

Строительная физика

Строительная физика изучает несиловые воздействия окружающей среды на ограждающие конструкции.

Несиловые воздействия:
температура, влажность, солнечная радиация, ветер, звук.

Задачи строительной физики

- Обеспечить комфортность проживания и жизнедеятельности людей в зданиях с помощью применения соответствующих ограждающих конструкций.
- Запроектировать ограждения, которые несмотря на негативные воздействия наружной среды, сохраняли прочность, долговечность, устойчивость, теплоустойчивость.

Разделы

Строительная теплотехника

Строительная светотехника

Акустика

Строительная теплотехника

В задачу строительной теплотехники входит решение вопросов проектирования наружных ограждающих конструкций, обеспечивающих оптимальный температурно-влажностный режим внутри зданий и сооружений.

Строительная светотехника

Строительная светотехника занимается созданием светового комфорта, обеспечением оптимального светового режима на рабочих местах и в целом внутри зданий и помещений.

Занимается вопросами инсоляции

Акустика

Строительная акустика занимается проектированием конструкций, отвечающим требованиям звукоизоляции, разрабатывает методы борьбы с шумами и способы защиты городской застройки от шума.

Архитектурная акустика занимается созданием благоприятных условий для восприятия речи, музыки и т.д.

Список литературы

1. СП 131.13330.2018 Строительная климатология (СниП 23-01-99*)
2. СП 50.13330.2012 (14.12.2018) Тепловая защита зданий (СниП 23-02-03)
3. СП 23-101-04. Проектирование тепловой защиты
4. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение (СНиП 23-05-95*)
5. СП 23-102-03. Естественное и искусственное освещение жилых и общественных зданий.

6. СП 51.13330.2011 Защита от шума (СниП 23-03-03)

7. СП 23-103-03. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий.

8. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01. Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий.

9. А.И.Маковецкий, А.Н.Шихов. Физико-техническое проектирование ограждающих конструкций зданий, 2007г.

10. Архитектурная физика под ред. Н.В. Оболенского. 2007г.

11. Соловьев А.К. Физика среды, 2011г.

Требования к ограждающим конструкциям

- теплозащитные
- паропроницаемости
- воздухопроницаемости
- теплоустойчивости

Согласно раздела 5 СП [2]
установлены три показателя тепловой
защиты здания «а», «б», «в».

Показатель «а» - приведенные
сопротивления теплопередаче отдельных
ограждающих конструкций должны быть не
менее нормируемых значений (поэлементные
требования)

Показатель «б» - удельная теплозащитная
характеристика здания должна быть не
больше нормируемого значения (комплексное
требование)

Показатель «в» - санитарно-гигиенические
требования

Показатель теплозащиты «а»

$$R_o^{пр} \geq R_o^{норм}$$

Приведенное $R_o^{пр}$ сопротивление теплопередаче должно быть больше либо равно нормируемому сопротивлению теплопередаче $R_o^{норм}$.

Определение нормируемого (требуемого) сопротивления тепловой защиты

Определяется по формуле:

$$R_o^{\text{норм}} = R_o^{\text{тп}} m_p,$$

$R_o^{\text{тп}}$ - базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции, принимается табл.3 [2] в зависимости от назначения здания, вида ограждения и градусо-суток отопительного периода.

Градусо-сутки отопительного периода определяются:

$$ГСОП = (t_{в} - t_{от}) z_{от}, \text{ } ^\circ\text{C сут}$$

$t_{в}$ - расчетная температура внутреннего воздуха, С, принимаемая для групп зданий, указанных в табл. 3 [2] по ГОСТ 30494, по поз. 1 по мин. значениям оптимальной температуры (20-22 С). В районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31 С и ниже (21-23С). Принимается по табл.3.1 [1] в зависимости от города.

t_{om} , z_{om} средняя температура наружного воздуха, С, и продолжительность, сут/год, отопительного периода, принимаемая по [1] для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более +8 С.

Принимается по табл. 3.1 [1] в зависимости от города и назначения помещения.

Значения R_o^{mp} для величин ГСОП, отличающихся от табл.3 [2], определяются по формуле:

$$R_o^{mp} = aГСОП + в, \text{ м}^2\text{°С /Вт},$$

где a и $в$ коэффициенты, приведенные в табл. 3 [2].

В случаях реконструкции зданий, для которых невозможно утепление снаружи, для помещений с влажным и мокрым режимом, произв. помещений со значительными избытками теплоты, опред по формуле:

$$R_o^{норм} = (t_v - t_n) / \Delta t_n \alpha_v$$

Приведенное (общее) сопротивление однородной однослойной ограждающей конструкции (прил. Е [2]):

$$R_o = R_v + R + R_n = \\ 1/\alpha_v + \delta/\lambda + 1/\alpha_n$$

Общее сопротивление однородной многослойной ограждающей конструкции:

$$R_o = R_v + R_k + R_n = \\ 1/\alpha_v + \delta_1/\lambda_1 + \delta_2/\lambda_2 + \dots + \delta_n/\lambda_n + 1/\alpha_n$$

Теплопроводность материала зависит от коэффициента теплопроводности - λ , *Вт/мС* (количество тепла в Вт проходящее через 1 м² плоской стены толщиной 1 м при разности температуры на ее внутренней и наружной поверхности в 1 С).

Принимается по прил. Т [2]

Зависит:

1. Вида и плотности материала

Пенобетон: плотность 1000кг/м³ — 0,41

Вт/мС; плотность 400кг/м³ — 0,14 Вт/мС

2. Условий эксплуатации — А или Б

Определяются по табл. 2 [2] в зависимости от влажностного режима помещения (табл. 1) и зоны влажности района строительства (прил. В).

Чем ниже значение коэффициента теплопроводности, тем выше его теплозащитные свойства.

При проектировании здания для обеспечения надлежащей тепловой защиты нужно использовать теплоизоляционные материалы с низким коэффициентом теплопроводности.

Санитарно-гигиенические требования

Показатель «в»

Температура на внутренней поверхности наружного ограждения должна быть выше температуры точки росы

$$\tau_v > t_p$$

Температура на внутренней поверхности:

$$\tau_v = t_v - n(t_v - t_n) / R_o \alpha_v$$

Температура точки росы t_p определяется по прил. Р [3] в зависимости от температуры и влажности.

Паропроницаемость ограждающих конструкций

Ограждающая конструкция разделяет две воздушные среды с разной температурой, влажностью и парциальным давлением. Чем выше разность температур, тем выше давление.

Из-за разности парциальных давлений происходит диффузия водяного пара через толщу ограждения из среды с большим парц. давлением в среду с меньшим парц. давлением.

При диффузии водяного пара из-за его охлаждения может происходить конденсационное увлажнение внутри ограждения.

Диффузию водяного пара через слой ограждения называют паропроницанием материала, кот. характеризуется коэф. паропроницания — μ , мг/м ч Па — показывает количество пара в мг., которое диффундирует через слой площ. 1 м², толщ. 1м за 1 час при разности давления в 1 Па.

Определяется по прил Т [2] в зависимости от вида и плотности материала.

Чтобы ограждающая конструкция удовлетворяла требованиям паропроницаемости, необходимо выполнение условия:

$$R_n \geq R_{n1}^{\text{тр}}, \text{ м}^2\text{чПа/мг}$$

$$R_n \geq R_{n2}^{\text{тр}}, \text{ м}^2\text{чПа/мг}$$

Фактическое сопротивление паропроницанию R_n (в пределах от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения) должно быть не менее наибольшего из требуемых сопротивлений паропроницанию $R_{n1}^{\text{тр}}$, $R_{n2}^{\text{тр}}$.
Раздел 8 [2], раздел 13 [3].

Расчет на паропроницаемость проводят в пределах от внутренней поверхности ограждающей конструкции до плоскости максимального увлажнения.

В однородных однослойных ограждающих конструкциях плоскость максимального увлажнения располагается на расстоянии, равном $2/3$ толщины конструкции от ее внутренней поверхности.

В многослойных конструкциях с выраженным теплоизоляционным слоем и наружным защитным слоем допускается принимать плоскость максимального увлажнения на наружной поверхности утеплителя.

В остальных случаях п.8.5 [2].

Определение фактического сопротивления паропрооницанию

Сопротивление паропрооницанию многослойной ограждающей конструкции определяется как сумма сопротивлений паропрооницанию ее отдельных слоев.

$$R_{п,о} = \delta_1/\mu_1 + \delta_2/\mu_2 + \dots + \delta_n/\mu_n \quad \text{м}^2\text{чПа/мг}$$

δ — толщина слоя ограждения, м;
 μ — коэффициент паропрооницаемости, мг/мчПа (прил.Т [2]).

Сопротивление паропрооницанию листовых материалов и тонких слоев пароизоляции (прил .М [2]).

Определение требуемого сопротивления паропроницанию

Требуемое сопротивление паропроницанию определяется из двух условий:

$R_{n1}^{тр}$ недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации;

$R_{n2}^{тр}$ ограничения влаги за период с отрицательными температурами.

Расчетное (фактическое) сопротивление паропроницанию должно быть не менее наибольшего из нормируемых.

1. Условие недопустимости накопления влаги:

$$R_{n1}^{тр} = (e_v - E)R_{n.n} / (E - e_n), \text{ м}^2\text{чПа/мг}$$

e_v — парциальное давление водяного пара внутреннего воздуха, Па:

$$e_v = E \varphi_v / 100\%$$

E_v — парциальное давление насыщенного водяного пара, Па, при температуре внутреннего воздуха помещения t_v принимается в соотв. с п.8,6 [2] или по прил.С [3].

φ_v — относительная влажность внутреннего воздуха, %, принимаемая для различных зданий в соотв. с п. 5.7 [2].

e_n — среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха за годовой период, Па, определяется по табл. 7 [1] в зависимости от города.

$R_{п,н}$ — сопротивление паропрооницанию, $м^2чПа/мг$, части ограждающей конструкции, расположенной между наружной поверхностью и плоскостью максимального увлажнения определяется по п.8.7 [2].

$$R_{п,н} = \delta_1/\mu_1 + \delta_2/\mu_2 + \dots + \delta_n/\mu_n$$

E - парциальное давление водяного пара, Па, в плоскости максимального увлажнения за годовой период эксплуатации:

$$E = (E_1 z_1 + E_2 z_2 + E_3 z_3) / 12, \text{ где}$$

E_1, E_2, E_3 — парциальные давления насыщенного водяного пара, принимаемое по температуре в плоскости максимального увлажнения соответственно за зимний, осенне-весенний и летний период, Па, (прин. по п.п.8.6 [2] или прил. С [3]).

$$t_x = t_v - (t_v - t_n) R_x / R_o^{усл}, \text{ где}$$

t_n — средняя температура наружного воздуха за зимний, осенне-весенний и летний период.

$$t_i = \sum t_n / n$$

К зимнему периоду относятся месяцы со средними температурами наружного воздуха - 5 °С и ниже; к осенне-весеннему от -5 °С до + 5 °С, к летнему от +5 °С и выше.

R_x — термическое сопротивление части многослойной ограждающей конструкции, от внутренней поверхности до плоскости максимального увлажнения.

$$R_x = 1/\alpha_v + \sum \delta_i/\lambda_i$$

$R_o^{усл}$ — условное термическое сопротивление однородной многослойной огражд. конструкции.

Z_1, Z_2, Z_3 - продолжительность, мес., зимнего, осенне-весеннего и летнего периода, определяется по табл. 3 [1] в зависимости от города.

2. Условие ограничения накопления влаги

$$R_{n2}^{\text{гр}} = 0,0024(e_e - E_o)z_o / (\rho_w \delta_w \Delta w + \eta)$$

E_o — парциальное давление в плоскости максимального увлажнения, определяемое при средней температуре наружного воздуха периода влагонакопления, Па;

z_o — продолжительность периода влагонакопления, сут., принимаемая равной периоду с отрицат.

средними месячными температурами наружного воздуха по табл. 5 [1];

ρ_w — плотность материала увлажняемого слоя, кг/м³

δ_w — толщина увлажняемого слоя (2/3 толщины однослойной стены или толщине утеплителя многослойной стены)

Δw — предельно допустимое приращение влажности в материале, прин. по табл. 10 [2];

η — коэффициент, определяемый по формуле:

$$\eta = 0,0024(E_o - e_{n, отр})z_o / R_{n,n}$$

$e_{n, отр}$ — среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными температурами, Па, табл. 7 [1]

Требуемое сопротивление паропроницанию чердачного перекрытия, м²чПа/мг, :

$$R_n^{\text{тр}} = 0,0012(e_v - e_{n, \text{отр}})$$

$e_{n, \text{отр}}$ - среднее парциальное давление водяного пара наружного воздуха периода месяцев с отрицательными среднемесячными температурами, Па, определяемое по табл. 7 [1].

Сопротивление паропрооницанию замкнутых воздушных прослоек следует принимать равным нулю независимо от толщины и расположения прослойки.

В помещениях с влажным и мокрым режимом следует предусматривать пароизоляцию теплоизолирующих уплотнителей в местах примыкания заполнений проемов к стенам.

Для защиты от увлажнения теплоизоляционного слоя (утеплителя) в зданиях с влажным и мокрым режимом следует предусматривать пароизоляцию ниже теплоизоляционного слоя.

Воздухопроницаемость ограждающих конструкций

Раздел 7 [2], раздел 12 [3]

Чтобы ограждающая конструкция удовлетворяла требованиям воздухопроницаемости, необходимо выполнение условия:

$$R_u \geq R_u^{\text{тр}}, \text{ м}^2\text{чПа/кг}$$

Фактическое сопротивление воздухопроницанию R_u должно быть больше, либо равно требуемому сопротивлению воздухопроницанию $R_u^{\text{тр}}$.

Фактическое сопротивление воздухопроницанию многослойной огр. констр. определяется как сумма сопротивлений воздухопроницанию отдельных слоев:

$$R_u = R_{u1} + R_{u2} + \dots + R_{un}$$

R_{u1}, R_{u2}, R_{un} сопротивление воздухопроницанию отдельных слоев, принимается по прил. С [2].

Нормируемое сопротивление воздухопроницанию определяется:

$$R_u^{тр} = \Delta p / G_n$$

Δp — разность давлений воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций, Па

G_n — нормируемая воздухопроницаемость, кг/м² ч, табл. 9 [2].

Строительная светотехника

Освещение подразделяется на

- Естественное
- Искусственное
- Совмещенное, когда недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным

Помещения с постоянным пребыванием людей должны проектироваться, как правило, с естественным освещением.

Выбор естественного освещения зависит от назначения помещения (характера зрительной работы), объемно-планировочного и конструктивного решения, светоклиматических особенностей места строительства.

Основные задачи при проектировании освещения:

- Выбор типа, размеров и местоположения световых проемов
- Защита рабочих мест от слепящего действия солнечных лучей
- Согласование выбранных световых проемов с архитектурными требованиями

Первую задачу решают на основе светотехнического расчета - сравнивают расчетное значение КЕО с нормируемым:

$$e_p \approx e_N$$

Расчетное значение КЕО должно отличаться от нормируемого не более, чем на 10%.

Расчет выполняют в след. последовательности:

1. Устанавливают требования к естественному освещению (назначение, вид освещения, материалы, ориентация по сторонам света)
2. Производят предварительный расчет с определением необходимой площади окон
3. Производят проверочный расчет с определением расчетного значения КЕО.

Коэффициент естественного освещения — КЕО
(e). Величина относительная

$$e = (E_v/E_n)100\%$$

КЕО отношение освещенности внутри помещения - E_v к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности - E_n полностью открытого небосвода. При этом влияние прямых солнечных лучей должно быть исключено.

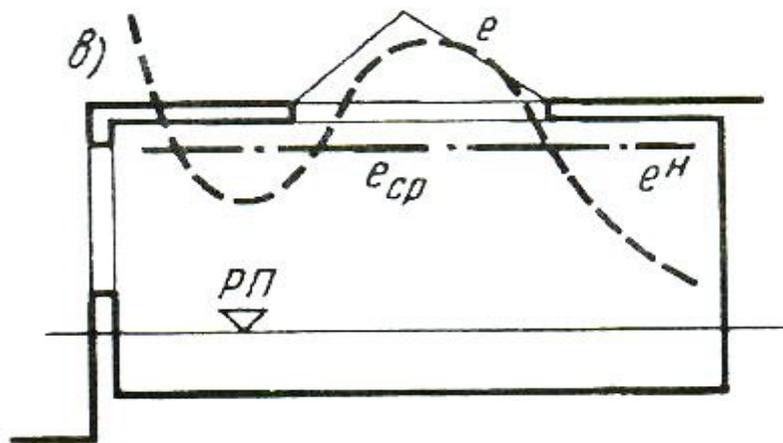
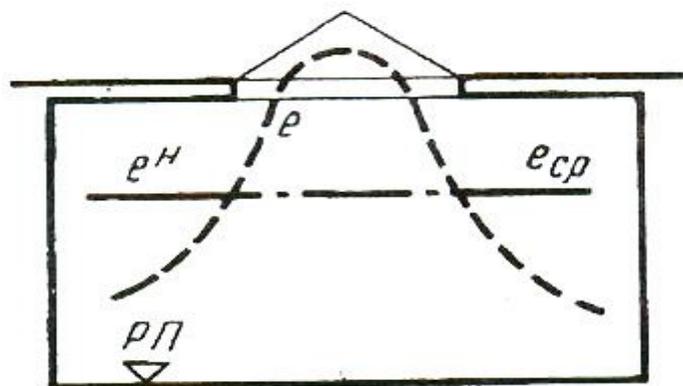
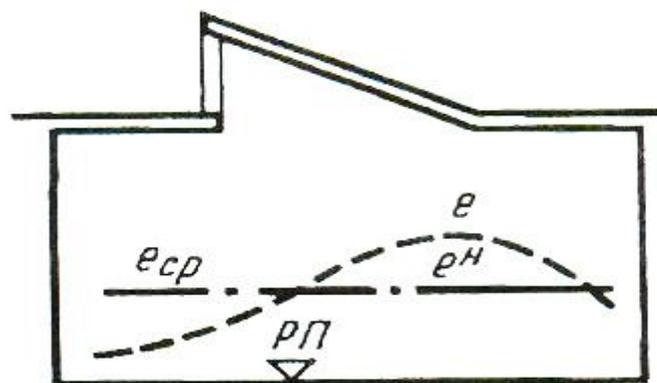
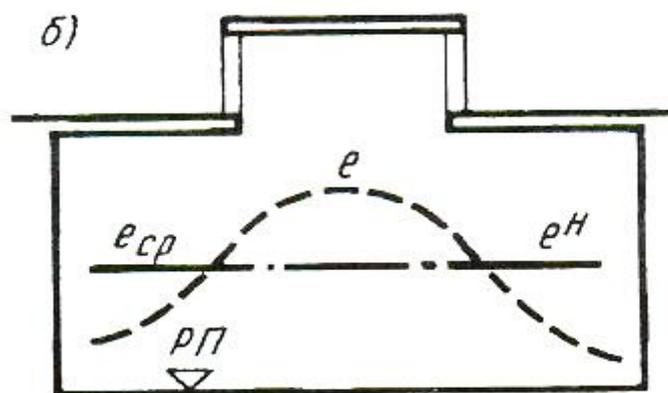
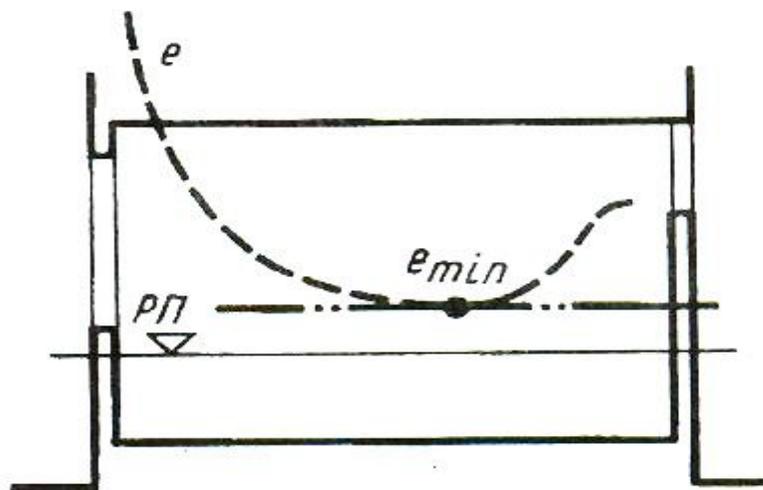
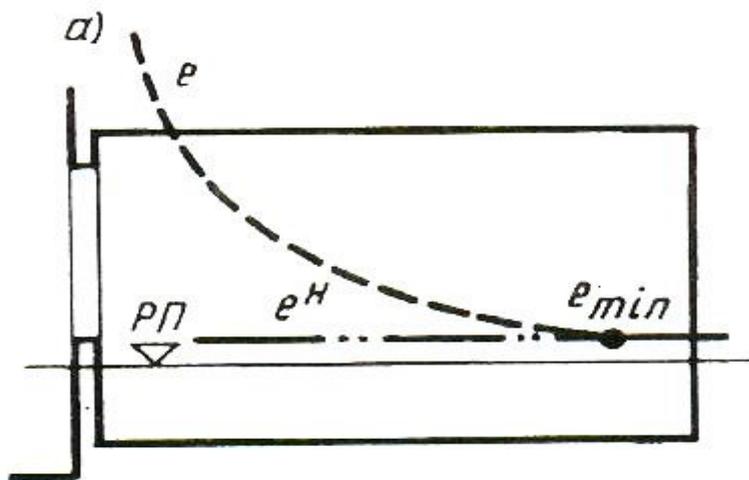
Нормирование КЕО зависит от вида освещения.

Естественное освещение подразделяется на боковое, верхнее и комбинированное

Боковое подразделяется на одностороннее и двухстороннее

Верхнее—через фонари и светопрозрач. покрытия

Комбинированное — сочетание верхнего и бокового.



При разных видах освещенности и назначении здания нормируются разные значения КЕО:

- В жилых здания при боковом одностороннем освещении нормируется **минимальное значение кео** в расчетной точке, расположенной на расстоянии 1 м от стены, противоположной окну, на пересечении плоскости характерного разреза и плоскости пола.

(Нормированное значение КЕО должно быть обеспечено в 1 комнате для 1, 2 и 3 комнатных квартир, в 2 комнатах для 4 и более комнатн. квартир).

В остальных комнатах и кухнях в расчетной точке в центре помещения.

- При двухстороннем освещении нормируется **минимальное значение кео** в расчетной точке в центре помещения на пересечении плоскости характерного разреза и рабочей поверхности
- При комбинированном освещении нормируется **среднее значение кео** в расчетных точках, расположенных на пересечении плоскости характерного разреза и условной рабочей поверхности. Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от стены.

Характерный разрез — поперечный разрез посередине помещения, плоскость которого перпендикулярна плоскости остекления.

Условная рабочая поверхность — условно принятая горизонтальная поверхность, расположенная на высоте 0,8 м от пола.

Нормирование естественного освещения

Нормированное значение КЕО определяется в соответствии с разделом 5 [4]:

$$e_N = e_H m_N$$

e_H — значение КЕО, (табл.4.1 для производственных помещений, табл.4.2, прил. Л для жилых и общественных);

N — номер группы обеспеченности естественным светом (прил. Е [4])

m_N — коэффициент светового климата (табл. 5.1)

Для помещений промышленных предприятий КЕО определяют с учетом разряда зрительной работы. Всего 8 разрядов.

I – работы наивысшей точности (объект различения менее 0,15 мм);

II – очень высокой точности

VIII – общее наблюдение за ходом производственного процесса.

Для помещений с I - III разрядов следует применять совмещенное освещение.

Допускается применение верхнего естественного освещения в производственных цехах если обеспечены значения КЕО:

I разряда – 10%, II – 7%, III – 5%

Предварительный расчет естественного освещения

Предварительный расчет естественного освещения сводится к определению требуемой площади остекления, необходимых размеров и расположения световых проемов. Принятые светопроемы должны обеспечивать нормативные значения КЕО в расчетных точках помещения.

Окончательные размеры проемов принимаются после проведения проверочного расчета. Они могут отличаться от требуемых по расчету на 5 – 10%.

Предварительный расчет площади световых проемов при боковом освещении производственных помещений

Предварительная площадь световых проемов при боковом освещении помещений S_0^δ , м², производственных зданий определяется по формуле

$$S_0^\delta = \frac{S_{\Pi} K_3 e_N \eta_0 K_{ЗД}}{100 \tau_0 r_1}$$

где S_{Π} - площадь пола, принимается как площадь пола достаточно освещенная естественным светом при боковом освещении без учета верхнего освещения.

S_n — зависит от вида освещения и разряда зрительной работы.

Всего 8 разрядов зрительной работы с I — VIII.

I — работы наивысшей точности с объектом различения менее 0,15мм.

VIII — общее наблюдение за ходом производственного процесса, во вспомогательных помещениях

Для одностороннего бокового освещения:

$S_n = 1,5 H L_n$ для I — IV разрядов;

$S_n = 2 H L_n$ для V — VII разрядов;

$S_n = 3 H L_n$ для VIII разряда.

Для двухстороннего бокового освещения:

$S_n = 1,5 H^2 L_n$ для I — IV разрядов;

$S_n = 2 H^2 L_n$ для V — VII разрядов;

$S_n = 3 H^2 L_n$ для VIII разряда.

K_3 — учитывает содержание пыли в воздухе и количество чисток световых проемов в год, принимается по табл. 4.3 [4].

e_N — нормированное значение КЕО.

η_0 — световая характеристика окна, принимается по табл. 26 СНиП II-4-79 в зависимости от соотношений:

B/h_1 и L_n / B

B — глубина помещения принимается

- при одностороннем боковом освещении

$B = A - 1$; где A — ширина пролета

- при двухстороннем боковом освещении

$B = A/2$

L_n — длина помещения

h_1 — высота от УРП до верха окна, определяется $h_1 = H - (0,8 + 0,6)$.

$K_{зд}$ — коэффициент, учитывающий наличие противостоящего здания, определяется по табл.27 СНиП II-4-79 в зависимости от $R / H_{зд}$

R - расстояние между зданиями;

$H_{зд}$ — высота между карнизом противостоящего здания и подоконником рассматриваемого окна;

τ_0 — общий коэффициент светопропускания

$$\tau_0 = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5$$

τ_1 — коэффициент светопропускания материала;

τ_2 — коэффициент, учитывающий потери света в переплетах;

τ_3 — коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях покрытия (при боковом освещении равен 1)

τ_4 — коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах

τ_5 — коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке под фонарем, принимается равным 0,9 (при боковом освещении равен 1);
 r_1 — коэффициент, учитывающий повышение КЕО при отражении света от внутренних поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию.

Принимается в зависимости от соотношений:

L_n/V ; V/h_1 ; l_p/V ; ρ_{cp}

l_p - расчетная точка, принимается в зависимости от характера зрительной работы

Для I — IV разрядов $l_p = 1,5 h$; $h = H — 0,6$

Для V — VII разрядов $l_p = 2 h$;

Для VIII разрядов $l_p = 3 h$;

$\rho_{\text{ср}}$ — средневзвешенный коэффициент отражения, определяется по формуле:

$\rho_{\text{ср}} = (\rho_1 S_1 + \rho_2 S_2 + \rho_3 S_3) / (S_1 + S_2 + S_3)$, где ρ_1, ρ_2, ρ_3 - коэффициенты отражения потолка, стен, пола;

Если отделка помещения неизвестна, $\rho_{\text{ср}} = 0,4$.

S_1, S_2, S_3 — площади потолка, стен, пола.

После определения площади остекления ее нужно распределить по окнам.

1. Задаются шириной оконных проемов

$b_o = 3,0; 3,5; 4,0; 4,5$ м (кратно 0,5 м);

2. Определяют предварительную высоту окон

$h_o = S_o / \ell_o$ одностороннее

$h_o = S_o / 2 \ell_o$ двухстороннее,

ℓ_o – длина остекления

$$\ell_o = (n - 2)b_o$$

n – количество шагов здания

$n - 2$ - количество окон

3. Полученную высоту округляют кратно 0,6 м

4. Определяют максимально возможную

высоту: $h_{max} = H - 1,8$

5. Определяют количество оконных проемов

$$k = n - 2$$

6. Определяют окончательную площадь остекления по формуле:

$$S = k \cdot b_0 \cdot h_0$$

Полученная площадь может отличаться от предварительной площади не более, чем на 10%

Инсоляция

Инсоляция – облучение прямыми солнечными лучами какой-либо поверхности. В области архитектурно-строительного проектирования термин «инсоляция помещений» означает облучение их солнечными лучами через светопроемы.

Эффект солнечного облучения зависит от длительности процесса, поэтому *ИНСОЛЯЦИЮ измеряют в часах.*

Нормы инсоляции

Требования норм инсоляции достигаются соответствующим размещением и ориентацией зданий, а также их объемно-планировочными решениями.

Оптимальный инсоляционный режим достигается путем прямого солнечного облучения в необходимом количестве, поскольку избыточная инсоляция может вызвать отрицательные воздействия:

- относительный перегрев поверхности пола, стен, оборудования и т. п.;
- явление блескости при отражении лучей от гладкой поверхности .

Продолжительность инсоляции для помещений жилых и общественных зданий, детских, дошкольных и школьных учреждений, а также их территорий *нормируется*

Норма зависит от:

- типа квартир;
- функционального назначения помещений;
- планировочных зон города;
- географической широты местности.

Согласно гигиеническим требованиям к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий (СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01) нормируемая продолжительность инсоляции должна составлять:

- для северной зоны (севернее 58° с. ш.) - не менее 2,5 ч в день с 22 апреля по 22 августа;
- для центральной зоны (58° с. ш. - 48° с. ш.) - не менее 2 ч в день с 22 марта по 22 сентября;
- для южной зоны (южнее 48° с. ш.) - не менее 1,5 ч в день с 22 февраля по 22 октября.

Продолжительность инсоляции в жилых зданиях должна быть обеспечена не менее чем в одной комнате 1-3-комнатных квартир и не менее чем в двух комнатах квартир из 4 и более комнат.

В зданиях общежитий должно инсолироваться не менее 60% жилых комнат.

СТРОИТЕЛЬНАЯ АКУСТИКА

Звук и его свойства

Звук, как физическое явление представляет собой волновые колебательные движение частиц среды.

Источником звука может быть любое вибрирующее тело.

Колебания источника звука вызывают колебания частиц среды, которые распространяются волнообразно в виде звуковых волн. При этом сами частицы не перемещаются вместе со звуковой волной, а только отклоняются от положения равновесия и возвращаются в первоначальное равновесное положение.

Звуковые волны характеризуются:
скоростью распространения - c , м/с;
длиной волны - λ , м;
частотой колебаний - f , Гц;
Амплитудой - A , м

Скорость распространения звуковых волн зависит от упругости среды. Быстрее всего звук распространяется в твердых телах, медленнее всего в воздухе.

Скорость распространения звука в стали 5100 м/с, в бетоне 4000 м/с, в воде — 1450 м/с, в воздухе 340 м/с, в вакууме — 0 м/с.

Длиной волны называют расстояние между двумя ближайшими частицами, находящимися в одной фазе колебания.

Длина звуковой волны зависит от скорости звука и частоты и определяется:

$$\lambda = c/f$$

Частота — число колебаний частиц среды в секунду.

Единицей измерения является Герц (Гц) — одно колебание в секунду. Частота отвечает за высоту тона.

Амплитуда отвечает за громкость тона.

Органы слуха человека способны воспринимать звук в пределах от 20 Гц до 20000 Гц, это соответствует длинам волн от 20 м до 1,7 см.

Октава, полоса частот у которой верхняя граница частот в два раза больше нижней

$$f_2 / f_1 = 2$$

В акустике расчеты ведут в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц : 63, 125, 250,... до 8000.

Различают три вида спектров частот:
низкочастотный - до 300 Гц;
среднечастотный — от 300 до 800 Гц;
высокочастотный — выше 800 Гц

На внутренние ограждающие конструкции воздействуют воздушный шум и ударный шум.

Вертикальные ограждающие конструкции (стены, перегородки) рассчитывают только на воздушный шум

$$R_w^p \geq R_w^H \text{ дБ}$$

Горизонтальные ограждающие конструкции рассчитывают на воздушный и ударный шум

$$\begin{aligned} R_w^p &\geq R_w^H \text{ дБ} \\ L_{nw}^p &\leq L_{nw}^H \text{ дБ} \end{aligned}$$

Нормируемыми параметрами звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций жилых и общественных зданий является индекс изоляции воздушного шума R_w дБ и индекс приведенного ударного шума под перекрытием L_{nw} дБ.

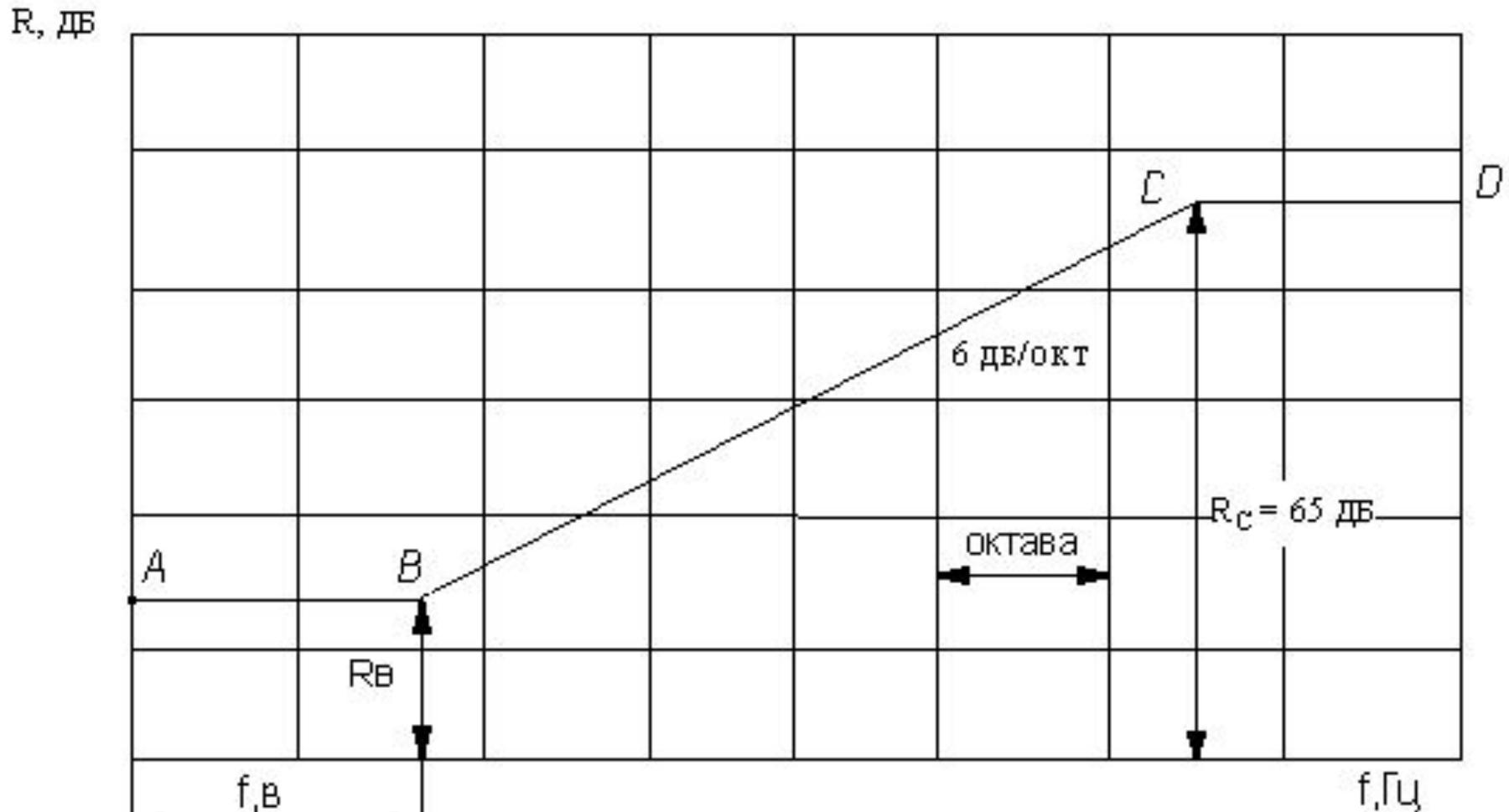
Нормативные значения приводятся в табл. 1 [7] или табл. 2 [6] в зависимости от вида ограждения, назначения помещения.

Определение расчетных значений индекса изоляции воздушного шума R_w и индекса приведенного ударного шума L_{nw} зависит от конструктивного решения ограждения

- Однородные
- Неоднородные

Однослойные, совершают колебания как одно целое, многослойные - способные колебаться с разными для каждого слоя амплитудами.

Для однородных ограждающих конструкций индекс изоляции воздушного шума может быть определен графически с помощью частотной характеристики



Частотная характеристика изоляции воздушного шума однослойным плоским ограждением п.п.3.1, 3.2 СП 23-103-2003

Частотную характеристику изоляции воздушного шума однослойной ограждающей конструкции с поверхностной плотностью от 100 до 800 кг/м², выполненной из бетона, железобетона, кирпича и тому подобных материалов, следует определять, изображая её в виде ломаной линии ABCD, представленной на рис 1 [СП]. Построение ломаной линии ABCD производится в следующей последовательности:

1. Определяется координата точки В, абсциссу которой $f_{\text{в}}$, Гц определяют по табл. 8 [СП] в зависимости от толщины и плотности материала ограждающей конструкции.

2. Ординату точки В определяют по формуле:

$$R_B = 20Lgm_{\text{э}} - 12, \text{ дБ}$$

Где $m_{\text{э}}$ — эквивалентная поверхностная плотность, определяется: $m_{\text{э}} = m K, \text{ кг/м}^2$

m - поверхностная плотность $m = \gamma h, \text{ кг/м}^2$

K - коэфф., учитывающий относительное увеличение изгибной жесткости бетонов на легких заполнителях по отношению к тяжелым бетонам с той же поверхностной плотностью.

Для сплошных ограждающих конструкций с $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$ и более $K = 1$, для остальных — табл. 10 [СП].

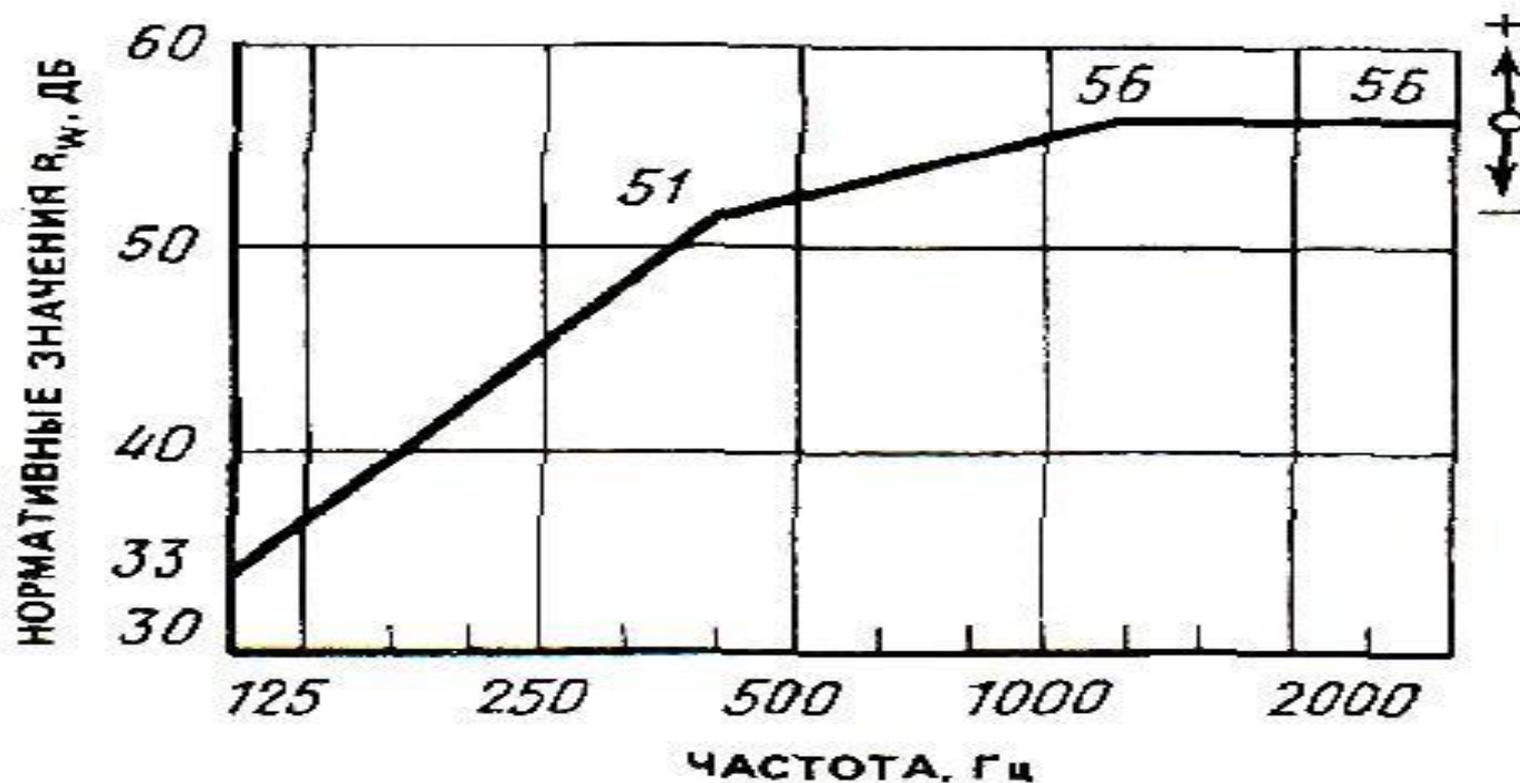
Значение R_B округляют до 0,5 дБ.

3. Из точки В влево проводится горизонтальный отрезок ВА.

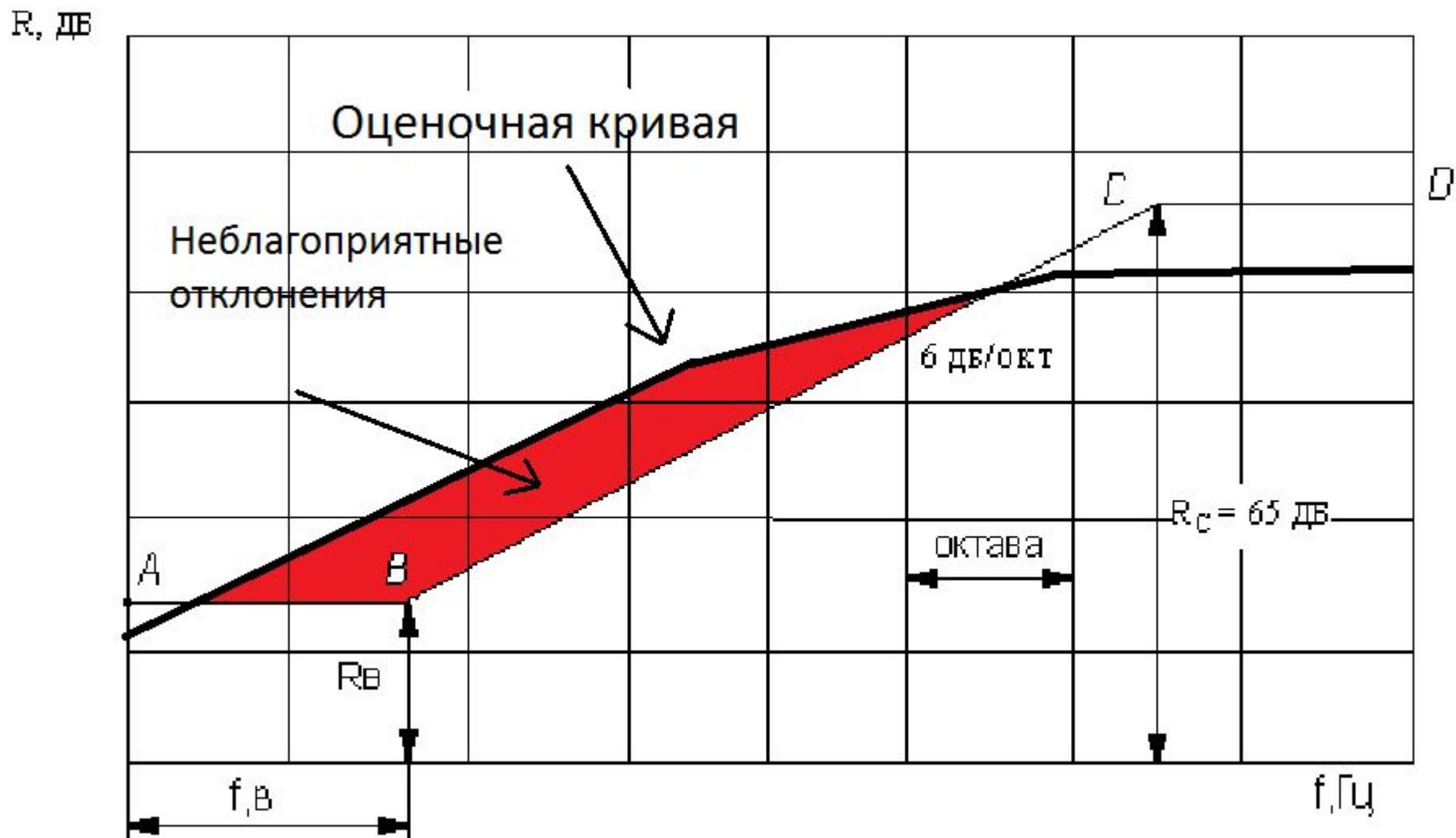
4. Вправо из точки В проводится отрезок ВС с наклоном 6дБ на октаву до точки С с ординатой $R_C = 65$ дБ. Из точки С проводится горизонтальный отрезок CD. Если точка С лежит за пределами нормируемого диапазона частот (от 100 до 3150 Гц), то отрезок CD отсутствует.

Полученная ломаная ABCD является расчетной частотной характеристикой ограждения.

Индекс изоляции воздушного шума определяется путем сопоставления построенной частотной характеристики с оценочной кривой (см.рис.) в нормируемом диапазоне частот от 100 до 3150 дБ табл. 4, п.1 [7]



Для определения индекса изоляции воздушного шума необходимо вычислить сумму неблагоприятных отклонений построенной частотной характеристики от нормативной кривой



1. Определяется сумма неблагоприятных отклонений. Неблагоприятными считаются отклонения вниз от оценочной кривой.

2. Если сумма неблагоприятных отклонений максимально приближается к 32 дБ, но не превышает эту величину, то индекс изоляции воздушного шума принимают равным 52 дБ.

3. Если сумма неблагоприятных отклонений значительно больше или меньше 32 дБ, то оценочную кривую смещают вверх или вниз на целое число дБ так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений максимально приближалась к 32 дБ, но не превышала эту величину.

4. За индекс изоляции воздушного шума принимается ордината смещенной оценочной кривой на частоте 500 Гц.

Для ориентировочных расчетов индекс изоляции воздушного шума может быть определен по формуле:

$$R_w = 37 \lg m + 55 \lg k - 43 \text{ дБ}$$

После определения расчетного индекса изоляции воздушного шума его сравнивают с нормативным.

$$R_w^p \geq R_w^H \text{ дБ}$$

Индекс приведенного ударного шума акустически однородной ограждающей конструкции может быть определен графически по известной частотной характеристике путем сопоставления ее с оценочной кривой (п.2.2 [7]) или по формуле:

$$L_{nw} = L_{nwo} - \Delta L_{nw} \text{ дБ, где}$$

L_{nwo} - индекс приведенного ударного шума плиты перекрытия, определяется по табл. 18 [7].

ΔL_{nw} - индекс снижения приведенного ударного шума за счет материала пола, принимается по данным заводов изготовителей.

Покрытие пола	Толщина, мм	$\Delta L_{дБ}^{nw}$
1	2	3
1. Теплозвукоизоляционный поливинилхлоридный линолеум на основе лубяных волокон	5,5	22
2. То же	3,5	16
3. Поливинилхлоридный линолеум с подосновой из нитрона	3,6	19
4. То же	5,1	25
5. Теплозвукоизоляционный линолеум на иглопробивной латексированной основе из лубяных волокон, горячее дублирование	3,8	18
6. Теплозвукоизоляционный линолеум на иглопробивной основе из вторичных отходов с защитным синтетическим слоем, горячее дублирование	4,5	22
7. Теплозвукоизоляционный линолеум на иглопробивной основе из поливинилхлоридных волокон, холодное дублирование	3,7	20

После определения расчетного индекса приведенного ударного шума под перекрытием его сравнивают с нормативным:

$$L_{nw}^p \leq L_{nw}^H \text{ дБ}$$

Расчет неоднородных вертикальных ограждающих конструкций

Для таких конструкций индекс изоляции воздушного шума R_w определяется сравнением частотной характеристики с оценочной кривой (п. 2.1 [7]).

Построение частотной характеристики зависит от конструкции ограждения.

Методики построения приведены в п. 3.6-3.9 [7].

После определения расчетного индекса изоляции воздушного шума его сравнивают с нормативным.

$$R_w^p \geq R_w^H \text{ дБ}$$

Расчет неоднородных горизонтальных ограждающих конструкций

Для таких конструкций определяется индекс изоляции воздушного шума - R_w и индекс приведенного ударного шума под перекрытием - L_{nw} .

Индекс изоляции воздушного шума определяется по табл. 15 [7] в зависимости от конструкции пола, частоты резонанса f_p и индекса изоляции несущей плитой перекрытия - R_{wo} .

Индекс изоляции R_{w0} определяется либо с построением частотной характеристики (п.3.2 [7]), либо по приближенной формуле (п.3.3 [7]):

$$R_w = 37 \lg m + 55 \lg k - 43 \text{ дБ}$$

Частота резонанса определяется по формуле:

$$f_p = 0,16 \sqrt{E_d (m_1 + m_2) / d m_1 m_2}, \text{ где}$$

E_d - динамический модуль упругости звукоизоляционного материала, Па, принимается по табл. 16 [7];

m_1 - поверхностная плотность плиты перекрытия;

m_2 - поверхностная плотность пола выше звукоизоляционного слоя;

d - толщина звукоизоляционного слоя в обжатом состоянии;

$$d = d_0(1 - \varepsilon), \text{ где}$$

d_0 - толщина звукоизоляционного слоя в необжатом состоянии;

ε - относительное сжатие материала под нагрузкой, принимаемая по табл.16 [7].

Значения индекса изоляции воздушного шума междуэтажного перекрытия с полом на звукоизоляционном слое (табл. 15 СП)

Конструкция пола	f _{рц}	Индекс изоляции воздушного шума R _w , дБ, при индексе изоляции воздушного шума плитой перекрытия R _{ow} , дБ					
		43	46	49	52	55	57
1. Деревянные полы по лагам, уложенным на звукоизоляционный слой в виде ленточных прокладок с E _д = 5·10 ⁵ – 12·10 ⁵ , Па, при расстоянии между полом и несущей плитой 60-70 мм	160	53	54	55	56	57	58
	200	50	52	53	54	56	58
	250	49	51	52	53	55	57
	320	48	49	51	53	55	-
	400	47	48	50	52	-	-
	500	46	48	-	-	-	-
2. Покрытие пола на монолитной стяжке или сборных плитах с m=60-20, кг/м ² , по звукоизоляционному слою с E _д = 3·10 ⁵ – 10·10 ⁵ , Па	63	-	55	56	57	58	50
	80	53	54	55	56	57	58
	100	52	53	54	55	56	58
	125	51	52	53	54	55	57
	160	50	51	53	54	55	57
	200	47	49	51	53	-	-

Индекс приведенного ударного шума под перекрытием определяется по табл. 17 [7] в зависимости от конструкции пола, частоты резонанса f_o и индекса приведенного ударного шума несущей плитой перекрытия — L_{nwo} .

Частота резонанса определяется по формуле:

$$f_o = 0,16 \sqrt{E_d / dm_2}$$

Индекс плиты перекрытия L_{nwo} принимается по табл. 18 [7] в зависимости от поверхностной плотности плиты перекрытия.

После определения расчетных значений индекса изоляции воздушного шума R_w и индекса приведенного ударного шума L_{nw} их сравнивают с нормативными значениями:

$$R_w^p \geq R_w^H \text{ дБ}$$
$$L_{nw}^p \leq L_{nw}^H \text{ дБ}$$