

Тема. 6. Физико-технические основы проектирования зданий

Учебные вопросы:

1. Строительная климатология. Ее задачи и методы.
2. Передача тепла через ограждающие конструкции. Строительная теплофизика
3. Воздухопроницаемость и влажностное состояние ограждающих конструкций
4. Передача звука через ограждающие конструкции

1. Строительная климатология. Ее задачи и методы

Строительная климатология – наука, изучающая влияние природных факторов на здания и сооружения. Ее основная задача – обеспечение целесообразности проектных решений (планировка населенных мест, типов зданий и ограждающих конструкций), учитывающих особенности климата. Для этого необходимо знать 4 параметра:

1. влажность воздуха (на территории России выделены 3 зоны: сухая, нормальная, влажная);
2. вид погоды по температурному режиму (от очень холодной $t = -28^{\circ}\text{C}$ и ниже в январе до очень жаркой $t = +32^{\circ}\text{C}$ в июле). Температура наружного воздуха для различных географических пунктов, установленная по многолетним метеорологическим наблюдениям, приведена в СНиП 23-01-99*. «Строительная климатология»;
3. скорость ветра;
4. глубина промерзания грунтов (для Самары $h_{\text{промерз}} = 1,6 \text{ м}$).

Вся территория России разделена на 4 основных климатических района, каждый из которых делится на подрайоны (их 16), что позволяет более точно учитывать особенности климата в районе строительства.

Таблица 1.6.1

Основные требования к жилищам в России

Климатические районы и подрайоны	Климатические особенности	Основные требования к жилищам
I (А Б В Г Д)	Холодный	Теплозащита
II (А Б В Г)	Умеренный	Теплозащита
III (А Б В)	Теплый	Защита от перегрева летом и соответствующая теплозащита зимой
IV (А Б В Г)	Жаркий	Защита от перегрева летом и соответствующая теплозащита зимой

Для создания комфортных условий в квартирах в районах теплого и жаркого климата (III и IV климатические районы) необходимо предусмотреть сквозное проветривание (квартира должна выходить на две противоположные стороны дома), глубокие лоджии, сложные формы зданий. Ориентация здания на генеральном плане обязательно широтная – оси здания должны располагаться по направлению запад – восток или с отклонением от широты на $18-22^{\circ}$ по часовой стрелке.

В районах с суровой зимой (I и II климатические районы) целесообразно строить дома простой прямоугольной формы, здания ориентировать по меридиану, т.к. это обеспечивает наиболее продолжительную инсоляцию обеих сторон дома (прямые солнечные лучи). При входе в дом обязательно предусматривается тамбур. Устраивается тройное остекление.

Инсоляция - облучение прямыми солнечными лучами зданий, помещений и территорий, оказывающее световое, ультрафиолетовое и тепловое (радиационное) воздействие. Световое и ультрафиолетовое облучение оказывает укрепляющее психофизиологическое воздействие на человека и бактерицидное на микроорганизмы во внутреннем пространстве зданий, оздоравливая его. Поскольку обычное оконное стекло плохо пропускает ультрафиолетовые лучи, в лечебно-оздоровительных зданиях применяют для заполнения проемов более дорогое специальное увиолевое стекло. Нормами проектирования регламентируется минимальная длительность прямого облучения помещений и территорий.

Инсоляции могут сопутствовать перегрев помещений вследствие радиации и утомляющее зрение слепящее действие солнечных лучей из-за прямой и отраженной блескости ограждений и оборудования. Поэтому в ряде технологически обусловленных случаев инсоляция не допускается (горячие и ткацкие цехи, книгохранилища и т.п.) или должна быть ограничена, например для жилых домов в районах, расположенных южнее 57-й параллели. В последнем случае для ограничения теплового воздействия инсоляции прибегают к оборудованию светопроемов солнцезащитными устройствами - СЗУ (рис. 1.6.1).

СЗУ проектируют стационарными и регулируемыми. В качестве СЗУ используют горизонтальные сплошные и решетчатые козырьки, горизонтальные и вертикальные жалюзийные решетки с различно расположенными перьями, вертикальные стенки-экраны (солнцеломы) и сотообразные затемняющие экраны из железобетона, армоцемента, алюминия, дерева или других материалов. Горизонтальные козырьки и жалюзи обеспечивают солнцезащиту проемов, ориентированных на сектор горизонта $160-200^{\circ}$, вертикальные - на сектора $50-70$ и $290-310^{\circ}$. Наиболее универсальны убирающиеся

регулируемые жалюзи: они обеспечивают солнцезащиту проемов, ориентированных на сектор 70-290°.

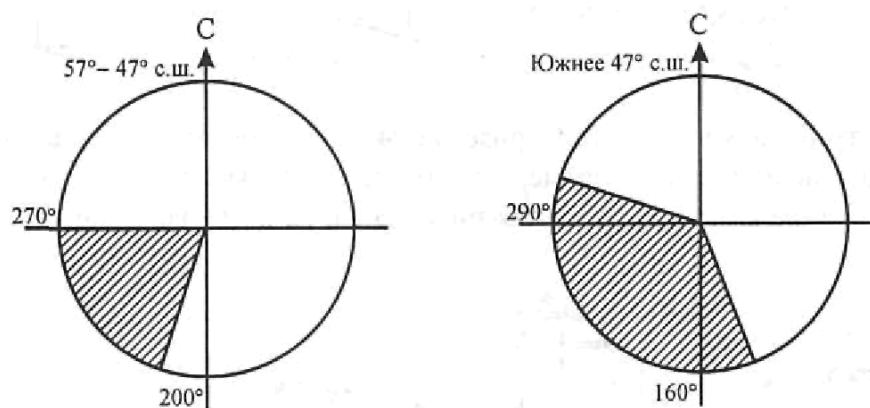


Рис. 1.6.1. Секторы горизонта, при ориентации на которые необходимо ограничение теплового воздействия инсоляции

2. Передача тепла через ограждающие конструкции. Строительная теплофизика

Ограждающие конструкции должны обеспечивать в помещениях нормальный тепловлажностный режим, звукоизоляцию от внешних и внутренних шумов, оптимальную слышимость и необходимую степень освещения естественным светом. Процессы, происходящие при распространении тепла, звука и света, изучаются соответствующими разделами строительной физики: строительной теплотехникой, строительной акустикой и светотехникой. Знание этих физических явлений позволяет проектировщику правильно рассчитать и законструировать ограждение. Изучаются они с помощью лабораторных и натурных исследований.

Теплотехнические качества ограждений, отделяющих помещения от наружной среды, влияют на: долговечность здания, колебания температуры в помещениях при неблагоприятных метеорологических или эксплуатационных условиях, степень переохлаждения помещений зимой и перегрева летом, влажностный режим в толще ограждения и на его внутренней поверхности, а также на температуру этой поверхности. Чрезмерное охлаждение внутренней поверхности наружного ограждения вызывает появление на ней конденсата и приводит к простудным заболеваниям людей.

Долговечность здания обеспечивается конструктивным решением ограждения, применением соответствующих материалов по морозо- и влагостойкости с учетом физико-климатических условий района расположения здания, а также внутреннего температурно-влажностного режима помещений.

К наружным ограждающим конструкциям предъявляют следующие теплотехнические требования:

1. ограждение должно обладать теплозащитными качествами и обеспечивать нормативный температурный режим помещений, чтобы сохранять тепло зимой и защищать от перегрева летом;
2. ограждение должно быть воздухонепроницаемо, что имеет значение для районов с сильными и устойчивыми ветрами. Большая воздухопроницаемость понижает теплозащитные качества ограждения;
3. во время эксплуатации на внутренней поверхности ограждений не должен возникать конденсат;
4. не должно быть переувлажнения материала ограждения, т.к. оно снижает теплозащитные качества (повышается коэффициент теплопроводности).

Основным теплотехническим показателем ограждения является его сопротивление теплопередаче, определяющее способность ограждения сопротивляться прохождению через него тепла (рис. 1.6.2).

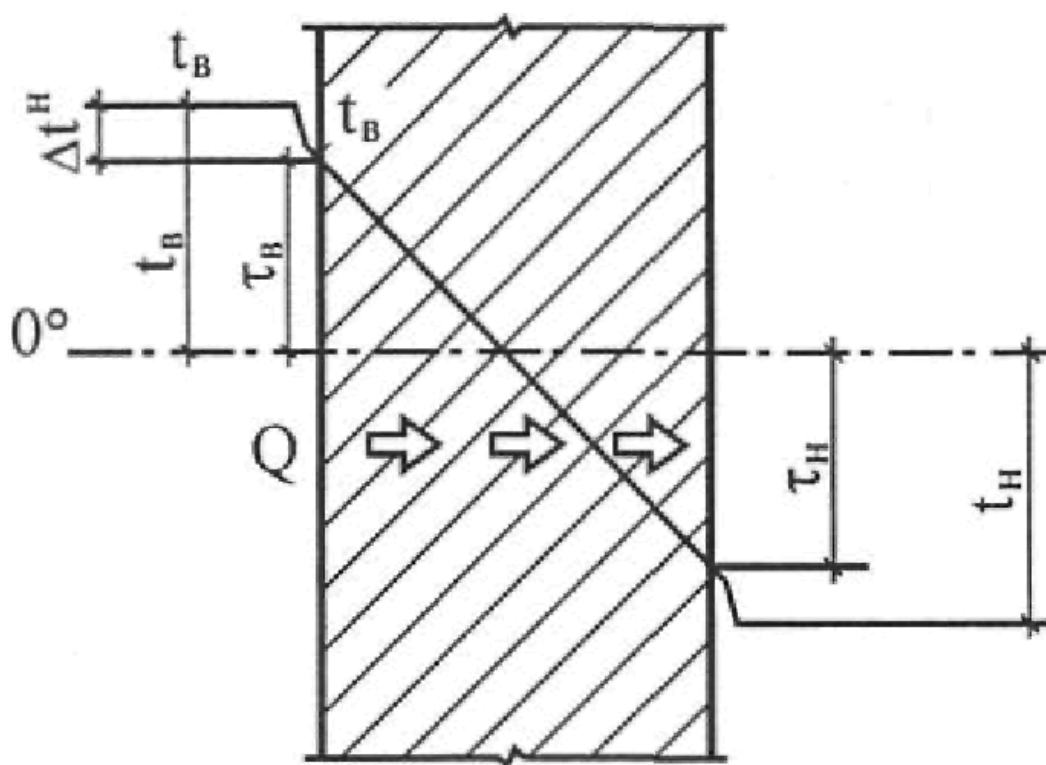


Рис. 1.6.2. Распределение температур в однослойном наружном ограждении

Сопротивление ограждения теплопередаче R ($\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$) зависит от термического сопротивления каждого однородного по материалу слоя, составляющего конструкцию ограждения:

$$R = \frac{\delta}{\lambda},$$

где δ – толщина слоя ограждающей конструкции, м;

λ – расчетный коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м °С).

Из формулы видно, что чем больше толщина слоя, тем больше сопротивление теплопередаче, и чем легче материал, а значит меньше теплопроводность, тем выше сопротивление теплопередаче.

Общее сопротивление теплопередаче многослойной конструкции:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{в}} + R_k + \frac{1}{\alpha_{н}}$$

где $\alpha_{в}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м² °С);

$\alpha_{н}$ – коэффициент теплоотдачи (для зимних условий) наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м² °С);

R_k – термическое сопротивление ограждающей конструкции.

Для многослойных конструкций термическое сопротивление определяется по формуле:

$$R_k = R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{вп},$$

где R_n – термическое сопротивление каждого отдельного слоя;

$R_{вп}$ – термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки. Воздух в замкнутом, неподвижном состоянии хорошо сопротивляется теплопередаче, в связи с чем и учитывается его влияние на теплозащитные качества ограждения.

Общее сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции должно быть не менее сопротивления теплопередаче $R_o^{тп}$, требуемого по санитарно-техническим условиям

$$R_o \geq R_o^{тп}$$

Требуемое сопротивление теплопередаче (м² °С/Вт):

$$R_o^{тп} = \frac{n (t_{в} - t_{н})}{\Delta t^{н} \alpha_{в}}$$

где $t_{в}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, °С;

$t_{н}$ – расчетная температура наружного воздуха;

$\Delta t^{н}$ – нормируемый температурный перепад между температурами внутреннего воздуха и внутренней поверхности ограждения;

n – коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху.

Требуемое сопротивление теплопередаче также зависит от эмпирической характеристики «градусо-сутки отопительного периода (ГСОП)»:

$$ГСОП = (t_B - t_{оп}) Z_{оп}$$

где $t_{оп}$ – средняя температура отопительного периода, °C,

$Z_{оп}$ – продолжительность периода со среднесуточной температурой воздуха ниже или равной 8°C, сут.

3. Воздухопроницаемость и влажностное состояние ограждающих конструкций

Воздухопроницаемость зависит от пористости материала и его влагозадержания. Излишняя воздухопроницаемость ведет к потере тепла в помещении.

Под влиянием разности Δp общих давлений по обе стороны ограждения, вызванной тепловым напором или ветром, через ограждающие конструкции происходит фильтрация воздуха. Для обеспечения благоприятного температурного режима помещений особенно нежелательна фильтрация наружного воздуха через ограждение в зимнее время – инфильтрация.

Сопротивление проектируемого наружного ограждения воздухопроницанию должно быть не меньше требуемого:

$$R_H \geq R_H^{тп}, (м^2 \cdot ч \cdot мм \cdot вод. \cdot ст/кг)$$

Сопротивление проектируемого ограждения воздухопроницанию определяется как сумма сопротивлений слоев ограждения:

$$R_H = R_{H1} + R_{H2} + \dots + R_{Hn}$$

Требуемое сопротивление прямо пропорционально расчетной разности давления воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций Δp и обратно пропорционально нормативной воздухопроницаемости ограждений G_H :

$$R_H^{тп} = \frac{\Delta p}{G_H}$$

G_H для наружных стен, перекрытий над подпольями и проездами гражданских зданий составляет 0,5, для наружных стен отапливаемых производственных зданий – 1, для окон и балконных дверей – 10.

Влажностный режим наружных ограждений. Повышение влагосодержания материала ограждений снижает теплозащитные свойства конструкций и их долговечность из-за разрушения переувлажненного материала при многочисленных замораживаниях и оттаиваниях. Поэтому предельное начальное влагосодержание конструкций ограничивается нормами проектирования. В процессе эксплуатации конструкция высыхает в результате воздухообменных процессов и солнечной радиации и начальное влагосодержание уменьшается. В то же время оно может возрастать под воздействием атмосферной влаги (дождь, мокрый снег, иней), грунтовой влаги, поднимающейся по капиллярам материала при отсутствии гидроизоляции между подземными или надземными конструкциями или конденсационной влаги. Наиболее часто

конденсационное переувлажнение ограждений вызывается влагой, содержащейся в воздухе помещения.

Абсолютная влажность воздуха измеряется количеством влаги в единице объема воздуха в г/м^3 . В теплотехнических расчетах пользуются величиной относительной влажности воздуха:

$$\varphi = \frac{e}{E} 100\% ,$$

E – предельная величина парциального давления водяного пара в мм рт. ст. при полном насыщении воздуха водяным паром при заданной температуре;

e - парциальное давление водяного пара в помещении.

Тепловой и влажностный режимы в помещении влияют на жизнедеятельность людей. Большая относительная влажность воздуха помещения при высокой температуре снижает возможность эффективного испарения и ухудшает тепловое состояние человека. При высокой температуре и низкой влажности у человека может возникнуть неприятное ощущение в дыхательных путях, ухудшается фильтрационная способность слизистой оболочки.

По относительной влажности воздуха выделяют следующие режимы помещений:

1. сухой $\varphi < 50\%$ - жилые комнаты, классы.
2. нормальный $\varphi = 50 - 60\%$ - кухни, вестибюли.
3. влажный $\varphi = 61 - 75\%$ - душевые, ванные комнаты.
4. мокрый $\varphi > 75\%$ - прачечные.

Температура воздуха, соответствующая его полному насыщению водяным паром ($\varphi = 100\%$), называется точкой росы t_p . При дальнейшем понижении температуры избыток влаги конденсируется и в капельно-жидком виде оседает на ограждении. Необходимость расчета на конденсат в зависимости от режима помещения определяется по СНиПу.

При необходимости исключить образование конденсата в толще конструкции прибегают к различным мерам: устраивают пароизоляцию на внутренней поверхности стены, окрашивают стены масляной краской, облицовывают глазурованной плиткой, покрывают лаками, битумами, смолами или комбинациями из этих материалов.

4. Передача звука через ограждающие конструкции

Шумом являются все звуки, оказывающие на человека нежелательное физиологическое и психологическое воздействие в процессе жизнедеятельности. Шум высокого уровня снижает производительность труда на 15-20%. Шум является частным проявлением физического явления, называемого звуком. Звук возникает при волнообразных колебаниях среды под воздействием механической энергии. В безвоздушном пространстве звук не распространяется. С увеличением количества

вещества, включаемого в колебательное движение, расходуется начальная энергия и звук затихает. В воздухе звук распространяется со скоростью 340 м/с, в стали – 5100 м/с, а в резине – всего 40 м/с.

Изучением распространения звуков и вопросами звукоизоляции занимается раздел «Строительная акустика» (греч. «akustikos – слуховой»). В ней выделен специальный раздел «Архитектурная акустика», которая занимается разработкой оптимальных условий слышимости в помещениях массового назначения (театры).

Звук оценивается величинами частоты колебаний, длины волны, интенсивности или силы звука. Частота колебаний в секунду измеряется в герцах (Гц). Частоты колебаний в 20 – 20000 Гц вызывают у человека звуковые ощущения. Колебания с частотой менее 20 Гц называют инфразвуком, более 20000 Гц – ультразвуком. Длина волны λ измеряется отношением скорости звука c к частоте колебаний f :

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Интенсивность или сила звука измеряется количеством звуковой энергии, поступающей в 1 с на 1 м² площади, перпендикулярной направлению распространения звука, в Вт/м².

Шум оценивается в соответствии с уровнем звукового давления в децибелах (дБ).

Шум в здании вызывают внешние и внутренние источники. Внешние – это транспорт, аэропорты, производственное оборудование промышленных предприятий, газодинамические установки и т.д. Внутренние – инженерное, производственное и санитарно-техническое оборудование зданий, звуковоспроизводящие приборы (радио, магнитофоны), а также люди.

Защита от внешних источников шума предусматривается при разработке планов жилых зданий (спальни – во двор), генеральных планов застройки (предусматривают «шумозащитные» здания вдоль магистральных улиц: магазины, кинотеатры и др. общественные здания, которые являются «экранами» жилой застройки). Ограждающие конструкции (стены и перегородки) защищают конструкции от ударных и воздушных шумов.

Изоляция от внутренних источников шума обеспечивается архитектурно-планировочным путем при размещении «шумных» и «тихих» помещений в различных зонах здания (лифты устраивают в глухих шахтах, к ним могут примыкать только подсобные помещения: кухни, сан. узлы, кладовые); при разработке конструкций – выбором ограждений, удовлетворяющих нормативным требованиям звукоизоляции; в санитарно-технической части проекта – обоснованием параметров систем вентиляции и

кондиционирования, выбором конструкций и типов оборудования с минимальными уровнями шума, применением глушителей шума в аэродинамических системах и т.д.

Методы звукоизоляции основаны на ограничении распространения звуковых волн через ограждающие конструкции. Различают три вида распространения звуков через конструкции:

1. воздушный шум – если звуковая энергия передается в изолируемое помещение вследствие колебаний конструкции под влиянием звуковых колебаний воздуха (от звуков человеческих голосов, радиоприемника),
2. ударный шум – если колебания конструкции возбуждены ударами по ней (ходьба по перекрытию),
3. структурный шум или косвенный – если шум распространяется по зданию через конструкции, жестко связанные с элементами, непосредственно подвергающимися ударам при ходьбе или вибрациям от насосов, вентиляторов, лифтов.

Нормируемыми параметрами звукоизоляции служат индексы изоляции воздушного и ударного шумов (I_v , I_u). Их нормативные величины зависят от назначения здания и места расположения в нем конструкции. Например, I_v межквартирных стен и междуэтажных перекрытий в жилых домах должен составлять не менее 50 дБ, а I_u для них – 67 дБ.

Вопросы для самоконтроля:

1. ***Для чего территория России делится на климатические районы?***
2. ***В чем заключается суть теплотехнического расчета?***
3. ***Как классифицируются помещения по относительной влажности воздуха?***
4. ***Чем отличается звук от шума?***
5. ***Какие виды распространения звуков через конструкции вы знаете?***