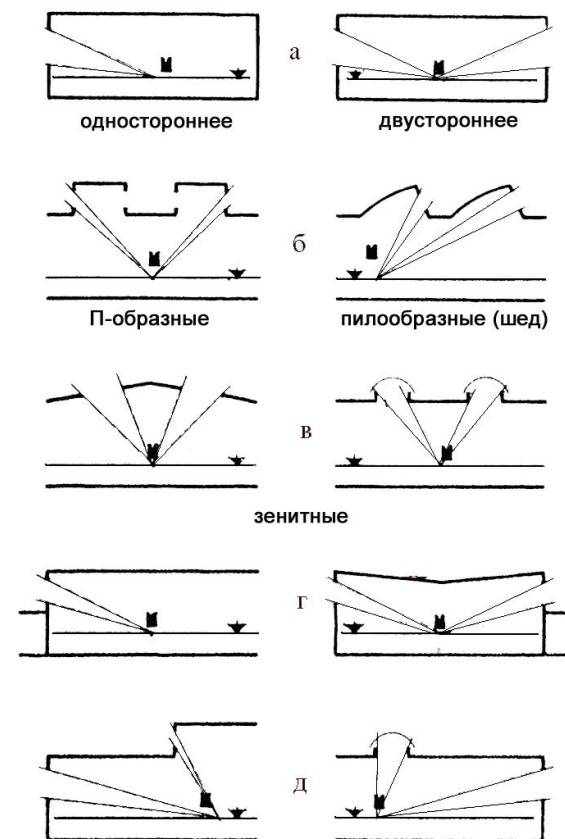


Рис.1. Схемы естественного освещения:

а - боковое освещение;

б, в, г - верхнее освещение;

д - комбинированное освещение;

▼ - ур. раб. поверхности.

На рис. 2 и 3 приведена классификация проемов бокового освещения (2а) и типы окон (2б); классификация типов фонарей (рис.3), облегчающая проектировщику выбор типа и расположения светопроемов. При выборе типов окон и фонарей и их расположения в пространстве необходимо учитывать большую архитектурную роль этих деталей интерьера, которые вносят свой ритм в членение пространства, способствуют выявлению его глубины, пропорций и других качеств, что во многом определяет художественную тектонику и эмоциональную атмосферу в помещениях.

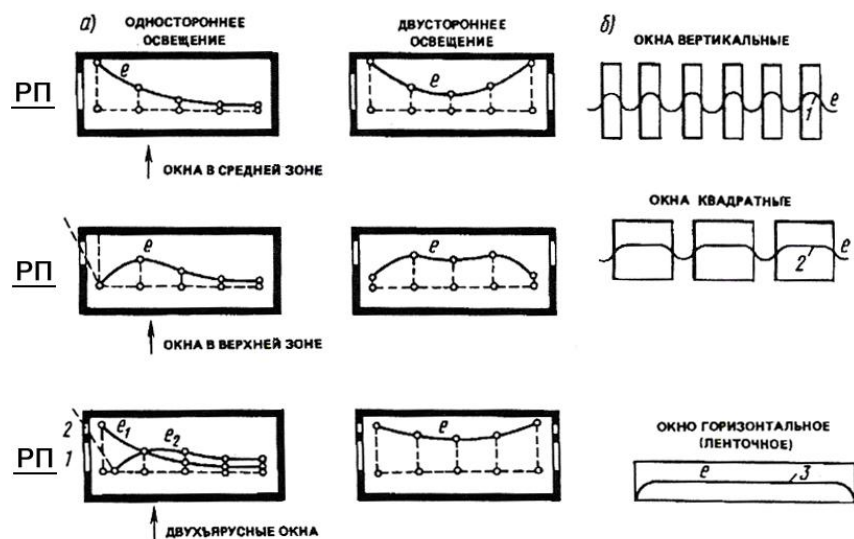


Рис.2. Классификация проемов бокового освещения и типы окон:  
1,2- большая и средняя неравномерность освещения  
3- равномерное освещение (показано кривой КЕО)

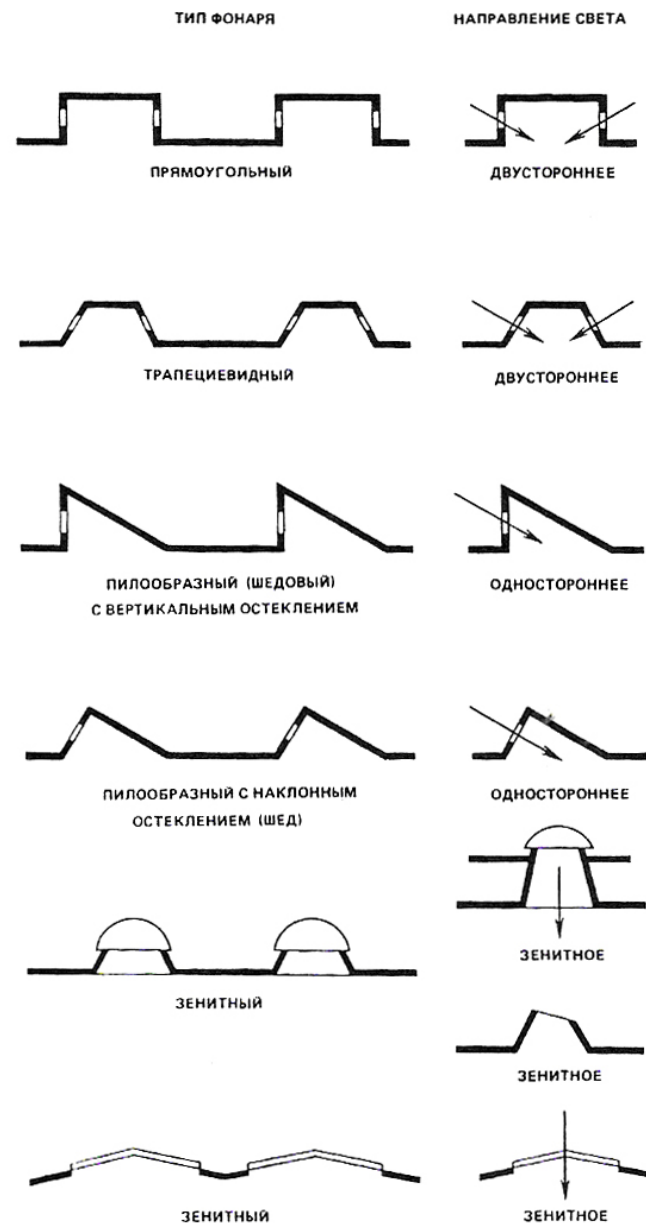


Рис.3. Классификация типов фонарей

- **Системы бокового естественного освещения** применяются, как правило, в жилых и общественных зданиях. Они представляют собой обычные окна, ленточное остекление, витражи. Системы бокового естественного освещения применяются также в многопролетных производственных зданиях для освещения крайних пролетов, а также в многоэтажных производственных зданиях и зданиях павильонного типа, имеющих один большой пролет. Такие здания применяются не только в промышленности (самолетостроение, судостроение и т. п.), но и для выставочных залов, ярмарочных и торговых павильонов (рис. 4).

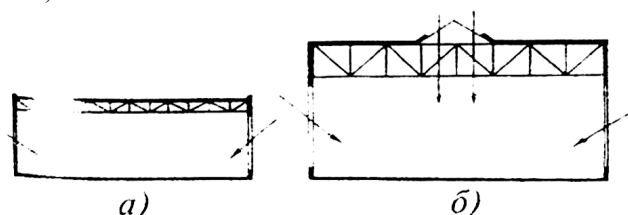


Рис. 4. Здания павильонного типа:  
а) с боковым естественным освещением;  
б) с комбинированным естественным освещением.

Боковые светопроемы обеспечивают высокую естественную освещенность на вертикальных поверхностях, обращенных к ним. На горизонтальной поверхности уровни освещенности меньше, чем от светопроемов верхнего естественного освещения. Освещенность на вертикальной поверхности, ориентированной в противоположную сторону от светопроемов, обеспечивается только за счет отраженного света и очень мала.

- **Системы верхнего естественного освещения** применяются в одноэтажных промышленных зданиях, в многоэтажных производственных зданиях для освещения средних пролетов верхнего этажа, а также в общественных помещениях зального типа (школы, библиотеки, торговые павильоны, спортивные залы, выставочные павильоны, вокзалы и др.).

*Основные типы систем верхнего естественного света.*

**Фонари-надстройки.** Среди них наиболее распространены светоаэрационные фонари. В зависимости от их формы, они могут быть прямоугольными (или П-образными), трапециевидными или М-образными (рис. 5).

Из-за невысокой светоактивности таких фонарей естественная освещенность может соответствовать только требованиям для зрительной работы невысокой точности. Благодаря двустороннему вертикальному расположению остекления обеспечивается удовлетворительное соотношение между освещенностями на вертикальной и горизонтальной поверхностях.

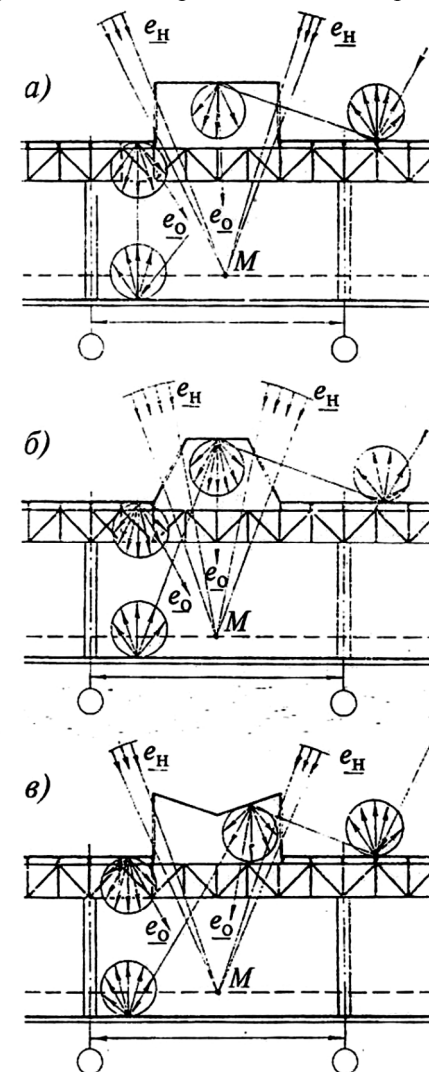


Рис. 5. Фонари-надстройки:  
а - П-образные; б - трапециевидные; в - М-образные.

Для уменьшения инсоляции помещений (в производственных помещениях инсоляция противопоказана) остекление фонарей ориентируют на север-юг. При этом южное остекление рекомендуется оборудовать солнцезащитными устройствами. Этот тип систем естественного освещения применяется в основном для производств с повышенной влажностью и значительным тепловыделением. Использование таких фонарей для аэрации приводит к быстрому загрязнению остекления, т.к. частицы пыли в смеси с влагой и другими загрязняющими технологическими выделениями подхватываются потоками воздуха и осаждаются на стекле. Поэтому функции освещения и аэрации в таких фонарях следует разделять, применяя отдельно секции с не открывающимся остеклением только для освещения, обслуживаемые «персонально».

В фонарях-надстройках большое значение имеет свет, отраженный от прилегающих участков кровли на потолок фонаря. Высокая активность потолка фонаря при очень светлой кровле может в 1.5 раза увеличить освещенность в зоне рабочей поверхности под фонарем.

**Зенитные фонари.** Эти фонари обладают наибольшей светоактивностью на горизонтальных поверхностях интерьера. Зенитные фонари традиционных типов целесообразно применять в северных районах и в районах с преобладанием пасмурного облачного неба, потому что они обладают существенным недостатком – почти беспрепятственно пропускают прямые солнечные лучи внутрь производственных цехов, мешающие зрительной работе. Другой недостаток в интерьере – большой контраст между светопроемом фонаря и потолком, кажущимся очень темным. Вследствие высокой светоактивности зенитные фонари применяют для всех разрядов зрительных работ. Естественная освещенность от зенитных фонарей на горизонтальной плоскости обычно в 1,5 – 2 раза выше, чем на вертикальных плоскостях. Это необходимо учитывать при проектировании. Кроме того, при проектировании необходимо обязательно учитывать расположение коробов, труб и других коммуникаций, проходящих в межферменном пространстве, как правило, во всех производственных зданиях (рис. 6). Они, как и несущие конструктивные элементы (фермы, балки и др.), оказывают затеняющее действие.

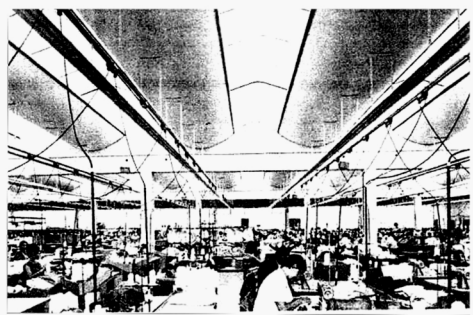


Рис. 6. Зенитные ленточные фонари (вид изнутри).

Зенитные фонари могут быть трех типов – ленточные, панельные и точечные.

*Зенитные ленточные.* Как правило, они располагаются вдоль пролета. В зависимости от ширины они могут иметь различные конструкции. Остекление таких фонарей может быть одинарным, двойным или тройным в зависимости от климата местности. Наклон остекления от  $15^\circ$  при ширине фонаря 1,5 - 3,0 м до  $30^\circ$  при большей их ширине.

*Зенитные панельные.* Эти фонари имеют размеры панелей покрытия и могут располагаться в линию или в шахматном порядке. Они обеспечивают высокую равномерность распределения освещенности по рабочей поверхности помещения. Наклон остекления - до  $15^\circ$ . Отраженный свет от кровли на внутренние поверхности фонаря практического значения не имеет. В районах с избыточной солнечной радиацией остекление таких фонарей должно быть солнцезащитным или должны применяться специальные солнцезащитные устройства в виде сотовых пластин.

*Зенитные точечные* (рис. 7).

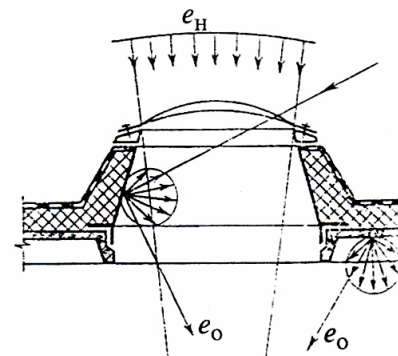


Рис. 7. Зенитные точечные фонари (купола с относительно глубокими шахтами-стаканами).

Эти фонари устанавливаются над точечными проемами в покрытии, изготавливаются на заводах как отдельные светотехнические изделия. Они имеют, как правило, небольшие размеры - от 1х1 м до 3х3 м, могут быть квадратными в плане, прямоугольными или круглыми. Фонари состоят из «стакана», светопрозрачного заполнения и системы крепления этих частей между собой, обеспечивающей надежную герметизацию и утепление. В некоторых случаях такие фонари оснащаются системами дистанционного открывания и используются для аэрации (рис.8).

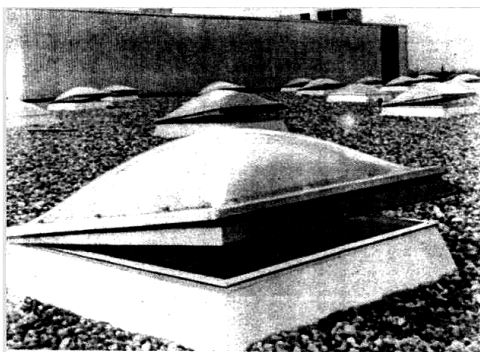


Рис. 8. Зенитные точечные купола с системами дистанционного открывания для аэрации.

При равномерном расположении таких фонарей в покрытии достигается высокая равномерность освещенности. Освещенность на рабочей плоскости в большой степени зависит от отраженного света от стенок «стакана» фонаря, что необходимо учитывать при расчете КЕО. В районах с избыточной солнечной радиацией возможно применение солнцезащитного светопрозрачного заполнения или увеличение высоты стенок «стакана», в том числе и с помощью полых световодов.

*Шеды.* Эти фонари являются частью покрытия здания и могут выполняться как в железобетонных, так и в металлических конструкциях. Естественное освещение в таких зданиях обычно обеспечивается для высоких рядов зрительных работ, причем освещенность на вертикальных поверхностях, обращенных к остеклению фонаря, обычно в 2-3 раза выше, чем на вертикальных поверхностях, ориентированных в противоположную сторону. Соотношение освещенности на вертикальной плоскости, обращенной в сторону фонаря, к горизонтальной освещенности обычно близко к единице.

Такие системы наиболее целесообразны для ткацких и других цехов текстильной промышленности, где объекты зрительной работы расположены как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости. Пилообразная форма покрытия шеда дает опасность образования снеговых мешков в нижней части покрытия, что приводит к протечкам и неравномерной нагрузке на покрытие. Поэтому применение шедов в многоснежных районах возможно только в крайнем случае. Наиболее целесообразно применение шедов в малоснежных районах с преобладанием солнечных дней. В этом случае ориентация светопроемов на север обеспечит защиту от солнечной радиации и высокую освещенность за счет прямого света небосвода и отраженного света от кровли соседнего шеда.

По характеру распределения прошедшего в помещение светового потока окна и фонари подразделяются на три вида (рис. 9).

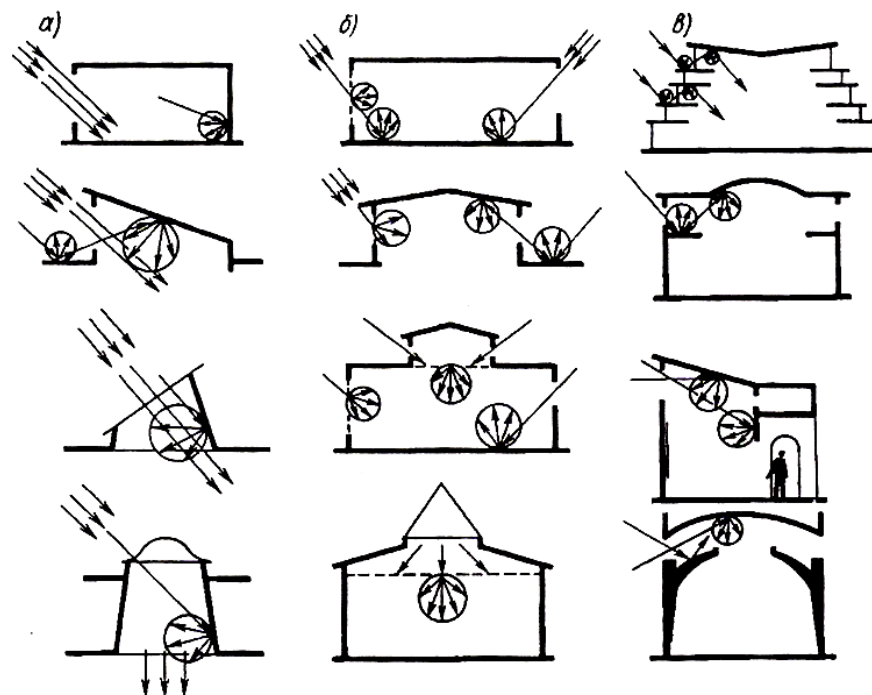


Рис.9. Классификация приемов естественного освещения по характеру светораспределения.

Первый вид (рис. 9а) характеризуется отчетливо выраженной направленностью светового потока, который четко выделяет формы рассматриваемой детали благодаря образующимся собственной и падающей теням, т.е. обладает наилучшим светомоделирующим эффектом.

Световые проемы второго вида (рис. 9б) создают в помещениях так называемое бестеневое освещение благодаря двустороннему или многостороннему освещению объектов в интерьере или применению в светопроемах светорассеивающих материалов (стекла, пленки, решетки и т.п.; обозначены штриховыми линиями).

Для третьего вида естественного освещения (рис.9в) характерно использование отраженного света, который создается скрытыми от наблюдателя окнами; этот прием освещения создает иллюзию открытого проема и зрительно увеличивает глубину пространства.

Проектирование системы верхнего естественного освещения в современных зданиях – задача большой сложности; ее надо решать комплексно с учетом климатических условий района строительства и особенностей технологии производства.

В зданиях общественного и жилого назначения различные модификации систем бокового, верхнего и комбинированного естественного освещения используются более изобретательно, индивидуализировано, что приводит к оригинальным образно-световым решениям в интерьерах. Эта индивидуализация усиливается использованием различных ахроматических и цветных светопропускающих стекол, полимеров, материалов и изделий (сеток, перфорированных листов, стационарных и регулируемых солнцезащитных решеток и т.п.), которые обеспечивают необычные оптические эффекты, формируя новые структуры светового поля в интерьере и его новые зрительные образы. Многие известные мастера современной архитектуры (Ж.Нувель, К. де Портзампарк, Д.Перро, Н.Фостер, Ф.Гери, Ж.Херцог и П. де Мерон, П.Зумтор, М.Фуксас, Н.Гримшоу, П.Андре, Х.Ян, М. фон Геркан, Р.Монео, Т.Ито, Ф.Маки, Р.Пьяно, С.Холл, Р.Мейер и др.), используя новейшие светотехнические и строительные материалы и технологии, формируют в архитектуре все новые стилевые течения.

### **III. Светопропускающие материалы и изделия для световых проемов. [1].**

Кроме традиционных типов световых проемов, таких как окна и фонари верхнего естественного освещения, в настоящее время широкое распространение получили большие плоскости остекления фасадов, светопрозрачные покрытия атриумов, остекленные оранжереи и зимние сады, формирующие современную архитектуру зданий. Эти новые архитектурные приемы стали возможны вследствие качественного скачка в производстве новых прочных светопропускающих материалов, обладающих не только высоким светопропусканием, но и высокими УФ- и теплозащитными, а также шумозащитными качествами.

Традиционным светопропускающим материалом является оконное стекло, производящееся методом растяжки («тянутое стекло») или проката жидкой стеклянной массы между вальцами («прокатное стекло»). Для изготовления витринных и зеркальных стекол тянутое и прокатное стекло подвергают шлифовке и полировке.

Кроме обычных прозрачных стекол в строительстве применяются специальные стекла — тонированные, т.е. окрашенные в массу, и стекла со специальным покрытием под общим названием «низкоэмиссионные стекла».

Окрашенное в массу стекло изготавливается при помощи добавления к обычной стеклянной массе различных веществ для получения желаемого цвета (промежуток между бронзовым и коричневым, серый, зеленый, синий и др.). Такие стекла известны как свето- и теплозащитные или абсорбирующие, поскольку они поглощают больше солнечной энергии и света, чем обычные прозрачные. Наряду с преимуществами такого стекла, позволяющего реализовать различные современные архитектурные решения фасадов, оно имеет и существенные недостатки, связанные с пониженным светопропусканием и нагревом стекла за счет поглощения тепловой солнечной радиации. Это следует учитывать при проектировании светопроемов, выбирая их размеры, форму и конструкцию.

Применение низкоэмиссионных стекол позволяет решить широкий спектр архитектурно-строительных задач и является одним из наиболее перспективных направлений мировой стекольной индустрии. Основным отличием таких стекол от обычных является напыление на поверхность стекла светопропускающего покрытия из цветных металлов или полупроводниковых оксидов.

Напыление может наноситься как на прозрачные стекла, так и на стекла, окрашенные в массу. Низкоэмиссионные стекла могут быть с «твердым» и «мягким» покрытием.

Твердые покрытия устойчивы к воздействию погодных условий и к эксплуатации (чистке) светопроемов. В отличие от них, мягкие покрытия ограничено устойчивы к погодным, температурным и эксплуатационным воз-

действиям. Однако, при установке в стеклопакете - покрытием в сторону воздушной камеры - они имеют долговечность, сопоставимую с твердыми покрытиями.

При использовании стекла в светопрозрачных конструкциях с повышенными требованиями к безопасности (стеклянные крыши, наклонные остекленные плоскости фасадов и т.д.) применяются *закаленные* или *ламинированные* стекла (рис.10 и рис.11).

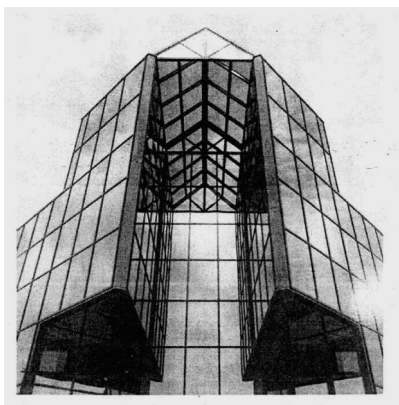


Рис. 10.  
Стеклянные крыши и фасады.

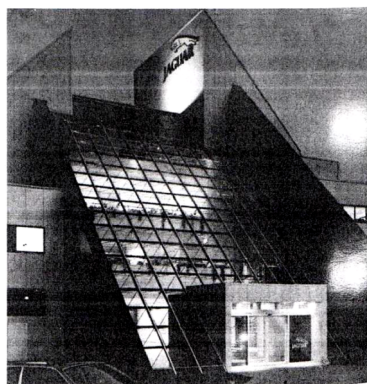


Рис. 11.  
Наклонная стеклянная плоскость фасада

**Ламинирование** - изготовление многослойных конструкций из стекла с прослойками между слоями стекол из поливиниловой пленки или специальной смолы. Наиболее распространенным типом является так называемый «ТРИПЛЕКС» (два стекла и промежуточный слой). Основным достоинством многослойных конструкций из стекла является безопасность при разрушении.

Многослойные стекла, полученные с помощью обычного жидкостного ламинирования, мало отличаются с точки зрения пропускания видимого света от обыкновенного прозрачного стекла. За счет добавления пигментов в ламинирующую жидкость можно получить цветные жидкостноламинированные стекла.

При необходимости получения выразительных архитектурных решений стекло может быть подвергнуто *молированию* - изгибу. Для строительства, как правило, требуется выпускать гнутые стекла малыми и кратковременно выпускаемыми сериями; такие гнутые стеклянные элементы являются дорогими.

**Стеклопакетом** называется элемент, в котором два или более стекол герметично соединяются друг с другом при помощи одной или двух дистанционных рамок и внутреннего и внешнего герметиков. Между стеклами образуется одна или две полости - камеры, заполненные осушенным воздухом или

другими газами (аргоном, криптоном, гексофторидом серы). Первые два газа применяются для улучшения теплоизоляции, последний - для улучшения звукоизоляции стеклопакета.

Стеклопакеты различной конструкции приведены на рис.12.

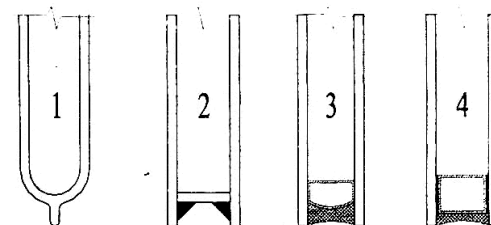


Рис. 12. Стеклопакеты различной конструкции:

- 1 – заваренный;
- 2 – паяный;
- 3 – клееный с одинарной герметизацией;
- 4 – клееный с двойной герметизацией.

В настоящее время налаживается производство стеклопакетов с вакуумом в камерах. Для того, чтобы стекла не прижимались друг к другу, в таких стеклопакетах между стеклами устанавливаются шайбы диаметром до 0,2 мм по сетке 10 x 10 см. Такие стеклопакеты обладают исключительно высокими теплозащитными свойствами, но также и определенным недостатком, связанным с тем, что при прямом солнечном освещении дистанционные шайбы, невидимые при диффузном освещении, становятся заметными в виде очень мелких черных точек.

По количеству воздушных камер стеклопакеты классифицируются как однокамерные (2 стекла) и двухкамерные (3 стекла). В маркировке стеклопакетов указываются толщина и тип стекол, ширина дистанционной рамки, количество воздушных прослоек, а также тип газа, используемого для их заполнения (рис. 13).

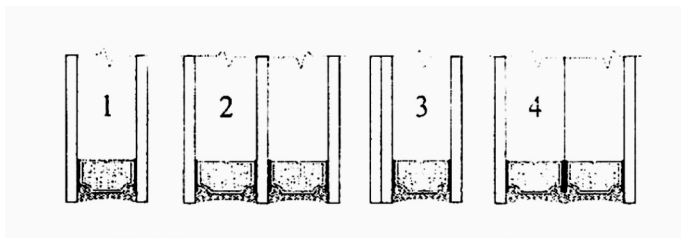


Рис. 13. Клееные стеклопакеты различной конструкции:

- 1 – однокамерный;
- 2 – двухкамерный;
- 3 – однокамерный с ламинированным защитным стеклом (триплексом);
- 4 – двухкамерный с перегородкой из теплоотражающей пленки.

**Профильное стекло** представляет собой крупногабаритный элемент из рифленого, узорчатого или матированного стекла швеллерного или коробчатого сечения (рис. 14). Основная область его применения в строительстве – заполнение световых проемов в производственных и общественных зданиях. Применение профильного стекла позволяет создавать беспереплетные светопропускающие конструкции, обладающие солнцезащитными свойствами.

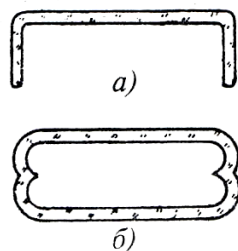


Рис. 14. Профильное стекло:  
а – стекло швеллерного сечения;  
б – стекло коробчатого сечения.

Существенным недостатком профильного стекла является невысокая светопрозрачность, что нарушает зрительную связь человека с внешним пространством. Для обеспечения такой связи, а также для обеспечения проветривания в больших плоскостях светопроемов из профильного стекла делаются открывающиеся вставки с прозрачным остеклением.

**Органическое стекло** по сравнению с силикатным обладает важными достоинствами – легкостью, прочностью, высоким светопропусканием, простотой обработки. Для изготовления светопрозрачных конструкций применя-

ется листовое органическое стекло толщиной 3-5мм. При нагревании ему можно придать любую изогнутую форму, которая сохраняется при охлаждении. В США и Западной Европе широко распространены зенитные фонари в виде куполов из органического стекла. В России их применение сдерживалось пожарными требованиями. Однако, как показали исследования, быстрое разрушение куполов из органического стекла при пожаре резко снижает температуру в помещении, препятствуя распространению огня. В настоящее время у нас и за рубежом производятся купольные конструкции из органического стекла для зенитных фонарей, которые могут быть одно-, двух- и трехслойными.

В видимой части спектра органическое стекло имеет пропускание 92%, в УФ – 73% (у силикатного стекла в УФ-области пропускание не превышает 8%). Это свойство позволяет использовать органическое стекло в детских, учебных, лечебно-профилактических и др. зданиях.

К недостаткам органического стекла следует отнести его высокую стоимость, а также незначительное помутнение в первый период эксплуатации (около 4-5 месяцев) под воздействием трения о стекло частичек пыли и под воздействием УФ-радиации. Следует отметить, что это помутнение быстро прекращается. При этом коэффициент светопропускания не становится ниже 90%.

**Поликарбонат** – эффективный светопрозрачный материал сплошной или ячеистой структуры, обладающий гораздо меньшим коэффициентом теплопроводности по сравнению с обычным стеклом. Поэтому поликарбонат, особенно ячеистой структуры, эффективен для применения при остеклении больших поверхностей в кровле. Применение поликарбоната ячеистой структуры для остекления проемов в стенах ограничивается светорассеянием, не позволяющим обеспечить зрительный контакт с внешней средой.

**Фотохромные стекла** являются новым перспективным светопрозрачным материалом с переменным светопропусканием. Заполнение световых проемов фотохромным стеклом в зданиях, строящихся в районах с избыточной солнечной радиацией, позволяет устранить слепящее действие солнца и уменьшить теплопоступление в помещения без применения солнцезащитных устройств. Когда солнце закрыто облаками или невысоки уровни наружной освещенности в утренние или вечерние часы, фотохромное стекло пропускает максимальное количество света. При высоких уровнях наружной освещенности, а также при прямом попадании солнечных лучей на световой проем светопропускание фотохромного стекла резко уменьшается. Например, фотохромные стекла с галоидами серебра за одну минуту могут уменьшить светопропускание в 3-5 раз. Стоимость фотохромных стекол пока велика. Поэтому их применение в строительстве ограничено.

### Светопрозрачные конструкции.

Современные светопрозрачные конструкции подразделяются на *оконные, витражные, зенитные фонари* (точечные и панельные, а также с глубокими светопроводными шахтами и с трубчатыми световодами), *остекление светопрозрачных покрытий*.

**Оконные конструкции.** Стандартная конструкция оконного блока включает стационарную контурную обвязку - коробку (раму), подвижно закрепленные на ней элементы - переплеты (створки), а также элементы остекления (обычно в виде стеклопакета) и фурнитуру. В зависимости от площади проема и действующей ветровой нагрузки, в конструкцию коробки для обеспечения жесткости вводят промежуточные вертикальные импосты и горизонтальные поперечные. Дополнительно в оконном блоке могут быть установлены устройства для вентиляции и различные защитные экраны, жалюзи и сетки.

Коробка и переплеты выполняются из оконных профилей и поливинилхлорида (ПВХ), дерева, алюминия, стеклопластиков, а также в виде комбинированных систем (алюминий + дерево, ПВХ + алюминий).

По совокупности требований, предъявляемых к оконным конструкциям (доступность исходного сырья и простота обработки, химическая стойкость и удобство обслуживания, хорошие теплотехнические показатели), окна из ПВХ являются наиболее перспективными для массового производства. Деревянные окна, трудоемкость производства которых намного выше, чем окон из ПВХ, могут рассматриваться в качестве элитного направления, ориентированного на индивидуальное строительство, реставрацию старых зданий и другие строительные задачи со специальными требованиями к окнам. Перспективным можно считать применение дерево-алюминиевых окон, сочетающих в себе теплоту дерева изнутри и защитные свойства алюминия снаружи.

**Витражные конструкции** можно разделить на два типа. К первому типу можно отнести остекление зимних садов, небольших торговых павильонов, сплошное остекление лестничных клеток и небольших участков стен, остекление лоджий, балконов, веранд и т.п. В этих случаях оконные профили не подвержены воздействию больших статических нагрузок. Поэтому в таких конструкциях могут применяться профили из ПВХ. Алюминиевые конструкции вследствие их более высокой стоимости здесь применяются реже. Ко второму типу относятся стеклянные фасады многоэтажных административных зданий. В таких конструкциях имеют место большие статические и динамические нагрузки. Поэтому в них используются алюминиевые профили, разнообразие которых представляет широкий набор возможностей для архитектора.

Различают стандартные фасады (рис. 15), которые характеризуются наличием выраженного поэлементного членения, и структурные фасады (рис.

16), представляющие собой сложные конструктивные системы, основным архитектурным мотивом которых является сплошная стеклянная поверхность с минимально выраженным членением. Они применяются в стилевом течении “растворяющаяся архитектура” (Ж. Нувель, Х. Ян и др.).

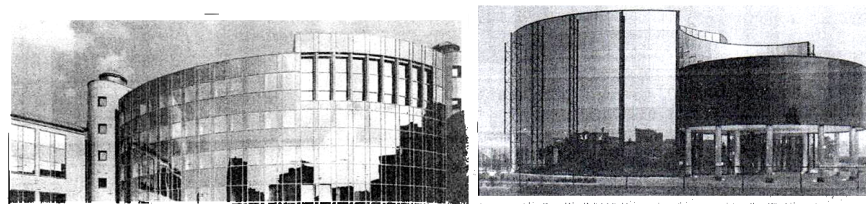


Рис. 15. Стандартный фасад из стекла. Рис. 16. Структурный фасад из стекла.

При этом остекление прикрепляется к несущим элементам с помощью специального клея, а вертикальные и горизонтальные импосты находятся полностью за плоскостью остекления внутри помещения. Промежуточное положение занимают полуструктурные фасады, в которых наружу выходят алюминиевые кромки, обеспечивающие защиту краевых участков стеклопакета.

Структурные и полуструктурные системы остекленных фасадов конструктивно более сложные, чем стандартные. Однако они обладают рядом несомненных преимуществ:

- они более красивы и выразительны с архитектурной точки зрения;
- в отличие от стандартных систем, они не имеют выраженных мостиков холода, так как металл практически не соприкасается с наружным воздухом;
- в структурных системах все участки стеклопакета находятся в одинаковых температурных условиях, что исключает их разрушение от температурных деформаций;
- остекление структурных фасадов можно монтировать изнутри, что гораздо дешевле, чем монтаж стандартных фасадных систем, который можно производить только снаружи, это особенно важно в зданиях повышенной этажности и в высотных зданиях.

По сравнению со стандартными системами в структурных обеспечивается более эффективная защита от атмосферных воздействий, включая систему водоотвода.

**Остекление светопрозрачных покрытий** применяется в атриумах, торговых галереях, оранжереях. В современной архитектуре оно является излюбленным приемом. По характеру статической работы остекление светопрозрачных покрытий большой площади подобно фасадным системам. Большие нагрузки требуют применения не только прочных алюминиевых профилей, стеклопакетов с применением закаленного стекла, но и соответствующих

несущих конструкций в виде стальных ригелей, ферм или пространственных структур (рис. 17).

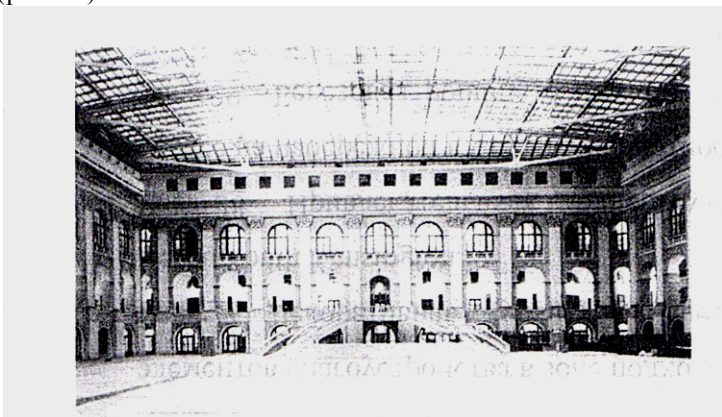


Рис. 17. Остекление покрытия старого Гостиного Двора в Москве.

**Зенитные фонари.** Зенитные точечные фонари как светопрозрачные конструкции производятся на заводах и монтируются на кровле. В качестве светопрозрачного заполнения в них применяется силикатное стекло повышенной прочности (закаленное или ламинированное) или органическое стекло в виде куполов. Круглые в плане купола изготавливаются диаметром от 0,5 до 2 м, в отдельных случаях применяются круглые клееные купола диаметром до 3-6 м (рис. 18).

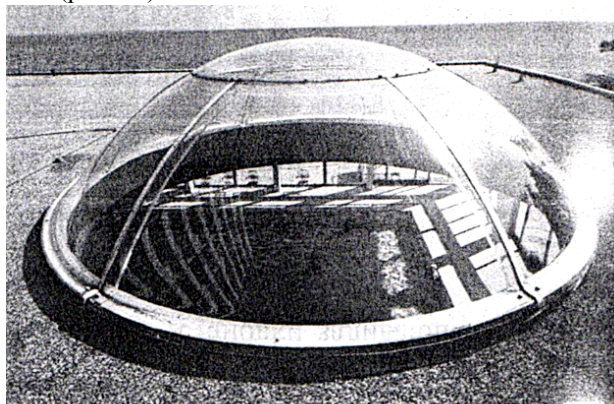


Рис. 18. Клееные и сборные купола из органического стекла диаметром до 6 м.

Прямоугольные в плане купола двойкой положительной гауссовой кривизны применяются размером от 0,5х0,5 м до 1,6х2,8 м. Купола могут быть

одно- и двухслойными. Между наружной и внутренней оболочками имеется воздушная прослойка толщиной 3-5 см. Противопожарные ограничения привели к тому, что, в отличие от многих западных стран, в нашей стране появились и нашли широкое применение прямоугольные зенитные фонари со светопропускающим заполнением из стеклопакетов. Фонари такого типа применены на ряде крупнейших заводов, построенных в СССР до 1991 г.

В современных производственных зданиях, а также в зданиях школ, в административных зданиях, в музеях часто необходимо доставить естественный свет в помещения через межферменное или чердачное пространство, заполненное различными инженерными системами и коммуникациями. Современные световодные системы круглого и прямоугольного сечения позволяют провести свет через такое пространство с минимальными потерями.

В настоящее время в США, Великобритании, Австралии, ФРГ, Италии разработаны и имеются на рынке эффективные современные световодные системы, комбинируемые с зенитными фонарями, способные провести свет от зенитного фонаря на крыше здания через чердак или межферменное пространство в рабочее надземное или подземное помещение (рис. 19).

Такие системы значительно сокращают теплопотери, вследствие герметичности не загрязняются внутри. Применение серебра в составе амальгамы зеркального покрытия внутри световода позволяет сохранить спектральный состав естественного света.

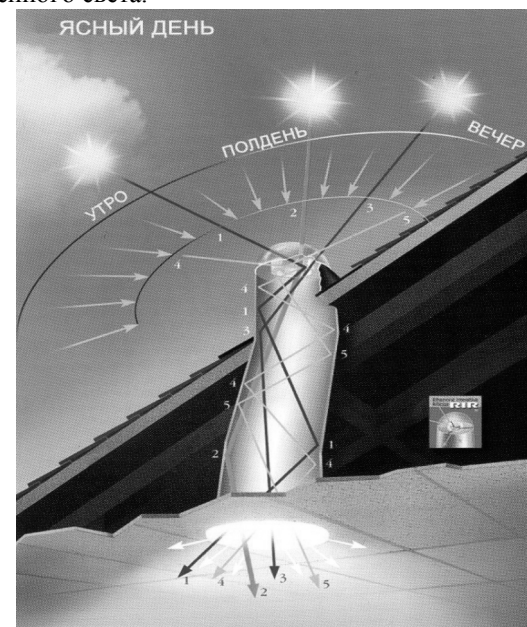


Рис. 19. Схема устройства и действия световода.

#### IV. Нормирование естественного освещения.

Естественное освещение, как правило, предусматривается во всех помещениях с постоянным пребыванием людей. Гигиенические требования к естественному освещению помещений регламентируются Санитарными правилами и Нормами [3], соответствующей главой Строительных норм и Правил СНиП [4] и СП [5]. В силу большого разнообразия условий дневного освещения на территории РФ при одном и том же значении КЕО в разных географических пунктах внутри помещений одного функционального назначения будут разные уровни естественной освещенности. Для учета светового климата в разных регионах территория России разбита на группы административных районов по ресурсам светового климата (табл. 1).

Таблица 1. Группы административных районов по ресурсам светового климата [4].

Номер группы	Административный район
1	Московская, Смоленская, Владимирская, Калужская, Тульская, Рязанская, Нижегородская, Свердловская, Пермская, Челябинская, Курганская, Новосибирская, Кемеровской области, Республика Мордовия, Красноярский край (севернее 63 с.ш.), Республика Башкортостан, Республика Татарстан, Удмурдская Республика, Чувашская Республика, Республика Саха (Якутия) (севернее 63 с.ш.), Чукотский автономный округ, Хабаровский край (севернее 55 с.ш.).
2	Брянская, Курская, Орловская, Белгородская, Липецкая, Тамбовская, Пензенская, Самарская, Ульяновская, Оренбургская, Саратовская, Волгоградская области, Республика Коми, Кабардино-Балкарская Республика, Республика Северная Осетия-Алания, Чеченская Республика, Республика Ингушетия, Ханты-Мансийский автономный округ, Республика Алтай, Красноярский край (южнее 63 с.ш.), Республика Саха (Якутия) (южнее 63 с.ш.), Республика Тыва, Республика Бурятия, Читинская область, Хабаровский край, (южнее 55 с.ш.), Магаданская область, Сахалинская область.
3	Калининградская, Псковская, Новгородская, Тверская, Ярославская, Ивановская, Ленинградская, Вологодская, Костромская, Кировская области, Республика Карелия, Ямало-Ненецкий автономный округ, Ненецкий автономный округ.
4	Архангельская, Мурманская области.
5	Республика Калмыкия, Ростовская, Архангельская области, Ставропольский край, Республика Дагестан, Амурская область, Приморский край, Краснодарский край.

Нормируемые значения КЕО для зданий, расположенных в этих группах административных районов, определяются по формуле:

$$e_N = e_H \cdot m_N, \quad (3)$$

где

$e_H$  – нормируемое значение КЕО для помещений по таблицам 3 и 4;

$m_N$  – коэффициент светового климата по таблице 2;

$N$  – номер группы обеспеченности естественным светом по таблице 1.

Таблица 2. Коэффициенты светового климата [4].

Световые проемы	Ориентация световых проемов по сторонам горизонта	Коэффициент светового климата				
		Номер группы административных районов				
		1	2	3	4	5
В наружных стенах зданий	С	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	СВ, СЗ	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	З, В	1	0,9	1,1	1,1	0,8
	ЮВ, ЮЗ	1	0,85	1	1,1	0,8
	Ю	1	0,85	1	1,1	0,75
В прямоугольных и трапециевидных фонарях	С-Ю	1	0,9	1,1	1,2	
	СВ-ЮЗ	1	0,9	1,2	1,2	
	ЮВ-СЗ	1	0,9	1,1	1,2	
	В-З	1	0,9	1,1	1,2	
В фонарях типа “Шед”	С	1	0,9	1,2	1,2	
В зенитных фонарях	-	1	0,9	1,2	1,2	0,75

Примечание:

С- северное, СВ- север- восток, СЗ- север- запад, В- восточное, З- западное, СЮ- север-юг, ВЗ- восток-запад, Ю- южное, ЮЗ- юго-запад.

Коэффициент  $m$  показывает, во сколько раз следует изменить нормируемое значение  $e_H$  для данной группы административных районов в зависимости от годового количества естественного освещения (лк · ч.), обеспечиваемого диффузным светом неба на открытой горизонтальной площадке с учетом дополнительного светового потока от прямого солнечного света в зависимости от ориентации светопроемов. В основу такого подхода положен принцип сохранения эффективной экспозиции естественного освещения за год или среднего годового уровня производительности труда в помещениях, располагаемых в разных географических районах.

Нормируемые значения КЕО в помещении выбираются в зависимости от сложности зрительной работы (которая в производственных помещениях

классифицируется на разряды по величине объекта различения от работы наивысшей точности с деталями менее 0,15 мм до грубой с объектами более 5 мм – табл. 3); для помещений жилых и общественных зданий в зависимости от функционального назначения помещения (табл. 4)

В нормах СанПиН и СНиП приводятся нормируемые значения КЕО при естественном освещении для основных помещений общественных, жилых и вспомогательных зданий. Ниже приводятся нормируемые значения КЕО и данные о расчетных точках в наиболее часто встречающихся помещениях жилых и общественных зданий при оценке городской застройки.

При одностороннем боковом освещении нормированное значение КЕО ( $e_n^b$ ) должно быть обеспечено на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза (как правило, по средней оси помещения перпендикулярно световому фронту) в точке на рабочей поверхности в глубине или в центре помещения, в зависимости от его функционального назначения (см. ниже).

При двухстороннем боковом освещении помещений любого назначения нормированное значение КЕО ( $e_n^b$ ) должно быть обеспечено в геометрическом центре помещения (на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и рабочей поверхности).

При верхнем или комбинированном естественном освещении помещений любого назначения нормируется среднее значение КЕО ( $e_n^b$  и  $e_n^k$ ) в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и рабочей поверхности. Для определения расчетного среднего значения КЕО ( $e_n^cp$ ) берется не менее пяти точек на равном расстоянии друг от друга на РП (УРП), при этом первая и последняя расчетные точки принимаются на расстоянии 1 м от поверхностей наружных стен, перегородок или осей колонн.

При комбинированном естественном освещении допускается деление помещения на зоны с боковым освещением (зоны, примыкающие к наружным стенам с окнами) и зоны с верхним освещением. Нормирование и расчет естественного освещения в каждой зоне производятся независимо друг от друга.

В центральной части и исторических зонах города в помещениях жилых и общественных зданий с односторонним боковым освещением нормированное значение КЕО, равное 0,50 %, должно быть обеспечено на рабочей поверхности в центре помещения.

#### *Требования к естественному освещению помещений жилых зданий*

Требования к естественному освещению жилых зданий в зависимости от назначения помещения изложены в табл. 4.

При одностороннем боковом освещении в жилых зданиях нормируемое значение КЕО должно быть обеспечено в расчетной точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и

плоскости пола на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов: в одной комнате для 1-, 2- и 3-комнатных квартир и в двух комнатах для 4- и более комнатных квартир.

В остальных комнатах многокомнатных квартир и в кухне нормируемое значение КЕО при боковом освещении должно обеспечиваться в расчетной точке, расположенной в центре помещения на плоскости пола.

При одностороннем боковом освещении жилых комнат общежитий, гостиниц и номеров гостиниц нормируемое значение КЕО должно быть обеспечено в расчетной точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и плоскости пола в геометрическом центре помещения.

#### *Требования к естественному освещению общественных зданий*

Требования к естественному освещению общественных зданий в зависимости от назначения помещений изложены в табл. 4.

При одностороннем боковом освещении в помещениях детских дошкольных учреждений нормируемое значение КЕО должно быть обеспечено:

а) в групповых и игровых помещениях - в расчетной точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и плоскости пола на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов;

б) в остальных помещениях – в расчетной точке, расположенной в геометрическом центре помещения на рабочей поверхности.

При одностороннем боковом освещении помещений школ, школ-интернатов, профессионально-технических и средних специальных учебных заведений нормируемое значение КЕО должно быть обеспечено:

а) в учебных и учебно-производственных помещениях – в расчетной точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности на расстоянии 1,2 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов;

б) в остальных помещениях – в расчетной точке, расположенной в геометрическом центре помещения на рабочей поверхности.

При одностороннем боковом освещении помещений учреждений здравоохранения нормируемое значение КЕО должно быть обеспечено:

а) в палатах больниц, в палатах и спальнях комнатах объектов социального обеспечения (интернатов, пансионатов для престарелых инвалидов и т.п.), санаториев и домов отдыха – в расчетной точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и плоскости пола на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов;

б) в кабинетах врачей, ведущих прием больных, в смотровых, в приемно-смотровых боксах, перевязочных – в расчетной точке, расположен-

ной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов;

в) в остальных помещениях – в расчетной точке, расположенной в центре помещения на рабочей поверхности.

Во всех случаях расчетные (по проекту) значения КЕО ( $e_p$ ) должны быть равны и больше нормируемых минимумов ( $e_n$ ) или отличаться от них в меньшую сторону не более, чем на 10% от  $e_n$ .

Приведенные нормативные данные из СНиП и СанПиН являются наиболее важными, т.к. они, вместе с нормативными требованиями по инсоляции, ограничивают этажность проектируемых зданий и разрывы между ними, т.е. **плотность застройки – основной экономический показатель градостроительных решений.**

На рис. 20 показаны системы освещения и нормируемые значения КЕО.

Должны быть обеспечены:

$$e_p \geq e_n$$

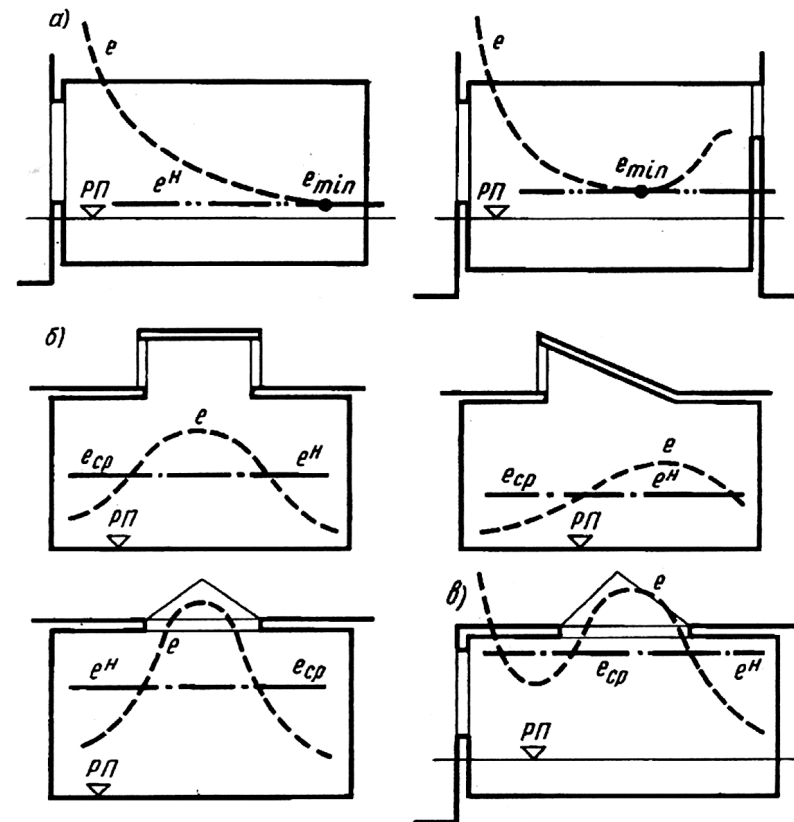


Рис. 20. Системы естественного освещения помещений и нормируемые значения КЕО.

- а- боковое освещение, одностороннее (слева) и двустороннее (справа);
- б- верхнее освещение, П-образный, зенитный (слева внизу) и шедовый (справа) фонари;
- в- комбинированное (боковое плюс верхнее) освещение.

Таблица 3. Нормы КЕО для интерьеров производственных зданий [4].

Характеристика зрительной работы	Наименьший эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Естественное освещение		
						КЕО $e_n$ , %		
						при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	10	2,8	3,5
			б	Малый Средний	Средний Темный			
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный			
			г	Средний Большой >>	Светлый >> Средний			
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,3	II	а	Малый	Темный	7	2	2,5
			б	Малый Средний	Средний Темный			
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный			
			г	Средний Большой >>	Светлый >> Средний			
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	III	а	Малый	Темный	5	1,6	2
			б	Малый Средний	Средний Темный			
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный			
			г	Средний Большой >>	Светлый >> Средний			
Средней точности	От 0,5 до 1	IV	а	Малый	Темный	4	1,2	1,5
			б	Малый Средний	Средний Темный			
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный			
			г	Средний Большой >>	Светлый >> Средний			
Малой точности	От 1 до 5	V	а	Малый	Темный	3	0,8	1
			б	Малый Средний	Средний Темный			
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный			

Продолжение таблицы 3								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
			г	Средний Большой >>	Светлый >> Средний			
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI	-	Независимо от характеристик фона и контраста с фоном		2	0,4	0,5
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII	-	То же		3	0,8	1

Таблица 4. Нормируемые показатели естественного освещения помещений жилых, общественных и вспомогательных зданий [3].

Помещения		Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г - горизонтальная, В - вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение	
			КЕО $e_n$ , %	
			при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
1	2	3	4	5
<i>Помещения жилых зданий</i>				
1.	Жилые комнаты, гостиные, спальни	Г - 0,0	2	0,5
2.	Жилые комнаты общежитий	Г - 0,0	2	0,5
3.	Кухни, кухни-столовые	Г - 0,0	2	0,5
4.	Детские	Г - 0,0	2,5	0,7
5.	Кабинеты, библиотеки	Г - 0,0	3	1
6.	Внутриквартирные коридоры, холлы	Г - 0,0	-	-
7.	Кладовые, подсобные	Г - 0,0	-	-
8.	Гардеробные	Г - 0,0	-	-
9.	Сауна, раздевалки	Г - 0,0	-	-
10.	Бассейн	Г - 0,0 Г - поверхность воды	2	0,5
11.	Тренажерный зал	Г - 0,0	-	-
12.	Бильярдная	Г - 0,8	-	-

Продолжение таблицы 4				
1		2	3	4
<i>Административные здания (министерства, ведомства, комитеты, префектуры, муниципалитеты управления, конструкторские и проектные организации, научно-исследовательские учреждения и т. п.)</i>				
13.	Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представительства	Г - 0,8	3	1
14.	Проектные залы и комнаты конструкторские, чертежные бюро	Г - 0,8	4	1,5
15.	Читальные залы	Г - 0,8	3,5	1,2
16.	Помещения для работы с дисплеями и видеотерминалами, залы ЭВМ	Г - 0,8 Экран монитора: В - 1,2	3,5 -	1,2 -
17.	Лаборатории органической неорганической химии, препаратормские	Г - 0,8	3,5	1,2
18.	Аналитические лаборатории	Г - 0,8	4	1,5
19.	Лаборатории научно-технические (кроме медицинских учреждений): термические, физические, стилметрические, фотометрические, микроскопные, рентгеновские, рентгеноструктурного анализа, механические, радиоизмерительные, электронных устройств	Г - 0,8	3,5	1,2
<i>Банковские и страховые учреждения</i>				
20.	Операционный зал, кредитная группа, кассовый зал, помещения пересчета денег	Г - 0,8	3,5	1,2
<i>Учреждения общего образования, начального, среднего высшего специального образования</i>				
21.	Классные комнаты, кабинеты, аудитории общеобразовательных школ, школ интернатов, среднеспециальных и профессионально-технических учреждений, лабораторий, учебные кабинеты физики, химии, биологии и пр.	Рабочие столы и парты: Г - 0,8 Середина доски: В - 1,5	4 -	1,5 -
22.	Аудитории, учебные кабинеты, лаборатории в техникумах и высших учебных заведениях	Г - 0,8	3,5	1,2
23.	Кабинеты информатики и вычислительной техники	Г - 0,8 Экран дисплея: В - 1	3,5 -	1,2 -
24.	Учебные кабинеты технического черчения	Г - 0,8 Рабочие, чертежные доски, рабочие столы	4 -	1,5 -

Продолжение таблицы 4				
1	2	3	4	5
25.	Лаборантские при учебных кабинетах	Г - 0,8	3,5	1,2
26.	Крытые бассейны	Г - поверхность воды	2	0,5
27.	Кабинеты и комнаты преподавателей	Г - 0,8	3	1
28.	Рекреации	Г - 0,0	2	0,5
<i>Учреждения досугового назначения</i>				
29.	Выставочные залы	Г - 0,8	2,5	0,7
30.	Комнаты кружков и музыкальные классы	Г - 0,8	3	1
<i>Детские дошкольные учреждения</i>				
31.	Раздевательные	Г - 0,0	2,5	0,7
32.	Групповые, игровые, столовые, комнаты музыкальных и гимнастических занятий	Г - 0,0	4	1,5
33.	Спальные	Г - 0,0	2	0,5
34.	Изоляторы, комнаты для заболевших детей	Г - 0,0	2	0,5
<i>Санатории, дома отдыха</i>				
35.	Палаты, спальня комнаты	Г - 0,0	2	0,5
<i>Физкультурно-оздоровительные учреждения</i>				
36.	Залы спортивных игр	Г - 0,0 В - 2,0 с обеих сторон на продольной оси помещения	3 -	1 -
37.	Залы аэробики, гимнастики, борьбы	Г - 0,0	2,5	0,7
38.	Зал бассейна	Г - поверхность воды	2	0,5
<i>Гостиницы</i>				
39.	Номера	Г - 0,0	2	0,5
<i>Учреждения здравоохранения (больницы, поликлиники, хосписы, медицинские центры, аптеки, центры санитарно-эпидемиологической службы, станция скорой и неотложной помощи, молочные кухни)</i>				
40.	Родовая, диализационная, реанимационные залы, перевязочные	Г - 0,8	4	1,5
41.	Кабинет ангиографии	Г - 0,8	4	1,5
42.	Предоперационная	Г - 0,8	3	1

Продолжение таблицы 4				
1	2	3	4	
<i>Кабинеты врачей</i>				
43.	Кабинеты хирургов, акушеров, гинекологов, травматологов, педиатров, инфекционистов, дерматологов, аллергологов, стоматологов; смотровые, приемно-смотровые боксы	Г - 0,8	4	1,5
44.	Кабинеты врачей в амбулаторно-поликлинических учреждениях, не приведенные выше	Г - 0,8	3	1
<i>Отделения функциональной диагностики и восстановительного лечения</i>				
45.	Кабинеты функциональной диагностики, эндоскопические кабинеты	Г - 0,8	3	1
46.	Фотарии, кабинеты физиотерапии, массажа, лечебной физкультуры	Г - 0,8	2,5	0,7
<i>Палаты</i>				
47.	Палаты: детских отделений, для новорожденных; интенсивной терапии, послеоперационные, палаты матери и ребенка	Г - 0,0	3	1
48.	Прочие палаты и спальни	Г - 0,0	2	0,5

## V. Расчет и проектирование естественного освещения.

Проектирование естественного освещения должно начинаться с определения исходных требований к освещению на основе детального изучения технологических, трудовых и иных функциональных процессов, протекающих в помещениях, а также климатических и светоклиматических особенностей места строительства зданий. При этом должны быть определены следующие исходные данные: точность и продолжительность выполнения зрительных работ в помещении, наличие специальных требований к естественному освещению (направление светового потока на рабочую поверхность, насыщенность светом помещения, требуемый уровень освещенности на вертикальных поверхностях, защита от прямых солнечных лучей, т.е. инсоляции и т.п.), местоположение здания в группе административных районов по ресурсам светового климата, интенсивность и продолжительность солнечной радиации.

Основной задачей проектирования естественного освещения является выбор типа и определение расположения и суммарной площади световых проемов, при которых в помещениях обеспечиваются удовлетворительный световой режим и микроклимат. Верхнее и комбинированное освещение следует применять преимущественно в одно- и двухэтажных (для верхних этажей) многопролетных производственных зданиях промышленных предприятий, а также в некоторых общественных зданиях и мансардных этажах жилых домов. Боковое естественное освещение применяется в большинстве многоэтажных и одноэтажных зданий. В помещениях большой глубины (более 18 м) площадь окон следует выбирать исходя из минимального КЕО при совмещенном освещении согласно требованиям СНиП «Естественное и искусственное освещение», а окна в наружных стенах располагать в два яруса или разбивать на две зоны, по-современному – с разными типами стекла. При этом нижний ярус окон проектируется исходя из условий обеспечения зрительно связи с наружным пространством, верхний ярус — для освещения удаленной от окон зоны помещения.

### 1. Предварительный расчет площади световых проемов.

Выбор требуемой площади боковых светопроемов можно производить по формуле:

$$100 S_0/S_n = (e_n K_3 \eta_0 / \tau_0 r_0) \cdot K_{зд} \quad (4)$$

где  $S_0$  – площадь боковых светопроемов (в свету) при боковом освещении, м<sup>2</sup>;

$S_n$  – площадь пола помещения, м<sup>2</sup>;

$e_n$  – нормированное значение КЕО при боковом освещении, % (табл. 3–4);

$K_3^*$  – коэффициент запаса (табл.5);

$\eta_0$  – световая характеристика окон, определяемая по табл.6;

$K_{зд}$  – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями, определяемый по табл.7;

$\tau_0$  – общий коэффициент светопропускания проема (в долях единицы), определяемый по формуле:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 \quad (5)$$

где  $\tau_1$  – коэффициент светопропускания материала, определяемый по табл.8;

$\tau_2$  – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема, определяемый по табл.8;

$\tau_3$  – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях при системе верхнего света (фонари), определяемый по табл.8;

$\tau_4$  – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах, определяемый по табл.8;

$\tau_5$  – коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями верхнего света, принимаемый равным 0,9.

$r_0$  – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию, принимаемый по табл. 9. Значение коэффициента  $r_0$  определяется в каждой расчетной точке помещения.

Выбор площади светопроемов системы верхнего естественного освещения можно производить по формуле:

$$100 S_\phi/S_n = (e_n K_3 \eta_\phi) / (\tau_0 r_\phi K_\phi) \quad (6)$$

где  $S_\phi$  – площадь световых проемов (в свету) при верхнем освещении, м<sup>2</sup>;

$S_n$  – площадь пола помещения, м<sup>2</sup>;

$e_n$  – нормированное значение КЕО при верхнем освещении, %;

$\eta_\phi$  – световая характеристика фонаря, определяемая по табл.10 или 11.

\* Коэффициент запаса  $K_3$  – коэффициент, учитывающий снижение КЕО в процессе эксплуатации вследствие загрязнения и старения светопрозрачных заполнений в световых проемах, а также снижения отражательных свойств основных поверхностей помещения.

$r_\phi$  – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при верхнем освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения, принимаемый по табл.12;

$K_\phi$  – коэффициент, учитывающий свет, отраженный от поверхности фонаря, определяемый по табл.13.

Сначала, на стадии предпроектных работ, определяется общая площадь светопроемов. Затем для бокового освещения определяется площадь окон для одного ограниченного участка фасада здания, например, в пределах одного шага колонн. После этого определяется размер одного или нескольких светопроемов внутри этого участка с учетом обеспечения зрительной связи с наружным пространством, освещения глубинной части помещения и исходя из архитектурно-художественного решения фасада.

Следует подчеркнуть, что этот метод расчета ориентировочный, т.к. он не учитывает затеняющее действие застройки, особенно при высокой ее плотности.

Для верхнего освещения задают размеры зенитных фонарей, и по площади одного фонаря определяют их количество. После этого фонари распределяют в плоскости покрытия равномерно или с учетом технологического процесса. Для фонарей с ленточным остеклением (зенитные ленточные, фонари-надстройки, шеды) определяется общая длина остекления в соответствии с общими правилами проектирования.

Выбрав площадь светопроемов, их размеры и разместив их в стенах и покрытии, на утверждаемой стадии проектирования производят проверочные, т.е. более точные расчеты КЕО с учетом градостроительной ситуации по методу, приведенному ниже, и сравнивают расчетное значение КЕО с нормируемым.

Таблица 5. Значение коэффициентов запаса  $K_3$  [4].

Помещения и территория	Примеры помещений	Естественное освещение			
		Коэффициент запаса $K_3$			
		Уклон наклона светопропускающего материала к горизонту, градусы			
		0-15	16-45	46-75	76-90
1.Производственные помещения с воздушной средой, содержащей в рабочей зоне: а) свыше 5 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти б) от 1 до 5 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти в) менее 1 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти	Агломерационные фабрики, цементные заводы и обрубные отделения литейных цехов. Цехи кузнечные, литейные, мартеновские, сборного железобетона Цехи инструментальные, сборочные, механические,	2,0/4	1,8/4	1,7/4	1,5/4
		1,8/3	1,6/3	1,5/3	1,4/3
		1,6/2	1,5/2	1,4/2	1,3/2

	Продолжение таблицы 5				
	механосборочные, пошивочные.				
г) значительные концентрации паров, кислот, щелочей, газов, способных при соприкосновении с влагой образовывать слабые растворы кислот, щелочей, а так же обладающих большой коррозийной способностью	Цехи химических заводов по выработке кислот, щелочей, редких химических реактивов, ядохимикатов, удобрений, цехи гальванических покрытий и различных отраслей промышленности с применением электролиза	2,0/3	1,8/3	1,7/3	1,5/3
2. Производственные помещения с особым режимом по чистоте воздуха при обслуживании светильников: а) с технического этажа б) снизу из помещения		- -	- -	- -	- -
3. Помещения общественных и жилых зданий: а) пыльные, жаркие и сырые  б) с нормальными условиями среды	Горячие цехи, предприятия общественного питания, охлаждаемые камеры, помещения для приготовления растворов в прачечных, душевые и т.д. Кабины и рабочие помещения, жилые комнаты, учебные помещения, лаборатории, читальные залы, залы совещаний, торговые залы и т.д.	2,0/3  1,5/2	1,8/3  1,4/2	1,7/3  1,3/1	1,6/3  1,2/1
4. Территории с воздушной средой, содержащей: а) Большое количество пыли (более 1 мг/м³);  б) Малое количество пыли (менее мг/м³)	Территории металлургических, химических, горнодобывающих предприятий, шахт, рудников, железнодорожных станций и прилегающих к ним улиц и дорог Территории промышленных предприятий, кроме указанных в подпункте «а» и общественных зданий	-  -	-  -	-  -	-  -
5. Населённые пункты.	Улицы, площади, дороги, территории жилых районов, парки, бульвары, пешеходные тоннели, фасады зданий, памятники. Транспортные тоннели.	-  -	-  -	-  -	-  -

Примечание:

1. Значения коэффициента запаса, указанные в гр. 5-6, следует умножать на 1,1 при применении узорчатого стекла, стеклопластика, армопленки и матированного стекла, а также при использовании световых проёмов для аэрации; на 0,9 при применении органического стекла.

Таблица 6. Значения световой характеристики  $\eta_o$  окон при боковом освещении [6].

Отношение длины помещения $l_n$ к его глубине $B$	Значение световой характеристики $\eta_o$ при отношении глубины помещения $B$ к его высоте от уровня условной рабочей поверхности окна до верха окна $h_l$							
	1	1,5	2	3	4	5	7,5	10
4 и более	6,5	7	7,5	8	9	10	11	12,5
3	7,5	8	8,5	9,6	10	11	12,5	14
2	8,5	9	9,5	10,5	11,5	13	15	17
1,5	9,5	10,5	13	15	17	19	21	23
1	11	15	16	18	21	23	26,5	29
0,5	18	23	31	37	45	54	66	-

Таблица 7. Значения коэффициента  $K_{зд}$  учитывающего затенение окон противостоящими зданиями в зависимости от отношения расстояния между рассматриваемым и противостоящим зданием  $P$  к высоте расположения карниза противостоящего здания под подоконником рассматриваемого окна  $H_{зд}$  [6].

$P/H_{зд}$	$K_{зд}$
0,5	1,7
1	1,4
1,5	1,2
2	1,1
3 и более	1

Значения $\tau_1$		Значения $\tau_2$		Значения $\tau_3$		Значения $\tau_4$	
Вид светопропускающего материала	$\tau_1$	Вид перекрытия	$\tau_2$	Несущие конструкции покрытий	$\tau_3$	Солнцезащитные устройства, изделия и материалы	$\tau_4$
Стекло оконное листовое:		Переплеты для окон и фонарей промышленных зданий:		Стальные фермы	0,9	Убирающиеся регулируемые жалюзи и шторы (межэтажные, внутренние, наружные)	1
одинарное	0,9	а) деревянные:		Железобетонные и деревянные фермы и арки			
двойное	0,8	одинарные	0,75	Балки и рамы сплошные при высоте сечения:	0,8		
тройное	0,75	спаренные	0,7	50 см и более			
Стекло витринное толщиной 6-8 мм	0,8	двойные раздельные	0,6	менее 50 см	0,9	Стационарные жалюзи и экраны с защитным углом не более 45° при расположении пластин жалюзи или экранов под углом 90° к плоскости окна:	
Стекло листовое армированное	0,6	б) стальные:				горизонтальные	0,65
Стекло листовое узорчатое	0,65	одинарные открывающиеся	0,75			вертикальные	0,75
Стекло листовое со специальными свойствами:		одинарные глухие	0,9			Горизонтальные козырьки:	
солнцезащитное	0,65	двойные открывающиеся	0,6			с защитным углом не более 30°	0,8
контрастное	0,75	двойные глухие	0,8			с защитным углом от 15 до 45° (многоступенчатые)	0,9-0,6
Органическое стекло:		Переплеты для окон жилых, общественных и вспомогательных зданий:					
прозрачное	0,9	а) деревянные:					
молочное	0,6	одинарные	0,8				
Пустотелые стеклянные блоки:		спаренные	0,75				
светоотражающие	0,5	двойные раздельные	0,65				
светоотражающие	0,5	с тройным остеклением	0,5				
Стеклопакеты	0,55	б) металлические					
	0,8	одинарные	0,9				
		спаренные	0,85				
		двойные раздельные	0,8				
		с тройным остеклением	0,7				
		Стекложелезобетонные панели с пустотелыми стеклянными блоками при толщине шва:					
		20 мм и менее	0,9				
		Более 20 мм	0,85				

1. Значения коэффициентов  $\tau_1$  и  $\tau_2$  для профильного стекла и конструкций из него следует принимать в соответствии с Указаниями по проектированию, монтажу и эксплуатации из профильного стекла.

42

Отношение глубины помещения <b>В</b> к высоте от уровня условной рабочей поверхности до верха окна <b>h<sub>1</sub></b>	Отношение расстояния расчётной точки от внутренней поверхности наружной стены <b>l<sub>1</sub></b> к глубине помещения <b>В</b>	Средневзвешенный коэффициент отражения пола, стен, потолка <b>ρ<sub>ср</sub></b>											
		0,60			0,50			0,45			0,35		
		Отношение длины помещения <b>l<sub>n</sub></b> к его глубине <b>В</b>											
		0,5	1,0	2,0	0,5	1,0	2,0	0,5	1,0	2,0	0,5	1,0	2,0
1,00	0,10	1,05	1,05	1,05	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,03	1,03	1,03	
1,00	0,50	1,46	1,41	1,31	1,31	1,27	1,20	1,23	1,20	1,14	1,08	1,06	
1,00	0,90	2,32	2,17	1,88	1,89	1,79	1,57	1,68	1,59	1,42	1,25	1,21	
3,00	0,10	1,07	1,07	1,07	1,06	1,06	1,06	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	
3,00	0,20	1,04	1,04	1,04	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02	
3,00	0,30	1,32	1,29	1,23	1,22	1,20	1,16	1,17	1,16	1,12	1,08	1,07	
3,00	0,40	1,85	1,77	1,59	1,60	1,54	1,41	1,47	1,42	1,32	1,21	1,19	
3,00	0,50	2,51	2,36	2,05	2,06	1,95	1,73	1,84	1,75	1,57	1,38	1,34	
3,00	0,60	3,21	2,98	2,53	2,55	2,39	2,06	2,22	2,09	1,83	1,56	1,50	
3,00	0,70	3,90	3,60	3,00	3,04	2,83	2,40	2,61	2,44	2,09	1,74	1,66	
3,00	0,80	4,60	4,23	3,48	3,53	3,26	2,73	2,99	2,78	2,36	1,92	1,82	
3,00	0,90	5,29	4,85	3,96	4,02	3,70	3,06	3,38	3,12	2,62	2,10	1,98	
5,00	0,10	1,09	1,09	1,09	1,08	1,07	1,07	1,07	1,07	1,06	1,06	1,06	
5,00	0,20	1,06	1,06	1,06	1,05	1,05	1,05	1,04	1,04	1,04	1,03	1,03	
5,00	0,30	1,53	1,48	1,38	1,38	1,34	1,27	1,30	1,27	1,22	1,15	1,10	
5,00	0,40	2,45	2,30	2,01	2,02	1,92	1,71	1,81	1,73	1,56	1,39	1,35	
5,00	0,50	3,57	3,31	2,79	2,82	2,63	2,26	2,44	2,29	2,00	1,69	1,62	
5,00	0,60	4,74	4,36	3,60	3,65	3,38	2,83	3,10	2,88	2,45	2,01	1,90	
5,00	0,70	5,92	5,42	4,42	4,48	4,12	3,41	3,76	3,48	2,91	2,32	2,18	
5,00	0,80	7,09	6,47	5,23	5,31	4,87	3,98	4,42	4,07	3,36	2,64	2,46	
5,00	0,90	8,26	7,52	6,04	6,14	5,61	4,56	5,08	4,67	3,81	2,96	2,75	

Тип фонарей	Количество пролётов	Значения световой характеристики фонарей $\eta_{\phi}$								
		Отношение длины помещения $l_n$ к ширине пролёта $l_l$								
		от 1 до 2			от 2 до 4			более 4		
		Отношение высоты помещения $H$ к ширине пролёта $l_l$								
		от 0,2 до 0,4	от 0,4 до 0,7	от 0,7 до 1	от 0,2 до 0,4	от 0,4 до 0,7	от 0,7 до 1	от 0,2 до 0,4	от 0,4 до 0,7	от 0,7 до 1
вертикальным двусторонним остеклением (прямоугольные, М-образные)	Один	5,8	9,4	16	4,6	6,8	10,5	4,4	6,4	9,1
	Два	5,2	7,5	12,8	4	5,1	7,8	3,7	6,4	6,5
	Три и более	4,8	6,7	11,4	3,8	4,5	6,9	3,4	4	5,6

Продолжение таблицы 10										
С наклонным двусторонним остеклением	Один	3,5	5,2	6,2	2,8	3,8	4,7	2,7	3,6	4,7
	Два	3,2	4,4	5,3	2,5	3	4,1	2,3	2,7	3,4
	Три и более	3	4	4,7	2,35	2,7	3,7	2,1	2,4	3
С вертикальным односторонним остеклением (шеды)	Один	6,4	10,5	15,2	5,1	7,6	10	4,9	7,1	8,5
	Два	6,1	8	11	4,7	5,5	6,6	4,35	5	5,5
	Три и более	5	6,5	8,2	4	4,3	5	3,6	3,8	4,1
С наклонным односторонним остеклением (шеды)	Один	3,8	4,55	6,8	2,9	3,4	4,5	2,5	3,2	3,9
	Два	3	4,3	5,7	2,3	2,9	3,5	2,15	2,65	2,9
	Три и более	2,7	3,7	5,1	2,2	2,5	3,1	2	2,65	2,5

Таблица 11. Значения световой характеристики фонарей  $\eta_{\phi}$  световых проемов и плоскости покрытия при верхнем освещении [6].

Схемы фонарей	Отношение площади выходного отверстия $S_2$ к сумме площадей выходного отверстия $S_1$ и боковой поверхности $S_{\phi}$	Индекс помещения $i$									
		0,5	0,7	1	1,25	1,5	2	2,5	3	4	5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0,05	25	19	16	14,3	13,3	12	11,5	11	10,5	10
	0,1	13	10	8,5	7,7	7	6,3	6	5,8	5,5	5,4
	0,2	7	5,6	4,6	4,2	3,8	3,4	3,3	3,1	3	2,9
	0,3	5	4	3,3	2,9	2,7	2,4	2,3	2,2	2,1	2
	0,4	4,2	3,3	2,7	2,4	2,2	2	1,9	1,85	1,8	1,7
	0,5	3,7	2,9	2,4	2,1	2	1,8	1,7	1,6	1,55	1,5
	0,6	3,3	2,6	2,1	1,9	1,8	1,6	1,5	1,45	1,4	1,3
	0,7	3,1	2,4	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,35	1,3	1,25
	0,8	2,9	2,3	1,9	1,7	1,55	1,4	1,35	1,3	1,2	1,2
	0,9	2,8	2,2	1,8	1,6	1,5	1,35	1,3	1,25	1,2	1,15

Индекс помещения  $i = \frac{l_n \cdot b}{H(l_n + b)}$ , где  $l_n$  – длина помещения вдоль оси пролетов;  $b$  – ширина помещения;  $H$  – высота покрытия над условной рабочей поверхностью.

Таблица 12. Значения коэффициента  $r_{\phi}$  [6].

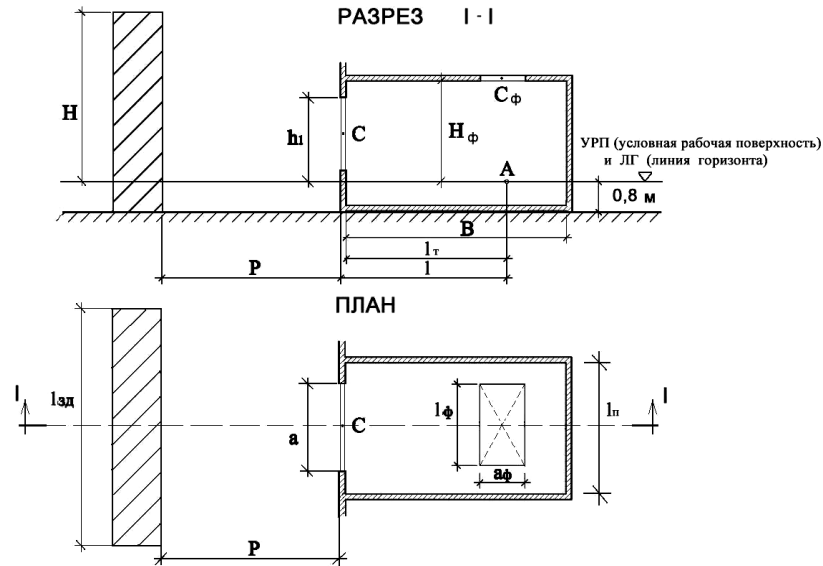
Отношение высоты помещения, принимаемой от условной рабочей поверхности до нижней границы остекления $H_{\phi}$ , к ширине пролета $l_1$ (В)	Значения коэффициента $r_{\phi}$								
	Средневзвешенный коэффициент отражения потолка, стен, пола								
	$\rho_{\text{сп}}=0,5$			$\rho_{\text{сп}}=0,4$			$\rho_{\text{сп}}=0,3$		
	Количество пролетов								
	1	2	3 и более	1	2	3 и более	1	2	3 и более
	1	2	3 и более	1	2	3 и более	1	2	3 и более
2	1,7	1,5	1,15	1,6	1,4	1,1	1,4	1,1	1,05
1	1,5	1,4	1,15	1,4	1,3	1,1	1,3	1,1	1,05
0,75	1,45	1,35	1,15	1,35	1,25	1,1	1,25	1,1	1,05
0,5	1,4	1,3	1,15	1,3	1,2	1,1	1,2	1,1	1,05
0,25	1,35	1,25	1,15	1,25	1,15	1,1	1,15	1,1	1,05

Таблица 13. Значения коэффициента  $K_{\phi}$  [6].

Тип фонаря	Значения коэффициента $K_{\phi}$
Световые проемы в плоскости покрытия, ленточные	1
Световые проемы в плоскости покрытия, штучные	1,1
Фонари с наклонным двусторонним остеклением (трапециевидные)	1,15
Фонари с вертикальным двусторонним остеклением (прямоугольные)	1,2
Фонари с односторонним наклонным остеклением (шеды)	1,3
Фонари с односторонним вертикальным остеклением (шеды)	1,4

## 2. Проверочный расчет коэффициента естественной освещенности.

Как указано выше, более точным, используемым в практике реального проектирования, является: **проверочный расчет коэффициента естественной освещенности (КЕО) заданного помещения**, на основании которого органы санэпиднадзора и госэкспертизы принимают решение о согласовании проекта. Параметры рассматриваемой ситуации расположения противостоящего здания и заданного расчетного помещения приводятся на рис. 21 и сводятся в таблицу 14.



- $L_{зд}$  – длина противостоящего здания, м;  
 $H$  – превышение противостоящего здания над расчетной точкой А, м;  
 $P$  – удаление противостоящего здания от фасада расчетного помещения, м;  
 $B, L_n$  – глубина и длина рассматриваемого помещения, м;  
 $L$  – расстояние расчетной точки А в рассматриваемом помещении от внешней поверхности наружной стены, м;  
 $h_1$  – высота верхней грани окна над РП (или УРП), м;  
 $a$  – ширина окна, м;  
 $L_T$  – расстояние от расчетной точки А до внутренней поверхности наружной стены, м;  
 $a_{\phi}, l_{\phi}$  – ширина и длина фонаря верхнего света, м;  
 $H_{\phi}$  – высота нижней грани фонаря над РП (УРП), м;  
 $C$  – центр бокового светопроема;  
 $C_{\phi}$  – центр светопроема фонаря верхнего света.

Рис. 21. Схема расположения противостоящего здания и рассматриваемого помещения (разрез I - I и план).

Таблица 14. Расчетные параметры и габариты помещения, используемые в расчетах КЕО при боковом и верхнем освещении

1	Длина противостоящего здания, м.	$L_{зд}$
2	Удаление противостоящего здания, м.	$P$
3	Превышение противостоящего здания над расчетной точкой А, м.	$H$
4	Расстояние расчетной точки А от внешней поверхности наружной стены, м.	$L$
5	Ширина окна, м.	$a$
6	Высота верхней грани окна над уровнем РП (УРП), м.	$h_1$
7	Глубина рассматриваемого помещения, м.	$B$
8	Длина рассматриваемого помещения, м.	$L_n$
9	Ширина фонаря верхнего света, м.	$a_{\phi}$
10	Длина фонаря верхнего света, м.	$l_{\phi}$
11	Высота низа фонаря над РП (УРП), м.	$H_{\phi}$
12	Коэффициент отражения стен в помещении	$\rho_{ст}$
13	Коэффициент отражения потолка	$\rho_{п}$
14	Коэффициент отражения пола	$\rho_{п}$
15	Площадь стен без светопроемов, м <sup>2</sup>	$S_{ст}$
16	Площадь потолка без фонаря верхнего света, м <sup>2</sup>	$S_{п}$
17	Площадь пола, м <sup>2</sup>	$S_{п}$
18	Средневзвешенный коэффициент отражения в помещении	$\rho_{ср}$
19	Коэффициент светопропускания стекла (п-слоев)	$\tau_1$
20	Коэффициент затенения помещения перегородками	$\tau_2$
21	Коэффициент затенения помещения несущими конструкциями	$\tau_3$
22	Коэффициент затенения помещения ЦЗ	$\tau_4$
23	Коэффициент затенения здания защитной сеткой	$\tau_5$
24	Общий коэффициент светопропускания светопроема	$\tau_0$
25	Коэффициент запаса (пыль на стеклах)	$K_3$

Ниже приведены примеры проверочного расчета КЕО по методике отмененных в 1995 г. СНиП II-4-79 [6]. Она несколько проще и понятнее действующей ныне методики расчета по СП [5], хотя дает относительно точные результаты, что допустимо для учебного (адаптированного) процесса.

### А. Расчет коэффициента естественной освещенности КЕО при боковой системе освещения.

Выбирается нечетное количество расчетных точек, первая и последняя берутся по рабочей поверхности на расстоянии 1 м от стены со световым проемом и противоположной стены, например 1 и 5 точки, остальные расчетные точки находятся на одинаковом расстоянии между собой (рис.22).

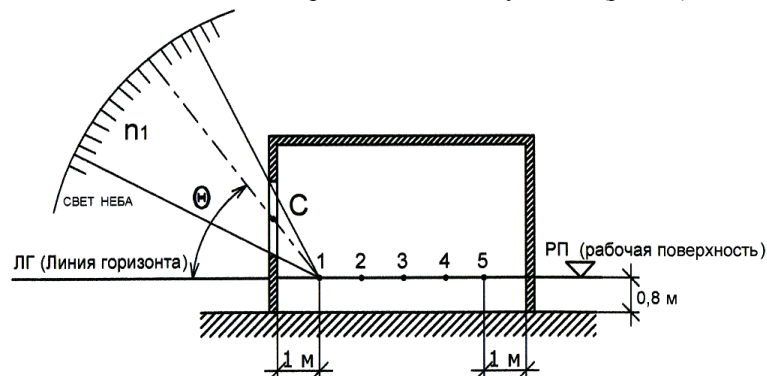


Рис.22 А. Пример нахождения расчетных точек на рабочей поверхности РП и угла  $\theta$  при открытом небосводе на характерном разрезе помещения.

Расчет КЕО в расчетных точках помещения при боковой системе освещения следует производить по формуле:

$$e_p^6 = (\epsilon_6 \cdot q + \epsilon_{зд} \cdot R) \cdot r_o \cdot \tau_o / K_3, \quad (7)$$

где  $\epsilon_6$  – геометрический КЕО в расчетной точке при боковом освещении, учитывающий прямой свет неба, определяемый по графикам Данилюка I и II (рис.23, 24).

Геометрический коэффициент естественной освещенности, учитывающий прямой свет неба в какой-либо точке помещения, определяется по формуле:

$$\epsilon_6 = 0,01 \cdot (n_1 \cdot n_2), \quad (11)$$

где  $n_1$  – количество лучей по графику I, проходящих от неба через световые проемы в расчетную точку на поперечном разрезе помещения (рис. 22 А, 26);

$n_2$  – количество лучей по графику II, проходящих от неба через световые проемы в расчетную точку на плане помещения (рис. 27);

$q$  – коэффициент, учитывающий неравномерную яркость облачного неба, определяемый по таблице 15 в зависимости от угла  $\theta$  ( $\theta$  – угол, образованный линией горизонта и прямой, соединяющей точку С и центр светового проема с расчетной точкой при открытом (неэкранируемом застройкой) небосводе

(рис. 22 А). В случае частичного экранирования неба точка С определяется аналогично (рис. 22 Б).

$\epsilon_{зд}$  – геометрический КЕО в расчетной точке при боковом освещении, учитывающий свет, отраженный от противостоящего здания, определяемый по графикам I и II (рис.23, 24).

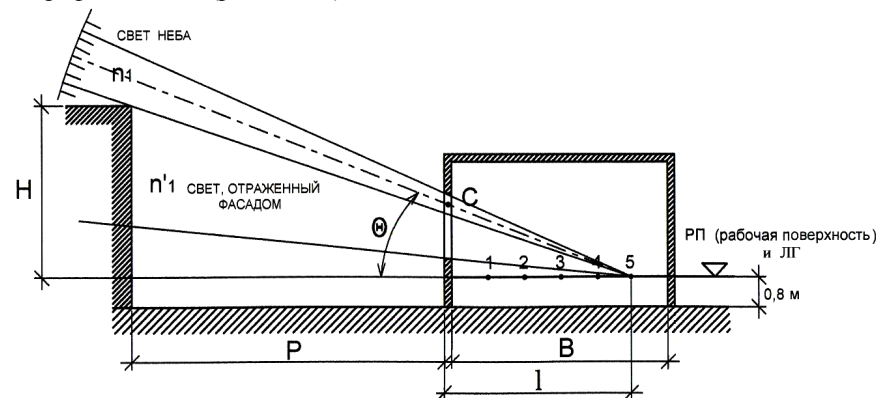


Рис.22 Б. Определение угла  $\theta$  при частично экранируемом небосводе.

Геометрический коэффициент естественной освещенности, учитывающий свет, отраженный от противостоящего здания при боковом освещении, определяется по формуле:

$$\epsilon_{зд} = 0,01 \cdot (n'_1 \cdot n'_2) \quad (12)$$

где  $n'_1$  – количество лучей по графику I, проходящих от противостоящего здания через световой проем в расчетную точку на поперечном разрезе помещения (рис. 22 Б);

$n'_2$  – количество лучей по графику II, проходящих от противостоящего здания через световой проем в расчетную точку на плане помещения (рис. 27);

$R$  – коэффициент, учитывающий относительную яркость противостоящего здания, определяемый по таблице 16.;

$r_o$  – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от основных поверхностей помещения (стен, потолка, пола) и подстилающего слоя, прилегающего к зданию, определяемый по таблице 9;

$\tau_o$  – общий коэффициент светопропускания, определяемый по формуле 5 и таблице 8.

$K_3$  – коэффициент запаса, принимаемый по таблице 5.

Расчет коэффициента естественной освещенности КЕО при боковой системе освещения сводится в таблицу 17

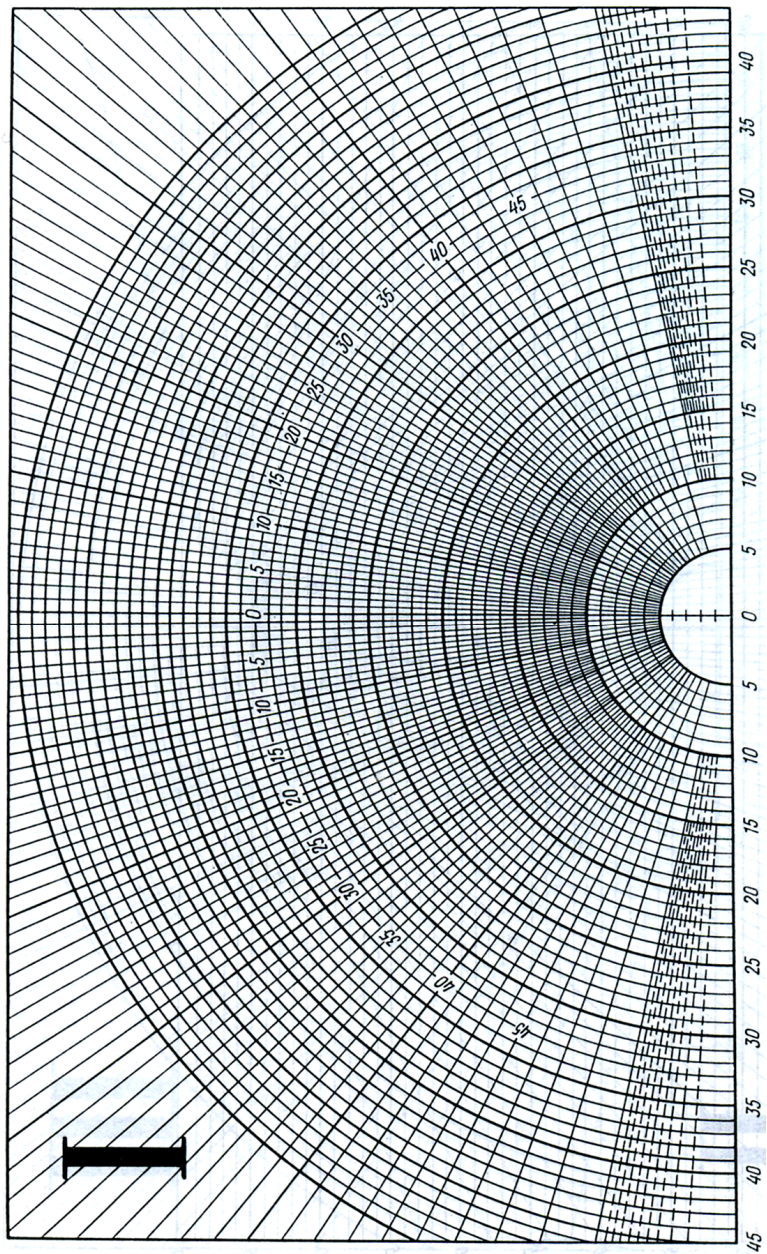


Рис.23. График I А. М. Данилюка (НИИСФ).

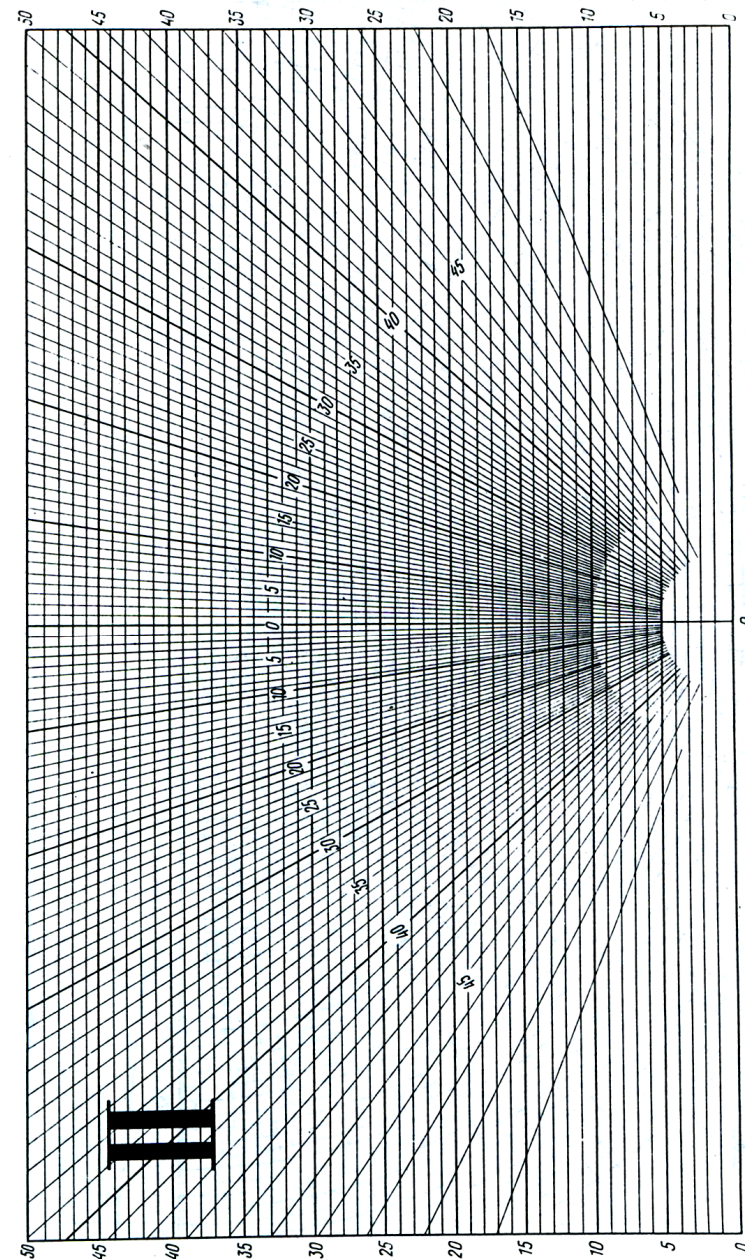


Рис. 24. График II А. М. Данилюка (НИИСФ).

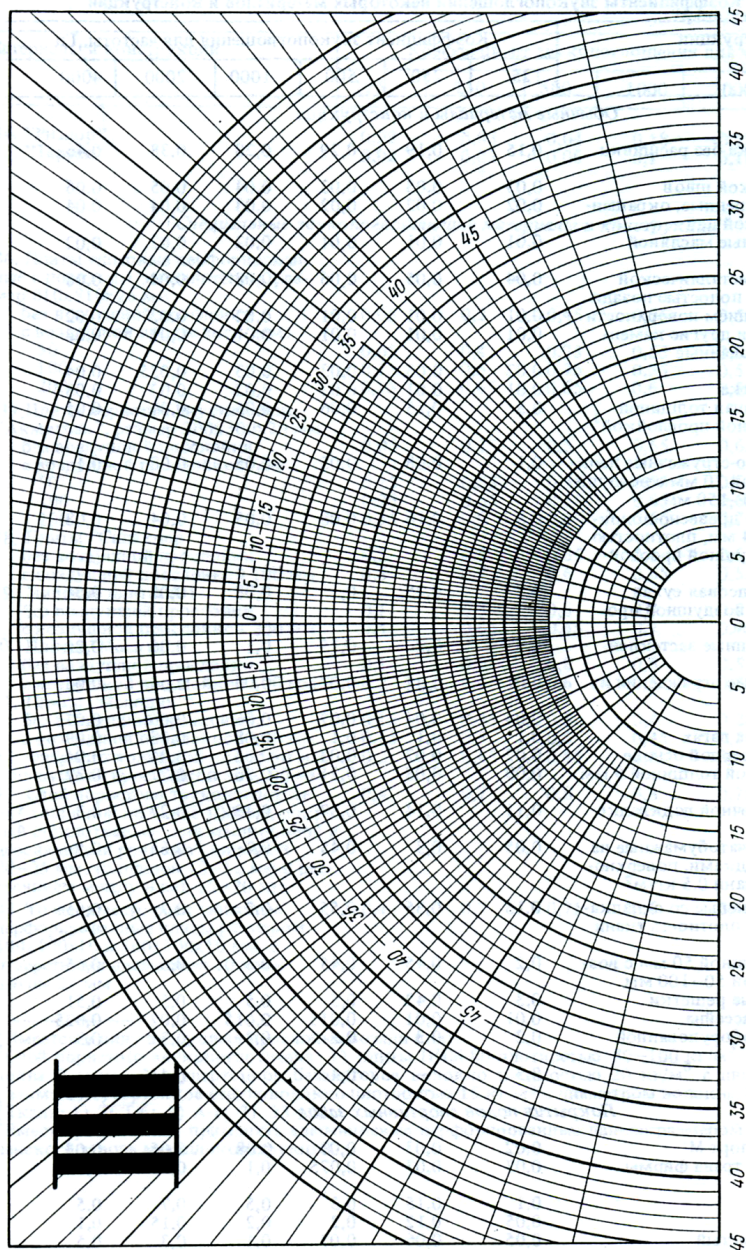


Рис. 25. График III А. М. Данилюка (НИИСФ) – с учетом  $q$ .

# РАЗРЕЗ

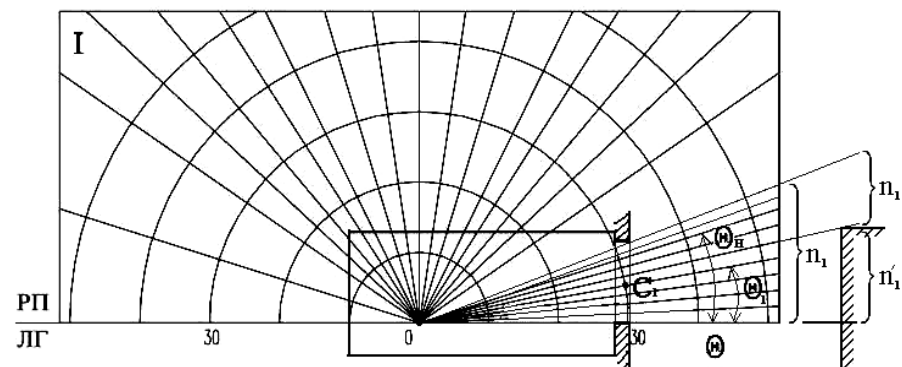


Рис. 26. Определение количества лучей  $n_1$  и  $n'_1$ , проходящих через световые проемы в стене при боковом освещении, по графику I (при отсутствии затенения окна противостоящими зданиями).

# ПЛАН

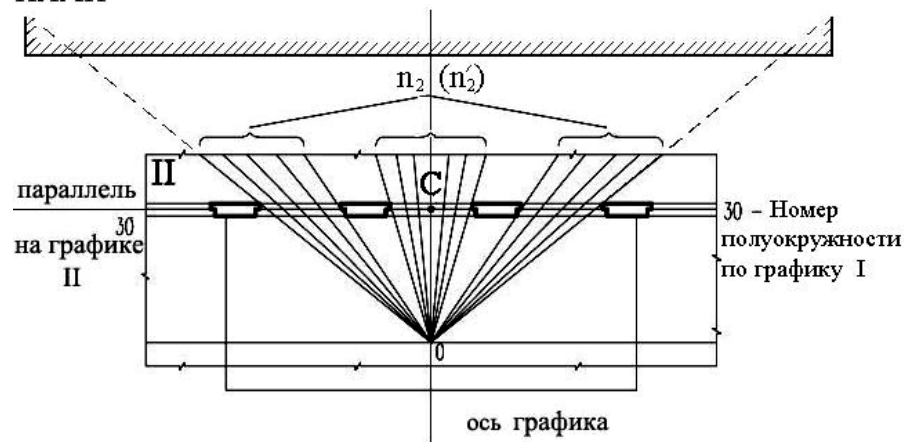


Рис. 27. Определение количества лучей  $n_2$  и  $n'_2$ , проходящих через световые проемы в стене при боковом освещении, по графику II.

Таблица 15. Значения коэффициента  $q$  [6].

Угловая высота середины светопроема над рабочей поверхностью, град.	Значения коэффициента $q$	
	в зоне с устойчивым снежным покровом (за Уралом)	на остальной территории России (европейская часть)
2	0.71	0.46
6	0.74	0.52
10	0.77	0.58
14	0.80	0.64
18	0.84	0.69
22	0.86	0.75
26	0.90	0.80
30	0.92	0.86
34	0.95	0.91
38	0.98	0.96
42	1.00	1.00
46	1.04	1.04
50	1.08	1.08
54	1.12	1.12
58	1.16	1.16
62	1.18	1.18
66	1.21	1.21
70	1.23	1.23
74	1.25	1.25
78	1.27	1.27
82	1.28	1.28
86	1.28	1.28
90	1.29	1.29

Примечание: При промежуточных значениях угловой высоты значения коэффициента  $q$  находятся методом линейной интерполяции.

Таблица 16. Значения коэффициента  $R$  [6].

Отделочный материал фасада противостоящего здания	Индекс противостоящего здания в плане, $Z_1$	Индекс противостоящего здания в разрезе $Z_2$							
		0,1	0,5	1	1,5	2	3	4	5 и более
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кирпич или бетон	1	0,14	0,25	0,26	0,23	0,20	0,15	0,11	0,06
	1,5	0,14	0,23	0,25	0,22	0,19	0,14	0,10	0,05
	3	0,14	0,21	0,23	0,20	0,18	0,12	0,08	0,04
	6	0,14	0,20	0,22	0,20	0,17	0,12	0,08	0,04
	10 и более	0,14	0,18	0,20	0,18	0,16	0,11	0,08	0,04
Блоки облицовочные керамические	1	0,16	0,30	0,30	0,26	0,23	0,17	0,13	0,07
	1,5	0,16	0,26	0,28	0,25	0,22	0,16	0,12	0,06
	3	0,16	0,24	0,26	0,24	0,20	0,14	0,10	0,05
	6	0,16	0,23	0,25	0,23	0,20	0,13	0,09	0,05
	10 и более	0,16	0,21	0,28	0,21	0,18	0,12	0,09	0,04
Краска фасадная цветная на бетоне светлая атмосферостойкая	1	0,20	0,36	0,37	0,33	0,29	0,21	0,16	0,08
	1,5	0,20	0,33	0,35	0,32	0,28	0,20	0,15	0,07
	3	0,20	0,30	0,33	0,30	0,25	0,18	0,12	0,06
	6	0,20	0,29	0,32	0,29	0,24	0,17	0,12	0,06
	10 и более	0,20	0,26	0,29	0,26	0,23	0,16	0,11	0,05
Краска фасадная на бетоне белая атмосферостойкая	1	0,25	0,45	0,46	0,40	0,37	0,27	0,20	0,20
	1,5	0,25	0,42	0,44	0,40	0,35	0,24	0,19	0,09
	3	0,25	0,38	0,41	0,37	0,32	0,22	0,15	0,08
	6	0,25	0,37	0,40	0,36	0,31	0,21	0,15	0,08
	10 и более	0,25	0,33	0,36	0,32	0,28	0,19	0,14	0,07

Таблица 17. Расчетные параметры помещения и его бокового естественного освещения.

№ расчет- ной точки	Прямой свет неба										Свет, отраженный фасадом противостоящего здания								Внутренний свет, отраженный от стен, потолка, пола						Влия- ние остек- ления $\tau_o / K_s$	$e^6_p$	$E_{\text{норм}}$
	$n_1$	$n_2$	$\epsilon_6$	$\theta$	$q$	$\epsilon_6 q$	$n'_1$	$n'_2$	$\epsilon_{ad}$	$z_1$	$z_2$	$R$	$\epsilon_{ad} \cdot R$	$B/h_1$	$l_1/B$	$l_p/B$	$\rho_{cp}$	$r_o$									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22						
1																											
2																											
3																											
4																											
5																											

Индекс противостоящего здания в плане (а) и в разрезе (б):  
 а)  $Z_1 = l_{ад} \cdot 1 / (P + D) \cdot a = \dots$  (8); б)  $Z_2 = H \cdot 1 / (P + D) \cdot h_1 = \dots$  (9)

В помещениях предусмотрены следующие коэффициенты отражения стен, потолка и пола:

$$\rho_{cm} = \dots \quad \rho_{nm} = \dots \quad \rho_{nz} = \dots$$

$$\rho_{cp} = \frac{\rho_{cm} S_{cm} + \rho_{nm} S_{nm} + \rho_{nz} S_{nz}}{S_{cm} + S_{nm} + S_{nz}} = \dots \quad (10)$$

Расчетная формула КЕО для бокового освещения в каждой точке

$$e^6_p = (\epsilon_6 q + \epsilon_{ад} \cdot R) r_o \cdot \tau_o / K_o = \dots \quad (7)$$

Расчетные геометрические параметры									
H	l <sub>ад</sub>	P	a	h <sub>1</sub>	l	B	l <sub>n</sub>	l <sub>r</sub>	ρ <sub>ф</sub>

В окнах предусмотрено:

- остекление.....  $\tau_1 = \dots$

- переплеты.....  $\tau_2 = \dots$

- СЗУ.....  $\tau_4 = \dots$

- защитные сетки, решетки.....  $\tau_5 = \dots$

В общем случае:  
 $\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 = \dots \quad (5)$

## Порядок выполнения работы

1. На кальке (при ручном выполнении) или на компьютере в едином масштабе вычерчивается схема расположения противостоящего здания и заданного помещения (характерный разрез и план) (рис.21), исходя из параметров в таблице 14. Характерный разрез помещения – это поперечный разрез посередине помещения, плоскость которого перпендикулярна к плоскости остекления световых проемов (при боковом освещении) или к продольной оси пролетов помещения (при верхнем освещении). В характерный разрез помещения должны попадать участки с наибольшим количеством рабочих мест, а также точки рабочей зоны, наиболее удаленные от световых проемов.

2. На рабочей плоскости РП (на полу либо на высоте 0,8м от пола – на условной рабочей плоскости (УРП) для помещений – офис, читальный зал, аудитория, класс и т.д.) на поперечном разрезе помещения определяются расчетные точки (см. рис.22 А-Б).

3. Осуществляется подсчет количества лучей  $n_1$  и  $n'_1$  по графику I:

А) Калька с чертежом поперечного разреза помещения накладывается на график I так, чтобы центр графика О совмещался с расчетной точкой А, а след горизонтальной рабочей плоскости с основанием графика I, т.е. линией горизонта ЛГ (см. рис. 26);

Б) Подсчитывается количество лучей  $n_1$  (свет от неба) и  $n'_1$  (свет, отраженный фасадом), проходящих через световые проемы (см. рис.26 и 22Б). Результат записывается в графы 2 и 8 таблицы 17.

В) Отмечается номер полуокружности по графику I, которая проходит через точку С – центр светового проема (рис.26).

4. Осуществляется подсчет количества лучей  $n_2$  и  $n'_2$  по графику II:

А) График II накладывается на план помещения таким образом, чтобы его ось проходила по линии поперечного разреза помещения перпендикулярно фронту окон и параллель, номер которой соответствует номеру полуокружности по графику I, проходила через точку С (рис.27);

Б) Подсчитывается количество лучей  $n_2$  и  $n'_2$  по графику II, проходящих через световые проемы (см. рис.27). Результат записывается в графы 3 и 9 таблицы 17.

Эти операции проводятся для каждой расчетной точки.

5. Затем определяются геометрические коэффициенты естественной освещенности КЕО от неба  $\epsilon_6$  и от фасада  $\epsilon_{зд}$  по формулам 11 и 12. Результаты записываются в таблицу 17 в графы 4 и 10.

6. С помощью транспортира определяем для каждой точки угол  $\theta$  (см. рис. 21А и 21Б) и заносим в таблицу 17, графа 5.

7. По таблице 15 определяем  $q$  – коэффициент, учитывающий неравномерную яркость облачного неба в пасмурный день (по МКО), и вносим в таблицу 17, графа 6.

8. Находим долю прямого света неба  $\epsilon \cdot q$  и вносим в таблицу 17, графа 7.

9. Находим значение коэффициента  $R$  – относительной яркости фасада противостоящего здания по таблице 16 и значениям  $Z_1$  и  $Z_2$ .

10. Находим долю света, отраженного от фасада противостоящего здания:  $\epsilon_{зд} \cdot R$ . Результат записывается в графу 14.

11. Рассчитываем соотношения геометрических параметров помещения  $B/h_1$ ,  $l/B$ ,  $l_1/B$  для определения доли внутреннего отраженного света в общем световом потоке, попадающем в расчетную точку (записываем в графы 15, 16, 17 табл. 17).

12. Рассчитываем средневзвешенный коэффициент отражения выбранных автором проекта материалов отделки стен, потолка и пола по формуле 10 (записываем в графу 18 табл. 17).

13. По таблице 9 определяем  $r_0$  – коэффициент, учитывающий повышение КЕО за счет многократных отражений внутри помещения ( в графу 19 табл. 17).

14. Определяем потери света при прохождении его через окно, т.е. общий коэффициент светопропускания  $\tau_0$  и влияние загрязнения стекла по формуле 5 как  $\tau_0 / K_z$  (в графу 20 табл. 17).

15. По формуле 7 рассчитывается коэффициент естественной освещенности (КЕО) при боковом освещении в каждой расчетной точке.

16. Результаты вносятся в соответствующие графы для выбранных расчетных точек в таблицу 17. Расчетные значения КЕО  $e_p^6$  следует округлять до десятых долей процента.

17. По таблицам 3 и 4 находим регламентируемое нормами значение нормированного КЕО для данного помещения при боковой системе освещения и заносим в таблицу 17, графа 22.

18. Полученное минимальное расчетное значение  $e_p^6$  сопоставляется с нормированным значением  $e_{норм}$ . Допускается отклонение расчетного минимального значения  $e_p^6$  от нормированного  $e_{норм}$  на  $\pm 10\%$ .

19. На кальке с поперечным разрезом помещения в прямоугольной системе координат в условном масштабе КЕО (%) (не связанным с масштабом разреза), приняв линию условной рабочей поверхности за ось абсцисс, а вертикаль КЕО, проведенную через расчетные точки 1 - n, за ось ординат, построить кривую распределения КЕО на рабочей поверхности по помещению от бокового света, с указанием в виде горизонтальной прямой нормированного значения КЕО  $e_{норм}$ .

20. Делается вывод, удовлетворяет ли спроектированное боковое естественное освещение заданного помещения требованиям СНиП и СанПиН при боковой системе освещения. В случае, если  $e_p^6$  меньше нормированного значения  $e_{норм}$ , предложить пути увеличения  $e_p^6$  изменением проектных параметров помещения.

## Б. Расчет коэффициента естественной освещенности помещения КЕО при верхней системе освещения.

Проверочный расчет КЕО в расчетных точках помещения при верхней системе освещения следует производить по формуле:

$$e_p^B = [\varepsilon_B + \varepsilon_{B.c.p} (r_{\phi} \cdot K_{\phi} - 1)] \cdot \tau_0 / K_3 \quad (13),$$

где  $\varepsilon_B$  – геометрический КЕО в расчетной точке при верхнем освещении, определяемый по графикам Данилюка I и II (рис. 24 и 25);

Геометрический коэффициент естественной освещенности в какой-либо точке помещения при верхнем освещении  $e_p^B$  определяется по формуле:

$$\varepsilon_B = 0,01(n_3 \cdot n_2) \quad (14),$$

где  $n_3$  – количество лучей по графику III, проходящих от неба в расчетную точку через верхние световые проемы на поперечном разрезе помещения (рис. 28);

$n_2$  – количество лучей по графику II, проходящих от неба в расчетную точку через световые проемы на продольном разрезе помещения (рис. 29).

В случае нескольких световых проемов  $n_3$  и  $n_2$  определяются отдельно для каждого проема, а затем произведения  $n_1 \times n_2$  суммируются.

$\varepsilon_{B.c.p}$  – среднеарифметическое значение геометрического КЕО при верхнем освещении на линии пересечения условной рабочей поверхности и плоскости характерного вертикального разреза помещения, определяемое из соотношения:

$$\varepsilon_{B.c.p} = 1/N \cdot (\varepsilon_{B1} + \varepsilon_{B2} + \varepsilon_{B3} + \dots + \varepsilon_{Bn}) \quad (15),$$

где  $\varepsilon_{B1}$ ,  $\varepsilon_{B2}$ ,  $\varepsilon_{B3}$ ,  $\varepsilon_{Bn}$  – геометрический КЕО при верхнем освещении в расчетных точках (стен, потолка, пола), определяемый по (14);

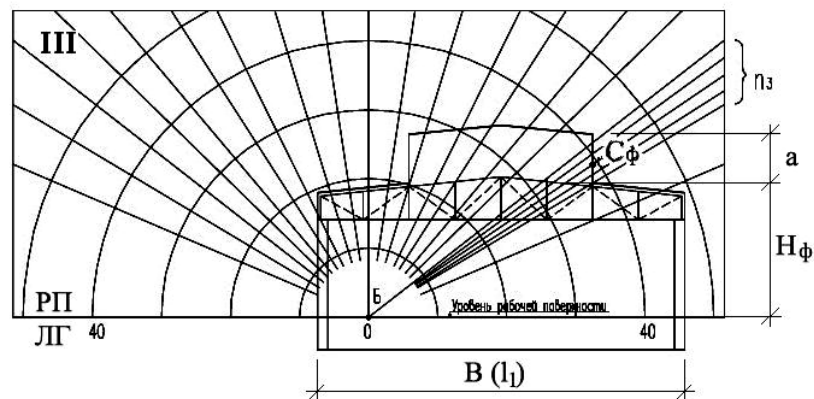


Рис. 28. Определение количества лучей  $n_3$ , проходящих через световые проемы при верхнем освещении по графику III.

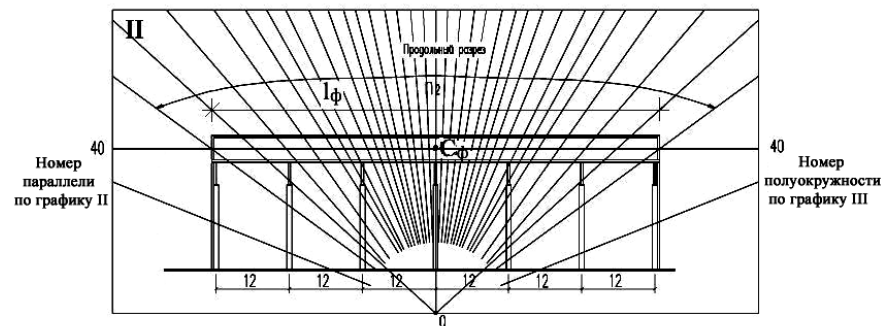


Рис. 29 Определение количества лучей  $n_2$ , проходящих через световые проемы при верхнем освещении, по графику II

$r_{\phi}$  – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при верхнем освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения, принимаемый по табл. 12;

$K_{\phi}$  – коэффициент, учитывающий тип фонаря, определяемый по таблице 13;

$\tau_0$  – общий коэффициент светопропускания светового проема, определяемый для верхнего света по формуле 5 и табл.8;

$K_3$  – коэффициент запаса, принимаемый по табл.5;

$H_{\phi}$  – высота низа фонаря над УРП, м.

Расчет коэффициента естественной освещенности (КЕО) при верхней системе сводится в таблицу 18.

Таблица 18. Расчетные параметры помещения и его верхнего естественного освещения.

№ расчетной точки	Прямой свет неба					Внутренний свет, отраженный от стен, потолка, пола				Влияние остекления	$e_p^B$	$e_{cp}^B$	$e_{норм}$
	$n_3$	2	3	$\epsilon_n$	$\epsilon_{cp}$	$H_{\phi}/B$	$\rho_{cp}$	$r_{\phi}$	$K_{\phi}$				
1	2			4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1													
2													
3													
4													
5													

Расчетные геометрические параметры			
В	Н $\phi$	а $\phi$	Кол-во проемов

$$\epsilon_{cp}^B = 1/N(\epsilon_{n1} + \epsilon_{n2} + \epsilon_{n3} + \dots + \epsilon_{nN}) \quad (15)$$

В помещениях предусмотрены следующие коэффициенты отражения стен, потолка и пола:

$$\rho_{cm} = \dots \quad \rho_{nm} = \dots \quad \rho_{nl} = \dots$$

$$\rho_{cp} = \frac{\rho_{cm} S_{cm} + \rho_{nm} S_{nm} + \rho_{nl} S_{nl}}{S_{cm} + S_{nm} + S_{nl}} = \dots \quad (16)$$

Расчетная формула КЕО для верхнего освещения в каждой (1-N) точке

$$e_p^B = [\epsilon_n + \epsilon_{n,cp} (r_{\phi} \cdot K_{\phi} - 1)] \cdot \tau_0 / K_{\phi} = \dots \quad (17)$$

Среднее расчетное значение КЕО в помещении:

$$e_{cp}^B = [1/(N-1)] \cdot (0,5e_1 + e_2 + e_3 + \dots + e_{N-1} + 0,5e_N) = \dots \quad (18)$$

В светопроемах (фонарях) предусмотрено:

- остекление.....  $\tau_1 = \dots$

- переплеты.....  $\tau_2 = \dots$

- несущие конструкции под фонарем.....  $\tau_3 = \dots$

- СЗУ.....  $\tau_4 = \dots$

- защитные сетки.....  $\tau_5 = \dots$

В общем случае:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 = \dots \quad (5)$$

## Порядок выполнения работы

1. Осуществляется подсчет количества лучей  $n_3$  по графику III: калька с чертежом поперечного разреза помещения накладывается на график III так, чтобы центр графика 0 совпал с расчетной точкой Б, а основание графика – со следом горизонтальной рабочей плоскости (с линией горизонта) (рис.28).

2. Подсчитывается количество лучей  $n_3$ , проходящих от неба в расчетную точку Б через верхние световые проемы (рис.28). Результат записывается в табл.18, графа 2.

3. Отмечается номер полуокружности графика III, которая проходит через точку С<sub>ф</sub> – середину светового проема фонаря.

4. Калька с чертежом продольного разреза помещения накладывается на график II таким образом, чтобы вертикальная ось и параллель графика, номер которой соответствует номеру полуокружности по графику III, проходили через точку С<sub>ф</sub> (рис.29).

5. Подсчитывается количество лучей  $n_2$  по графику II, проходящих от неба через верхние световые проемы. Результат записывается в табл. 18, графа 3.

6. Операция повторяется для каждой выбранной точки и в каждой определяется расчетный геометрический КЕО при верхнем освещении  $e_p^B$  по формуле 13.

7. Рассчитывается среднеарифметическое значение геометрического КЕО  $e_{cp}$  по формуле 15.

8. По таблице 12 соотношения  $H_{\phi}/B$  находится  $r_{\phi}$  – коэффициент, учитывающий повышение КЕО за счет отраженного света внутри помещения.

9. По таблице 13 определяется значение  $K_{\phi}$ .

10. Определяется общий коэффициент светопропускания фонаря  $\tau_0$  по формуле 5 и таблице 8.

11. Находится коэффициент запаса по таблице 5.

12. Рассчитывается по формуле 13 коэффициент естественной освещенности (КЕО) при верхнем фонаре  $e_p^B$  в каждой точке.

13. Рассчитывается среднее значение КЕО  $e_{cp}^B$  при верхнем освещении в помещении по формуле 16:

$$e_{cp}^B = 1/(N-1) \cdot (e_1/2 + e_2 + e_3 + \dots + e_{N-1} + e_N/2) \quad (16)$$

14. Результаты вносятся в соответствующие графы для каждой из расчетных точек в таблицу 18.

15. По таблицам 3 и 4 находим регламентируемое нормами значение нормированного КЕО  $e_{норм}^B$  для данного помещения при верхней системе освещения и заносим в таблицу 18.

16. Полученное среднее расчетное значение  $e_{\text{ср}}^{\text{в}}$  сопоставляется с нормированным значением  $e_{\text{норм}}^{\text{в}}$  для верхнего света. Допускается отклонение расчетного среднего значения  $e_{\text{ср}}^{\text{в}}$  от нормированного  $e_{\text{норм}}^{\text{в}}$  на  $\pm 10\%$ .

17. Делается вывод, удовлетворяет ли спроектированное верхнее естественное освещение заданного помещения требованиям норм. В случае несоответствия  $e_{\text{р}}^{\text{в}}$  (в меньшую сторону) нормированному значению  $e_{\text{норм}}^{\text{в}}$  предложить пути увеличения  $e_{\text{р}}^{\text{в}}$ .

18. На поперечном разрезе помещения в принятом масштабе КЕО (%), приняв линию условной рабочей поверхности за ось абсцисс, а вертикаль, проведенную через каждую расчетную точку, за ось ординат, построить кривую распределения КЕО по помещению от верхнего света с указанием в виде горизонтальных прямых среднего значения  $e_{\text{р}}^{\text{в}}_{\text{ср}}$  и нормированного значения КЕО  $e_{\text{норм}}^{\text{в}}$ .

#### **В. Расчет коэффициента естественной освещенности помещения (КЕО) при комбинированной системе освещения.**

Расчет КЕО в расчетных точках помещения при комбинированной системе освещения (при боковом и верхнем освещении) следует производить по формуле:

$$e_{\text{р}}^{\text{к}} = e_{\text{р}}^{\text{б}} + e_{\text{р}}^{\text{в}} \quad (17)$$

#### **Порядок выполнения работы**

1. Для определения КЕО при комбинированном освещении полученные значения КЕО при боковой системе (табл.17) суммируются с КЕО при верхней системе (табл.18) для соответствующих расчетных точек. Полученные результаты вносятся в таблицу 19.

Таблица 19. Расчет КЕО при комбинированной системе естественного освещения.

№ расчетной точки	$e_{\text{р}}^{\text{к}}$	$e_{\text{р}}^{\text{к}}_{\text{ср}}$	$e_{\text{норм}}^{\text{к}}$
1			
2			
3			
4			
5			

2. Рассчитывается среднее значение КЕО  $e_{\text{р}}^{\text{к}}$  при комбинированном освещении по формуле 18.

3. По таблицам 3 и 4 находим регламентируемое нормами значение нормированного КЕО  $e_{\text{норм}}^{\text{к}}$  для данного помещения при комбинированном освещении и заносим в таблицу 19.

4. Полученное среднее расчетное значение  $e_{\text{р}}^{\text{к}}_{\text{ср}}$  сопоставляется с нормированным значением для комбинированной системы. Допускается отклонение расчетного среднего значения  $e_{\text{ср}}^{\text{к}}$  от нормированного  $e_{\text{норм}}^{\text{к}}$  на  $\pm 10\%$ .

5. Делается вывод, удовлетворяет ли спроектированное комбинированное естественное освещение заданного помещения требованиям норм. В случае неудовлетворения нормированному значению  $e_{\text{норм}}^{\text{к}}$  предложить пути увеличения или уменьшения  $e_{\text{р}}^{\text{к}}$  в зависимости от необходимости.

6. На поперечном разрезе помещения в прямоугольной системе координат в масштабе КЕО (%), приняв линию условной рабочей поверхности за ось абсцисс, а вертикаль, проведенную через каждую расчетную точку, за ось ординат, построить кривые распределения КЕО по помещению от бокового и верхнего света, затем суммарную кривую КЕО и по ней провести горизонтальные прямые среднего  $e_{\text{р}}^{\text{к}}_{\text{ср}}$  и нормированного значения КЕО  $e_{\text{норм}}^{\text{к}}$ .

## VI. Контрольные вопросы.

1. Что такое “естественное освещение” помещений: каким светом имеется в виду они освещаются – солнцем?, небом?, суммарно солнцем и небом?
2. Есть ли разница в содержании терминов “естественный свет” (natural light) и “дневной свет” (daylight)?
3. Чем “естественное освещение” отличается от “инсоляции”?
4. Назвать основные составляющие естественной освещенности в помещении.
5. Как нормируется естественное освещение помещений?
6. Что такое “коэффициент естественной освещенности” (КЕО) и почему он принят за нормируемый критерий?
7. От каких факторов зависит выбираемая величина нормируемого КЕО в помещении?
8. Чем отличается расчетный КЕО  $e_6$  от геометрического КЕО неба  $e_6$  и геометрического КЕО здания  $e_{дз}$  при боковом освещении помещения?
9. Как учитывается неравномерная яркость небосвода (по МКО) при расчете естественного освещения в помещениях с боковой и верхней системой (фонарями)?
10. Как в расчетах естественного освещения помещения учитывается влияние градостроительной ситуации?
11. Как влияют предусмотренные архитектором габаритные и отделочные характеристики помещения на освещенность и распределение естественного света в нем? Какими показателями они учитываются при расчете КЕО?
12. Как принятая в проекте система естественного освещения влияет на выбор величины и расчет КЕО?
13. Какие параметры помещения в силах изменить автор-архитектор в проекте здания, если по выполненному расчету КЕО оказывается ниже нормативного?
14. Какой закон светотехники лежит в основе построения графиков А.М. Данилюка?
15. Перечислить, какие факторы реальной ситуации влияют на естественное освещение помещения и как они учитываются в расчете.

## VII. Литература.

1. Справочная книга по светотехнике (3-е издание, переработанное и дополненное). Под общей редакцией Айзенберга Ю.Б. М., “Знак”, 2006.
2. Архитектурная физика. Учебник для вузов. Под общей редакцией Оболенского Н.В. М., «Архитектура-С», 2007.
3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий». М., 2003.
4. СНиП 23-05-95\* «Естественное и искусственное освещение». М., 2003
5. СП 23-102-2003 «Естественное освещение жилых и общественных зданий». М., 2003.
6. СНиП II-4-79 «Строительные нормы и правила. Естественное и искусственное освещение». М., 1980 (на практике отменен).

Учебное издание

Инна Валентиновна Мигалина  
Николай Иванович Щепетков

**Расчет и проектирование естественного  
освещения помещений**

Учебно-методические указания к курсовой расчетно-  
графической работе

Под редакцией Н.И.Щепеткова

Издание подготовлено на кафедре  
«Архитектурной физики»

Подписано в печать 11.11.11  
Формат 60х90/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура Times New Roman  
Печать офсетная. Уч.-изд. л. 4,25.  
Тираж 100 экз.

ФГБОУ ВПО «Московский архитектурный институт  
(государственная академия)»  
107031, Москва, ул. Рождественка, д.11,  
Тел.: (495) 625-50-82, (495) 624-79-90.