

С.В. Стецкий, К.О. Ларионова

СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

Краткий курс лекций
для студентов бакалавриата,
обучающихся по направлению
270800 «Строительство»

ISBN 978-5-7264-0957-3 (локальное)
ISBN 978-5-7264-0958-0 (сетевое)

© ФГБОУ ВПО «МГУ», 2014
© Оформление.
ООО «Ай Пи Эр Медиа», 2014

Москва 2014

ФИЗИКА СРЕДЫ

УДК [628/.9+534.8](075)
ББК 38.113я73
С86

Р е ц е н з е н т ы :

лауреат премии правительства Российской Федерации,
кандидат технических наук, *А.В. Спиридонов*,
заведующий лабораторией энергосберегающих технологий
в строительстве НИИСФ;

доктор технических наук, профессор *А.К. Соловьев*,
заведующий кафедрой архитектуры гражданских
и промышленных зданий ФГБОУ ВПО «МГСУ»

Стецкий, С.В.

С86 Строительная физика [Электронный ресурс] : краткий курс лекций для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению 270800 «Строительство» / М-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. гос. строит. ун-т, каф. архитектуры гражданских и промышленных зданий ; сост. С.В. Стецкий, К.О. Ларионова. — Электрон, дан. и прогр. (6,6 Мбайт). — Москва : МГСУ, 2014. — Учебное электронное издание комбинированного распространения: 1 электрон. опт. Диск (CD-ROM). — Систем. требования: Intel; Microsoft Windows (XP, Vista, Windows 7); дисковод CD-ROM, 512 Мб ОЗУ; разрешение экрана не ниже 1024×768; ПО Adobe Air, ПО IPRbooks Reader, мышь; ЭБС IPRbooks. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/> — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-7264-0957-3 (локальное)

ISBN 978-5-7264-0958-0 (сетевое)

Изложены основные положения физико-технического проектирования зданий, факторы, определяющие комфортные условия внутреннего микроклимата. Приведены примеры архитектурно-планировочных и конструктивных решений зданий, способствующих созданию комфортной внутренней среды в помещениях гражданских и промышленных зданий.

Для студентов бакалавриата, обучающихся по специальности 270800 «Строительство».

Учебное электронное издание

Минимальные системные требования: процессор стандартной архитектуры x86 с тактовой частотой от 1,6 ГГц и выше; операционная система Microsoft Windows XP, Vista или Windows 7; от 512 Мб оперативной памяти; от 1 Гб свободного пространства на жестком диске; разрешение экрана не ниже 1024×768; программа Adobe Air.

© ФГБОУ ВПО «МГСУ», 2014
© Оформление.
ООО «Ай Пи Эр Медиа», 2014

Редактор *А.С. Гаврилова*
Технический редактор *А.В. Кузнецова*
Корректор *А.С. Скрябина*
Компьютерная верстка *С.С. Сизиумовой*

Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2013, приложение pdf2swf из ПО Swftools, ПО IPRbooks Reader,
разработанное на основе Adobe Air

Подписано к использованию 12.12.2014. Уч.-изд. л. 1,4. Объем данных 6,6 Мб,
1 CD-ROM. Тираж 10 экз.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Московский государственный строительный университет».
129337, Москва, Ярославское ш., 26.
Издательство МИСИ – МГСУ.
Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95.
E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

ООО «Ай Пи Эр Медиа».
Тел. 8-800-555-22-35, (8452) 24-77-97, вн. 208,
E-mail: izdat@iprmedia.ru, mail@iprbookshop.ru
www.iprbookshop.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1. Строительная климатология.....	6
2. Строительная светотехника.....	12
3. Инсоляция зданий и территорий.....	23
4. Солнцезащитные устройства.....	29
5. Новые системы освещения зданий.....	36
6. Строительная теплотехника.....	42
7. Основы строительной акустики и защиты от шума.....	48
8. Основы архитектурной акустики.....	53
Библиографический список	56

ВВЕДЕНИЕ

Знание физических процессов, протекающих в ограждающих конструкциях зданий, и физических свойств внутренней среды в них является необходимым условием архитектурно-строительного проектирования. От его качественного проведения зависят комфорт внутренней среды и долговечность зданий. Комфортные условия физической среды в помещениях зависят от таких факторов в них, как тепловой, влажностный, воздушный, акустический, световой и инсоляционный режимы.

1. СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛИМАТОЛОГИЯ

Строительная климатология обеспечивает целесообразные проектные решения зданий, их комплексов и городской застройки с учетом особенностей климата.

Климат — это многолетний, устоявшийся режим погоды в данной местности.

Основные факторы климата следующие: количество осадков, относительная влажность воздуха, количество солнечной радиации, интенсивность ветров, континентальность климата и температура воздуха.

По влажности климата на территории РФ и стран СНГ устанавливаются 3 зоны: влажная, нормальная и сухая.

Климатическое районирование территории РФ и СНГ проводится по 4 климатическим районам в зависимости от температуры, влажности воздуха и скорости ветра. Эти районы, в свою очередь, подразделяются на 3—4 подрайона. Районы обозначаются римскими цифрами, а подрайоны — буквами. Например, Москва находится во II-в климатическом районе.

В отношении теплового воздействия на человека характерны следующие виды погоды: очень холодная, холодная, прохладная, теплая, жаркая и очень жаркая.

Продолжительность характерных видов погоды определяет основные черты климата, которые влияют на архитектурные и конструктивные решения зданий. Создание в помещениях комфортной внутренней среды зависит от теплотехнических качеств ограждающих конструкций, планировочного решения зданий, размеров их отдельных элементов (окна, фонари) и т. д.

Влияние климата на человека и на различные стороны его деятельности (в частности, на строительство) оценивается комплексным воздействием основных факторов климата.

Климат характеризуется однотипными показателями метеорологических факторов на обширной территории.

Наука о климате называется «климатологией». Её раздел — «Строительная климатология» изучает воздействие климата на архитектурно-конструктивные решения зданий, городские структуры и технологии возведения зданий.

В климатологии применяется понятие «годовой ход» который используется для характеристики изменения параметров основных факторов климата в течение года.

Основные факторы климата в этом случае могут быть сформированы следующим образом:

- годовой ход среднемесячных температур;
- годовой ход амплитудных колебаний температур в характерные периоды года (зима и лето);
- годовой ход относительной влажности воздуха;
- годовой ход скорости и направлений ветра;
- годовой ход солнечной радиации.

Для учета при проектировании температурных и влажностных характеристик климата в нормативную литературу вводится понятие «климатическое районирование» (также см. выше), которое определяется по следующим основным параметрам:

- по среднемесячным температурам воздуха в январе и июле;
- по средним скоростям ветра за 3 зимних месяца;
- по среднемесячной относительной влажности воздуха в июле и январе.

Первая группа климатических районов соответствует климату севера, вторая — климату умеренных широт, третья — южному, четвертая — климату горных районов.

Ветер — это перемещение масс воздуха вследствие неравномерного распределения атмосферного давления и неравномерного нагрева земной поверхности. Критерием оценки ветра являются его скорость и повторяемость направления движения по румбам (8 основных румбов). Повторяемость движения воздуха (ветра) иллюстрируется «розой ветров». *Роза ветров* — это многоугольник (полигон), отражающий повторяемость ветра по румбам в процентах от расчетного периода (как правило, года).

Температура воздуха. В климатологии используется целый ряд температурных показателей. Различают среднемесячную температуру, абсолютную температуру, среднюю температуру за сутки или за ряд суток, амплитуды колебаний температур за определенный период, температуру отопительного периода и т. д. Эти данные используются для различных вариантов теплотехнических расчетов (расчет сопротивления теплопередаче, расчет теплоустойчивости ограждений и т. д.).

Влажность воздуха. Различают абсолютную и относительную влажность воздуха. Абсолютная влажность характеризуется количеством влаги в граммах на кубический метр воздуха. Относительная влажность характеризуется насыщенностью воздуха водяным паром в процентах.

Солнечная радиация. Падающий на определенные поверхности тепловой поток от прямой и рассеянной солнечной радиации выражаются в Вт/м² или в МДж/м². Количество тепла, поступающего от действия солнечной радиации, зависит в основном от географической широты местности, ее высоты над уровнем моря, расположения поверхности относительно горизонтальной плоскости, ориентации рассматриваемой поверхности по сторонам горизонта и времени года.

Осадки и снежный покров. Данные о сумме осадков за год, максимальных осадках за месяц, а также о количестве дней в году со снежным покровом и о его средней высоте используются для проектирования ливневой канализации на городских территориях и водостоков с крыш зданий, а также для статических расчетов конструкций покрытий зданий.

Климатическое районирование территорий является необходимой предпосылкой для решения двух основных архитектурно-строительных проблем:

- наилучшего приспособления зданий и застройки к климатическим особенностям района строительства;
- наилучшего использования ресурсов природной энергии (солнца, ветра, термальной энергии и др.)

Для улучшения качества внешней среды в городах необходимо:

- устраивать санитарно-защитные зоны;
- взаимно располагать промышленные и жилые зоны в городах с учетом направления господствующих ветров;
- равномерно располагать на территории города зеленые массивы и водоемы;
- обеспечивать необходимую аэрацию и инсоляцию городских территорий

Микроклимат в помещениях создается двумя основными способами:

- мерами архитектурно-планировочных и конструктивных решений зданий (естественные или пассивные меры).
- мерами искусственной климатизации — искусственным освещением, отоплением, вентиляцией и кондиционированием воздуха (активные или искусственные меры).

Внутренний микроклимат зависит от воздушного, теплового, влажностного, светового и шумового режимов в помещении.

Дискомфорт наступает при жаре, холоде, недостатке или избытке влажности воздуха, недостаточной или избыточной интенсивности воздухообмена в помещении, недостаточной освещенности, излишней яркости, шуме и т.д.

Комфортными являются следующие параметры среды:

- температура воздуха 18—22°С;
- относительная влажность воздуха 30—60 %;
- скорость движения воздуха 0,25—0,5 м/с;
- уровень шума 30—60 дБ;
- значение коэффициента естественной освещенности при боковом освещении 1,0—1,5 %;
- уровень искусственной освещенности 250—350 лк.

Все эти значения зависят либо от времени года и интенсивности выполняемой работы, либо от требования к функциональным (технологическим) процессам.

Аэрация — это научно организованный, управляемый воздухообмен в зданиях и на территориях. Аэрация является частью естественной вентиляции и требует для своего осуществления систему приточных и вытяжных проемов. Аэрация осуществляется за счет разности температур наружного и внутреннего воздуха и разности давления воздуха с наветренной и подветренной сторон здания. В этой связи важно правильно выбрать ориентацию здания как по сторонам горизонта, так и по направлениям господствующих ветров, а также эффективно располагать аэрационные проемы.

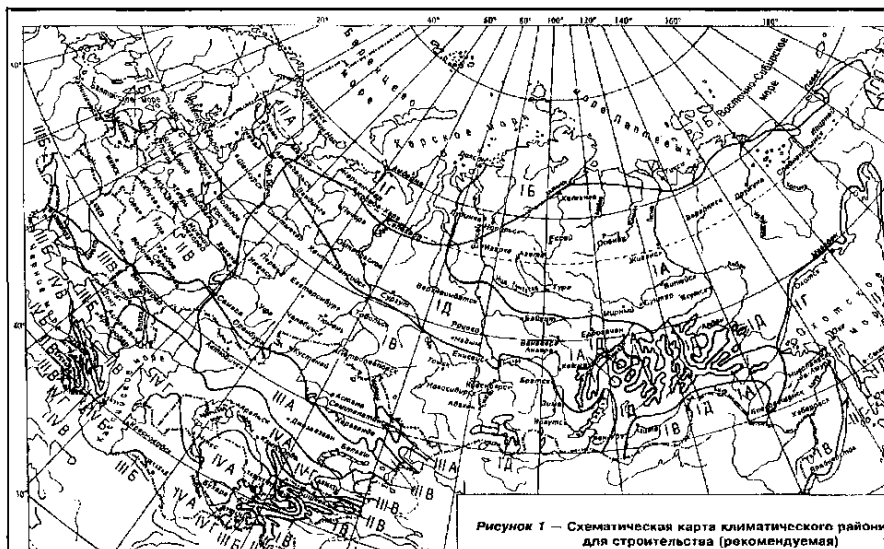


Рис. 1. Климатическое районирование территории РФ и СНГ

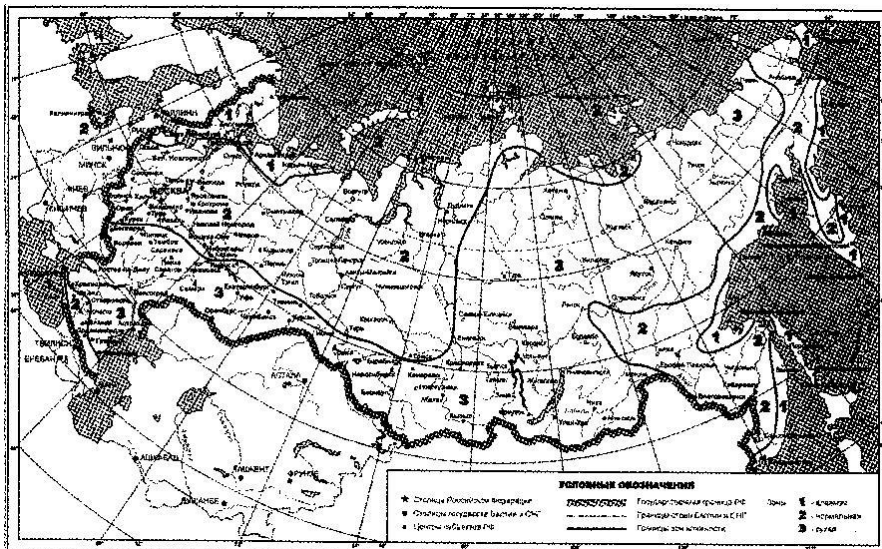


Рис. 2. Зоны влажности территории РФ и СНГ

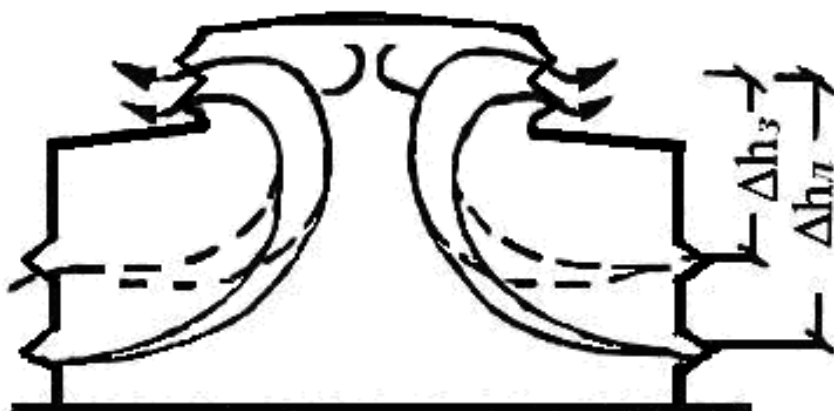


Рис. 3. Пример действия аэрации в зимний и летний периоды года для промышленного здания со светоаэрационными фонарями:

----- движение воздуха зимой; — — движение воздуха летом

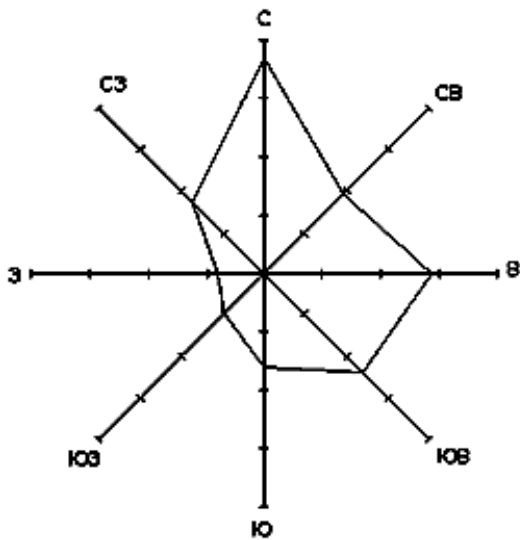


Рис. 4. Пример построения «розы ветров»

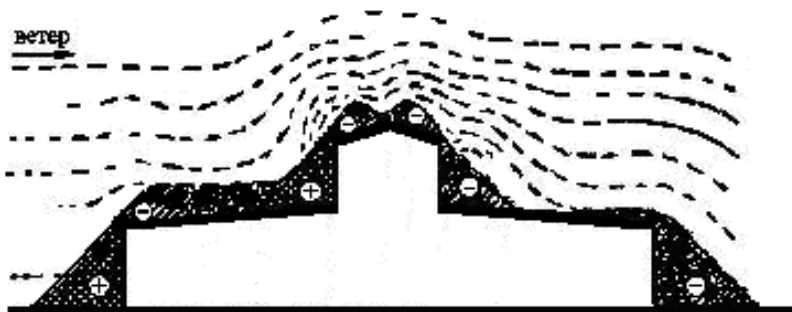


Рис. 5. Пример обтекания ветром одноэтажного промздания с фонарем-надстройкой (конструкции здания условно не показаны)

2. СТРОИТЕЛЬНАЯ СВЕТОТЕХНИКА

Задачами строительной светотехники являются исследование условий, определяющих создание оптимальной световой среды в помещениях, которая отвечала бы протекающим в них функциональным процессам, а также разработка соответствующих архитектурных и конструктивных решений зданий.

Оптимальный (или качественный, или комфортный) световой режим в помещении необходим не только для создания нормальных условий труда, но и для создания нормальных санитарно-гигиенических и психологических условий пребывания людей в помещении.

Освещение помещений может быть естественным, искусственным и совмещенным. При естественном освещении источником света является небосвод, при искусственном освещении – светильники искусственного света, а при совмещенном освещении естественный и искусственный свет применяются совместно.

В *курсе строительной светотехники* рассматриваются вопросы, связанные в основном с естественным освещением помещений, а также частично с совмещенным освещением. Вопросы искусственного освещения детально изучаются в специальном разделе, который будет рассмотрен ниже.

Естественное освещение осуществляется через проемы в ограждающих конструкциях зданий и может быть боковым (через окна), верхним (через фонари) и комбинированным (через окна и фонари одновременно).

Искусственное освещение осуществляется посредством электросветильников и может быть общим, местным и комбинированным, т.е. таким, при котором общее и местное освещение применяются совместно.

Освещенность измеряется в абсолютных единицах — люксах (лк).
Формула для общего расчета:

$$E = \Phi/S \text{ (лк)}$$

где Φ — световой поток в люменах (лм); S — освещаемая площадь (м^2).

Освещенность в 1 люкс создается световым потоком в 1 люмен на площади в 1 кв. м.

Однако в строительной светотехнике используется относительная величина — коэффициент естественной освещенности, К.Е.О. (e , %).

Коэффициент естественной освещенности равен отношению величины естественной освещенности в люксах в рассматриваемой точке внутри помещения к одновременной наружной освещенности этой точки диффузным светом всего неба.

$$e = \left(\frac{E_{\text{вн.}}}{E_{\text{нар.}}} \right) \cdot 100 \text{ (\%)}$$

Основное требование — одновременность замеров $E_{\text{вн}}$ и $E_{\text{нар}}$ из-за постоянно меняющейся наружной световой обстановки.

Основное допущение при расчетах К.Е.О. по стандартной (нормативной) методике — это предположение о том, что небо — полностью облачное (низкая сплошная облачность в 10 баллов), которое обеспечивает наружное диффузное освещение с распределением яркости по небосводу по закону Муна-Спенсер.

$$L_{\theta} = L_H \cdot (1 + 2 \sin \theta); \text{ при } \theta \rightarrow 90^{\circ}, L_{\theta} \rightarrow L_Z \text{ и } L_{\theta} = 3L_H$$

т.е. яркость стандартного облачного неба в зените в три раза превышает яркость неба на горизонте (L_H , L_{θ} , L_Z) — соответственно яркость неба в горизонте, под углом θ к горизонту и в зените).

Вышеуказанное облачное небо называется «стандартным небом МКО» (МКО — международная комиссия по освещению). Существует также альтернативный расчет при ясном небе, т.е. при прямом свете неба и/или солнца, который характерен для южных регионов.

Существуют два основных светотехнических закона: закон проекции телесного угла и закон светотехнического подобия. На основе первого закона были разработаны графики А.М. Данилюка, а на основе второго закона осуществляется светотехническое моделирование.

Закон проекции телесного угла гласит: освещенность в помещении, создаваемая диффузным светом небосвода, прямо пропорциональна площади проекции на освещаемую плоскость участка неба, видимого из расчетной точки под определенным телесным углом, и яркости этого участка неба, т.е.

$$E_M = f(\sigma, L)$$

Закон светотехнического подобия гласит: если различные светопроемы имеют один и тот же телесный угол, то освещенность в расчетной точке помещения не зависит от абсолютного размера этих светопроемов, т.е. $E_1 = E_2$ при $\sigma_1 = \sigma_2$.

Световой климат местности характеризуют такие факторы, как:

- освещенность, создаваемая прямым светом неба и солнца;
- освещенность, создаваемая рассеянным (диффузным) светом неба;
- абсолютные значения яркостей и их распределения по небосводу при облачном или при ясном небе;
- продолжительность солнечного сияния;
- прозрачность атмосферы;
- альbedo подстилающей поверхности (коэффициент диффузного отражения).

Естественное освещение зависит от солнечности климата (который, в свою очередь, определяется вероятностью ясного неба), географической широты местности, ориентации светопроемов по сторонам горизонта, от характера заполнения светопроемов и от архитектурно-конструктивного решения помещений и самих зданий.

Освещённость земной поверхности E_n складывается из прямой освещённости от неба E_n , рассеянной (диффузной) освещённости E_d и отраженной освещенности E_o .

Вероятность пасмурного (или ясного) неба зависит от географических координат местности и времени года и устанавливается на основе многолетних наблюдений для рассматриваемых районов. При этом солнечная радиация имеет максимальную интенсивность в летний период года.

Интенсивность солнечной радиации на различных территориях изменяется в широких пределах, значительно возрастая в южных районах. Поэтому территория РФ и стран СНГ районирована по световому климату, для чего составляются свето-климатические карты (I—V пояса светового климата для территории РФ + СНГ и I—IV только пока для РФ).

В старых нормах световой климат был представлен в виде свето-климатических поясов на территории СССР (I пояс — север, V пояс — юг). Например, Москва в этом случае находится в III поясе светового климата.

В современных нормах световой климат представлен номерами группы административных районов по ресурсам светового климата (1—5 группы), без четкой привязки к определенным территориям по их широте. Москва в этом случае относится к I группе административных районов.

Освещенность в помещении, как правило, зависит от прямого или диффузного света небосвода, отражённого света от внутренних поверхностей помещения и отраженного света от противостоящих зданий и прилегающих к зданию поверхностей земли.

Освещенность в помещениях оценивается и рассчитывается по характерному разрезу помещения с построением расчетной кривой К.Е.О. для ряда расчетных точек на так называемой «условной рабочей поверхности» (У.Р.П.). При этом расчетные точки располагаются на равном расстоянии одна от другой, первая и последняя точки располагаются на расстоянии 1 м от стен, и количество точек принимается не менее пяти.

Обычно У.Р.П. располагается на уровне 0,8 м от пола, но может располагаться и на уровне пола. Например, в жилых комнатах квартир за У.Р.П. принимается уровень пола и расчетная точка, К.Е.О. в которой сравнивается с нормируемым его значением, располагается в 1 м от дальней от окна стены помещения. На кухнях квартир К.Е.О. оценивается в центральной точке по характерному разрезу помещения на уровне пола. В промышленных и общественных зданиях У.Р.П. располагается традиционно — на отметке 0,8 м от уровня пола.

С нормируемыми значениями К.Е.О., который зависит от характера зрительной работы и светового климата района строительства, сравниваются расчетные минимальные значения К.Е.О. (при боковом освещении). При верхнем или комбинированном освещении с нормируемыми значениям К.Е.О. сравниваются средние расчетные или фактические значения К.Е.О.

По ранее действующим СНиП нормируемое значение К.Е.О. определялось по формулам:

$$E_{\text{норм}} = e \cdot t \cdot c, \text{ или } e^{I,II,IV,V} = e^{III} \cdot t \cdot c,$$

где e — значение К.Е.О. при диффузном свете небосвода, определяемое с учетом характера зрительной работы по нормам;

$e^{I,II,IV,V}$ — значение К.Е.О. для соответствующих поясов светового климата;

e^{III} — базовое значение К.Е.О. для третьего пояса светового климата (Москва);

t — коэффициент светового климата (без учёта солнечного света), в зависимости от района расположения здания;

c — коэффициент солнечности климата (с учётом солнечного света) в зависимости от района расположения здания и ориентации светопроемов.

Характеристика зрительной работы (разряды от I до VIII), т.е. от работ наивысшей точности до общего наблюдения за ходом производственного процесса) зависит от размеров объекта различения и контраста его с фоном. Изменение нормируемого К.Е.О. составляет от 10 % для верхнего света и 3,5 % для бокового света для I разряда до 1,0 %—0,5 % при верхнем освещении и 0,3 %—0,1 % при боковом освещении для VIII разряда зрительной работы.

По новым СНиП нормируемое значение К.Е.О. определяется по следующей формуле:

$$e_N = e_H \cdot m_N,$$

где N — номер группы административных районов по ресурсам светового климата;

e_H — базовое значение К.Е.О. по СНиП;

m_N — коэффициент светового климата.

Коэффициент естественной освещенности для бокового освещения определяется по следующей формуле:

$$e_B^P = (\varepsilon_B \cdot q + \varepsilon_{зд} \cdot b_\Phi \cdot K_{зд}) \cdot \frac{\tau_0 \cdot r_0}{K_3};$$

где q — коэффициент, учитывающий неравномерную яркость неба;

ε_B — геометрический коэффициент естественной освещенности в рассматриваемой точке при боковом свете, учитывающий прямой свет небосвода;

$\varepsilon_{зд}$ — геометрический К.Е.О., учитывающий свет, отраженный от противостоящих зданий;

τ_0 — общий коэффициент светопропускания проемов;

r_0 — коэффициент, учитывающий отражение света от внутренних поверхностей помещения при боковом освещении;

K_3 — коэффициент запаса;

b_Φ — средняя относительная яркость фасадов противостоящих зданий;

$K_{зд}$ — коэффициент, учитывающий изменение внутренней отраженной составляющей К.Е.О. в помещении при наличии противостоящих зданий.

Коэффициент естественной освещенности для верхнего освещения определяется по формуле:

$$e_B^P = [\varepsilon_B + \varepsilon_{CP} (r_2 k_\Phi - 1)] \cdot \tau_0 / k_3,$$

где ε_B — геометрический коэффициент естественной освещенности в расчетной точке при верхнем освещении;

ε_{CP} — средний г. К.Е.О. в помещении при верхнем освещении;

k_Φ — коэффициент, учитывающий тип фонаря;

r_2 — коэффициент, учитывающий отражение света от внутренних поверхностей помещения при верхнем естественном освещении

Примечание. Вместо ε_B может использоваться $\varepsilon_B \cdot q$ (по МГСН и мнению ряда независимых исследователей).

Коэффициент естественной освещенности при комбинированном освещении определяется по формуле:

$$e_K = e_B^P + e_B^P$$

Коэффициент «q» зависит от угла α между расчетной точкой и центром светопроема.

Коэффициент τ_0 зависит от типа остекления, типа переплетов, затеняющего влияния несущих конструкций; СЗУ и защитной сетки под фонарями верхнего света $\tau_0 = \tau_1 \times \tau_2 \times \tau_3 \times \tau_4 \times \tau_5$, где:

- τ_1 — учитывает характер остекления;
- τ_2 — учитывает характер переплетов;
- τ_3 — учитывает затеняющее влияние несущих конструкций;
- τ_4 — учитывает затеняющее влияние солнцезащитных устройств (СЗУ);
- τ_5 — учитывает затеняющее влияние защитной сетки под фонарями верхнего света (применяются только при системе верхнего света, $\tau_5 = 0,9$)

Коэффициенты r_0 и r_2 зависят от геометрических параметров помещения, положения расчетной точки, коэффициента отражения внутренних поверхностей и т.д.

Коэффициенты ε_B , ε_B , $\varepsilon_{3Д}$ определяются по графикам А.М. Данилюка № 1 и № 2. $\varepsilon_B = 0,01 n_1 \cdot n_2$; $\varepsilon_B = n_1 \cdot n_2$, где n_1 и n_2 — количество лучей, проходящих к расчетной точке через светопроемы. Для бокового освещения n_1

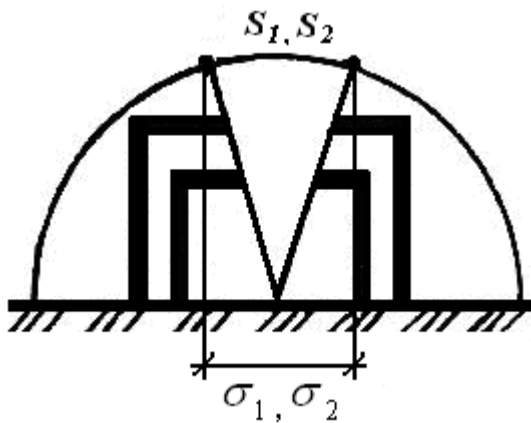


Рис. 8. Закон светотехнического подобия. $S_1 = S_2$, $\sigma_1 = \sigma_2$

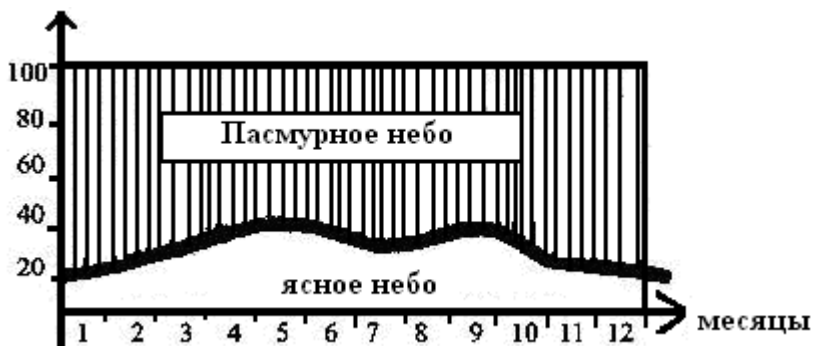


Рис. 9. Вероятность пасмурного / ясного неба (на примере Москвы)

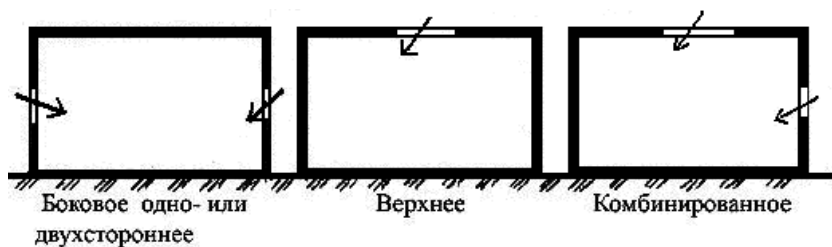


Рис. 10. Системы естественного освещения



Рис. 14. Световая активность фонарей и $K\phi$

100 меридианов
и параллелей



10000 элементарных
площадок с
равновеликими
горизонтальными
проекциями

Рис. 15. Исходные положения для разработки графиков Данилюка

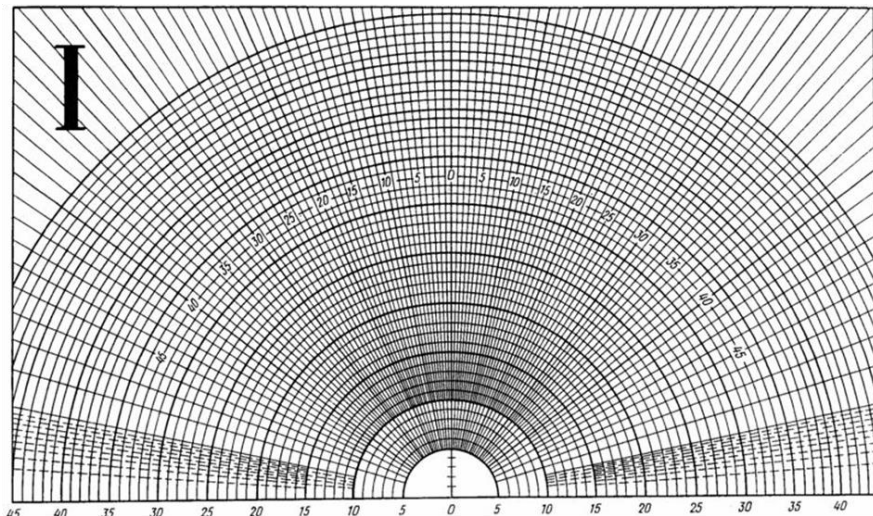


Рис. 16. График А.М. Данилюка № 1

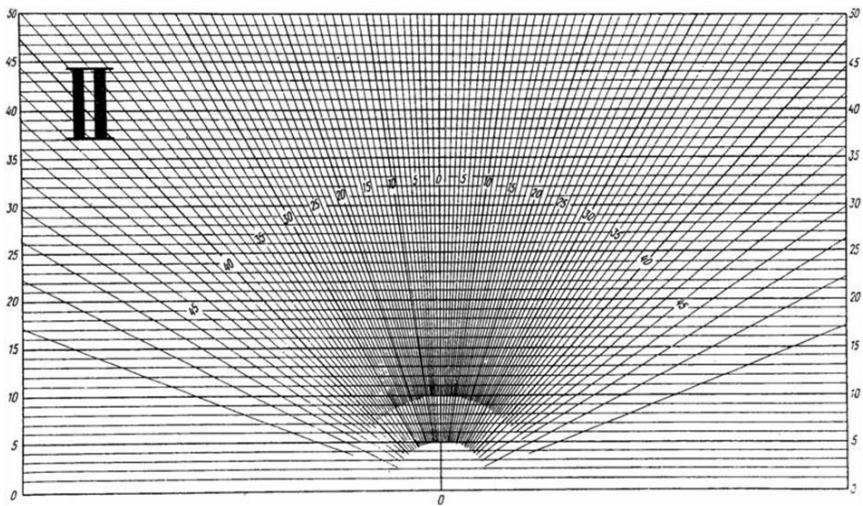


Рис. 17. График А.М. Данилюка № 2

3. ИНСОЛЯЦИЯ ЗДАНИЙ И ТЕРРИТОРИЙ

Инсоляцией называется облучение прямыми солнечными лучами (солнечной радиацией) помещений, фасадов зданий и территорий.

Инсоляция оказывает оздоровительное (физиологическое и психологическое) воздействие на человека. В больших количествах инсоляция зимой может служить средством дополнительного обогрева помещений, но летом может приводить к дискомфортному перегреву помещений, особенно в южных регионах.

Оптимальный инсоляционный режим достигается путем обеспечения прямого солнечного облучения в необходимом количестве и в заданное время.

Продолжительность инсоляции для каждой конкретной местности определяется, прежде всего, временем видимого движения солнца по небосводу.

Траектория движения солнца и период суточной инсоляции для каждой территории зависят от географической широты местности и времени года. В северных районах траектория движения солнца более пологая, а в южных районах более крутая.

Положение солнца на небосводе определяется азимутом A_0 и вертикальным углом возвышения Солнца H_0 . *Азимут* — это горизонтальный угол, отмеряемый от направления на север до проекции на горизонтальную плоскость линии от точки наблюдения до точки положения Солнца.

Дни, характеризующие инсоляцию: 22 июня и 22 декабря (дни летнего и зимнего солнцестояния соответственно), а также 22 марта и 22 сентября (дни весеннего и осеннего равноденствия соответственно).

В день летнего солнцестояния Солнце движется по самой высокой и длинной для данной местности траектории, а в день зимнего солнцестояния — по самой низкой и короткой.

Определение времени инсоляции. Для различных географических широт и для различных периодов года определение времени инсоляции осуществляется с помощью солнечных карт (или графиков Дунаева) и инсоляционных графиков, на которых нанесены линии координат возможного высотного и азимутального положения Солнца. Реальные координаты движения Солнца наносятся на солнечные карты и соединяются линией, которая и характеризует траекторию движения Солнца. Инсоляционные графики являются упрощенной модификацией солнечных карт, удобной для практического использования.

Самый длинный возможный период инсоляции характерен для высоких северных широт (так называемые «белые ночи») — до 21 ч в летний период. Однако интенсивность солнечного облучения при этом крайне мала. В средних широтах самое продолжительное время инсоляции достигает 18 ч, а в южных широтах — 15 ч. На экваторе максимальное (но практически постоянное) время инсоляции составляет 12 ч при большой интенсивности солнечного сияния.

При расчете времени инсоляции не учитывается 1 ч после восхода солнца и 1 ч до захода солнца, т.к. в эти часы её оздоровительное действие крайне незначительно.

Данные по продолжительности инсоляции, полученные по солнечным картам или инсоляционным графикам, относятся к территориям под открытым небом, ничем не затененным от солнечных лучей и являются теоретически максимально-возможными данными по продолжительности инсоляции для конкретной местности.

В действительности, такие затеняющие факторы как влияние застройки, рельефа и т.д. существенно снижают время инсоляции для открытых пространств.

Фактически инсоляционный режим помещений, кроме географической широты и времени года, зависит от следующих факторов:

- ориентации светопроемов;
- затенения противостоящими зданиями;
- затенения элементами здания (балконами, лоджиями, ризалитами, солнцезащитными устройствами (СЗУ) и т.д.);
- размеров и пропорций светопроемов;
- толщины стеновых ограждающих конструкций.

Все эти вопросы решаются графическими методами расчета на основе графиков Дунаева (солнечных карт) или инсоляционных графиков. Самой простой задачей является определение времени инсоляции для открытой местности или для незатененного фасада здания. Более сложная задача — определение времени инсоляции помещения при отсутствии затеняющих факторов. Самой сложной задачей является определение времени инсоляции территории, фасада или помещения с учетом затеняющих факторов.

В качестве вспомогательных данных для определения времени инсоляции должны быть определены предельные инсоляционные углы (горизонтальный и вертикальный) для рассматриваемого светопроема с учетом обрамляющих стен, прилегающих СЗУ, балконов, лоджий, ризалитов и т.д.

При наличии противостоящего объекта определяются его горизонтальные и вертикальные углы затенения, зависящие от высоты объекта, его протяженности и расстояния от рассматриваемого окна. Все эти углы накладываются затем на соответствующие солнечные карты. В случае применения инсоляционных графиков используются только инсоляционные углы окна, а противостоящие объекты рассматриваются с учетом их удаленности и высоты превышения относительно расчетной инсоляционной точки, т.е. с учетом только линейных размеров.

Расчетная инсоляционная точка окна определяется при пересечении линий, образующих горизонтальный и вертикальный инсоляционные углы окна.

Основные требования к инсоляции:

- для центральной инсоляционной зоны (с 48° с.ш. до 58° с.ш.) непрерывная инсоляция должна составлять не менее 2 часов в день в период с 22 марта по 22 сентября. Северная зона расположена севернее 58° с.ш., южная зона — южнее 48° с.ш. с соответствующим временем необходимой инсоляции 2,5 и 1,5 ч;

- в 1—3-комнатных квартирах должно инсолироваться не менее 1 комнаты; в 4- и более комнатных квартирах — не менее 2 комнат;
- допускается перерыв в инсоляции до 1,0 ч, при этом общее время инсоляции должно увеличиваться на 0,5 ч.

Инсоляция нормируется для следующих объектов:

- для жилых зданий;
- для зданий и территорий детских и учебных учреждений;
- для зданий и территорий лечебных учреждений.

В прочих гражданских зданиях инсоляция не нормируется, а в промышленных зданиях вообще должна быть исключена.

Для определения времени инсоляции сейчас используются стандартные инсоляционные графики, разработанные для каждой 5° широты для периода с 22 марта по 22 сентября. Для Москвы (56° с.ш.) используется график для 55° с.ш.

Методика определения времени инсоляции.

1. Определяются инсоляционные углы окна и положение расчетной точки;
2. Определяется ориентация светопроема;
3. Расчетная точка окна совмещается с центром инсографика, плоскость окна размещается в соответствии с его ориентацией (т.е. с перпендикуляром к окну);

4. Горизонтальный инсоляционный угол наносится на инсографик в соответствии с ориентацией окна и подсчитывается количество лучей, проходящих в пределах этого угла к расчетной точке, и определяется общая продолжительность инсоляции;

5. В случае наличия противостоящих объектов, определяется высота их превышения относительно расчетной точки, и время затенения определяется с помощью горизонтальных линий на инсографике, характеризующих высоту противостоящих зданий. Зона между линией превышения и расчетной точкой является «зоной затенения».

6. Определенное время инсоляции сравнивается с нормативным, делаются выводы и даются рекомендации по совершенствованию, в случае необходимости, имеющейся инсоляционной системы.

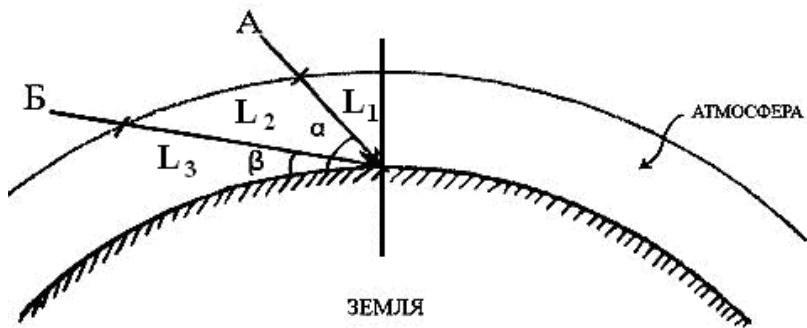


Рис. 18. Прохождение солнечных лучей через атмосферу:
 А — при высоком солнцестоянии; Б — при низком солнцестоянии;
 расстояние L_3 и $L_2 >$ расстояния L_1

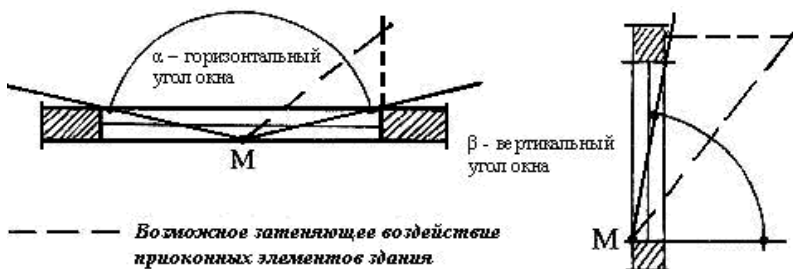


Рис. 19. Граничные инсоляционные углы окна

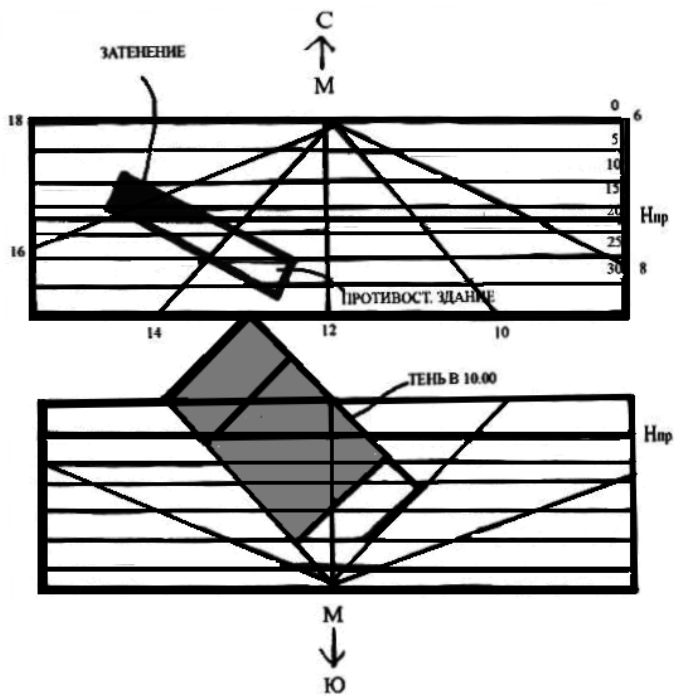


Рис. 20. Использование инсографика при эффекте затенения

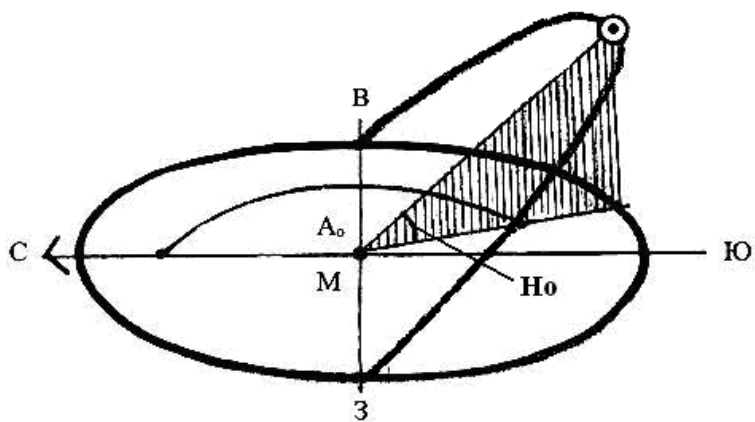


Рис. 21. Основные параметры положения Солнца

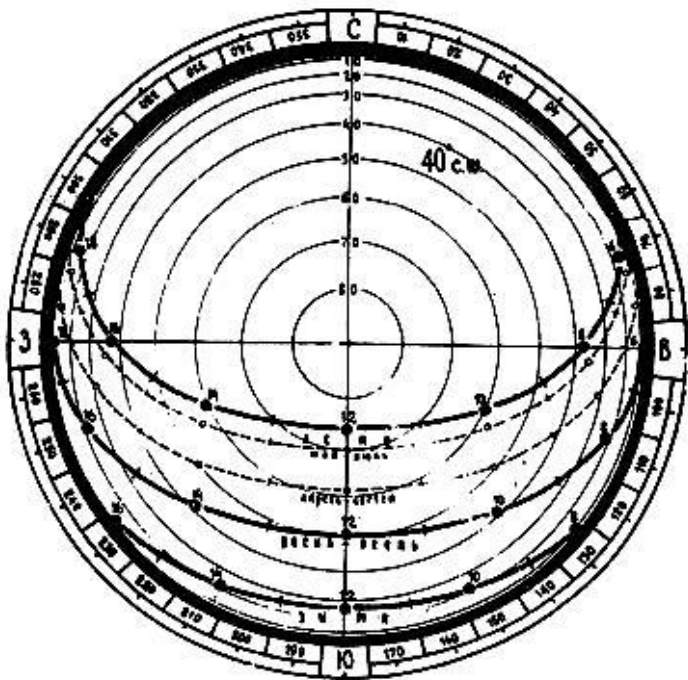


Рис. 22. Солнечная карта для инсоляционных расчетов от $37,5^\circ$ до $42,5^\circ$ с.ш.

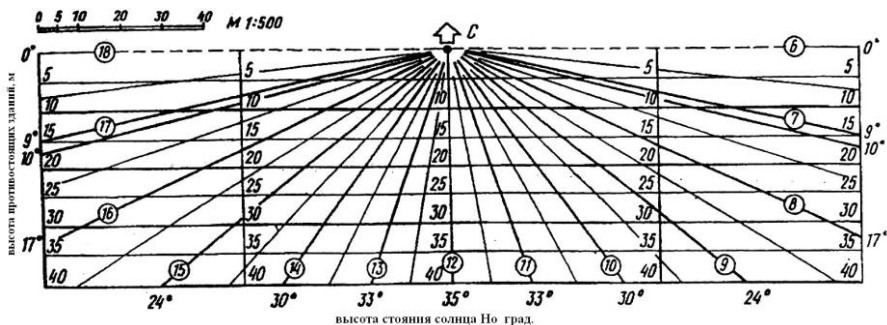


Рис. 23. Инсографик для 55° с.ш. (22/III—22/IX). г.Москва

4. СОЛНЦЕЗАЩИТНЫЕ УСТРОЙСТВА

Ограничение негативного воздействия инсоляции при её чрезмерной продолжительности, которое выражается в перегреве помещений, слепимости и блескости, обеспечивается использованием методов солнцезащиты.

Солнцезащита может обеспечиваться следующими методами:

- ориентацией светопроемов на северную четверть горизонта;
- затеняющей противостоящей застройкой;
- уменьшением размеров светопроемов или увеличением толщины стен;
- крупной пластикой фасадов;
- солнцезащитными устройствами.

Суммарно эти меры обычно называют солнцезащитными средствами.

Солнцезащитные устройства могут быть как наружными, так и внутренними. Кроме того, они делятся на стационарные и регулируемые (мобильные). Стационарная солнцезащита, как правило, выполняется наружно а регулируемая солнцезащита – внутри. Солнцезащитные устройства (СЗУ) являются эффективным средством естественного регулирования светового, инсоляционного и теплового режимов в помещении.

Стационарные СЗУ подразделяются на горизонтальные, вертикальные и комбинированные. Они могут быть железобетонными, деревянными, металлическими, пластиковыми или тканевыми. Кроме этого, они выполняются как сплошными, так и сквозными (планочными или решетчатыми).

Регулируемые СЗУ бывают горизонтальными или вертикальными, обычно в виде жалюзи. Они выполняются в основном из дерева, металла или пластика.

Кроме этого, применяется солнцезащитное стекло, солнцезащитные пленки и т.д.

Расчет СЗУ. Для определения размеров необходимых размеров СЗУ в зависимости от ориентации и расчетного положения Солнца применяются следующие формулы:

- для горизонтального СЗУ:

$$\operatorname{tg}\beta = L/H; L = H \cdot \operatorname{tg}\beta$$

- для вертикального СЗУ:

$$\operatorname{tg} \gamma = L/B; L=B \cdot \operatorname{tg} \gamma,$$

где H — расстояние от низа козырька до низа окна (расчетной точки) или расстояние между планками горизонтальных жалюзи;

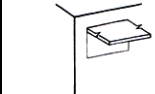


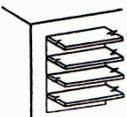


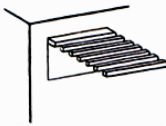
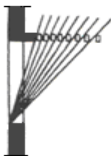

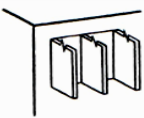


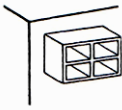
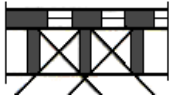

B — расстояние от ребра до середины окна (расчетной точки) или половина расстояния между планками вертикальных жалюзи;

$\beta = 90^\circ - H_0$, где H_0 — вертикальный угол возвышения солнца.

















$\gamma = 90^\circ - A_0$, где A_0 — азимут солнца (или α при отсчете от реального направления ориентации светопроема).













Таблица 1

Примеры «тенева масок» некоторых типов СЗУ

№№	Тип СЗУ	Общий вид	Разрез	«Теневая маска»
1	2	3	4	5
1	Горизонтальные козырьки			
2	Горизонтальные жалюзи			
3	Жалюзийные козырьки			
4	Вертикальные ребра			
5	«Сотовые» СЗУ (уменьшенный вариант комбинированных СЗУ)			

Стационарные и регулируемые СЗУ

Тип СЗУ	Общий вид СЗУ		
Горизонтальные			
	Сплошные	Решетчатые	
		Регулируемые (вращающиеся)	Регулируемые (поднимающиеся)
Вертикальные			
	Стационарные	Регулируемые	
Комбинированные			  
	Стационарные	Регулируемые	Перфорированные стенки и сетки
Маркизы			 
	Сплошные	Шторы-маркизы	Собирающиеся
			Складывающиеся

Тип СЗУ	Общий вид СЗУ		
Экраны			
	Сплошные	Решетчатые	Из теплоотражающих стекол и пластмасс
Ставни-жалюзи			
	Венецианские жалюзи		
	Распашные	Раздвижные	Складывающиеся
Шторы			
	Планочные	Свертывающиеся тканевые	Драпировки
Изделия из стекла			
	Стеклоблоки		Стеклопрофилит

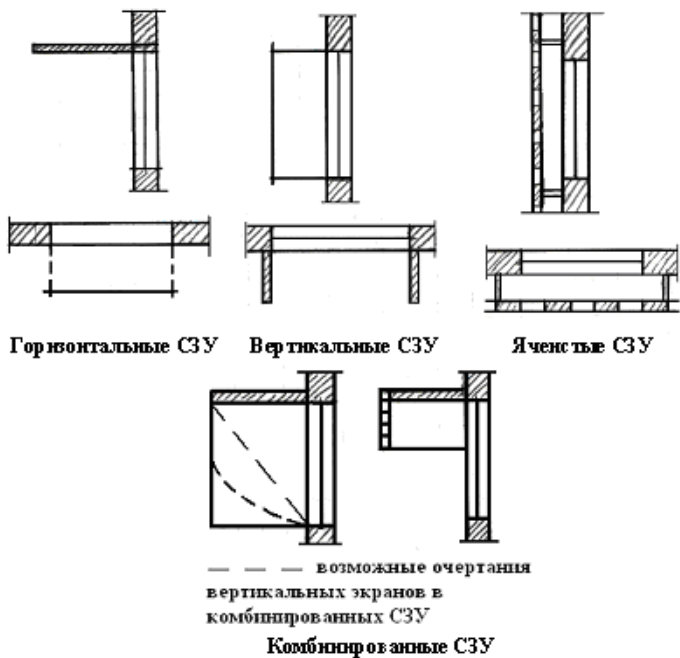


Рис. 24. Стационарные СЗУ

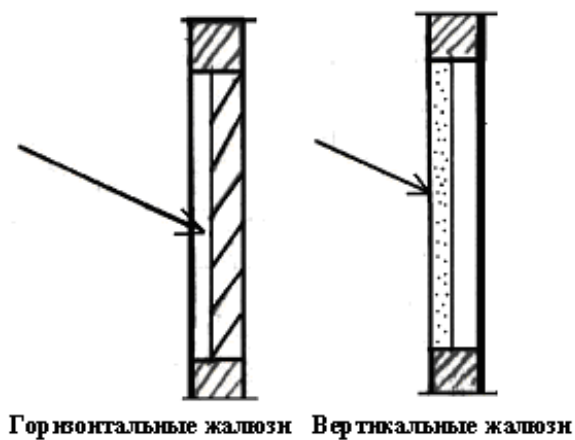
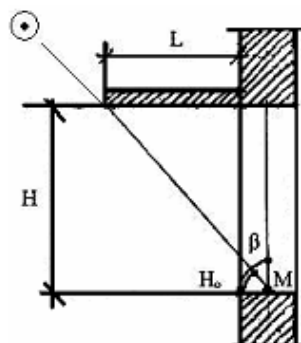
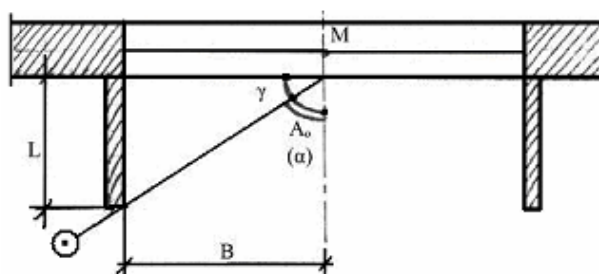


Рис. 25. Регулируемые СЗУ (внутренние)



Горизонтальные СЗУ



Вертикальные СЗУ

Рис. 26. Схемы к расчету СЗУ

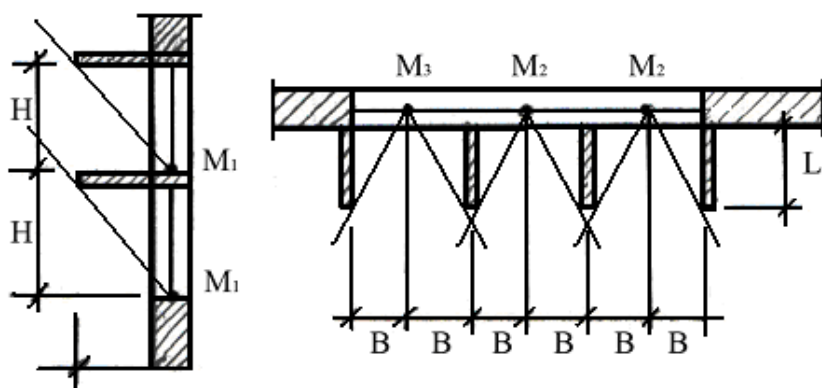


Рис. 27. Варианты к расчету горизонтальных и вертикальных СЗУ
(горизонтальные и вертикальные жалюзи)

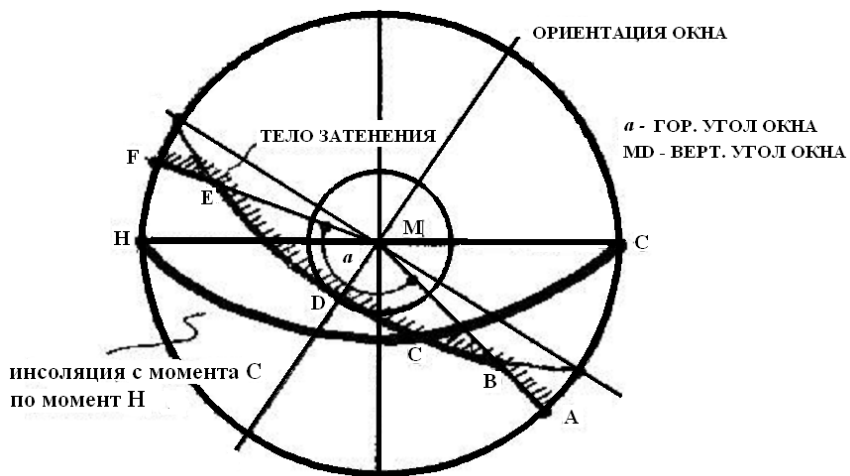


Рис. 28. Определение времени инсоляции помещения.
 Данный пример использует солнечные карты Дунаева

5. НОВЫЕ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ ЗДАНИЙ

1. *Световоды* естественного освещения могут быть горизонтальными, вертикальными, наклонными или комбинированными по расположению в пространстве зданий и трубчатыми или прямоугольными (квадратными) в сечении. Световоды в основном применяются в промышленных или общественных зданиях. Они позволяют канализировать световые потоки в труднодоступные для света зоны зданий. При этом могут снижаться площади светопроемов, более эффективно использоваться естественный свет и экономиться электроэнергия на цели искусственного или дополнительного искусственного освещения. В настоящее время такие системы носят обобщающее название «полых трубчатых световодов».

2. *Зенитные фонари «шахтного типа»* целесообразно применять в зданиях с подвесными потолками в последнем этаже, техническими этажами или с развитым межферменным пространством. Внутренняя отделка шахт выполняется из эффективных светоотражающих материалов. При использовании шахтных фонарей значительно увеличивается их световая активность за счет прироста отраженной составляющей естественного освещения.

3. *Световые колодцы* целесообразно применять в высоких и широких промышленных и общественных зданиях. Они представляют из себя стеклянные призмы или цилиндры, проходящие через здания по всей их высоте и соединенные сверху с зенитными световыми фонарями. Использование световых колодцев является одной из немногих возможностей обеспечить все этажи многоэтажных зданий естественным светом в зонах, отдаленных от боковых светопроемов. Однако эта система в большей степени обеспечивает психологические аспекты естественного освещения, чем дополнительное поступление света в помещение.

4. *Зеркальные светоотражающие устройства* применяются для перераспределения потоков естественного света при боковом и верхнем естественном освещении. Эти устройства располагаются как внутри, так и снаружи помещения на горизонтальных, наклонных и вертикальных поверхностях.

5. *Пластиковые светопропускающие элементы* изготавливаются в основном из поликарбоната (ПК) или полиметилметакрилата (ПММК), двухслойными или трехслойными с внутренними пустотами. Толщина элементов варьируется от 4,5 до 40 мм, ширина — от 60 до 200 см;

длина доходит до 6,0 м. Они имеют хорошее светопропускание, долговечны, обладают высокими теплоизоляционными качествами, легкостью и прочностью. Эти характеристики зависят как от свойств применяемых материалов, так и от ячеистой структуры самих элементов.

6. *Комбинированные системы совещенного освещения* с применением световых шахт верхнего света используют все положительные качества естественного и искусственного освещения, световых шахт и зеркальных отражающих устройств. При этом акцент делается не на традиционном освещении всего помещения, а на приоритетном освещении рабочих мест.

7. *Верхнебоковые светопроемы* естественного света обеспечивают эффективность естественного освещения за счет более высокого или наклонного расположения остекления, а также снижают слепимость в поле зрения работающих. Целесообразно применение верхнебокового освещения в сочетании с небольшими нижерасположенными боковыми светопроемами, обеспечивающими психологический и визуальный контакт с окружающей средой.

8. *Волоконные световоды* из стекловолокна могут обеспечивать естественное или искусственное освещение в любой точке помещения, но крайне дороги.

9. *«Динамические» ограждающие конструкции*. Эти конструкции способны изменять свои теплотехнические свойства, степень светопропускания и внешний вид. «Динамические» ограждающие конструкции способствуют улучшению облика зданий, повышению комфортности пребывания в них людей, оптимизации энергозатрат, улучшению условий труда и эффективному использованию природных форм энергии.

Современные исследования в этой области используют технологии и открытия в сфере электрооптики, голографии, электростатической механики, жидких кристаллов и т.д.

Основные типы этих конструкций:

- многослойный светопропускающий элемент, состоящий из набора саморазворачивающихся пленок с индивидуальными светотехническими характеристиками;
- двухслойный элемент с максимальным светопропусканием и с находящейся между слоями специальной жидкостью, имеющей свойство поглощать волны определенной длины при определенных электроимпульсах;

- термохроматические материалы, изменяющие свои светоотражающие и светопропускающие свойства в зависимости от температуры окружающей среды;
- жидкие кристаллы, обладающие при различной ориентации различными светоотражающими свойствами;
- самоклеющаяся термохроматическая пленка;
- напыленное термохроматическое покрытие стекла;
- диэлектрические материалы, способные изменять коэффициент светопропускания в зависимости от электрического импульса.

«Динамические» светопрозрачные ограждения могут выполнять следующие функции:

- создавать зрительное уединение;
- обеспечивать выборочное светопропускание по участкам светопроема;
- превращать светопрозрачную конструкцию в несветопрозрачную;
- изменять цвет и узор ограждающей конструкции;
- создавать «мобильную солнцезащиту» в виде перемещающегося вслед за Солнцем непрозрачного участка светопроема («бленды»).

Все функции «динамического» светопрозрачного ограждения контролируются ЭВМ, работающей по определенной заданной программе или управляемой находящимися в помещении людьми.

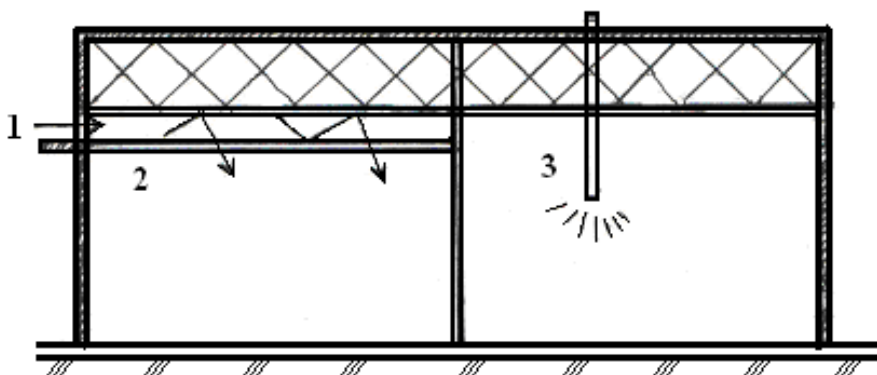


Рис. 29. Световоды:

1 — светоприемники; 2 — горизонтальный «щелевой» световод;
3 — вертикальный полой тубчатый световод

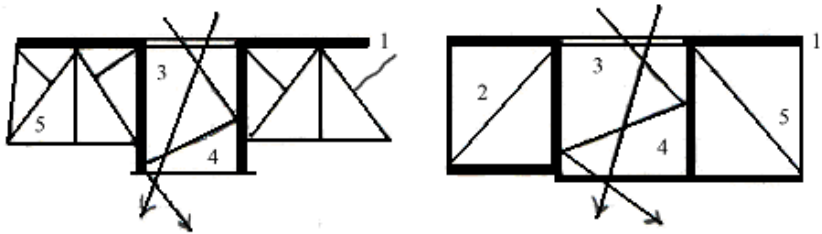


Рис. 30. Зенитные фонари «шахтного» типа:

1 — ограждающие конструкции покрытия; 2 — технический этаж; 3 — зенитный фонарь «шахтного» типа; 4 — отражающие материалы покрытия шахты; 5 — несущая конструкция покрытия

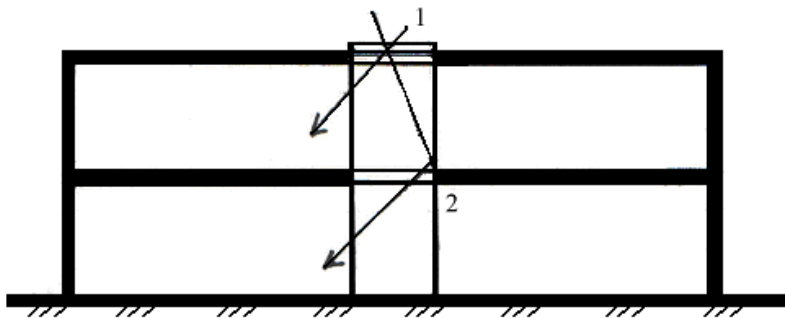


Рис. 31. Световые колодцы:

1 — фонарь верхнего света; 2 — светопрозрачное ограждение

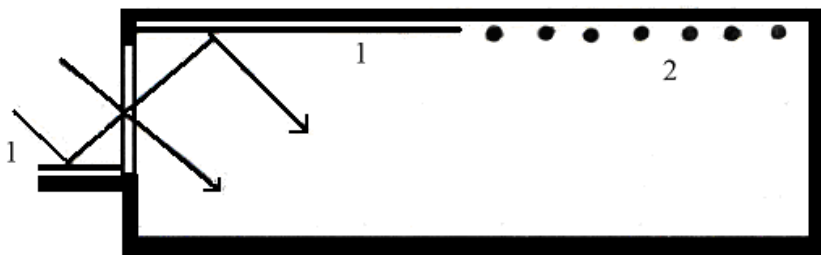


Рис. 32. Зеркальные ограждающие устройства:

1 — светоотражающие поверхности;
2 — система дополнительного искусственного освещения

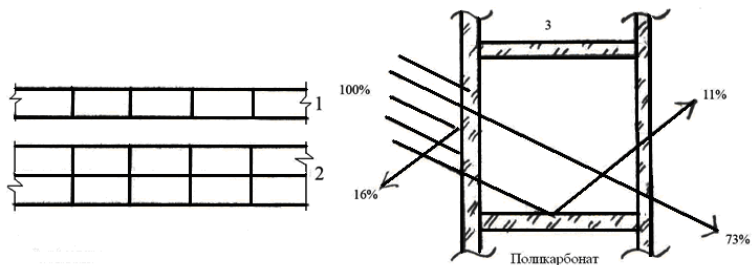


Рис. 33. Светопропускающие элементы из пластика:
 1 — двухслойный элемент из поликарбоната; 2 — трехслойный элемент из поликарбоната; 3 — схема светопускания и светоотражения двухслойного элемента из поликарбоната

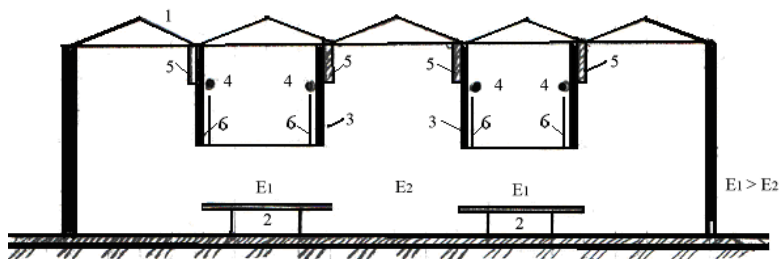


Рис. 34. Комбинированная система совмещенного освещения:
 1 — фонари верхнего света; 2 — рабочие места; 3 — световые шахты;
 4 — светильники дополнительного искусственного света;
 5 — несущие конструкции; 6 — светоотражающее покрытие;
 E_1 — освещенность на рабочих местах; E_2 — освещенность в интерьере



Рис. 35. Верхнебоковое освещение



Рис. 36. Волоконные световоды

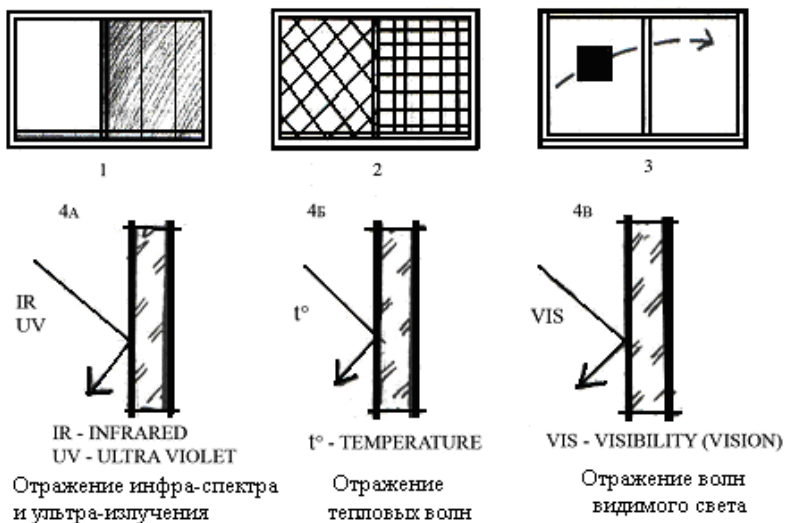


Рис. 37. «Динамические» ограждающие конструкции:

- 1 — выборочная степень светопропускания остекления; изменение цвета остекления;
 2 — создание узора и его изменение при различном цветовом решении остекления и степени его светопропускания; 3 — создание солнцезащитной «бленды»;
 4 (А, Б, В) — варианты изолирующих свойств остекления

6. СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА

Создание в помещениях зданий комфортной внутренней среды зависит в частности от теплотехнических качеств наружных ограждающих конструкций.

Для упрощения теплотехнических расчетов их обычно проводят для случая установившегося потока тепла, принимая внутреннюю и наружную расчетные температуры постоянными.

Строительная теплотехника изучает процессы передачи тепла и воздухопроницаемости через ограждающие конструкции зданий, а также влажностный режим ограждающих конструкций, связанный с процессом передачи тепла.

Повышение влажности материала снижает его теплозащитные качества и уменьшает долговечность конструкции в целом.

Увлажнение материалов конструкций возможно при присутствии технологической влаги, при атмосферных осадках, грунтовой влаге, парообразной и конденсационной влаге и т.д.

После разового случайного увлажнения конструкция постепенно осушается, достигая состояния равновесного влагосодержания с окружающей средой.

При систематическом увлажнении конструкция постоянно находится в переувлажненном состоянии.

Наиболее частым видом увлажнения является увлажнение материала конструкции конденсационной влагой.

Вследствие разности влажности и температуры внутреннего и наружного воздуха перенос влаги через ограждающую конструкцию происходит в направлении пониженной влажности, то есть в умеренном и холодном климате, характерном для нашей страны — изнутри здания наружу.

Конденсационное увлажнение в толще ограждающей конструкции происходит при диффузии водяного пара наружу из среды с большим парциальным давлением в среду с меньшим давлением и конденсации этого пара в толще конструкции в зоне, где охлаждение этой конструкции наружной температурой достаточно для того, чтобы была достигнута так называемая «точка росы».

От теплотехнических качеств наружных ограждений зданий зависят:

- количество тепла, теряемого зданием в холодный период года;
- постоянство температуры воздуха в помещении;

- защита зданий от перегрева;
- температура внутренних поверхностей ограждающих конструкций;
- влажностный режим ограждающих конструкций.

С необходимой точностью все теплотехнические расчеты можно проводить по основным законам теплопроводности. Степень теплопроводности материала конструкции характеризуется величиной коэффициента теплопроводности « λ ». Этот коэффициент показывает, какое количество тепла проходит за 1 ч через 1 м² плоскости конструкции толщиной 1 м при разности температур на ее поверхностях равной 1 °С.

Размерность λ — Вт/м·°С.

Например, для гранита $\lambda = 3,5$ при плотности $\gamma_0 = 2800$ кг/м³, а для пенополистирола $\lambda = 0,06$ при $\gamma_0 = 150$ кг/м³.

С увеличением плотности материала коэффициент теплопроводности возрастает за счет уменьшения пористости этого материала.

С повышением влагосодержания материала коэффициент « λ » резко увеличивается. В нормах по строительной теплотехнике значения коэффициента « λ » приводятся как для материала в сухом состоянии, так и для определенных условий эксплуатации (А и Б), т.е. в зависимости от влажностного режима помещения и зоны влажности района строительства.

Например, для шлакобетона ($\gamma_0 = 1400$ кг/м³) $\lambda_0 = 0,27$; $\lambda_A = 0,41$; $\lambda_B = 0,47$

Стационарные условия теплопередачи при установившемся тепловом потоке « Q » характеризуется постоянством температур в ограждающей конструкции во времени:

$$Q = \frac{t_B - t_H}{R_0},$$

где R_0 — общее сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции;

t_B и t_H — расчетные внутренняя и наружная температуры соответственно.

Общее сопротивление теплопередаче конструкции складывается из сопротивления теплоотдаче внутренней поверхности R_B , термического сопротивления слоев конструкции ΣR_K и сопротивления теплоотдаче наружной поверхности ограждающей конструкции R_H .

$$R_B = 1/\alpha_B; R_H = 1/\alpha_H,$$

где α_B (или α_{INT}) = 8,7 — коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности, а α_H (или α_{EXT}) = 23,0 — коэффициент теплоотдачи наружной поверхности. Термическое сопротивление самой конструкции:

$$R_K = \delta/\lambda,$$

где δ — толщина ограждения в метрах.

Таким образом, окончательно имеем:

$$R_O = R_B + \sum \delta/\lambda + R_H.$$

Основное условие теплотехнических расчетов:

$$R_O \geq R_O^{TP} \text{ или } R_O \geq R_O^{REQ}$$

По новой методике (СНиП «Тепловая защита зданий») R_O^{TP} определяется исходя из условий энергосбережения в зависимости от значения ГСОП (градусо-суток отопительного периода):

$$\text{ГСОП} = (t_B - t_{o.p.}) Z_{o.p.}, \text{ или } D_D = (t_{int} - t_{ext}) Z_{HT},$$

где ГСПО и D_D — величина градусо-суток отопительного периода (градусо-сутки);

t_B и t_{int} — расчетная температура внутреннего воздуха, ($^{\circ}\text{C}$), принимаемая по нормам проектирования соответствующих зданий;

$Z_{o.p.}$; Z_{HT} — продолжительность отопительного периода (сут.) по СНиП «Строительная климатология»;

$t_{o.p.}$; t_{ext} — средняя температура ($^{\circ}\text{C}$) наружного воздуха в отопительный период.

Отопление зданий осуществляется при средней температуре наружного воздуха $\leq 8^{\circ}\text{C}$ в сутки.

В строительной теплотехнике существует 2 типа задач, а именно:

- прямая задача — определить толщину ограждающей конструкции, которая отвечала бы основным теплотехническим требованиям;
- обратная задача — ограждающая конструкция известна, и требуется проверить её теплотехнические свойства.

Теплоустойчивость конструкции важна для летних условий её эксплуатации. В южных регионах толщина ограждающей конструкции при её теплотехническом расчете по «зимним» условиям эксплуатации получается очень малой и при «летней» её эксплуатации возможен перегрев помещений.

За счет прямой и рассеянной солнечной радиации происходит периодический нагрев наружной поверхности ограждающей конструкции. Температурная волна, распространяясь в толщину конструкции, вызывает повышение температуры внутренних поверхностей ограждений и, следовательно, температуры воздуха в помещении.

Теплоустойчивость — это свойство конструкции или материала сохранять относительное постоянство температуры внутренних поверхностей при периодическом изменении температуры наружного воздуха.

Чем выше теплоустойчивость, тем в меньшей степени конструкция реагирует на изменение температуры воздуха.

В этой связи свойства материалов могут характеризоваться коэффициентом теплоусвоения S . Чем ниже коэффициенты теплоусвоения, тем меньше конструкция реагирует на изменение температуры воздуха.

Например, значения « S » (в $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{С}^0}$) составляют: сталь 120, гранит 25, бетон 18, кирпич 8, дерево 4—6, минеральная вата 0,5 и т.д.

Зона возможной конденсации в толще ограждающей конструкции определяется графическим методом по значениям характеристик влажности e и E .

Парциальное (частичное) давление « e » водяного пара или «упругость водяного пара» измеряется в $\text{Па} = 1 \text{ н/м}^2 = 0,1 \text{ кг/м}^2$ и характеризует энергетический уровень молекул водяного пара.

Предельное давление насыщения воздуха водяным паром E (Па) при данной температуре воздуха является второй величиной, с помощью которой можно определить значение относительной влажности φ : $\varphi = (e/E) 100 \%$.

Относительная влажность является основной величиной для оценки степени влажности воздуха.

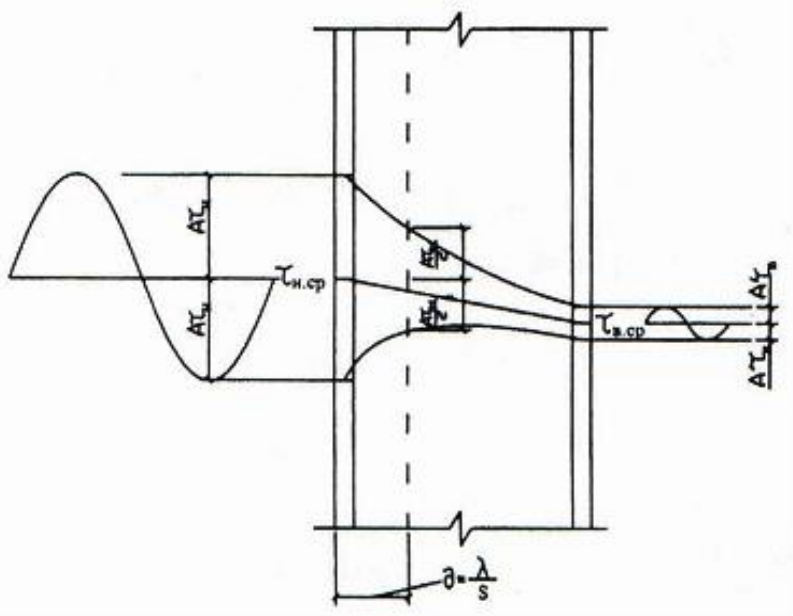


Рис. 38. Схема затухания температурных колебаний внутри однородной конструкции

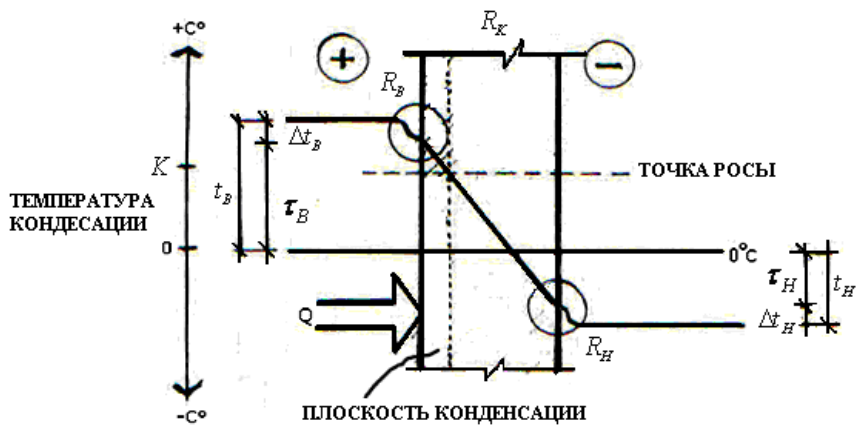


Рис. 39. Распределение температур в ограждающей конструкции

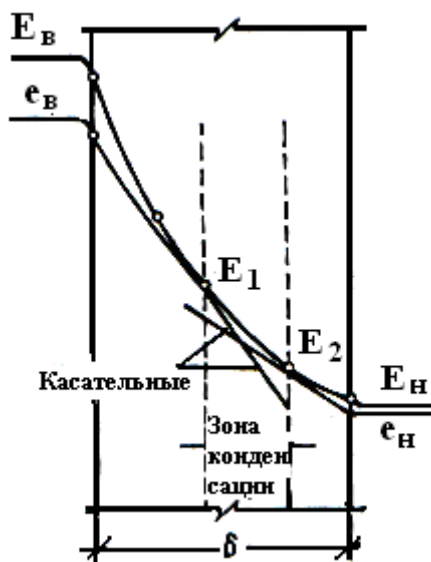


Рис. 40. Определение границ зон конденсации

7. ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ АКУСТИКИ И ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА

Шумом называются любые нежелательные звуки, воспринимаемые органами слуха и оказывающие на человека негативное психологическое и физиологическое воздействие в любых видах его жизнедеятельности.

Звук — это волнообразные колебательные движения частиц материи, распространяющиеся в твердых, жидких и газообразных средах.

Физические параметры звука: скорость 340 м/с в воздухе, частота слышимых колебаний f , от 20 до 20000 герц (Гц). Звук с частотой более 20000 Гц называется «ультразвуком», а ниже 20 Гц — «инфразвуком». Уровень звукового давления L измеряется в децибелах (Дб).

При падении звуковых волн на ограждающую конструкцию в ней возникают продольные или поперечные колебания частиц материала, то есть распространяются продольные или поперечные волны. В очень тонких конструкциях возможно появление и «изгибных волн», приводящих к колебаниям этих конструкций.

Шум может быть внешним и внутренним, воздушным и ударным. При расположении источника шума в помещении для уменьшения уровня звукового давления используются звукопоглощающие материалы отделки. При расположении источника звука вне помещения устраивается его звукоизоляция.

Для звукопоглощения используются облицовочные материалы с высоким коэффициентом звукопоглощения. С архитектурно-строительной точки зрения, для звукоизоляции применяются как конструктивные меры (слоистые ограждающие конструкции и повышение их массивности), так и объемно-планировочные меры (шумовое зонирование помещений и застройки и т.д.).

Если рассматривать шум как вредное воздействие, то борьбу с ним следует вести по классической схеме мероприятий по борьбе с вредными воздействиями. Это борьба с шумом в источнике звука на пути его распространения и индивидуальная защита.

Звукоизоляция шума ограждающей конструкции определяется разностью мощности звуковой энергии, падающей на конструкцию (L_1), и мощности звуковой энергии, прошедшей через него (L_2).

Оценка звукоизоляции производится на основе относительной величины уровня звукового давления L_1 и L_2 дБ, т.е. $R = (L_1 - L_2)$, дБ.

Для практических целей оценочной характеристикой звукоизоляции может быть использован «закон масс». В соответствии с этим законом величина R пропорциональна логарифму поверхностной массы ограждающих конструкций m , кг/м²; т.е.:

$$R = 20 \lg(m \cdot f) - 47,5(\text{дБ}),$$

где f — частота звука, Гц. Расчет проводится для стандартного ряда звуковых частот либо для основных ключевых частот в этом ряду, которые используются для практического применения, например: 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000 Гц.

Полный ряд среднегеометрических частот 1/3 октавной полосы имеет следующий вид: 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000 Гц.

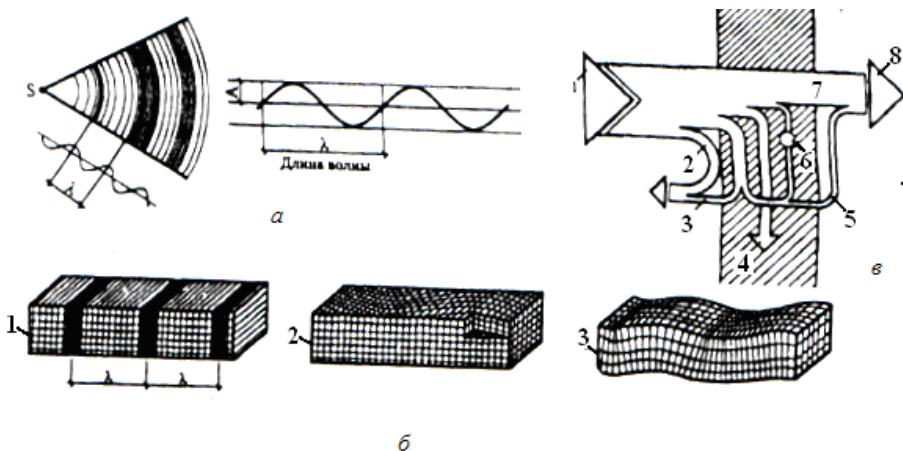


Рис. 41. Распространение звука.

a — в воздушной среде; $б$ — в твердой среде: 1 — продольные; 2 — поперечные; 3 — изгибные волны; $в$ — передача звуковой энергии через конструкцию: 1 — падающая энергия; 2 — отраженная энергия; 3, 5 — энергия, излучаемая колеблющейся конструкцией в смежные помещения; 4 — энергия структурного шума; $б$ — энергия, трансформирующаяся в тепловую; 7 — энергия, прошедшая через поры и неплотности; 8 — суммарная энергия, прошедшая через конструкцию

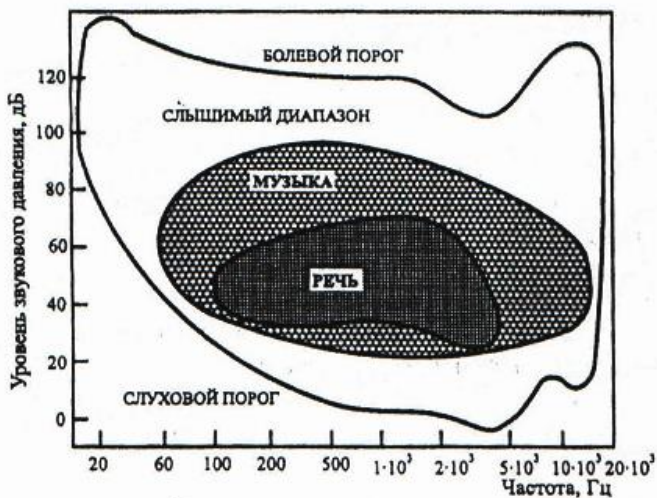


Рис. 42. Области восприятия звука человеком

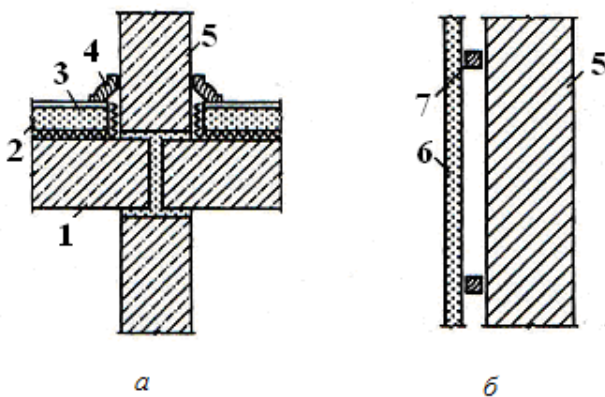


Рис. 43. Звукоизоляционные мероприятия при слоистых ограждающих конструкциях:

а — в междуэтажном перекрытии — звукоизоляция стыка между основанием слоистого пола и стеной; *б* — при креплении гибкой звукоизоляционной облицовки к массивной несущей стене; 1 — плита перекрытия; 2 — плита основания пола; 3 — слой звукоизоляции; 4 — плинтус; 5 — внутренняя стена; 6 — гибкая облицовка (плита Тиги-Кнауф или др.); 7 — деревянный каркас облицовки

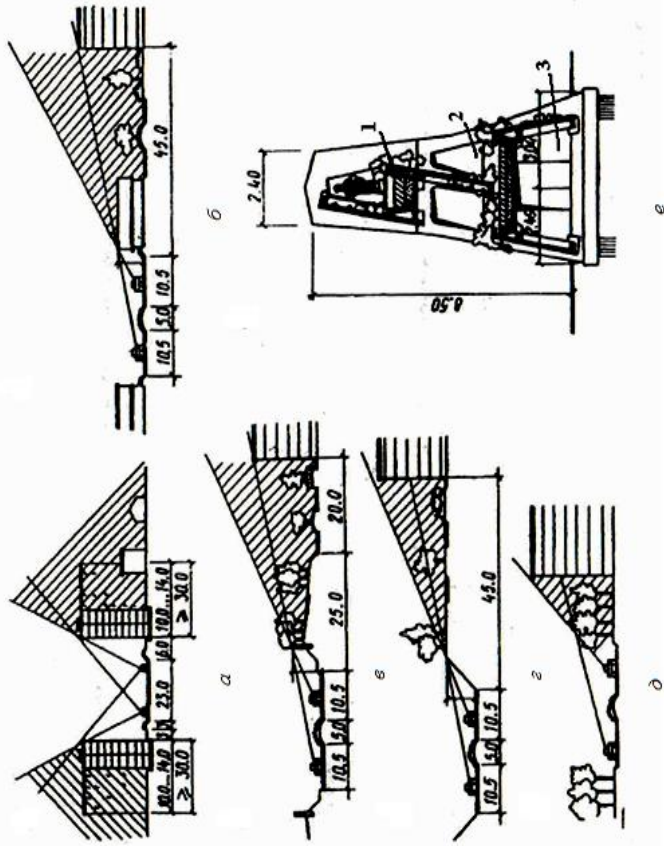


Рис. 44. Градостроительные меры защиты от шума:

а — шумозащитными домами; *б* — экранирующий малоэтажной застройкой; *в* — шумозащитными стенками — экранами; *г* — размещением транспортных магистралей в выемках; *д* — озеленением; *е* — схема сечения железобетонной стенки экрана с озеленением, пешеходными дорожками и устройством в нижней зоне экрана автостоянок.

Штриховкой обозначена зона «акустической тени»; 1 — пешеходный виадук; 2 — площадка для озеленения;

3 — пространство для полукрытых автостоянок

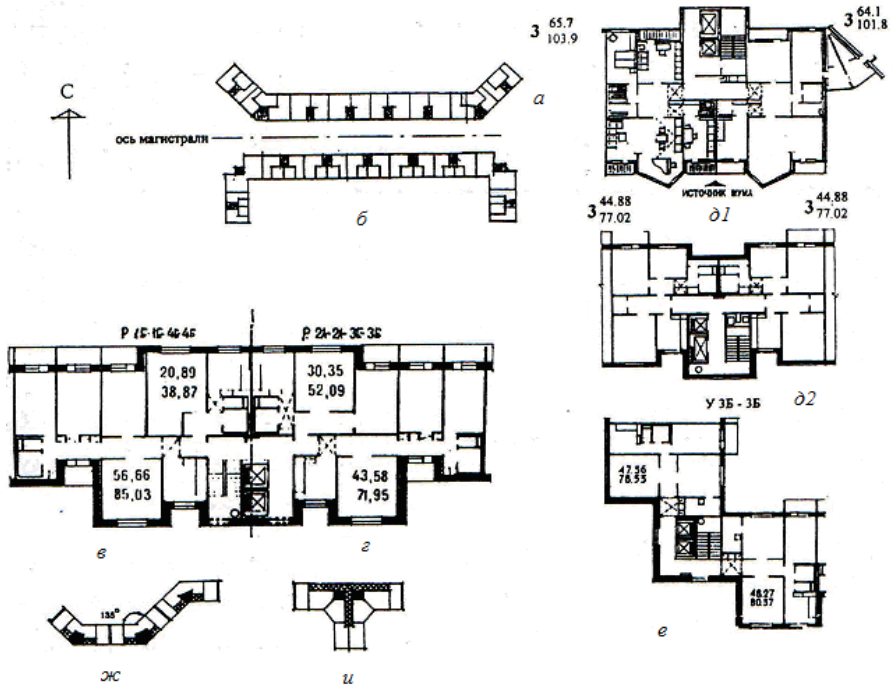


Рис. 45. Шумозащитные секционные дома.

а — схема компоновки здания для постановки вдоль северной стороны магистрали; *б* — то же, вдоль южной (восточной, западной); *в, г* — варианты планировки рядовой секции для южной (западной, восточной) стороны магистрали; *д1 д2* - то же, для северной стороны (варианты); *е* — угловая секция; *ж, и* — схемы рядовых секций для северной и южной сторон с включением горизонтальных шумозащитных коммуникаций

8. ОСНОВЫ АРХИТЕКТУРНОЙ АКУСТИКИ

Основной задачей архитектурной акустики является исследование условий, определяющих качественное восприятие речи или музыки в помещениях, и разработка архитектурно-планировочных и конструктивных решений, обеспечивающих такие условия слухового восприятия.

Важнейшей характеристикой звукового поля является его диффузность, то есть равномерное распределение потока звуковой энергии по различным направлениям.

Диффузность (или однородность) звукового потока важна для помещений театров, кинотеатров, концертных залов, лекционных аудиторий и т.д.

Акустические качества помещений определяются так называемым «временем реверберации», то есть процессом затухания звука после прекращения звучания источника звука вследствие многократного отражения звуковых волн от поверхностей.

В зависимости от назначения помещений, их объема и ряда других факторов в усредненном диапазоне звуковых частот 500—2000 Гц рекомендуемое время реверберации составляет от 0,85 до 2,1 секунды (обычно для практических целей принимается 1—2 секунды).

Эмпирическая формула для определения времени реверберации имеет следующий вид:

$$T = 0,163 V/A_{\text{общ.}}, \text{ (секунд)},$$

где V — объем помещения, м^3 ;

$A_{\text{общ.}}$ — полное звукопоглощение в помещении («эквивалентная площадь звукопоглощения»).

$$A_{\text{общ.}} = \alpha_{\text{ср.}} S_{\text{общ.}} (\text{м}^2)$$

где $\alpha_{\text{ср.}}$ — средний коэффициент звукопоглощения. Частные коэффициенты звукопоглощения изменяются в пределах от 0,08 до 0,8 (в зависимости от материала). Обычно для практических целей принимается $\alpha_{\text{ср.}} = 0,2$;

$S_{\text{общ.}}$ — суммарная площадь звукопоглощающих поверхностей в помещении, м^2 .

Эквивалентная площадь звукопоглощения определяется при 70 % заполнении зрителями или слушателями рассматриваемого помещения.

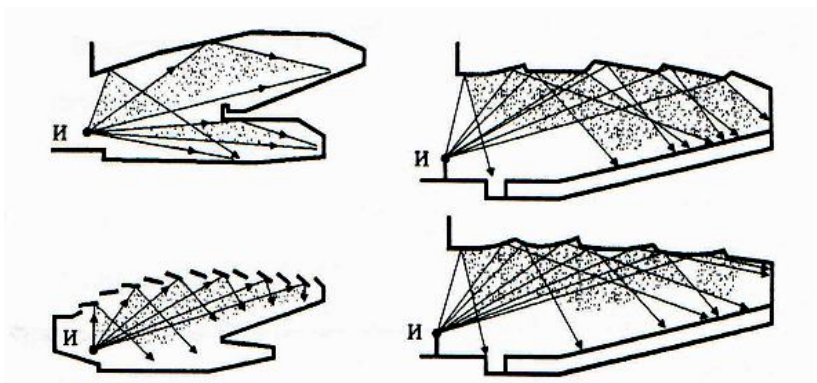


Рис. 46. Форма потолка, обеспечивающего необходимое поглощение и отражение звука в залах. И — источник звука

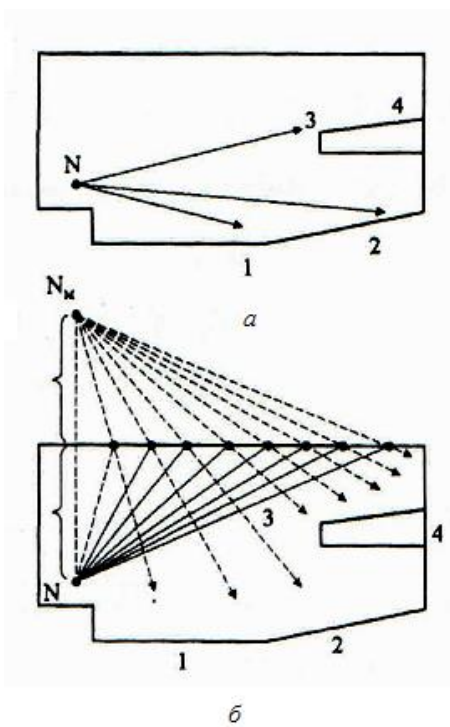


Рис. 47. Распространение звуковых лучей:
a — прямых; *б* — отраженных

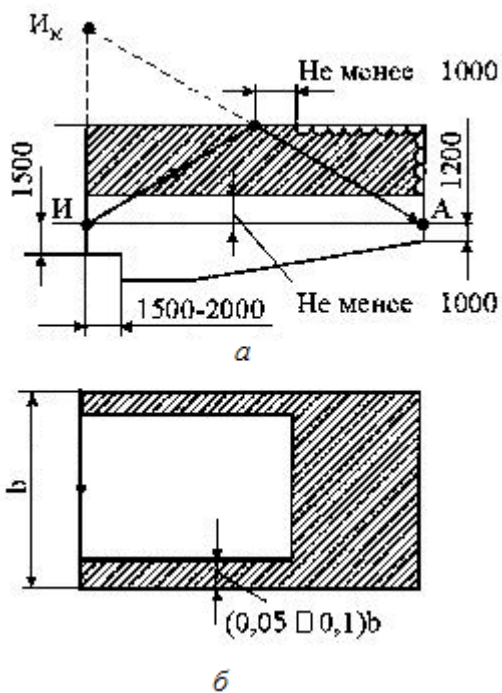


Рис. 48. Рекомендуемые зоны расположения звукопоглотителей в зале (заштрихованы):
a — на стенах; *б* — на потолке

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Лицкевич, В.К.* Анализ и оценка климатических условий для архитектурного проектирования: учебно-методические разработки к расчетно-графической работе по архитектурной климатологии / В.К. Лицкевич, Г.А. Наумовец. Ч. 1. М. : МАРХИ, 1975.
2. *Лицкевич, В.К.* Жилище и климат. М. : Стройиздат, 1984.
3. *Коваленко, П.П.* Городская климатология / П.П. Коваленко, Л.Н. Орлова. М. : Стройиздат, 1993.
4. Руководство по строительной климатологии: Пособие по проектированию. М. : Стройиздат, 1974.
5. *Михеев, А.П.* Проектирование зданий и застройки населенных мест с учетом климата и энергосбережения: учеб. пособие / А.П. Михеев, А.М. Береговой, Л.Н. Петрянина. 3-е изд. перераб. и доп. М. : АСВ, 2002.
6. *Гусев, Н.М.* Основы строительной физики. М. : Стройиздат, 1975.
7. *Оболенский, Н.В.* Архитектурная физика. М.: Архитектура-С.
8. *Объедков, В.А.* Лабораторный практикум по строительной физике / В.А. Объедков, А.К. Соловьев, А.Н. Кондратенков и др. М. : Высшая школа, 1979.
9. *Предтеченский, В.М.* Архитектура гражданских и промышленных зданий. Т. 2. Основы проектирования. М. : Стройиздат, 1978.
10. *Соловьев, А.К.* Физика среды. М. : АСВ, 2009.
11. *Тваровский, М.* Солнце в архитектуре / пер. с польск. М. : Стройиздат, 1977.
12. Справочная книга по светотехнике. 3-е изд., перераб. и доп. / под общ. ред. Ю.Б. Айзенберга. М. : Знак, 2006.
13. СанПин 2.2.1/2.1.1.1076-01 Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий. М., 2002.
14. СанПин 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. М., 2003.
15. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. М., 2011.
16. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий». М., 2004.
17. СНиП 23-01-99* Строительная климатология. М., 2003.

18. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий. М., 2005.
19. СНиП 23-03-2003 Защита от шума. М., 2004.
20. СП 23-103-2003. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий. М. : Госстрой, 2004.
21. СП 23-102-2003 Естественное освещение зданий. Свод правил по проектированию и строительству. М., 2003.
22. *Лобатовкина, Е.Г.* Естественное освещение помещений и инсоляция: методические указания / Е.Г. Лобатовкина, С.В. Стецкий, М. : МГСУ, 2012.
23. *Лобатовкина, Е.Г.* Теплотехнический расчет ограждающих конструкций жилых и общественных зданий: методические указания / Е.Г. Лобатовкина, С.В. Стецкий. М. : МГСУ, 2012.
24. *Лобатовкина, Е.Г.* Проектирование акустики зрительных зданий различного назначения: методические указания. М. : МГСУ, 2012.
25. *Лобатовкина, Е.Г.* Анализ и оценка внешних климатических условий для архитектурного проектирования: методические указания / Е.Г. Лобатовкина, С.В. Стецкий. М. : МГСУ, 2012.
26. *Лобатовкина, Е.Г.* Расчет звукоизоляции ограждающих конструкций жилых зданий: методические указания. М. : МГСУ, 2012.