

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОТКРЫТЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ  
МИНИСТЕРСТВА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

24/6/11

Одобрено кафедрой  
«Здания и сооружения  
на транспорте»

# АРХИТЕКТУРА

## Строительная физика

Методические указания  
к курсовому и дипломному проектированию  
для студентов IV и V курсов

специальности

290300 ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ  
СТРОИТЕЛЬСТВО (ПГС)



Москва - 2000

Рецензент – д-р техн. наук, проф. В.В. ГУРЬЕВ

© Российский государственный открытый технический  
университет путей сообщения, 2000

## ВВЕДЕНИЕ

Рациональное проектирование объектов промышленного и гражданского строительства немислимо без выполнения расчетов по строительной теплофизике, звукоизоляции и светотехнике, без исследования влияния воздействия на степень комфортности пребывания человека в здании таких факторов, как температура и влажность наружного воздуха, скорость и направление ветра, количество и характер выпадающих осадков, шум, солнечная радиация и т. п. Исследование этой зависимости проводят на основании изучения теплофизических процессов, процессов распространения звука в ограждающих конструкциях, попадания естественного света в помещения в условиях эксплуатации зданий различного назначения. Кроме нового строительства, выполнение вышеуказанных расчетов является обязательным условием подготовки проектов реконструкции или капитального ремонта зданий старой постройки.

### ТЕПЛОПЕРЕДАЧА В ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЯХ ЗДАНИЙ

При расчетной схеме ограждающая конструкция представляет собой плоскую стенку, ограниченную двумя параллельными плоскостями и разделяющую воздушные среды с разными температурами.

Ограждающая конструкция называется однородной, если она выполнена из одного материала. Слоистой (многослойной) называется конструкция, состоящая из нескольких материалов, слои которых расположены параллельно внешним поверхностям ограждения.

Неоднородной называется ограждающая конструкция, материал в которой неоднороден как в параллельном, так и в перпендикулярном направлениях к тепловому потоку (колодцевая кирпичная кладка, многослойные панели и т. п.) [1].

Стационарный тепловой режим теплопередачи характеризуется постоянством во времени температуры воздуха у внутренней и наружной поверхностей ограждения, а следовательно, и постоянством теплового потока.

Теплофизический расчет ограждающих конструкций выполняется в соответствии с нормами строительной теплотехники [7], с учетом климатических характеристик заданного района строительства [8].

Цель теплофизического расчета - определение толщины стены или утеплителя проектируемого здания, либо проверка достаточности толщины ограждения здания при реконструкции или капитальном ремонте.

Условие расчета - сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции должно быть больше или равно сопротивлению, рассчитываемым исходя из условий:

- 1) энергосбережения ( $R^{ЭН}$ );
- 2) комфорта ( $R^С$ ),

т. е.

$$R^{ЭН} \leq R_0 \leq R^С.$$

Сопротивление теплопередаче, исходя из условия энергосбережения, находят из табл. [7, табл. 1.6\*] в зависимости от ГСОП (градусосутки отопительного периода)  $^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут.}$  по формуле

$$R_0 = \frac{1}{\alpha} \cdot \text{ГСОП} = (t_{в} - t_{оп}) \cdot z_{оп}, \quad (1.1)$$

где  $t_{в}$  - расчетная температура внутреннего воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ , принимаемая согласно ГОСТ 12.1.005 - 76 и нормам проектирования зданий соответствующего назначения;

$t_{оп}$ ,  $z_{оп}$  - соответственно средняя температура наружного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ , и продолжительность отопительного периода, сут<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Отопительный период - период со среднесуточной температурой воздуха, равной или меньшей  $+8^{\circ}\text{C}$  принимаемый по [8].

Сопротивление теплопередаче, исходя из условия комфортности ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ), находят по формуле

$$R^k = \frac{n(t_{в} - t_{н})}{\Delta t^n \cdot \alpha_{в}}, \quad (1.2)$$

где  $n$  - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху по [7, табл. 3\*];

$t_{в}$  - то же, что и в формуле (1.1);

$t_{н}$  - расчетная температура наружного воздуха,  $\text{°C}$ , равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 [8];

$\Delta t^n$  - нормативный перепад, между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции,  $\text{°C}$ , [7, табл. 2\*];

$\alpha_{в}$  - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ , [7, табл. 4\*].

После сделанных вычислений необходимо сравнить между собой полученные  $R^k$  и  $R^{\text{зн}}$  и все дальнейшие расчеты выполнять по наибольшему из них.

Фактическое сопротивление теплопередаче рассчитываемой ограждающей конструкции (рис. 1.1)  $R_0$ ,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , следует выполнять по формуле:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{в}} + R_x + \frac{1}{\alpha_{н}}, \quad (1.3)$$

где  $\alpha_{в}$  - то же, что и в формуле (1.2);

$\alpha_{н}$  - коэффициент теплоотдачи (для зимних условий) наружной поверхности ограждающей конструкции,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ , [7, табл. 6\*];

$R_x$  - термическое сопротивление ограждающей конструкции,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ,

$$R_x = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n, \quad (1.4)$$

$R_1, R_2, R_i, \dots, R_n$  - термические сопротивления отдельных слоев ограждения

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (1.5)$$

$\delta_i$  - толщина  $i$ -го слоя ограждения, м;

$\lambda_i$  - расчетный коэффициент теплопроводности материала рассматриваемого слоя, Вт/(м<sup>2</sup>·°C), [7, прил. 3\*].

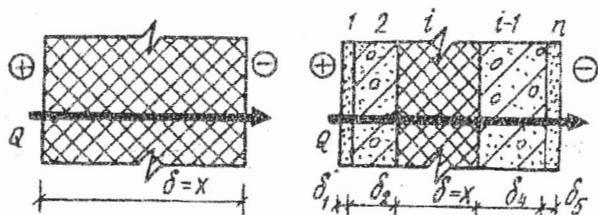


Рис. 1.1. Расчетные схемы однородных ограждающих конструкций

Для того, чтобы рассчитать необходимую толщину утеплителя, принимают ее за  $x$ , подставив в формулу (1.4), подсчитывают  $R_x$

$$R_x = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{x}{\lambda_x} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n}. \quad (1.6)$$

После этого выражение (1.6) подставляют в формулу (1.3) и подсчитывают  $R_0$ .

Приравняв  $R_0$  к наибольшему требуемому сопротивлению ( $R^{эн}$  или  $R^к$ ) и решая полученное уравнение с одним неизвестным  $x$ , определяют необходимую толщину утеплителя (ограждающей конструкции).

## 2. РАСЧЕТ ИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНОГО ШУМА ОГРАЖДАЮЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ

Человек постоянно подвергается воздействию различных видов шума, что в значительной степени снижает производительность его труда, создает дискомфортные условия, вредно сказывается на самочувствии, а при длительном интенсивном воздействии становится причиной многих заболеваний.

Инженер-строитель должен обладать системой знаний, направленных на борьбу с вредными воздействиями шума, свободно владеть методами расчета звукоизоляции.

Расчет изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями разделяют на два этапа:

- ориентировочный расчет;
- проверочный расчет.

### 2.1. Ориентировочный расчет изоляции воздушного шума

Под однослойными ограждающими конструкциями понимают акустически однородные конструкции, колеблющиеся как единое целое. Поэтому к однослойным ограждениям относят не только сплошные конструкции из одного материала, но и ограждения, состоящие из нескольких слоев различных материалов, близких по своим физико-механическим свойствам, полностью и жестко связанных между собой по всей поверхности (например, оштукатуренная кирпичная перегородка, стена из монолитного железобетона), а также из материалов, имеющих небольшие пустоты (кладка из дырчатого и пустотелого кирпича, пустотелых легковесных камней и др.).

Индекс изоляции воздушного шума однослойными ограждающими конструкциями из бетона, железобетона, кирпича, керамических легковесных камней и тому подобных материалов определяют по формулам:

$$I_n = 23 \lg m_n - 10 \text{ дБ при } m_n \geq 200 \text{ кг/м}^2, \quad (2.1)$$

$$I_b = 13 \lg m_0 + 13 \text{ дБ при } m < 200 \text{ кг/м}^2, \quad (2.2)$$

где  $m_0 = K \cdot m$  - эквивалентная поверхностная плотность,  $\text{кг/м}^2$ ;

$m$  - поверхностная плотность,  $\text{кг/м}^2$  (для ребристых плит принимается без учета ребер);

$K$  - коэффициент, принимаемый:

- для сплошной ограждающей конструкции плотностью более  $1800 \text{ кг/м}^3$   $K=1$ ;
- для ограждающих конструкций плотностью  $1200-1300 \text{ кг/м}^3$  из бетона на гипсовом вяжущем  $K=1,25$ ;
- для ограждающих конструкций из железобетона и бетона с круглыми пустотами плотностью более  $1800 \text{ кг/м}^3$

$$K = 1,86 \sqrt{\frac{I}{bh_{пр}^3}}, \quad (2.3)$$

где  $I$  - момент инерции сечения,  $\text{м}^4$ ;

$b$  - ширина рассматриваемого сечения,  $\text{м}$ ;

$h_{пр}$  - приведенная толщина сечения,  $\text{м}$ ;

- для ограждающих конструкций из бетона на пористых заполнителях и цементном вяжущем коэффициент

$$K = 2,26 \sqrt{\frac{E}{\rho^3}}, \quad (2.4)$$

где  $E$  - модуль упругости материала,  $\text{кгс/м}^2$ ;

$\rho$  - плотность материала,  $\text{кг/м}^3$ .

## 2.2. Проверочный расчет изоляции воздушного шума

Определенный в результате ориентировочного расчета индекс изоляции воздушного шума сравнивают с индексом изоляции, полученным с учетом поправки  $\Delta_b$



$$I_B = 50 + \Delta_B, \quad (2.5)$$

Поправка  $\Delta_B$  определяется путем сравнения расчетной и нормативной частотных характеристик.

### 2.2.1. Построение расчетной частотной характеристики

Расчетная частотная характеристика изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией с поверхностной плотностью (массой  $1 \text{ м}^2$  ограждения) от 100 до 1000  $\text{кг/м}^2$  из бетона, железобетона, кирпича, керамических и легкобетонных камней и тому подобных материалов определяется графо-аналитическим методом (рис. 2.1).

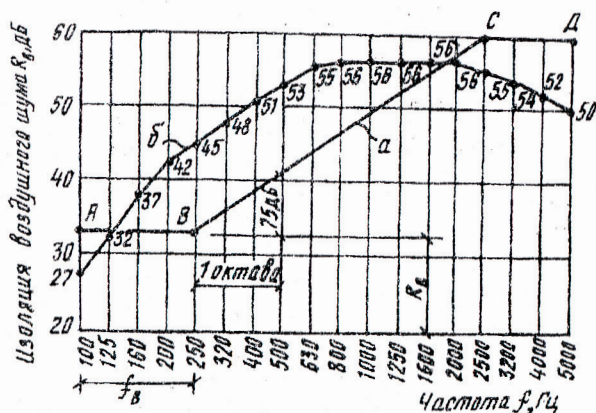


Рис. 2.1. Частотные характеристики изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией:  
а - расчетная; б - нормативная

Порядок построения расчетной частотной характеристики следующий. Определяют координаты точки В ( $f_B$  и  $R_B$ ) частотной характеристики по графикам рис. 2.2:  $f_B$  - в зависимости от толщины  $h$ , м, конструкции (а) и  $R_B$  - в зависимости от ее поверхностной плотности  $P$ ,  $\text{кг/м}^2$ , (б). Значение  $f_B$  следует округлять до

среднегеометрической частоты третьооктавной полосы частот, в пределах которой находится точка  $f_B$ . Из точки В влево проводят прямую до пересечения с осью координат, а вправо - отрезок ВС с наклоном 7,5 дБ на октаву до точки С с ординатой  $R_c = 60$  дБ; из точки С вправо проводят горизонтальную прямую CD. Далее полученную характеристику звукоизоляции сравнивают с нормативной кривой (см. рис. 2.1) и определяют индекс изоляции воздушного шума.

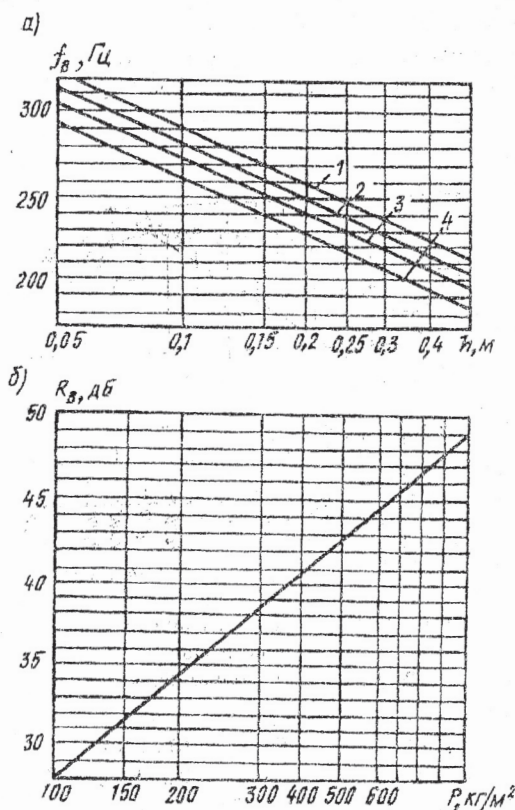


Рис. 2.2. Графики для определения координат точки В:  
 а - значения  $f_B$  в зависимости от  $h$ : 1 -  $\gamma = 1800$  кг/м<sup>3</sup>; 2 -  $\gamma = 1600$  кг/м<sup>3</sup>; 3 -  $\gamma = 1400$  кг/м<sup>3</sup>; 4 -  $\gamma = 1600$  кг/м<sup>3</sup>, б - значения  $R_B$  в зависимости от  $P$

### 2.2.2. Сравнение расчетной и нормативной частотных характеристик. Определение $\Delta_v$

Это сравнение позволяет оценить звукоизолирующие качества ограждения во всем рассматриваемом диапазоне частот.

Для вычисления поправки  $\Delta_v$ , дБ, на график с нормативной частотной характеристикой изоляции воздушного шума (рис. 2.1, б) наносят расчетную частотную характеристику (рис. 2.1, а) изоляции воздушного шума ограждения и определяют среднее неблагоприятное отклонение расчетной частотной характеристики от нормативной. Неблагоприятными считают отклонения вниз от нормативной частотной характеристики. Среднее неблагоприятное отклонение принимают равным 1/18 суммы неблагоприятных отклонений.

Если среднее неблагоприятное отклонение приближается, но не превышает 2 дБ, а максимальное неблагоприятное отклонение не превышает 8 дБ, то поправка  $\Delta_v = 0$ .

Если среднее неблагоприятное отклонение превышает 2 дБ или максимальное неблагоприятное отклонение превышает 8 дБ, то нормативную частотную характеристику смещают вниз на целое число децибел так, чтобы среднее и максимальное неблагоприятные отклонения от смещенной нормативной частотной характеристики не превышали указанных величин. В этом случае поправка  $\Delta_v$  отрицательна и равна величине смещения нормативной частотной характеристики.

Если среднее неблагоприятное отклонение значительно меньше 2 дБ или неблагоприятные отклонения отсутствуют, то нормативную частотную характеристику смещают вверх на целое число децибел так, чтобы среднее неблагоприятное отклонение от смещенной нормативной частотной характеристики приближалось к, но не превышало, 2 дБ, а максимальное неблагоприятное отклонение не превышало 8 дБ. В этом случае поправка  $\Delta_v$  положительна и равна величине смещения нормативной частотной характеристики. Результаты вычисления поправки следует свести в таблицу (см. табл. П.4 в прил. 4).

Полученное по формуле (2.5) значение индекса изоляции воздушного шума ограждающей конструкции  $I_v$  сравнивается с нормативным значением индекса изоляции воздушного шума  $I_v^n$  [9, табл. 7].

Пример выполнения расчета звукоизоляции приведен в прил. 4.

### 3. РАСЧЕТ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ЗДАНИЙ

Оптимальный световой режим в помещениях создает наилучшее освещение рабочего места или объекта, который воспринимается человеком при наблюдении. Он достигается путем правильного учета светового климата района, где предполагается строительство нового здания или реконструкция существующего, правильного выбора размеров, формы и цветовой отделки помещения, расположения и размеров светопроемов.

Обеспечение оптимального светового режима в помещениях имеет большое значение не только для создания нормальных условий труда и быта людей, но и оказывает существенное влияние на их психофизиологическое.

Достаточность размеров и расположение светопроемов в помещении определяют расчетом естественного освещения, который делят на предварительный и проверочный.

#### 3.1. Предварительный расчет площади световых проемов

Цель предварительного расчета - определение необходимой площади световых проемов по формулам:

а) при боковом освещении помещения

$$100 \frac{S_0}{S_{\Pi}} = \frac{e_n K_3 \eta_0}{\tau_0 r_1} K_{зд}; \quad (3.1)$$

б) при верхнем освещении помещения

$$100 \frac{S_{\text{тм}}}{S_{\text{п}}} = \frac{e_{\text{н}} K_3 \eta_{\phi}}{\tau_0 K_{\phi} r_2}, \quad (3.2)$$

где  $S_0$  - площадь световых проемов (в свету) при боковом освещении,  $\text{м}^2$ ;

$S_{\text{п}}$  - площадь пола помещения,  $\text{м}^2$ ;

$e_{\text{н}}$  - нормированный коэффициент естественного освещения (КЕО)

$$e_{\text{н}}^{\text{I,II,IV,V}} = e_{\text{н}}^{\text{III}} \cdot m \cdot C, \quad (3.3)$$

$e_{\text{н}}^{\text{III}}$  - значение КЕО, определяемое по [10, табл. 1,2];

$m$  - коэффициент светового климата [10, табл. 4];

$C$  - коэффициент солнечности климата [10, табл. 5];

$K_3$  - коэффициент запаса [10, табл.3];

$\eta_0$  - световая характеристика окон [10, табл. 26];

$K_{\text{зд}}$  - коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями [10, табл. 27];

$\tau_0$  - общий коэффициент светопропускания

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (3.4)$$

$\tau_1$  - коэффициент светопропускания материала, учитывающий потери света при прохождении светового потока через слой светопрозрачного материала (стекла, стеклопластика и др.), зависящий от его состава, толщины, обработки поверхностей [10, табл. 28];

$\tau_2$  - коэффициент светопропускания, учитывающий светопотери за счет непрозрачных элементов ограждения (переплеты, швы и т. п.) [10, табл. 28];

- $\tau_3$  - коэффициент светопропускания, учитывающий затенение светопроема несущими конструкциями покрытия (фермы, балки и т.д.\*);
- $\tau_4$  - коэффициент светопропускания, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах [10, табл. 29];
- $\tau_5$  - коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями (принимается равным 0,9\*);
- $\tau_{11}$  - коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию [10, табл. 30];
- $S_{\phi}$  - площадь световых проемов (в свету) при верхнем освещении, м<sup>2</sup>;
- $\eta_{\phi}$  - световая характеристика фонаря или светового проема в плоскости покрытия [10, табл. 31, 32];
- $\tau_2$  - коэффициент, учитывающий повышение КЕО при верхнем освещении благодаря свету, отраженному от поверхности помещения [10, табл. 33];
- $K_{\phi}$  - коэффициент, учитывающий тип фонаря [10, табл. 34].

### 3.2. Проверочный расчет естественного освещения помещений

Проверочный расчет естественного освещения помещений сводится к построению кривой освещенности.

Для построения кривой освещенности по характерному разрезу помещения определяют значения КЕО для ряда точек. Найденные КЕО откладывают от этих точек в соответствующем масштабе в виде вертикальных отрезков вверх от рабочей поверхности, и концы отрезков соединяют кривой.

---

\* Учитывается только при верхнем освещении [10, табл. 28];

Характерным разрезом помещения считается 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, загруженные оборудованием, а также точки рабочей зоны, наиболее удаленные от световых проемов. Рабочей поверхностью условно считают горизонтальную поверхность на высоте 0,8 м от пола - это поверхность стола, верстака, части оборудования (или изделия).

Значения КЕО при боковом или верхнем и комбинированном освещении определяют в точках характерного разреза помещения, при этом расчетные точки принимают на равных расстояниях друг от друга, располагая первую и последнюю на расстоянии 1 м от стен (или осей средних рядов колонн). Обычно количество точек берут не менее пяти.

Значения КЕО рассчитывают по формулам

а) при боковом освещении

$$e_6 = (\varepsilon_6 \bullet q + \varepsilon_{зд} \bullet R) \tau_0 \bullet \Gamma_1 / K_3; \quad (3.5)$$

б) при верхнем освещении

$$e_в = [\varepsilon_в + \varepsilon_{сп} (\Gamma_2 \bullet K_\phi - 1)] \tau_0 / K_3; \quad (3.6)$$

в) при комбинированном освещении

$$e_x = e_6 + e_в, \quad (3.7)$$

где  $\varepsilon_6$ ,  $\varepsilon_в$  - геометрические коэффициенты естественной освещенности в расчетной точке, определяемые по формулам (3.11), (3.12);

$\varepsilon_{зд}$  - геометрический КЕО в расчетной точке при боковом освещении, учитывающий свет, отраженный от протяженных зданий; определяется по графикам А.М. Данилюка;

- $q$  - коэффициент, учитывающий неравномерную яркость облачного неба; определяется по [10, табл. 35];  
 $R$  - коэффициент, учитывающий относительную яркость противостоящего здания, принимается по [10, табл. 36];  
 $\tau_0$  - то же, что и в формуле (3.4);  
 $K_3, \gamma_1$  - то же, что и в формуле (3.1);  
 $K_\phi, \gamma_2$  - то же, что и формуле (3.2);  
 $\varepsilon_{cp}$  - среднее значение геометрического КЕО

$$\varepsilon_{cp} = \frac{1}{N} (\varepsilon_{e1} + \varepsilon_{e2} + \varepsilon_{e3} + \dots + \varepsilon_{eN}), \quad (3.8)$$

$N$  - количество расчетных точек;

$\varepsilon_{e1}, \varepsilon_{e2}, \varepsilon_{e3}, \dots, \varepsilon_{eN}$  - геометрические КЕО в расчетных точках.

Среднее значение КЕО  $\varepsilon_{cp}$  при верхнем или комбинированном освещении определяется по формуле

$$e_{cp} = \frac{1}{N-1} \left( \frac{e_1}{2} + e_2 + e_3 + \dots + e_{N-1} + \frac{e_N}{2} \right), \quad (3.9)$$

где  $N$  - количество расчетных точек;

$e_1, e_2, e_3, \dots, e_N$  - значения расчетных КЕО при верхнем или комбинированном освещении в точках характерного разреза помещения, определяемые по формулам (3.6) и (3.7).

Допускается отклонение расчетного значения КЕО  $e_{cp}$  от нормированного  $e_n$  на 10 %.

### 3.3. Расчет геометрического КЕО

Геометрический КЕО определяют различными методами. Наибольшее распространение имеет графический метод, разработанный А.М. Данилюком. Он основан на закономерностях проекции телесного угла и светотехнического подобия: *если расположить на горизонтальной плоскости в центре полусферы точку и*



эту полусферу принять за небосвод равномерной яркости, а солнечный и отраженный свет не учитывать, то освещенность этой точки можно считать равной 1, или 100%.

А.М. Данилюком были разработаны специальные графики, по которым можно вести расчет числа световых пучков (так называемые графики I и II [10]).

Графический метод А.М. Данилюка благодаря высокой точности и простоте получил большое распространение и в настоящее время принят при расчетах естественного освещения во многих странах. Несколько позже при светотехнических расчетах верхнего освещения график I был модернизирован С.М. Любимовым, который использовал рекомендованное Р. Муном и Ф. Спенсером соотношение, характеризующее распределение яркости облачного неба:

$$q = \frac{1 + 2 \sin \theta}{3}, \quad (3.10)$$

где  $\theta$  - угловая высота середины светопроема над рабочей поверхностью.

Это позволило при расчете КЕО ввести в график I (А.М. Данилюка) величину  $q$ , т.е. получить график III с учетом неравномерной яркости неба.

Расчет геометрического коэффициента естественной освещенности при боковом естественном освещении помещений  $e_6$  по графикам А.М. Данилюка ведут в следующем порядке:

а) график I накладывают на чертеж поперечного разреза помещения (рис. 3.1), центр O графика I совмещается с расчетной точкой A, а нижняя линия графика - со следом условной рабочей поверхности;

б) подсчитывают количество по графику I «лучей»  $n^1$ , проходящих через поперечный разрез светового проема;

в) отмечают на графике I номер полуокружности, которая проходит через точку  $C_1$  - середину светопроема (рис. 3.1);

г) график II накладывают на план помещения таким образом, чтобы его вертикальная ось и горизонталь, номер которой

соответствует номеру концентрической полуокружности, проходящей через точку  $C_1$  (рис. 3.2);

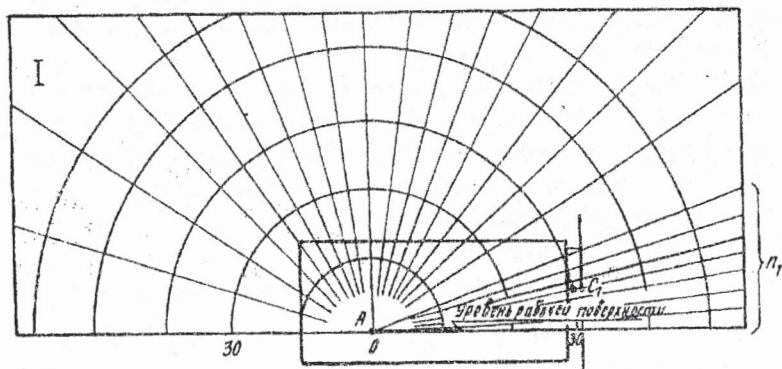


Рис. 3.1. Определение количества лучей  $n_1$ , проходящих через световые проемы при боковом освещении, по графику I

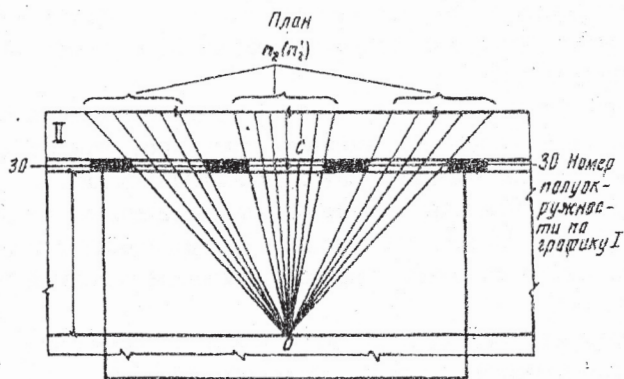


Рис. 3.2. Определение количества лучей  $n_2$  и  $n_2^1$ , проходящих через световые проемы в стене при боковом освещении, по графику II

д) подсчитывают по графику II количество «лучей»  $n_2$ , проходящих через световой проем на плане помещения в расчетную точку А;

е) определяют геометрический КЕО по формуле

$$\varepsilon_6 = 0,01 \cdot n_1 \cdot n_2. \quad (3.11)$$

В том случае, когда длина светопроема очень велика (ленточное остекление), геометрический КЕО определяют только по графику I, т. е.  $n_2$  принимают равным 100 (длина светопроема считается бесконечной, если учетверенное расстояние от точки, в которой определяется геометрический КЕО, до середины светопроема меньше  $1/2$  длины светопроема).

При верхнем освещении порядок определения геометрического КЕО  $\varepsilon_v$  остается таким же, но на чертеж поперечного разреза помещения (рис. 3.3) накладывают график III и берут отсчет  $n_3$ , а на чертеж продольного разреза помещения (рис. 3.4) накладывают график II и берут отсчет  $n_2$ .

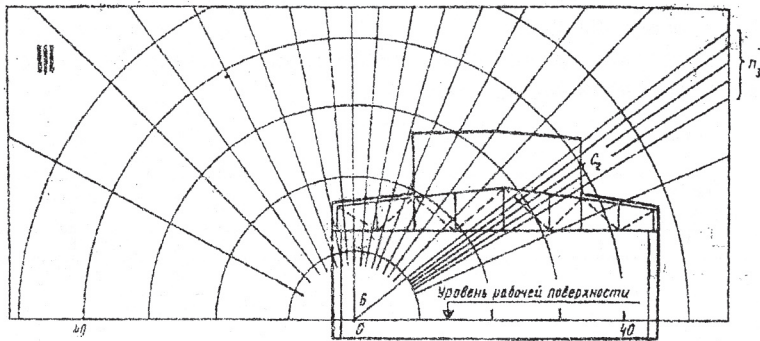


Рис. 3.3. Определение количества лучей  $n_3$ , проходящих через световые проемы в стене при боковом освещении, по графику III

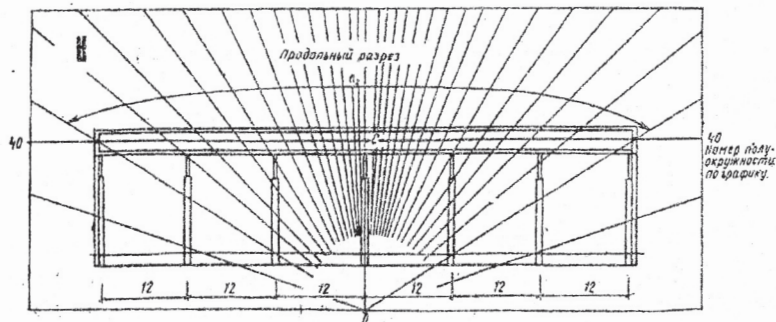


Рис. 3.2. Определение количества лучей  $n_2$ , проходящих через световые проемы в стене при боковом освещении, по графику II

Геометрический КЕО определяют по формуле

$$\varepsilon_{\text{г}} = 0,01 \cdot n_3 \cdot n_2 \quad (3.12)$$

Преимущество метода А.М. Данилюка состоит в том, что масштаб чертежей не имеет значения. Однако необходимо учитывать, что поперечный разрез, план или продольный разрез должны быть в одном масштабе.

Отсчеты в тех или иных точках помещения удобно записывать в табличной форме – табл. 3.1.

Таблица 3.1

Точка по разрезу	$n_1$	Номер полуокружности	$n_2$	$\varepsilon_{\text{г}}=0,01n_1n_2$
1	34	57	64	21,8

## ЛИТЕРАТУРА

1. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Т. II. Основы проектирования / Под ред. В.М. Предтеченского. - М.: Стройиздат, 1976.
2. Гусев Н.М. Основы строительной физики. - М.: Стройиздат, 1975.
3. Дятков С.В. Архитектура промышленных зданий. - М.: Высшая школа, 1984.
4. Ильинский В.М. Строительная теплофизика. - М.: Высшая школа, 1974.
5. Ковригин С.Д., Крышов С.И. Архитектурно-строительная акустика. - М.: Высшая школа, 1986.
6. Усиление теплозащитных качеств ограждающих конструкций. Учебное пособие / Э.Н. Кодыш, М.А. Лайков, С.М. Гликин, Г.М. Смилянский. РГОТУПС, 1999.
7. СНиП II-3-79\*. Строительная теплотехника. - М.: Стройиздат, 1980.
8. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика. - М.: Стройиздат, 1982.
9. СНиП II-12-77. Защита от шума. - М.: Стройиздат, 1978.
10. СНиП II-4-79. Естественное и искусственное освещение. - М.: Стройиздат, 1980.

ПРИМЕР ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОГО РАСЧЕТА  
ОДНОСЛОЙНОЙ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ  
ПРОЕКТИРУЕМОГО ЗДАНИЯ

Определить необходимую толщину наружной стены промышленного здания в г. Ельце (завод по производству элементов питания), выполненной из облегченных стеновых панелей.

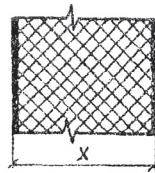


Рис. П.1. Расчетная схема ограждающей конструкции стеновых панелей

Исходные данные:

относительная влажность внутреннего воздуха	55 %
температура внутреннего воздуха	+ 16 °С
температура наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92	- 27 °С

По [7, прил. 1] устанавливаем, что г. Елец находится в третьей зоне по влажности. Так как влажностный режим помещений нормальный, то по [7, прил.2] условия эксплуатации ограждения - «А».

По [7, прил. 3\*] примем теплофизические показатели материалов слоев ограждения, которые сведем в табл. П.1.

1. Рассчитаем требуемое сопротивление теплопередаче  $R^{эн}$ , исходя из условий энергосбережения по формуле (1.1), исходя из продолжительности отопительного периода:

$$GCOП = (16 + (-3,9)) \cdot 199 = 3960 [^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}]$$

Таблица П.1

Номер слоя и наименование материала	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Расчетные коэффициенты	
		теплопроводности, $\lambda$ , Вт/(м <sup>2</sup> • °С)	теплоусвоения, S, Вт/(м <sup>2</sup> • °С)
Слой 1 и 3 Металлическая облицовка	7850	58	126,5
Слой 2 Пенополистирол	40	0,041	0,41

По [7, табл. 16\*] найдем требуемое сопротивление теплопередаче  $R^{\text{эп}}=1,8$  [м<sup>2</sup> • °С/Вт].

2. Рассчитаем требуемое сопротивление теплопередаче, отвечающее санитарно-техническим и комфортным условиям по формуле (1.2):

$$R^k = \frac{1(16 + (-27))}{5 \cdot 8,7} = \frac{43}{43,5} = 0,99 \text{ [м}^2 \cdot \text{°С/Вт].}$$

Поскольку  $R^k < R^{\text{эп}}$ , то все дальнейшие вычисления делаем по  $R^{\text{эп}}$ , т. е. по наибольшему из них.

3. Найдем сопротивление теплопередаче данной ограждающей конструкции. Для этого сначала рассчитаем термическое сопротивление стены по формуле (1.4), подставив вместо  $\delta - x$ .

Так как толщина металлической облицовки ничтожно мала и ею можно пренебречь, получим:

$$R_x = x/0,041.$$

Подставим полученное выражение в формулу (1.3):

$$R_0 = 1/8,7 + x/0,041 + 1/23 = 0,159 + x/0,041.$$

Приравнявая полученное выражение к  $R^{\text{эп}}$

$$0,159 + x/0,041 = 1,8,$$

найдем необходимую толщину утеплителя

$$x = 0,067.$$

Окончательно примем толщину стены равной 0,08 м (исходя из толщины выпускаемых плит пенополиуретана).

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЛЩИНЫ УТЕПЛИТЕЛЯ МНОГОСЛОЙНОЙ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

Определить необходимую толщину эффективного утеплителя многослойной стены жилого дома в г. Санкт-Петербурге, выполненной из монолитного железобетона, оштукатуренного с двух сторон цементно-песчаным раствором.

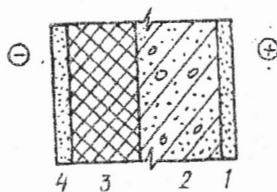


Рис. П.2. Расчетная схема ограждающей конструкции

#### Исходные данные:

относительная влажность внутреннего воздуха	50%
температура внутреннего воздуха	+ 18 °C
температура наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92	- 26 °C

По [7, прил. 1] устанавливаем, что г. Санкт-Петербург находится во влажной зоне. Так как влажностный режим помеще-



ний нормальный, то по [7, прил.2] условия эксплуатации ограждения - «Б».

По [7, прил. 3\*] примем теплофизические показатели материалов слоев ограждения, которые сведем в табл. П.2.

1. Рассчитаем требуемое сопротивление теплопередаче  $R^{эн}$ , исходя из условий энергосбережения по формуле (1.1) и продолжительности отопительного периода:

$$ГСОП = (18 + (-2,2)) \cdot 219 = 4424 \text{ } [^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут.}]$$

По [7, табл. 16\*] найдем требуемое сопротивление теплопередаче  $R^{эн} = 2,94 \text{ } [\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}]$ .

2. Вычисляем требуемое сопротивление теплопередаче, отвечающее санитарно-техническим и комфортным условиям, по формуле (1.2):

$$R^к = \frac{1(18 + (-26))}{4 \cdot 8,7} = \frac{44}{34,8} = 1,26 \text{ } [\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}]$$

Таблица П.2

Номер слоя и наименование материала	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Расчетные коэффициенты	
		теплопроводности, λ, Вт/(м <sup>2</sup> · °С)	теплоусвоения, S, Вт/(м <sup>2</sup> · °С)
Слой 1 и 4 Цементно-песчаный раствор	1800	0,93	11,09
Слой 2 Монолитный железобетон	2500	2,04	18,95
Слой 3 Пенополистирол	40	0,052	0,82

Поскольку  $R^к < R^{эн}$ , то все дальнейшие вычисления выполним по  $R^{эн}$ , т. е. по наибольшему из них.

3. Найдем сопротивление теплопередаче данной ограждающей конструкции. Для этого сначала рассчитаем термические сопротивления каждого слоя по формуле (1.5):

$$R_1 = 0,02/0,93 = 0,022 \text{ [м}^2 \cdot \text{°C/Вт]};$$

$$R_2 = 0,3/2,04 = 0,147 \text{ [м}^2 \cdot \text{°C/Вт]};$$

$$R_3 = x/0,052 \text{ [м}^2 \cdot \text{°C/Вт]};$$

$$R_4 = 0,02/0,93 = 0,022 \text{ [м}^2 \cdot \text{°C/Вт]}.$$

Подставляя их в формулу (1.4), получим:

$$R_x = 0,022 + 0,147 + x/0,052 + 0,022 = 0,191 + x/0,052 \text{ [м}^2 \cdot \text{°C/Вт]}.$$

Подставив полученное выражение в формулу (1.3):

$$R_0 = 1/8,7 + 0,191 + x/0,052 + 1/23 = 0,35 + x/0,052.$$

Приравнявая полученное значение к  $R_{\text{нн}}$

$$0,35 + x/0,052 = 2,94,$$

найдем необходимую толщину утеплителя

$$x = 0,14 \text{ м.}$$

Окончательно примем толщину стены равной 0,48 м.

### *ПРИЛОЖЕНИЕ 3*

#### **ПРИМЕР ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ПОКРЫТИЯ ПРОЕКТИРУЕМОГО ЗДАНИЯ**

Определить необходимую толщину утеплителя совмещенного покрытия для жилого дома в г. Москве (рис. П.3).

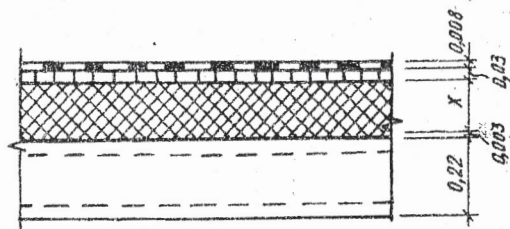


Рис. П.3. Конструктивное решение покрытия

Исходные данные:

относительная влажность внутреннего воздуха	50 %
температура внутреннего воздуха	+18 °С
температура наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92	-26 °С

По [7, прил. 1] устанавливаем, что г. Москва находится в нормальной зоне влажности. Так как влажностный режим помещений нормальный, то по [7, прил.2] условия эксплуатации ограждения - «Б».

По [7, прил. 3\*] примем теплофизические показатели материалов слоев ограждения, которые сведем в табл. П.3.

1. Рассчитаем требуемое сопротивление теплопередаче  $R_{\text{тн}}$ , исходя из условий энергосбережения по формуле (1.1) и продолжительности отопительного периода:

$$G_{\text{СОП}} = (18 + (-3,6)) \cdot 213 = 4600 \text{ [}^\circ\text{C} \cdot \text{сут]}.$$

По [7, табл. 16\*] найдем требуемое сопротивление теплопередаче  $R_{\text{тн}} = 4,5 \text{ [м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт]}.$

Таблица П.3

Номер слоя и наименование материала	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Расчетные коэффициенты	
		теплопроводности, $\lambda$ , Вт/(м <sup>2</sup> •°С)	теплоусвоения, S, Вт/(м <sup>2</sup> •°С)
<u>Слой 1</u> Защитный слой (изоплен)	600	0,17	3,53
<u>Слой 2</u> Стяжка из цем.- песчаного р-ра	1800	0,93	11,09
<u>Слой 3</u> Утеплитель (гра- вий керамзито- вый)	200	0,12	2,91
<u>Слой 4</u> Пароизоляция	600	0,17	3,53
<u>Слой 5</u> Железобетон-ная плита	2500	2,04	18,95

2. Рассчитаем требуемое сопротивление теплопередаче, отвечающее санитарно-техническим и комфортным условиям по формуле (1.2):

$$R^k = \frac{1(18 + (-26))}{4 \cdot 8,7} = \frac{44}{34,8} = 1,26 \text{ [м}^2 \cdot \text{°C/Вт].}$$

Поскольку  $R^k < R^{эн}$ , то все дальнейшие вычисления делаем по  $R^{эн}$ , т.е. по наибольшему из них.

3. Найдем сопротивление теплопередаче данной ограждающей конструкции. Для этого сначала рассчитаем термические сопротивления каждого слоя по формуле (1.5):

$$R_1 = 0,008 / 0,17 = 0,047 \text{ [м}^2 \cdot \text{°C/Вт];}$$

$$R_2 = 0,03 / 0,93 = 0,032 \text{ [м}^2 \cdot \text{°C/Вт];}$$

$$R_3 = x/0,12 \text{ [м}^2 \cdot \text{°C/Вт]};$$

$$R_4 = 0,003/0,17 = 0,0176 \text{ [м}^2 \cdot \text{°C/Вт]};$$

$$R_5 = 0,22/2,04 = 0,108 \text{ [м}^2 \cdot \text{°C/Вт]}.$$

Складывая все рассчитанные значения, получим:

$$\begin{aligned} R_x &= 0,047 + 0,032 + 0,0176 + 0,108 + x/0,12 = \\ &= 0,2046 + x/0,12 \text{ [м}^2 \cdot \text{°C/Вт]}. \end{aligned}$$

Подставим полученное выражение в формулу (1.3):

$$R_0 = 1/8,7 + 0,2046 + x/0,20 + 1/23 = 0,3626 + x/0,12.$$

Приравнявая полученное выражение к  $R^{\text{эл}}$

$$0,3626 + x/0,12 = 4,5,$$

найдем необходимую толщину утеплителя:

$$x = 0,5 \text{ м.}$$

Толщину утеплителя (гравия керамзитового) примем равной 0,5 м.

#### ПРИЛОЖЕНИЕ 4

### ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДЕКСА ИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНОГО ШУМА ОДНОСЛОЙНОЙ КОНСТРУКЦИЕЙ

Определить индекс изоляции воздушного шума железобетонной панелью толщиной 140 мм.



Рис. П.4

Определим поверхностную плотность панели:

$$0,14 \cdot 2400 = 336 \text{ кг/м}^2.$$

Найдем координаты точки В по рис. 2.2. При  $\gamma = 2400 > 1800$  кг/м<sup>3</sup> будет использоваться прямая 1. Следовательно,  $f_b = 260$  Гц. Полученное значение необходимо округлить до среднегеометрической частоты третьооктавной полосы частот, т. е. до 250 Гц. При  $P = 336$  кг/м<sup>2</sup>  $R_b = 38,5$  дБ. После этого построим частотную характеристику звукоизоляции на рис. 2.1 и нанесем нормативную кривую.

Результаты расчета для удобства сведем в табл. П.4.

Вычислим сумму неблагоприятных отклонений расчетной частотной характеристики (графа 4) от нормативной; она равняется 49. Среднее неблагоприятное отклонение составляет:

$$49 : 18 = 2,72 > 2 \text{ дБ.}$$

Сместим нормативную частотную характеристику вниз на 2 дБ (графа 5). Сумма неблагоприятных отклонений после смещения вниз на 2 дБ (графа 6) равна 32,5 дБ. Среднее неблагоприятное отклонение равно  $32,5 : 18 = 1,8 < 2$  дБ. Следовательно поправка  $\Delta_b = -2$  дБ, а индекс изоляции воздушного шума по формуле (2.5):

$$I_b = 50 + \Delta_b = 50 + (-2) = 48 \text{ дБ.}$$

Таблица П.4

Частота, Гц	Вычисленное значение звукоизоляции, дБ	Нормативное значение звукоизоляции, дБ	Отклонение вычисленных значений от нормативных, дБ	Значение звукоизоляции по нормативной кривой, сдвинутой вниз на 2 дБ	Отклонение вычисленных значений от нормативных, дБ
1	2	3	4	5	6
100	38,5	27	11,5	25	13,5
125	38,5	32	6,5	30	8,5
160	38,5	37	1,5	35	3,5
200	38,5	42	-3,5	40	-1,5
250	38,5	45	-6,5	43	-4,5
320	40,5	48	-7,5	46	-5,5
400	43	51	-8	49	-6
500	45,5	53	-7,5	51	-5,5
630	48	55	-7	53	-5
800	50,5	56	-5,5	54	-3,5
100	53	56	-3	54	-1
125	55,5	56	-0,5	54	1,5
160	58	56	2	54	4
200	60	56	4	54	6
250	60	55	5	53	7
320	60	54	6	52	8
400	60	52	8	50	10
500	60	50	10	48	12

## ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ПРИМЕР ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА  
ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ

Определить минимальное значение коэффициента естественной освещенности  $e_{\text{мин}}$  помещения ткацкого цеха длиной 100 м, освещаемого боковыми ленточными светопроемами в стенах, ориентированными на Запад и Восток. Переплеты металлические,

остекление двойное. Солнцезащитные устройства отсутствуют. Здание расположено в районе с преобладающим снеговым покровом (г. Сыктывкар) и не затеняется противостоящими постройками.

Характерный поперечный разрез помещения представлен на рис. П.5.

Решение.

При двустороннем боковом освещении минимальное значение КЕО следует ожидать на рабочей поверхности (отм. + 0.8 м) в центре характерного разреза здания.

На основании формулы (3.5) определим:

$$\epsilon_{\text{мин}} = (\epsilon_6 \cdot q + \epsilon_{\text{зд}} \cdot R) \tau_0 \cdot \tau_1 / K_a.$$

По [10, табл. 28] найдем значения:  $\tau_1 = 0,8$ ;  $\tau_2 = 0,6$ ;  $\tau_3 = 0,8$ ;  $\tau_5 = 1$  (так как нет защитной сетки).

По формуле (3.4):  $\tau_0 = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,38$ .

Значение  $\epsilon_6$  определим по характерному разрезу, пользуясь графиком А.М. Данилюка. График II применять не следует, так как половина длины светопроема (50 м) меньше учетверенного удаления исследуемой точки от стены со светопроемами (12 x 4 = 48 м). Следовательно,  $p_2 = 100$ .

Наложением графика на разрез цеха найдем, что  $p_1 = 3,6$  ( $p_{1\text{прав}} = 1,8$  и  $p_{1\text{лев}} = 1,8$ ).

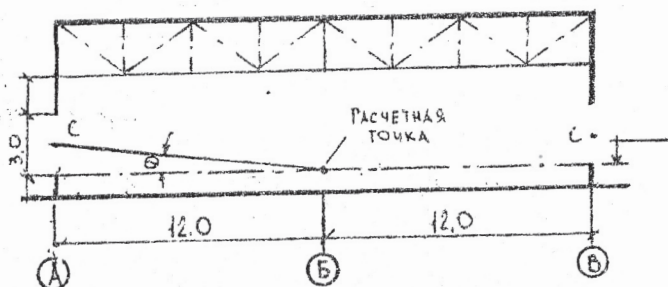


Рис. П.5. Характерный поперечный разрез здания с боковым освещением



Так как здание не затеняется противостоящими постройками, то  $\varepsilon_{зд}=0$ .

Из табл. [10, 35] определим  $q = 0,77$ .

Коэффициент запаса  $K_3 = 1 - \Pi$ . [10, табл.3].

Потолок имеет коэффициент отражения  $\rho_{пот} = 0,65$ ; пол -  $\rho_{пол} = 0,3$ ; стена -  $\rho_{ст} = 0,5$ .

Определим  $\rho_{ср}$  по следующей формуле:

$$\rho_{ср} = \frac{\rho_{пол} S_{пол} + \rho_{пот} S_{пот} + \rho_{ст} S_{ст}}{S_{пол} + S_{пот} + S_{ст}} = 0,48 \approx 0,5.$$

По [10, табл. 30], определим, что  $\tau_1 = 2,65$ .

Подставив найденные значения в формулу (3.5), получим:

$$\varepsilon_{мин} = (\varepsilon_6 \cdot q + \varepsilon_{зд} \cdot R) \tau_0 \cdot \tau_1 / K_3 = (3,6 \cdot 0,77 + 0) 2,65 \cdot 0,38 / 1 = 2,79 \%$$

Работы, выполняемые в ткацком цехе, характеризуются необходимостью различения деталей (нити пряжи) с размером около 0,2 мм, т.е. согласно [10, табл.1] они относятся ко II-му разряду зрительной работы.

Согласно нормам (СНиП), коэффициент естественной освещенности в расчетной точке характерного разреза помещения должен быть 2,5 %.

Нормируемое значение КЕО определяют по формуле 3.3:

$$\varepsilon_{н} = e \cdot m \cdot C.$$

По [10, табл. 4], коэффициент светового климата  $m = 1,1$ .

По [10, табл. 5] коэффициент солнечности климата  $C = 1$ .

Отсюда нормируемое значение КЕО

$$\varepsilon_{н} = 2,5 \cdot 1,1 \cdot 1 = 2,75 \%$$

В нашем случае минимальное значение КЕО (2,79 %) в расчетной точке (центр помещения) больше нормируемого значения на 1,5 %, что соответствует норме.

ПРИМЕР ПОСТРОЕНИЯ КРИВОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ

Определить распределение коэффициента естественной освещенности в помещении сборочного цеха предприятия машиностроения. Помещение освещается через зенитные светопроемы в покрытии, заполненные стекложелезобетонными панелями. Светопроемы расположены в каждом пролете и имеют длину, равную длине помещения, т.е. 120 м. Здание расположено на ровной территории и не затеняется противостоящими сооружениями. Здание построено в районе г. Новгорода, где снеговой покров удерживается в течение небольшого времени. Характерный разрез помещения представлен на рис. П.6.

Решение.

При помощи графиков А.М. Данилюка определим значения  $\epsilon_v$  для каждой расчетной точки. Так как половина длины светопроемов ( $120/2=60$  м) больше учетверенного удаления от исследуемой точки до фонаря ( $6,8 \times 4=27,2$  м), то  $n_2=100$ . Следовательно, подсчет количества «лучей» проводим только по графику III. Результаты расчетов сведем в табл. П.5. По формуле (3.12) найдем значения  $\epsilon_v$ .

По формуле (3.8) определим значение  $\epsilon_{cp}$ :

$$\begin{aligned} \epsilon_{cp} &= \frac{1}{N} (\epsilon_{a1} + \epsilon_{a2} + \epsilon_{a3} + \dots + \epsilon_{aN}) = \\ &= \frac{15 + 24 + 30 + 27 + 20}{5} = 19. \end{aligned}$$

По [10, табл. 28, 29] определим значения коэффициентов  $\tau_1$ ,  $\tau_2$ ,  $\tau_3$ ,  $\tau_4$ ; по формуле (3.4) - значение коэффициента  $\tau_0$ :

$$\tau_0 = 0,55 \cdot 0,9 \cdot 0,65 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,26.$$

Определим отношение высоты расположения проема (фонаря) к пролету  $L_1$  при  $H_\phi=6,8$  м;  $L_1=12$  м:

$$\frac{H_{\phi}}{L_1} = \frac{6,8}{12} = 0,57.$$

Принимая  $\rho_{\text{пол}}=0,3$ ;  $\rho_{\text{пот}}=0,6$ ;  $\rho_{\text{ст}}=0,4$ , найдем средневзвешенный коэффициент отражения внутренних поверхностей по формуле

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_{\text{пол}} S_{\text{пол}} + \rho_{\text{пот}} S_{\text{пот}} + \rho_{\text{ст}} S_{\text{ст}}}{S_{\text{пол}} + S_{\text{пот}} + S_{\text{ст}}} = 0,43 \approx 0,4.$$

По [10, табл. 33] найдем коэффициент  $r_2 = 1,22$ ; а по [10, табл. 34] - коэффициент  $K_{\phi} = 1$ .

Тогда:

$$r_2 K_{\phi} - 1 = (1,22 \cdot 1 - 1) = 0,22.$$

Коэффициент запаса  $K_z$  равен 1 [10, табл. 3].

Далее по формуле (3.6) найдем значение КЕО в каждой точке.

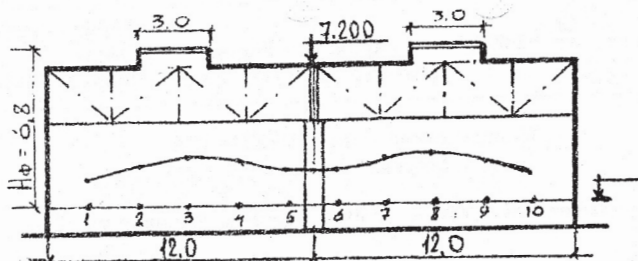


Рис. П.6. Построение кривой освещенности при верхнем освещении

Таблица П.6

Точки	$n_1$	$e_n$	$e_{cp}$	$r_2 K_{\phi}^{-1}$	$\tau_0$	$e_n$
1	2	3	4	5	6	7
1	15	15	19	0,22	0,26	5
2	24	24	19	0,22	0,26	7,3
3	30	30	19	0,22	0,26	8,9
4	27	27	19	0,22	0,26	8,1
5	20	20	19	0,22	0,26	6,3
6	20	20	19	0,22	0,26	6,3
7	27	27	19	0,22	0,26	8,1
8	30	30	19	0,22	0,26	8,9
9	24	24	19	0,22	0,26	7,3
10	15	15	19	0,22	0,26	5

Далее по данным графы 7 построим кривую освещенности в помещении (см. рис. П.6).

Ст. преп. М.А. МАЙКОВ

АРХИТЕКТУРА  
Строительная физика

Методические указания  
к курсовому и дипломному проектированию

Редактор *Г.Ю. Микрюкова*  
Компьютерная верстка *И.В. Ежова*

Тип. зак *706*  
Подписано в печать 02.09.04  
Усл. печ. л. *2,25*

Гарнитура Times.  
Допечатка тиража

Тираж *100*  
Офсет  
Формат 60×90<sup>1/16</sup>

Издательский центр РГОТУПСа,  
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Типография РГОТУПСа, 125993, Москва, Часовая ул., 22/2