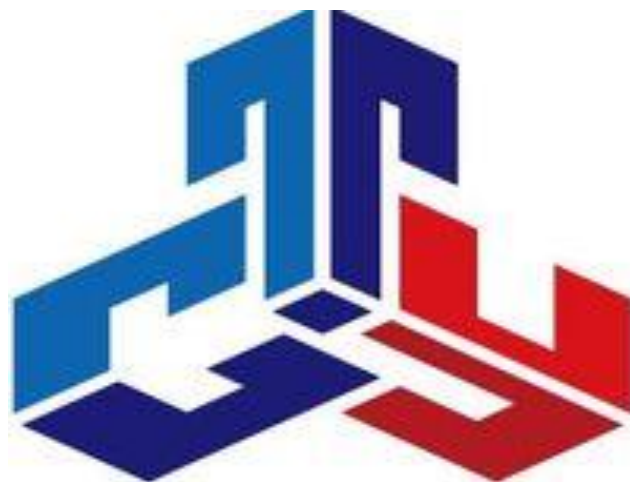


**СОВРЕМЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**



# **Методология проектирования**

**Учебное пособие**

**Рязань 2017**

УДК728.1

ББК 38.7-02

М54

### Методология проектирования

Учебное пособие/ сост. Бочаров Д.Б., к.фил.н., Зюбанова Е.Н., Липатов А.Е., к.ю.н., Фаина В.В., Современный технический университет. - Рязань, 2017. – 40с. - 50 экз.

Рецензент: Ивкин Ю.В. Директор строительной организации ООО «Проспект»

Данное учебное пособие содержит курс лекций по дисциплине «Методология проектирования». Лекции содержат все вопросы, раскрывающие сущность вопросов методологии проектирования, сконцентрировано внимание на основных понятиях и определениях, предназначено для студентов современного технического университета

*Печатается по решению Ученого Совета*

*Современного технического университета*

УДК728.1

ББК 38.7-02

М54

© Д.Б.Бочаров, Е.Н. Зюбанова,  
А.Е. Липатов, В.В. Фаина  
© Современный технический университет

## Оглавление

1. МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ .....	4
1.1 Проектная документация, рабочая документация .....	4
1.2 Индивидуальные проекты .....	5
1.3 Типовые проекты .....	5
1.4 Технический паспорт .....	6
1.5 Компьютерное проектирование .....	9
2. ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ И ИХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ .....	11
2.1 Элементы строительной теплотехники .....	12
2.2 Элементы строительной светотехники .....	27
2.3 Инсоляция .....	32
2.4 Основные понятия и величины шума .....	35
2.5 Звукоизоляция .....	38
2.6 Изоляция от шума инженерного оборудования .....	40
Список литературы .....	42

# 1. МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

## 1.1 Проектная документация, рабочая документация

**ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ** здания или сооружения представляет собой комплекс чертежей, расчетов и пояснительной записки, необходимых для возведения здания и обоснования, принятых в проекте решений. Проектная документация сопровождается **сметой**, в которой определены необходимые для возведения здания расходы строительных материалов, затраты труда и стоимость объекта.

Проекты разрабатываются коллективами специалистов проектных организаций (архитекторы, инженеры-конструкторы, инженеры-технологи, специалисты по инженерному оборудованию, технологии и организации строительства, экономисты).

Исходным документом для разработки проекта служит **задание на проектирование**. Оно составляется организацией-заказчиком (министерство, ведомство, исполком городского Совета или др.). В задании указываются место строительства, основные требования к проекту, содержится программа проектирования — перечень и размеры помещений, которые необходимо предусмотреть в проектируемом здании.

Проектирование, как правило, бывает двухстадийным: первая стадия — **проектная документация** и смета, вторая — **рабочая документация**. Только несложные проекты индивидуального применения разрабатывают в одну стадию.

Проектная документация содержит основные архитектурно-строительные чертежи — планы этажей, разрезы, фасады, генеральный план. В случаях, когда в проекте предусмотрено применение новейших конструкций, технический проект должен содержать также их принципиальные решения и узлы. Проектная документация отражает существо функционального, композиционного и технического решения проектируемого здания, а также его сметную стоимость. Проектная документация представляется на рассмотрение заказчику.

После утверждения заказчиком проектной документации разрабатывается рабочая документация. Основной комплект рабочих чертежей содержит решения генерального плана, архитектурно-строительные решения, включая монтажные планы и фасады с раскладкой и маркировкой сборных изделий, чертежи интерьеров, конструкций (железобетонных, металлических, деревянных), внутреннего водопровода и канализации, отопления и вентиляции, наружных сетей водоснабжения и канализации, тепловых сетей и автоматизации санитарно-технических систем. Кроме того, в состав рабочих чертежей включаются заказные спецификации на материалы, сборные изделия и оборудование, ведомости объемов строительных и

монтажных работ.

Масштабы изображений на рабочих чертежах принимают в зависимости от сложности изображений, но минимально необходимыми для обеспечения четкости копий при современных методах размножения чертежей. Для планов этажей, фасадов, разрезов принимают масштабы 1:200, 1:400, для фрагментов этих проекций 1:50, 1:100, для изделий и узлов от 1:2 до 1:50. Рабочие чертежи выполняются в соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Строительство осуществляется по типовым или индивидуальным проектам. Типовые проекты разрабатывают для возведения объектов массового строительства — жилых домов, детских дошкольных учреждений, школ, поликлиник, кинотеатров, универсамов и пр.

## **1.2 Индивидуальные проекты**

**Индивидуальные проекты** разрабатывают для возведения неповторяющихся и уникальных зданий (музеи, театры и др.). Иногда вопрос о возведении определенных видов зданий по типовым или индивидуальным проектам становится дискуссионным. Так, например, в крупном городе с десятками кинотеатров их можно строить по типовым проектам, так как городская среда содержит большое количество индивидуальных и неповторяемых объектов, придающих ей своеобразие и индивидуальность. Однако в новых жилых районах тех же крупных городов или в небольших городах здания кинотеатров выполняют в застройке композиционную роль доминантных акцентных объектов. Обеспечить эту роль едва ли может примелькавшийся облик типового кинотеатра на фоне типовой жилой застройки. В такой ситуации оправдано его индивидуальное решение.

## **1.3 Типовые проекты**

Типовые проекты предназначены для многократного применения, поэтому, они должны быть безукоризненными по функциональному и конструктивному решению, а также обеспечивать экономичность и индустриальность строительства. Срок действия типовых проектов 8—10 лет. С таким интервалом по мере роста народного благосостояния и развития техники производится пересмотр норм проектирования и типовых проектов. Каждое новое «поколение» типовых проектов по мере их разработки рассматривается не только организацией-заказчиком, но и специалистами смежных отраслей, творческими общественными организациями. На основе такого широкого рассмотрения производится корректировка типовых проектов, предшествующая их внедрению в строительство. Столь же строгой

проверке и оценке подвергаются заложенные в проект новые технические решения. Всесторонней разработке типовых проектов способствует организационное объединение проектных и научно-исследовательских подразделений в единые научно-проектные институты. В проектных подразделениях создаются архитектурно-конструктивные решения зданий, а в научно-исследовательских лабораториях испытываются прочность, устойчивость, изоляционные качества предлагаемых конструкций.

Типовые проекты разрабатывают для определенных климатических районов, но без ориентации на конкретную площадку строительства. В связи с этим возведению типового здания предшествует проектная работа, называемая привязкой проекта (приспособление проекта к конкретной градостроительной ситуации, рельефу и грунтам). В состав рабочих чертежей привязки входят уточненные чертежи фундаментов, подвалов, цокольной части, чертежи примыкания инженерных сетей здания к наружным сетям на участке и т. п. Градостроительная ситуация учитывается при выборе вариантов типового проекта по этажности, протяженности, ориентации, решению фасада.

#### 1.4 Технический паспорт

Каждый типовой проект имеет **технический паспорт**, содержащий схемы основных чертежей (план, фасад, разрез) и экономические показатели.

Процесс проектирования типовых или индивидуальных объектов начинается со сбора и анализа материалов по аналогичным сооружениям и сопоставления полученных данных с требованиями норм и задания на проектирование. В результате этой подготовительной работы складывается общий замысел проекта зачастую не в одном, а в нескольких вариантах по архитектурной композиции, планировке или конструкциям. Оптимальный по всем этим позициям вариант принимается к разработке.

Выбор варианта представляет собой многокритериальную задачу, в которой важны учет всех основных факторов и правильная оценка их значимости. Иногда строго оптимальное решение таких задач недостижимо вследствие противоречивости критериев или затрудненности определения их значимости. В таких случаях прибегают к определению значимости критериев по экспертным оценкам путем опроса специалистов высокой квалификации и вычисления коэффициентов значимости критериев.

Общим критерием экономичности проектного решения служит показатель полных приведенных затрат  $P$ , характеризующий экономическую эффективность капиталовложений. Он учитывает

наряду с суммой капитальных вложений соответственно в производство строительных конструкций и материалов ( $K_1 + K_2$ ) единовременные затраты на возведение здания по сметной стоимости объекта  $C$ , годовые затраты на эксплуатационное содержание здания  $M$ , умноженные на величину нормативного срока окупаемости капиталовложений  $T_n$ , т. е.

$$P = C + E_H(K_1 + K_2) + MT_n \quad (1.1)$$

где  $E_H$ —нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, равный 0,12;  $T_n$  — нормативный срок окупаемости капиталовложений, равный 12,5 лет для районов Крайнего Севера и 8,33 года для остальных районов.

Экономический эффект  $\mathcal{E}$  предлагаемого проектного решения оценивается по разности его показателя полных приведенных затрат с аналогичным показателем эталонного проекта  $P_0$ :

$$\mathcal{E} = P_0 - P \quad (1.2)$$

Помимо общей оценки экономичности проектного решения по показателю приведенных затрат проводится частная оценка проекта по объемно-планировочным показателям, сметной стоимости, показателям затрат труда и потребности в основных материалах на  $1 \text{ м}^2$  общей площади. Подсчитываются показатели текущих затрат и капиталовложений в развитие производственной базы. Выявляются показатели технологичности проектных решений: вес конструкций и материалов на  $1 \text{ м}^2$  общей площади, число типоразмеров и марок сборных изделий, вес монтажных элементов и продолжительность строительства в целом и на  $1000 \text{ м}^2$  общей площади.

По различным типам зданий в процессе проектирования выявляются следующие объемно-планировочные показатели.

По жилым домам:

$P_{жс}$  — жилая площадь (сумма площадей жилых комнат) по дому в целом и на квартиру в среднем;

$P_0^n$  — приведенная общая площадь — сумма площадей жилых комнат, подсобных помещений квартир (кухни, передние, санузелы, встроенные шкафы) и летних помещений квартир, принимаемых со следующими коэффициентами приведения; 0,2 — для выносных балконов; 0,35 — для выносных балконов с боковыми экранами и лоджий, выходящих за габарит здания; 0,5 — для лоджий, входящих в габарит здания;

$P_L$  — площадь летних помещений;

$P_{БК}$  — площадь в неквартирных помещениях (коммуникационных, технических и т. п.);

$O_C$  — строительный объем надземной части здания,

определяемый умножением площади горизонтального сечения здания по внешнему обводу на уровне первого этажа (над цоколем) на высоту здания, измеренную от отметки чистого пола первого этажа до верхней плоскости теплоизоляции (в чердачных крышах) или до средней отметки верха бесчердачной крыши;

$P_a$  — площадь застройки, равная площади горизонтального сечения по внешнему обводу здания на уровне цоколя в сумме с выступающими частями (веранды, портики, галереи);

$K_1$  — отношение жилой площади к приведенной общей площади по дому в целом;

$K_2$  — отношение строительного объема дома к приведенной общей площади;

$K_3$  — отношение площади наружных стен к приведенной общей площади дома;

$K_4$  — приведенная общая площадь на 1 человека.

По общественным зданиям:

$P_p$  — рабочая площадь (сумма площадей всех помещений, за исключением коридоров, тамбуров, переходов и помещений для размещения инженерных сетей и оборудования — бойлерные, венткамеры, машинные отделения лифтов, и т. п.) по дому и на единицу вместимости;

$P_o$  — общая площадь (сумма рабочей площади, площадей тамбуров, коридоров, переходов и помещений для инженерного оборудования (по дому и на единицу вместимости));

$O_c$  — строительный объем здания, включая объем выступающих над плоскостью крыши световых фонарей и куполов, на единицу вместимости;

$K_1$  — отношение рабочей площади к общей площади здания;

$K_2$  — отношение строительного объема к рабочей площади здания;

$K_3$  — отношение площади наружных ограждений к общей площади здания.

По промышленным зданиям:

$P_p$  — рабочая площадь — сумма площадей помещений, предназначенных для изготовления продукции, включая площади антресолей, площадок, этажерок, на которых разрешено технологическое оборудование; и площади помещений промежуточного складирования полуфабрикатов;

$P_{II}$  — подсобная площадь (сумма коммуникационных площадей для транспорта и людских потоков и площадей помещений для санитарно-технического и инженерного оборудования, технических этажей);

$P_o$  — общая площадь (сумма площадей всех помещений здания);



$P_C$  — складская площадь (сумма площадей, предназначенных для хранения сырья; готовой продукции и подсобных материалов и изделий, необходимых для ремонта и эксплуатации оборудования и коммуникаций);

$P_z$  — площадь застройки, определенная по внешнему периметру наружных стен в уровне цоколя;

$O_C$  — строительный объем с включением объема фонарей и подвалов;

$$K_1 = \frac{P_p}{P_0}; \quad K_2 = \frac{O_C}{P_p}$$

Коэффициенты  $K_1$  и  $K_2$  позволяют проектировщику оценить целесообразность использования площади и строительного объема здания. Малые значения коэффициента  $K_2$  свидетельствуют о компактности объемно-планировочного решения и сокращении удельных расходов тепла и материалов на наружные ограждения.

Из технико-экономических показателей наиболее существенное значение имеют показатели сметной стоимости как общего измерителя, суммирующего экономичность планировочного конструктивного решения, и затрат труда как характеристики уровня индустриализации производственных процессов.

## 1.5 Компьютерное проектирование

Новые технологии стремительно внедряются в проектную деятельность. Разработаны способы моделирования технологических схем, технического конструирования и расчетов. Созданы программы разработки рабочей и сметной документации на основе библиотеки аналогов.

Полностью компьютеризированы архитектурные, конструкторские, сметные части проектной документации. Компьютерное проектирование связывает весь процесс проектирования и строительства в одну цепь. Это язык общения всех специалистов, включенных в систему проектирования. Практически можно выпустить проектную документацию, сидя за компьютером, не прикоснувшись к карандашу. Традиционная графика остается предметом художественного творчества и методом эскизных поисков.

Компьютерное проектирование — область информатики, предназначенная для создания, хранения, обработки, передачи моделей и их изображений с помощью компьютерных локальных сетей и сетей Интернет. Под моделью подразумевается совокупность сведений, определяющих объект: градостроительный элемент, сооружение или

здание, его часть или фрагмент. Изображение может быть плоским, двухмерным (генеральный план, план, фасад и т.д.), трехмерным (перспектива, аксонометрия), динамичным (анимация).

Технические средства, используемые архитекторами в настоящее время для создания, хранения и обработки моделей, — это персональные компьютеры, стационарные, с процессором и монитором, или портативные, совмещающие оба элемента. Для перевода изображения на бумагу используют принтеры и плоттеры. Для перевода с бумажных носителей в компьютер — сканеры. Для демонстрации — мониторы и CD проекторы. Таким образом, рабочее место архитектора требует серьезного технического оснащения и программного обеспечения.

Программное обеспечение быстро меняется, а вместе с ним прогрессируют технические средства. В настоящее время на рынке программного обеспечения для архитекторов можно выделить конкурирующие программы ArchiCAD и AutoCAD, 3D MAX и т.д. Выбор программы зависит от того, в какой области архитектурной деятельности работает архитектор, в каких программах работают партнеры или коллеги, и, наконец, от личных пристрастий.

Функционирует громадный рынок программного обеспечения. В нем есть разделы, CAD-пакеты, пакеты визуализации, анимации, иллюстрирования графики и т.д. В каждом разделе есть самые популярные пакеты. Среди CAD-пакетов: AutoCAD и ArchiCAD. Среди пакетов визуализации-анимации: 3D MAX, 3D VIZ.

Система AutoCAD — универсальный CAD пакет. Работа в нем сходна с ручным выполнением проекта. Это означает отдельные работы по созданию двухмерных чертежей и трехмерных моделей. Часто этот способ является наиболее экономичным, так как плоские чертежи и объемные модели насыщаются разной, только им присущей информацией. При разработке плана не обязательно показывать детали пластики фасадов, и, наоборот, при работе с трехмерной моделью здания подробности внутренней планировки не нужны. Начинать проектирование можно с любого чертежа или создания трехмерной модели объекта. В системе AutoCAD можно создавать персональные пользовательские библиотеки двухмерных и трехмерных элементов.

Возможна работа с тонированным изображением объекта. На базе AutoCAD созданы архитектурно ориентированные программы — DESKTOP и REVIT, но пока московский архитектурный рынок CAD-программ поделен практически между AutoCAD и ArchiCAD. Трехмерные модели с помощью AdobePhotoshop могут придать проекту презентационное качество и помочь архитектору в создании демонстрационных материалов.

ArchiCAD — это архитектурно-ориентированный CAD-пакет. Система ArchiCAD более близка к традиционной архитектурной графике и позволяет последовательно перейти от двухмерных чертежей

к трехмерным моделям, от эскизов к рабочим чертежам. Работать можно как методом использования графических элементов: точка, отрезок, окружность, — так и с использованием ранее созданных элементов: лестницы, лифты, оборудование и мебель. При таком подходе использование компьютерной графики не устраняет чертеж как основу проектирования, но облегчает труд архитектора. Работая в ArchiCAD, вы получаете возможность разрабатывать проект и одновременно готовить документацию о нем. Создание проекта всегда начинается с плана, который представляет собой проекцию трехмерной модели каждого проектируемого этажа. Модель этажа состоит из стен, окон, дверей, перекрытий, полов, перегородок и т.д.

ArchiCAD включает в себя библиотеки двумерных и трехмерных элементов проекта (окна, двери, архитектурные детали и т.д.). Любой элемент библиотеки может быть модифицирован.

В объемной модели здания в ArchiCADe можно делать любые сечения и работать затем с выделенной частью объекта. Довольно легко происходит настройка источников света для построения теней.

Программа 3D MAX предназначена в основном для создания трехмерных моделей, их реалистического изображения и, в конечном счете, анимации. Архитекторы используют ее возможности для работы с клиентами, для презентации своих проектов.

В компьютерной программе проектирование ведется в масштабе 1:1. Проблемы масштаба возникают при выводе чертежей на бумагу.

Выведенные на бумагу чертежи проекта и рабочей документации выполняются в традиционно сложившихся форматах и масштабе и, если это необходимо, в цвете по тем же требованиям, что и чертежи, выполненные вручную.

Цвет зависит от настроек CAD программы, которые могут быть скорректированы любым образом, но обычно цвет объекта характеризует слой, в котором он находится. Слои включаются и выключаются по мере необходимости. Демонстрационные материалы представляются в свободной форме, но при всем разнообразии приемов и методов следует стремиться к наиболее полному раскрытию проекта.

## **2. ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ И ИХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ**

Проектирование зданий как искусственной среды жизнедеятельности должно обеспечивать такое состояние среды, которое воспринимается человеком как комфортное. Забота о создании комфортной среды проявляется на всех этапах проектирования. Этому способствуют правильное решение рассмотренных выше архитектурных задач по назначению размеров помещений, их пропорций, размеров проемов, связи с окружающей средой, а также

целесообразный выбор конструкций и инженерного оборудования. Только при правильном решении технических задач могут быть обеспечены необходимый уровень тепло-, звуко-, гидроизоляции помещений, оптимальные параметры воздушной среды, световой комфорт и пр. Значимость этих факторов различна, но достаточно несоблюдения хотя бы одного из них (например, звукоизоляции), чтобы комфортное состояние среды превратилось в дискомфортное. В связи с этим комфорт внутренней среды определяется как совокупность оптимальных уровней всех ее характеристик, не вызывающих чрезмерного напряжения высших регуляторных механизмов организма человека.

## **2.1 Элементы строительной теплотехники**

Оптимальный микроклимат, т. е. оптимальное состояние воздушной среды помещений по параметрам температуры, влажности и чистоты, обеспечивается комплексом мер: расположением здания в застройке, его объемно-планировочным решением в соответствии с природно-климатическими условиями строительства, избранной системой искусственной климатизации помещений (отопления, вентиляции, кондиционирования внутреннего воздуха) и выбором конструкций наружных ограждений, обеспечивающих необходимую теплозащиту помещений. Последняя задача решается методами строительной теплотехники, которая базируется на общей теории теплообменных и массообменных процессов. При этом наружные ограждающие конструкции

зданий рассматриваются в термодинамическом процессе как открытые системы, которые обмениваются с внешней средой энергией путем теплообмена и веществами путем влаго- и воздухообмена.

При проектировании зданий в первую очередь решают следующие теплотехнические задачи:

обеспечение необходимой теплозащитной способности наружных ограждений;

обеспечение на внутренней поверхности ограждения температур, незначительно отличающихся от температуры воздуха в помещении, во избежание выпадения конденсата;

обеспечение теплоустойчивости ограждения;

создание осушающего влажностного режима наружных ограждений в эксплуатации;

ограничение воздухопроницаемости наружных ограждений. Теплотехнический расчет наружного ограждения в большинстве случаев осуществляется для условий установившегося во времени (стационарного) процесса тепло- и массообмена. Эти условия в целях упрощения расчетов идеализируют природные, в которых вследствие переменности параметров наружной среды (температуры и влажности

воздуха) обменные процессы нестационарны. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций производится для отапливаемых помещений на зимние условия, когда тепловой поток направлен из помещений в наружную среду. Наружное ограждение рассчитывается как плоская стенка, разделяющая воздушные среды с различной температурой и влажностью, ограниченная параллельными поверхностями и перпендикулярная тепловому потоку. Ограждение считается однородным, если оно выполнено из одного материала, и слоистым, если состоит из нескольких материалов, расположенных параллельно внешним плоскостям ограждения.

В стационарных условиях теплопередачи количество тепла в ккал  $Q$ , проходящего через ограждение, составляет

$$Q = (\tau_B - \tau_H) \frac{\lambda}{\delta} FZ \quad (2.1)$$

Где  $\tau_B$  и  $\tau_H$  — температуры теплой и холодной поверхности ограждения; °С;  $\lambda$ , — коэффициент теплопроводности материала ограждения, ккал/(м · ч · °С);  $\delta$  — толщина ограждения, м;  $F$  — площадь ограждения, м<sup>2</sup>;  $Z$  — время передачи тепла, ч.

Из уравнения (2.1)

$$\lambda = \frac{Q\delta}{FZ(\tau_B - \tau_H)} \quad (2.1a)$$

При значениях  $\delta$ ,  $F$ ,  $Z$  и  $(\tau_B - \tau_H)$ , равных единице,  $\lambda = Q$ , т. е. коэффициент теплопроводности материала ограждения равен количеству тепла в ккал, проходящего за 1 ч через 1 м<sup>2</sup> стенки толщиной в 1 м, выполненной из рассматриваемого материала, при разнице температур на ее поверхностях в 1°. Значения коэффициентов теплопроводности материалов колеблются в очень широких пределах от 330 ккал/(м·ч·°С) у меди до 0,035 ккал/(м·ч·°С) у пенопластов. Различия величин коэффициентов теплопроводности являются следствием различий в структуре материалов и, в первую очередь, их объемной массы (кг/м<sup>3</sup>). Чем она больше, тем выше теплопроводность материала. Чем меньше объемная масса материала, тем больший объем занимают поры, заполненные малотеплопроводным воздухом, и тем меньше теплопроводность. Помимо пористости на величину теплопроводности материала влияет и его влажность. Чем больше воздуха в порах материала вытесняется водой, имеющей в 25 раз большую теплопроводность, тем выше становится теплопроводность материала. Влагосодержание материалов характеризуется весовой влажностью  $W$  и измеряется отношением (в %) количества влаги, содержащейся в увлажненном пористом материале, к массе сухого,

высушенного до постоянного веса материала:

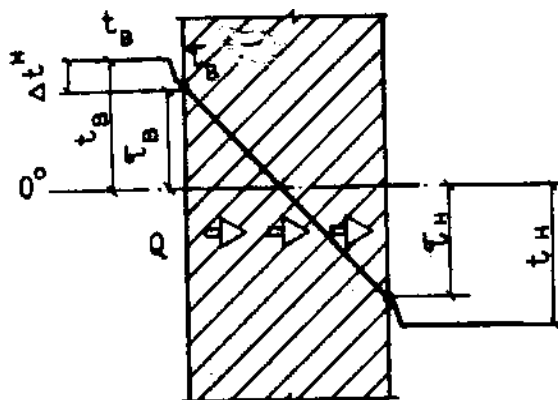


Рис. 2.1 Распределение температур в однослойном ограждении при стационарном тепловом потоке

$$\omega = \frac{P_{\text{вл}} - P_{\text{сух}}}{P_{\text{сух}}} 100, \quad (2.2)$$

где  $P_{\text{вл}}$  и  $P_{\text{сух}}$  — соответственно массы влажного и сухого материала.

На величину весовой влажности влияют климатические условия, расположение материала в различных слоях ограждения, влажностный режим эксплуатируемого помещения. Из опыта строительства и исследований известны средние значения весовой влажности материала в сухих и нормальных условиях эксплуатации и значения  $\lambda$  для соответствующих значений  $\omega$ . В связи с тем, что начальное влагосодержание материалов и конструкций оказывает большое влияние на эксплуатационные качества ограждений, ГОСТы на материалы и конструкции регламентируют предельно допустимые его величины, а нормативы изготовления изделий предусматривают способы сокращения их технологического переувлажнения при формовании. Так, например, при изготовлении трехслойных бетонных панелей с влагоемким утеплителем предусматривается предварительное пакетирование утеплителя в водонепроницаемые материалы.

**Определение сопротивления теплопередачи ограждения.** При определении теплозащитной способности наружных ограждений практический интерес представляет не теплопроводность составляющих ее слоев, а обратная ей величина  $R$  — **термическое сопротивление**, которое соответственно для однослойных и слоистых конструкций составляет

$$R = \frac{\delta}{\lambda} \quad (2.3)$$

$$R = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} \quad (2.3a)$$

При переходе тепла через наружное ограждение изменяется температура в материале ограждения и на его поверхностях и одновременно понижается температура воздуха в прилежащих к ограждению зонах (рис.2.1). Такое падение температуры свидетельствует о наличии дополнительных термических сопротивлений переходу тепла от внутреннего воздуха к внутренней поверхности ограждения и от наружной поверхности ограждения к наружному воздуху. Эти сопротивления теплоотдаче обозначают  $R_B$  и  $R_H$ .

Иногда в теплотехнических расчетах используют обратные величины —коэффициенты теплоотдачи  $\alpha_B$  и  $\alpha_H$ , равные:

$$\alpha_B = \frac{1}{R_B} \quad (2.4)$$

$$\alpha_H = \frac{1}{R_H} \quad (2.5)$$

Их величины принимают по таблицам главы СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты здания».

Соответственно общие величины сопротивления теплопередаче одно-и многослойного ограждений составят:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_H} \quad (2.6)$$

$$R = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_H} \quad (2.7)$$

Одно- и многослойные ограждения, выполненные из сборных элементов, содержат отдельные более теплопроводные участки в зонах стыков, обрамляющих и соединительных ребер, снижающие общее сопротивление теплопередаче по сравнению с вычисляемым по формулам (2.6) и (2.7). Точный учет влияния теплопроводных включений и определение приведенной величины сопротивления теплопередаче таких конструкций осуществляются расчетом с помощью электроаналоговой машины (электроинтегратора).

В приближенных расчетах наличие теплопроводных включений

учитывается умножением величины  $R$  на понижающий коэффициент  $g$ , который для однослойных панельных стен равен 0,95, а для слоистых — от 0,6 до 0,9.

**Пример.** Определить общее и приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены жилого дома в г. Орле, смонтированной из двухмодульных керамзитобетонных панелей толщиной 0,35 м. В толщину стены входят наружный защитно-отделочный слой из декоративного раствора толщиной 0,025 м и внутренний штукатурный слой толщиной 0,015 м.

Объемная масса керамзитобетона  $1000 \text{ кг/м}^3$ , отделочных слоев 1800 и  $1600 \text{ кг/м}^3$ . Коэффициенты теплопроводности материалов находим по таблице прил. 3 СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты здания»:  $\lambda$  керамзитобетона — 0,35 ккал/(м·ч·°С), наружного фактурного слоя — 0,8, внутреннего — 0,7 ккал/(м·ч·°С). По формуле (2.7) находим:

$$R_0 = \frac{1}{7.5} + \frac{0.015}{0.7} + \frac{0.31}{0.35} + \frac{0.025}{0.8} + \frac{1}{20} = 1.12 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°С/ккал}$$

$$R_{пр} = rR_0 = 1,06 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{°С/ккал}$$

В ряде случаев для повышения сопротивления теплопередаче в конструкциях предусматривают воздушные прослойки. Экспериментально установленное термическое сопротивление замкнутых воздушных прослоек  $R_{Вп}$  при их толщине от 10 до 50 мм составляет 0,17—0,2 м<sup>2</sup>·ч·°С/ккал для вертикальных и горизонтальных (при потоке тепла снизу вверх) и 0,18—0,26 м<sup>2</sup>·ч·°С/ккал для горизонтальных прослоек при потоке тепла сверху вниз. В связи с тем что теплопередача в прослойках осуществляется преимущественно за счет конвекции и излучения, термическое сопротивление прослоек во много раз ниже термического сопротивления неподвижного воздуха. Влияние воздушных прослоек учитывается при определении общего сопротивления ограждения теплопередаче  $R_0$  введением слагаемого  $R_{Вп}$ . Для повышения эффективности прослойки вдвое применяют облицовку ограждающей более теплой поверхности отражающими материалами (например, алюминиевой фольгой), которые уменьшают передачу тепла излучением.

**Определение требуемого сопротивления теплопередаче ограждения.** Величина сопротивления теплопередаче запроектированной конструкции должна соответствовать величине требуемого по климатическим и гигиеническим условиям сопротивления  $R_0^{тр}$ . Величина  $R_0^{тр}$  определяется из следующего условия. При установившемся потоке тепла величина входящего в



ограждение потока равна величине выходящего. Поток тепла, проходящий через единицу площади внутренней поверхности за единицу времени, составляет

$$q_B = \frac{t_B - \tau_n}{R_B} \quad (2.8)$$

где  $t_B$  — температура внутреннего воздуха, а  $\tau_n$  — температура внутренней поверхности ограждения)

и равен потоку тепла через ограждение

$$q_B = Q;$$

$$\frac{t_B - \tau_n}{R_B} = \frac{t_B - t_H}{R_O}$$

где  $t_H$  — температура наружного воздуха.

Из этого равенства следует

$$R_O = \frac{t_B - t_H}{t_B - \tau_n} R_B \quad (2.9)$$

Минимальная величина требуемого сопротивления теплопередаче также зависит от расположения наружной поверхности ограждения по отношению к внешней среде, что учитывается коэффициентом  $n$  в формуле (2.9), которая принимает вид

$$R_O^{\text{тр}} = \frac{n(t_B - t_H)}{\Delta t^n \alpha_B} \quad (2.10)$$

Коэффициенты  $n$  имеют следующие значения:  $n = 1$  для наружных стен и совмещенных крыш; 0,9 — для чердачных перекрытий; 0,75 — для перекрытий над холодным подпольем.

В формулу (2.10) входит величина нормируемого температурного перепада у внутренней поверхности ограждения  $\Delta t^H = t_B - \tau_n$ , определяющая тепловой комфорт помещения. В наиболее холодные зимние дни она должна составлять для наружных стен жилых домов, школ, больниц не более 6 °С, административных — 7, промышленных — от 8 до 12° С, а для покрытий соответственно 4; 5,5 и 8—12° С.

Расчетные параметры внутреннего воздуха  $t_B$  в зданиях и помещениях определяются нормами проектирования и составляют для жилых комнат 18—20° С в зависимости от климатического района строительства, для рабочих помещений административных зданий 18°, больничных палат, библиотек 20°, основных помещений детских садов и яслей 21—23°, спортивных залов 15°, торговых залов продовольственных

магазинов 12° С и т. д. Расчетная зимняя температура наружного воздуха  $t_H$  принимается в зависимости от характеристики тепловой инерции ограждения:

для наружных стен и покрытий большой инерционности, а также для перекрытий над подвалами и подпольями — средняя для наиболее холодной пятидневки  $t_{H5}$ ;

для ограждений малой инерционности — средняя наиболее холодных суток  $t_{H1}$

для ограждений средней инерционности — средняя из этих величин

$$\frac{t_{H1} + t_{H5}}{2}$$

для безинерционных — абсолютная минимальная.

Температуры наружного воздуха для различных географических пунктов, установленные по многолетним метеорологическим наблюдениям, приведены в СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий».

Тепловая инерция — способность конструкции к сохранению или медленному изменению температур в ее толще. Характеристика тепловой инерции  $D$  определяется по формуле

$$D = R_1s_1 + R_2s_2 + R_3s_3..... \quad (2.11)$$

где  $R_1, R_2$  — сопротивление теплопроводности слоев ограждения (по 5.3), а  $s_1, s_2$  — коэффициенты теплоусвоения материалов отдельных слоев за период в 24 ч принимают по прил. 3 СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты здания».

Конструкция ограждения соответственно расчетным значениям  $D$  считается безинерционной при  $D < 1,5$ , малой инерционности при  $D > 1,5$ , но меньше 4, средней при  $4 < D < 7$  и большой при  $D > 7$ .

Величина сопротивления теплопередаче проектируемого ограждения должна быть равной или превышать требуемую по (2.10)  $R_0 \geq R_0^{тр}$ .

Значения  $R_0^{мп}$  представляют собой минимально необходимые по гигиеническим требованиям величины. В ряде случаев, особенно при проектировании слоистых ограждений с эффективными утеплителями для применения в суровых климатических условиях, экономически целесообразно назначать сопротивление теплопередаче на 50—100% выше  $R_0^{тр}$ . Увеличение стоимости наружных ограждений в этом случае компенсируется экономией на стоимости топлива, отопительных систем и установок за нормативный срок окупаемости капитальных, вложений

Экономически целесообразное термическое сопротивление теплоизоляционного слоя многослойного ограждения определяется по формуле

$$R_{ут}^{эк} = \sqrt{\frac{0,85(t_B - t_{от.пер})Z_{от.пер} \cdot 1,05C_T l_T}{\lambda_{ут} C_{ут} E_{н.п.}}} \quad (2.12)$$

где  $t_{от.пер}$  — средняя температура наружного воздуха за отопительный период,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $Z_{от.пер}$  — продолжительность отопительного периода, ч/год;  $C_T$  — стоимость тепловой энергии, руб/ккал;  $l_T$  — коэффициент, принимаемый равным: 1,3 — для жилых и общественных зданий, 1,2 — для производственных зданий с сухим и нормальным режимом, 1 — для всех остальных зданий;  $\lambda_{ут}$  — коэффициент теплопроводности утеплителя;  $C_{ут}$  — стоимость утеплителя, руб/ $\text{м}^3$ ;  $E_{н.п.}$  — норматив для приведения разновременных затрат, равный 0,08 1/год.

Экономически целесообразное сопротивление теплопередаче слоистого ограждения  $R_0^{эк}$  определяется по формуле

$$R_0^{эк} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{1}{\alpha_H} + R_{ут}^{эк} + \Sigma R_{к.с.} \quad (2.13)$$

где  $\Sigma R_{к.с.}$  — сумма термических сопротивлений конструктивных слоев этого ограждения.

**Распределение температур в толще ограждения.** Помимо определения общего, требуемого и экономически целесообразного сопротивления теплопередаче при проектировании ограждения необходимо установить распределение температур по сечению ограждения. При стационарном потоке тепла температуру в любой точке сечения ограждения находят по аналогии с определением температуры **на** внутренней поверхности ограждения  $t_B$ , которую вычисляют, преобразуя уравнение (2.9):

$$\tau_B = t_B - \frac{t_B - t_H}{R_0} R_B \quad (2.9a)$$

Исходя из равенства потоков тепла, проходящего через слой ограждения любой толщины  $x$ , граничащий с помещением, и через все ограждение,

$$\frac{t_B - \tau_x}{R_B \Sigma_{x-1} R} = \frac{t_B - t_H}{R_0}$$

откуда

$$\tau_x = t_B - \frac{t_B - t_H}{R_0} (R_B + \sum_{x-1} R) \quad (2.14)$$

где  $\sum_{x-1} R$ —термическое сопротивление слоев толщиной  $x$ , примыкающих к помещению.

Изменение температуры в каждом слое ограждения происходит по линейному закону, но с различным углом наклона, соответствующим термическому сопротивлению слоя. Таким образом, график распределения температур в слоистом ограждении получает характер торой, проходят через слои с более высоким термическим сопротивлением, имеют больший угол наклона к горизонту (рис. 2.2).

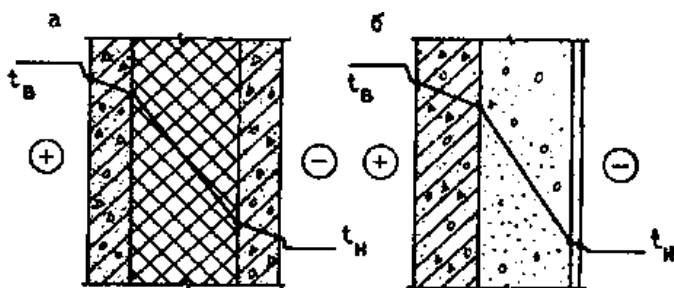


Рис 2.2 Примеры распределения температур в трех (а) и двухслойном (в) наружном ограждении

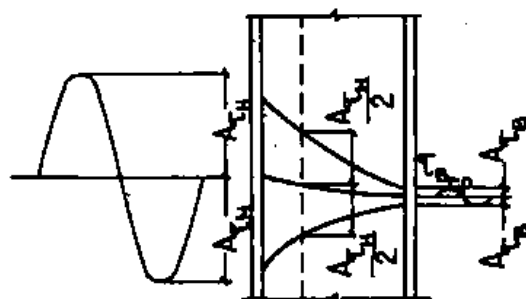


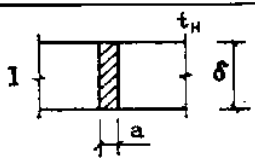
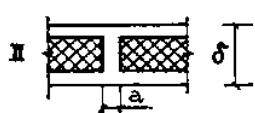
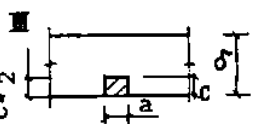
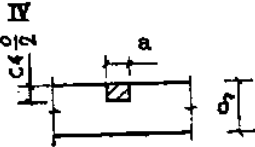
Рис.2.3 Схема затухания температурной колебаний в толщине однородной конструкции

Температура внутренней поверхности в местах более теплопроводных включений определяется по формуле

$$t'_B = t_B - \frac{t_B - t_H}{R_0 \alpha_B} \left[ 1 + \eta \left( \frac{R_0}{R'_0} - 1 \right) \right] \quad (2.15)$$

где  $R'_0$  — сопротивление теплопередаче участка ограждения с теплопроводным включением;  $R_0$  — то же, без теплопроводного включения;  $\eta$  — коэффициент, принимаемый по табл. 2.1 в зависимости от отношения ширины включения  $a$  к полной толщине ограждения  $\delta$ .

Таблица 2.1 Значение коэффициентов  $\eta$  для различных схем расположения теплопроводных включений

Схема теплопроводного включения	Коэффициент $\eta$ при $\frac{a}{b}$ , равном								
	0,02	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,5
	0,12	0,24	0,38	0,55	0,74	0,83	0,87	0,9	0,95
	0,07	0,5	0,26	0,44	0,62	0,73	0,81	0,85	0,94
	0,25	0,5	0,96	1,26	1,27	1,21	1,16	1,1	1
	0,04	0,1	0,17	0,32	0,5	0,62	0,71	0,77	0,89

Теплоустойчивость ограждения—способность сохранять при колебаниях величин теплового потока относительное постоянство температур на поверхности ограждения, обращенной в помещение.

Расчетный контроль теплоустойчивости ограждений осуществляется для конструкций наружных стен (при  $D < 4$ ) и покрытий (при  $D < 5$ ) гражданских зданий в южных районах со среднемесячной температурой июля более  $20^{\circ}\text{C}$  в целях предупреждения радиационного<sup>11</sup> перегрева помещений.

Расчетом контролируется амплитуда колебаний температуры на внутренней поверхности ограждения  $A_{\tau_B}$  которая должна быть не более требуемой  $A_{\tau_B}^{\text{ТР}}$  определяемой по формуле

$$A_{\tau_B}^{\text{ТР}} = 2,5 - 0,1(t_n - 21) \quad (2.16)$$

Где  $t_n$  — среднемесячная температура наружного воздуха в июле.

Большие колебания температуры на облучаемой наружной

<sup>11</sup> Радиация — тепловое воздействие прямого солнечного облучения

поверхности ограждающей конструкции уменьшаются, затухают в ее толще (рис. 2.3).

Величина амплитуды колебаний температуры на внутренней поверхности  $L_m$  зависит от величин затуханий расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха  $\nu$  в толще ограждения, которые определяют последующим формулам:

$$A_{\tau_H} = \frac{A_{\tau_H}^{\text{расч}}}{\nu} \quad (2.17)$$

$$A_{\tau_H}^{\text{расч}} = \frac{\rho(I_{\text{макс}} - I_{\text{ср}})}{\alpha_H} + 0,5A_{t_H} \quad (2.18)$$

$$\nu = 0,9e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \frac{(s_1 + \alpha_B)(s_2 + Y_1) + \dots + (s_n + Y_{n-1})(\alpha_H + Y_n)}{(s_1 + Y_1)(s_2 + Y_2) + \dots + (s_n + Y_n)\alpha_H} \quad (2.19)$$

где  $\rho$  — коэффициент поглощения солнечной радиации наружной поверхностью, который для материалов наружных стен колеблется от 0,7 до 0,3;  $I_{\text{макс}}$  и  $I_{\text{ср}}$  — максимальное и среднее суточное значение суммарной солнечной радиации на поверхность ограждения за июль. Для наружных стен расчетной является поверхность, ориентированная на запад;  $A_{t_H}$  — максимальная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха в июле;  $e = 2,718$  — основание натуральных логарифмов;  $Y_1, Y_2, Y_n$  — коэффициенты теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоев ограждающих конструкций, которые при  $D$  слоя  $\geq 1$  равны коэффициенту теплоусвоения материала слоя  $s$ , а при характеристике тепловой инерции слоя  $D < 1$  определяются по формуле

$$Y = \frac{R_i s_i^2 + Y_{i-1}}{1 + R_i Y_{i-1}} \quad (2.20)$$

где  $Y_{i-1}$  — коэффициент теплоусвоения наружной поверхности предыдущего слоя. Если первый (от внутренней поверхности ограждения) слой имеет  $D < 1$ , то для него коэффициент определяется по формуле

$$Y = \frac{R_i s_i^2 + \alpha_g}{1 + R_1 \alpha_g} \quad (2.21)$$

В результате расчетной проверки теплоустойчивости наружного ограждения может оказаться, что его сечение, назначенное по результатам расчета сопротивления теплопередаче на зимние условия, должно быть увеличено по требованиям защиты от перегрева. Такое мероприятие допустимо в случаях, когда по расчету на теплоустойчивость необходимо увеличение толщины теплоизоляционного слоя не более чем в 1,5 раза.

В остальных случаях необходимо прибегнуть к переработке конструкции, избрав более экономичный вариант либо применив конструктивные способы снижения перегрева конструкций и помещений. Такими способами могут служить замена бесчердачных крыш чердачными вентилируемыми, устройство солнцезащитных экранов над покрытием, вентилируемых воздушных прослоек в наружных стенах, устройство полов первого этажа по грунту, а не по перекрытию и др.

**Сопротивление ограждающих конструкций воздухопроницанию.** Под влиянием разности  $\Delta p$  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  $R_n$ , м<sup>2</sup>·ч·мм вод. ст/кг должно быть не меньше требуемого  $R_n^{тр}$ . Первое определяется как сумма сопротивлений слоев ограждения

$$R_n = R_{n1} + R_{n2} + \dots \quad (2.22)$$

а второе прямо пропорционально расчетной разности давления воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций  $\Delta p$  и обратно пропорционально нормативной воздухопроницаемости ограждений  $G^a$ :

$$R_n^{тр} = \frac{\Delta p}{G^a} \quad (2.23)$$

где  $G^a$  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.

В зданиях с естественной вытяжной вентиляцией наибольшая

инфильтрация наблюдается через ограждения нижнего этажа, для которого  $\Delta p$  определяется по формуле

$$\Delta p = 0,55H(\gamma_n - \gamma_e) + 0,03 \gamma_n v^2 \quad (2.24)$$

где  $H$  — высота здания, м;  $v$  — скорость ветра, м/с;  $\gamma_n$  и  $\gamma_e$  — объемные массы наружного и внутреннего воздуха, определяемые по формуле

$$\gamma = \frac{353}{273+t} \text{ кг/м}^3 \quad (2.25)$$

где  $t$  — температура воздуха наиболее холодной пятидневки для определения  $\gamma_e$  и расчетная температура внутреннего воздуха для определения  $\gamma_n$ .

В наибольшей степени подвержены инфильтрации конструкции окон и балконных дверей. Их сопротивление воздухопроницанию должно быть не менее

$$R_n^{\text{тр}} = \frac{(\Delta p)^{2/3}}{G_n} \quad (2.26)$$

**Влажностный режим наружного ограждения.** Повышение влагосодержания материала ограждений снижает теплозащитные свойства конструкций и их долговечность из-за разрушения переувлажненного материала при многочисленных циклах замораживания и оттаивания. В связи с этим предельное начальное влагосодержание конструкций ограничивается нормами проектирования. В процессе эксплуатации конструкций при высыхании в результате воздухообменных процессов с внутренней и наружной сторон ограждения и солнечной радиации начальное влагосодержание уменьшается. В то же время влагосодержание конструкций может возрастать под воздействием атмосферной влаги в виде дождя, мокрого снега, инея; грунтовой влаги, поднимающейся по капиллярам материала при отсутствии или плохом выполнении гидроизоляции между подземными и наземными конструкциями; конденсационной влаги.

Каждое из названных воздействий может вызвать переувлажнение конструкций в эксплуатации, но наиболее часто конденсационное переувлажнение ограждений вызывается влагой, содержащейся в воздухе помещения.

Абсолютная влажность воздуха измеряется количеством влаги в единице объема воздуха в  $\text{г/м}^3$ . В теплотехнических расчетах пользуются величиной относительной влажности воздуха

$$\varphi = \frac{e}{E} 100\% \quad (2.27)$$

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



$e$  — парциальной давление водяного пара в помещении

Величина  $\phi$  имеет большое гигиеническое значение, так как влияет на интенсивность испарения влаги кожными покровами человека. По этому показателю различают сухой ( $\phi < 50\%$ ), нормальный ( $\phi = 50-60\%$ ), влажный ( $\phi = 61-75\%$ ) или мокрый ( $\phi > 75\%$ ) режим помещений. Величина  $\phi$  влияет на влагосодержание материала ограждения, на процессы конденсации влаги в толще и на поверхности ограждения. Температура

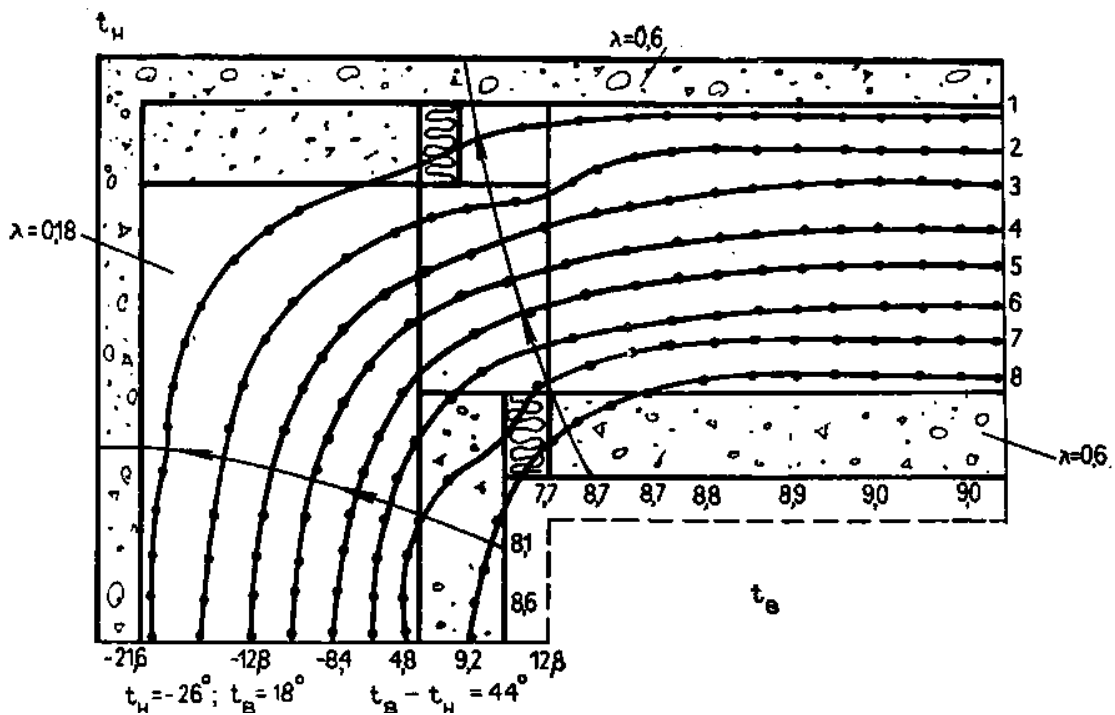


Рис. 2.4 Распределение изотерм (1-8) в угловом стыке трехслойных панелей наружных стен (по В.К. Ивашовой)

воздуха, соответствующая его полному насыщению водяным паром ( $\phi = 100\%$ ), называется точкой росы  $\tau_p$ . При дальнейшем ее понижении избыток влаги конденсируется и в капельно-жидком виде оседает на ограждении. Во избежание этого при назначении теплозащитной способности стен обычно исходят из условия  $\tau_B > \tau_p$ . Однако и при соблюдении этого условия может возникнуть опасность выпадения конденсата на участках ограждения с увеличенными теплопотерями — в наружных углах и в местах теплопроводных включений (сквозных железобетонных ребер, стоек каркаса и др.). Наличие элементов неоднородности в ограждении вызывает искривления теплового потока и неравномерность распределения температур (температурного поля) в толще ограждения (рис. 2.4). Расчет температур на внутренней поверхности и в толще ограждений при этом осуществляется на основе дифференциального уравнения Лапласа

$$\frac{\partial^2 \tau}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \tau}{\partial y^2} = 0 \quad (2.28)$$

где  $\tau$  — температура в точке конструкции с координатами  $x$  и  $y$ , определенная расчетом на электроинтеграторе или по приближенной формуле (2.14).

Если расчет выявляет, что температура на поверхности участков с теплопроводными включениями ниже  $\tau_p$ , производится дополнительное утепление этих участков или изменяется сечение конструкции ограждения в целом.

Конденсационное увлажнение в толще ограждения происходит при диффузии водяного пара из помещения наружу, из среды с большим парциальным давлением пара в среду с меньшим. В связи с этим диффузию водяного пара через материал ограждения называют его паропроницанием, а соответствующее качество материала измеряют коэффициентом паропроницания  $\mu$ , характеризующимся количеством пара в г, который диффундирует через слой площадью  $1 \text{ м}^2$  и толщиной  $1 \text{ м}$  за  $1 \text{ ч}$ . Коэффициент паропроницания  $\mu$  измеряется в г/(м.ч.мм рт. ст). Чем выше рыхлость и пористость материала, тем больше значение  $\mu$ . Величина, обратная  $\mu$ , называется сопротивлением паропроницанию,  $R_n$ , м<sup>2</sup>.ч.мм рт. ст/г

$$R_n = \frac{\delta}{\mu} \quad (2.29)$$

Общее сопротивление паропроницанию слоистого ограждения определяется по формуле

$$R_{0.n} = R_{в.п} + \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\mu_n} + R_{н.п} \quad (2.30)$$

где  $R_{в.п}$  и  $R_{н.п}$  — сопротивление влагообмену на внутренней и наружной поверхности ограждения.

В процессе диффузии водяного пара через ограждение его парциальное давление падает от величины  $e_v$  до  $e_n$  за счет сопротивления ограждения паропроницанию. По аналогии с определением температуры в любой точке  $x$  по сечению ограждения парциальное давление в этой точке  $e_x$  вычисляют по формуле

$$e_x = e_v - \frac{e_v - e_n}{R_{0.n}} (\sum_{x-1} R_n + R_{в.п}) \quad (2.31)$$

где  $\sum_{x-1} R_n$  — сумма сопротивлений паропроницанию слоев, расположенных между внутренней поверхностью ограждения и рассматриваемым сечением

Сопротивление паропроницанию внутреннего слоя ограждения (от внутренней поверхности до плоскости возможной конденсации) из условий недопустимости накопления влаги в конструкции должно быть не менее требуемого  $R_{п}^{тр}$ :

$$R_{п}^{тр} = \frac{(e_{в} - E)R_{п.н}}{E - e_{н}} \quad (2.32)$$

где  $e_{н}$  — средняя упругость водяного пара наружного воздуха за годовой период;  $E$  — упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации за годовой период эксплуатации;  $R_{п.н}$  — сопротивление паропроницанию наружной части сечения ограждающей конструкции (от плоскости возможной конденсации до плоскости фасада).

Контроль влажностного состояния конструкций при проектировании не производят только в следующих случаях: для однослойных ограждений помещений с сухим и нормальным влажностным режимом; для двуслойных ограждений с сопротивлением паропроницанию внутреннего слоя не менее  $12 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{мм рт. ст./г}$ ; для трехслойных ограждений, когда сопротивление паропроницанию внутреннего слоя превышает паропроницание наружных в 1,2 раза в помещениях с нормальным влажностным режимом и в 1,5 раза в помещениях с влажным режимом.

## 2.2 Элементы строительной светотехники

Создание заданного светового режима в проектируемых помещениях базируется на закономерностях строительной светотехники. Для обеспечения оптимального светового режима в светотехнике используют архитектурно-конструктивные средства (размеры и расположение светопроемов, их конструкции и светопрозрачные материалы) и инженерно-технические (сети и приборы электрического освещения). Освещение помещений в дневное время проектируют **естественным, искусственным или совмещенным (интегральным)**.

Источником естественного освещения служат прямой солнечный свет, рассеянный (диффузный) свет небосвода и свет, отраженный землей и сооружениями. Источниками искусственного света служат различные электрические лампы (накаливания, люминесцентные и др.). При совмещенном освещении одновременно используют естественный и электрический свет.

Выбор системы дневного освещения помещений диктуется функциональным процессом. Для основных помещений жилых зданий, школ, детских учреждений, административных, учебных, лечебных и

производственных зданий, где люди находятся постоянно или не менее 50% рабочего времени, проектируют естественное освещение. Оно оказывает благоприятное психофизиологическое и закаливающее действие на человека, одновременно являясь бактерицидным (умерщвляющим вредные для здоровья людей микроорганизмы). Искусственный свет используется в тех помещениях гражданских и промышленных зданий, где пребывание людей относительно кратковременно (менее 50% рабочего дня) или отказ от естественного освещения необходим функционально (зрительные залы кинотеатров, предприятий с особо точными производствами и др.).

При безусловных достоинствах естественного освещения его существенным недостатком является резкая нестабильность освещенности и спектрального состава света в зависимости от времени года и суток. В связи с этим получают распространение совмещенные системы освещения с автоматическим подключением искусственного освещения по мере снижения естественного. Во всех случаях, независимо от принятой системы освещения в дневное время, все гражданские и промышленные здания оборудуют системами искусственного освещения для темного времени суток. На ряде предприятий искусственное освещение занимает более 50% по времени. Процент использования искусственного освещения возрастает повышением точности выполняемых работ, сменности работ на предприятии и географической широты места строительства

**Естественное освещение** осуществляется через проемы в наружных ограждениях. В зависимости от расположения проемов (в стенах или покрытиях) различают боковое (одно- или двустороннее), верхнее и комбинированное (верхнебоковое) освещение помещений (рис. 2.5).

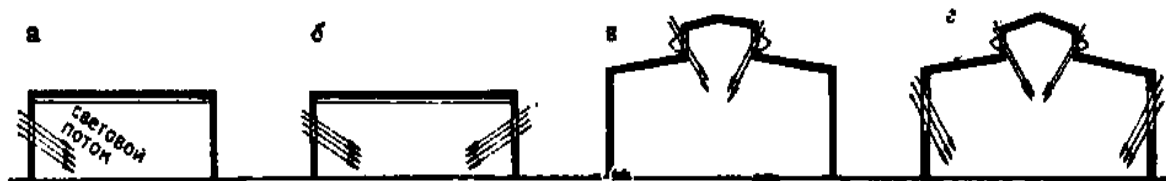


Рис. 2.5 Естественное освещение помещений

*а – боковое одностороннее; б – то же, двустороннее; в – верхнее; г – верхне-боковое*

Боковое одностороннее освещение используют в жилых и большинстве общественных зданий с относительно малой глубиной помещений (6—9 м). Верхнее освещение в жилых зданиях используется очень редко (например, для освещения лестничных клеток, расположенных в центральной темной части плана здания), в общественных зданиях — в соответствии со специфическими функциональными требованиями (например, в музейных залах), в одноэтажных промышленных зданиях — в большинстве случаев.

Верхнебоковое освещение применяют в крупных залах общественных зданий с большепролетными перекрытиями (в крытых рынках, выставочных, спортивных и тому подобных залах) и в крайних пролетах одноэтажных промышленных зданий.

Естественное освещение помещений оценивается по величине к.е.о. — коэффициенту естественной освещенности, обозначаемому  $e$ . Он представляет собой отношение (в процентах) естественной освещенности заданной точки  $M$  внутри помещения светом неба  $E_M$  к одновременному значению освещенности наружной открытой горизонтальной поверхности вне здания рассеянным (диффузным) светом<sup>12</sup> от небосвода  $E_H$  -

$$e_M = \frac{E_M}{E_H} 100\% \quad (2.33)$$

Абсолютное значение освещенности в любой точке помещения измеряется в люксах и составляет (из 2.33)

$$E_M = \frac{E_H e}{100}$$

Значение  $E_H$  для каждого географического пункта, времени года и суток принимают по многолетним данным метеорологических станций.

Светотехнические расчеты базируются на двух физических законах — законе телесного угла и светотехнического подобия. Согласно первому закону, освещенность заданной точки в помещении  $E_M$  полусферой небосвода прямо пропорциональна его яркости и площади проекции на освещаемую поверхность телесного угла, под которым из данной точки через проем виден участок неба (рис. 2.6, а).

Согласно второму закону, освещенность заданной точки  $M$  проемами различной величины постоянна, если эти проемы имеют одинаковый телесный угол  $\omega$ , т. е. на величине освещенности сказывается не абсолютная, а относительная величина световых проемов (рис. 2.6, б).

Пользуясь первым законом, при проектировании назначают размеры и размещение проемов, исходя из их световой активности относительно рабочей поверхности. Световая активность измеряется отношением к. е. о. к площади проема.

Из схемы на рис. 2.7, а видно, что при горизонтальном расположении рабочей поверхности среди равных по размерам, но различно размещенных проемов максимальной светоактивностью обладает проем верхнего света, а при боковом освещении — вышерасположенный проем.

---

<sup>12</sup> Прямое солнечное облучение в светотехнических расчетах не учитывается

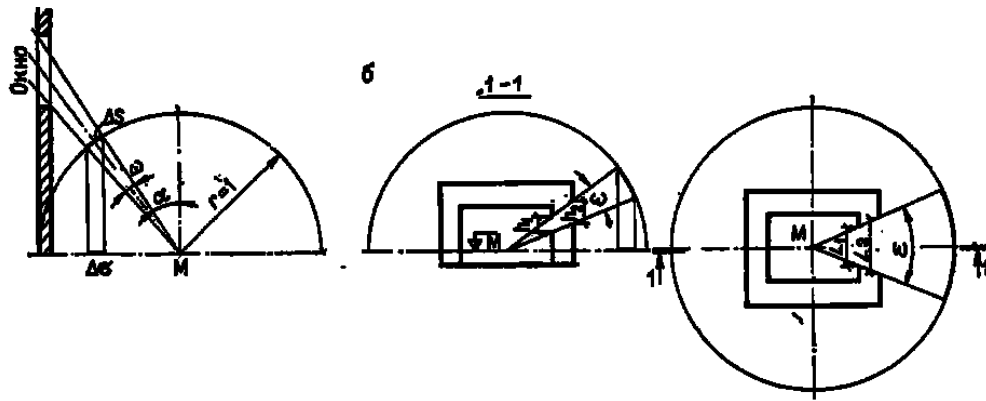


Рис. 2.6 Схемы иллюстрирующие светотехнические законы  
 а – схема проекции телесного угла (приведена в проекции на вертикальную плоскость); б – схема светотехнического подобия

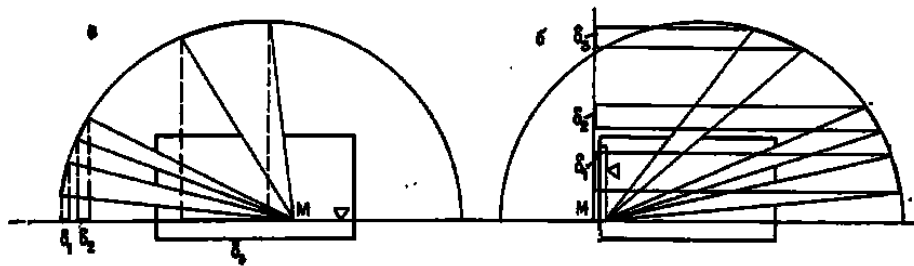


Рис 2.7 Оценка относительной световой активности проемов с помощью закона проекции телесного угла при расположении точки М на горизонтальной (а) и вертикальной (б) рабочей поверхности

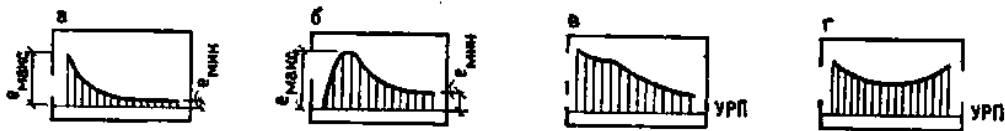


Рис. 2.8 Светотехнические характеристики (по кривой освещенности) различного расположения боковых светопроемов  
 а – одностороннее низкое расположение; б – то же, высокое; в – одностороннее двухъярусное; г - двустороннее

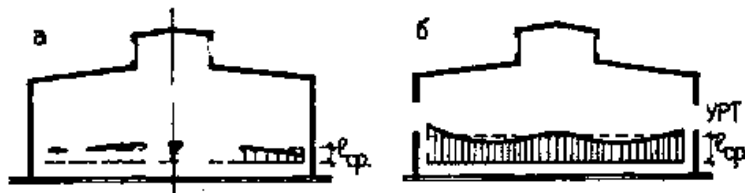


Рис. 7.9 Кривая естественной освещенности при верхнем (а) и верхнебоковом (б) освещении

Схема 2.7, б демонстрирует большую световую активность бокового освещения по сравнению с верхним при вертикальном расположении рабочей поверхности.

Второй закон служит основой для моделирования естественного освещения при проектировании и научных исследованиях.

В процессе проектирования по методике СП производится расчет естественной освещенности помещений, которую обеспечивают для заданных климатических условий предложенные в проекте размеры и расположение светопроемов. Расчет контролирует соответствие проектной величины освещенности, требуемой нормами.

Величина и равномерность естественной освещенности оцениваются также по кривым освещенности на уровне рабочей поверхности. Кривые освещенности строят для характерного разреза помещения (поперечного разреза по зданию через оси боковых и верхних светопроемов) чаще всего относительно условной горизонтальной рабочей поверхности, проходящей на уровне 0,8 м от пола (поверхность верстака, рабочего стола и др.) по расчетным величинам  $e$  для ряда равномерно расположенных на ней точек (не менее 5). Крайние из этих точек размещают на расстоянии 1 м от наружных стен. На перпендикулярах, восстановленных к избранным точкам вверх от рабочей поверхности, откладывают в одном масштабе в виде отрезков расчетные величины  $e$ . Объединив края отрезков плавной линией, получают кривую освещенности. Боковое освещение отличается большой неравномерностью со значительным перепадом от  $e_{\max}$  к  $e_{\min}$  в наиболее удаленной от проема точке рабочей поверхности (рис. 2.8).

Увеличение освещенности удаленных участков горизонтальной рабочей плоскости при боковом расположении проемов достигается смещением проемов в верхнюю зону стены, что способствует увеличению световой активности в 2—3 раза. Однако при этом уменьшается освещенность зоны, примыкающей к стене с проемами. Этот недостаток устраняется при введении дополнительного второго нижнего ряда проемов (рис. 2.8, в). Боковое одностороннее освещение целесообразно применять при необходимости обеспечить односторонне направленный свет в помещении, защиту от инсоляции планировочными средствами и сохранение относительного постоянства спектра света и яркости проема в течение дня.

Отношение  $e_{\max}$  к  $e_{\min}$  характеризующее равномерность освещения, в ряде случаев также нормируется. Так, например, в промышленных зданиях для производств с I и II разрядом зрительных работ оно не должно превышать 2:1, а с III и IV разрядом — 3:1. Если введение второго ряда боковых проемов или смещение их кверху не дает возможности обеспечить требуемые величины  $e_n$  и отношения  $e_{\max} : e_{\min}$ , прибегают к устройств у верхнего или

комбинированного освещения (рис. 2.9).

Верхнее освещение обеспечивает наилучшую освещенность горизонтальной рабочей плоскости и большую, чем боковое, равномерность освещенности. Однако возможности применения верхнего освещения ограничены: оно возможно только в одноэтажных зданиях или в верхних этажах многоэтажных зданий.

В связи с различной равномерностью верхнего и бокового освещения нормы проектирования ограничивают значения минимальной освещенности при боковом свете по величине  $e_{мин}$  при верхнем и комбинированном – по  $e_{ср}$ .

## 2.3 Инсоляция

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 при -бегают к оборудованию светопроемов солнцезащитными устройствами —СЗУ (рис. 2.10).

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 затеняющие экраны из железобетона, армоцемента, алюминия, дерева или других материалов (рис. 2.11). Горизонтальные козырьки и жалюзи обеспечивают солнцезащиту проемов, ориентированных на сектор горизонта 160—200°, вертикальные — на сектора 50—70 и 290—310°. Наиболее универсальны убирающиеся регулируемые жалюзи: они обеспечивают солнцезащиту проемов,



ориентированных на сектор 70—290°.

Целесообразный выбор СЗУ позволяет регулировать степень радиационных воздействий или исключить их. Исключение радиационных воздействий при сохранении естественного освещения помещений может быть обеспечено также путем ориентации окон на север, применения фонарей с односторонним остеклением, ориентированным также на север. Ориентация окон на север может достигаться соответствующей ориентацией зданий, а при других ориентациях зданий — применением эркеров или пилообразных очертаний стен с проемами в них, ориентированными на северные румбы (рис. 2.12). При необходимости использования фонарей с двусторонним остеклением учитывается, что минимальную инсоляцию дает ориентация остекления север—юг. Снижению радиации способствуют заполнение проемов стеклоблоками или профильным стеклом (стеклопрофилитом), побелка остекления и зашторивание. Тепловое воздействие радиации уменьшается при применении вентилируемых конструкций покрытий и наружных стен.

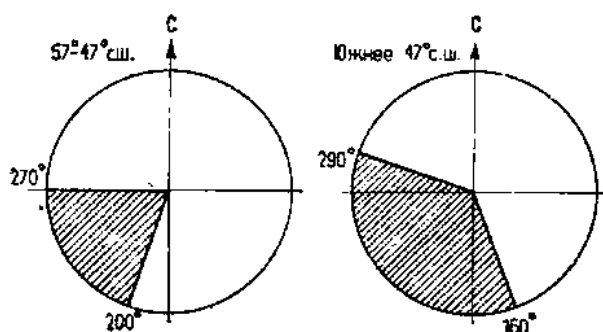


Рис.2.10 Секторы горизонта, при ориентации на которые необходимо ограничение теплового воздействия инсоляции

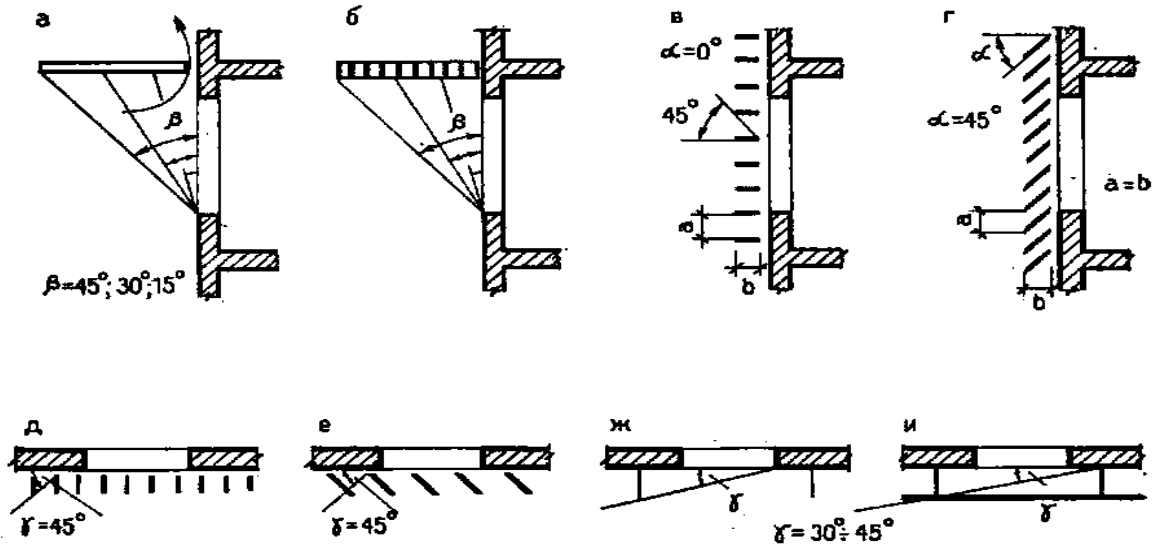


Рис. 2.11 Схемы защитных устройств

Горизонтальные козырьки: а – сплошные; б – решетчатые; жалюзи стандартные или регулируемые: в, г – горизонтальные; д, е – вертикальные; ж – вертикальные экраны – «солцеломы»; и – сотовый экран; а, б, γ – величины защитных углов

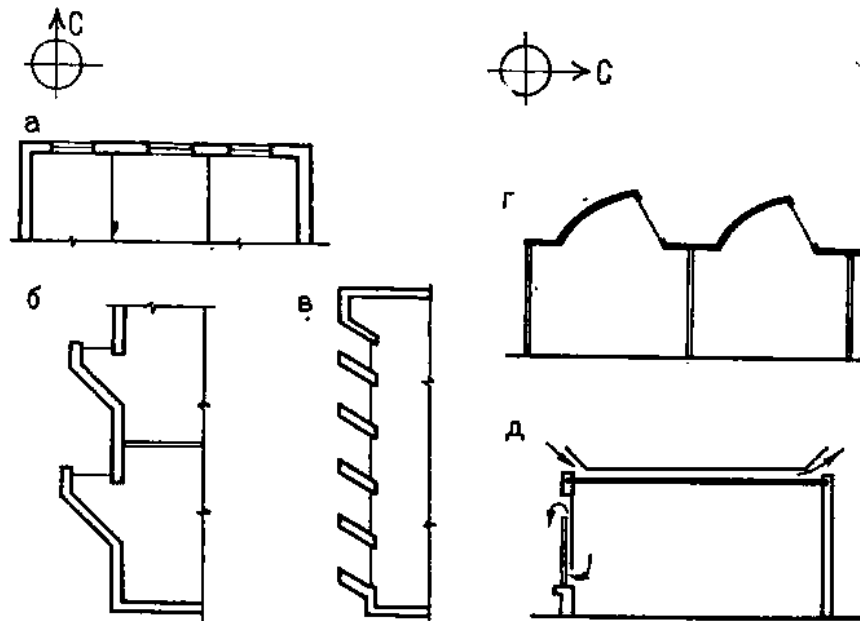


Рис. 2.12 Объемно-планировочные и конструктивные приемы защиты от радиации

а – северная ориентация проемов; б – то же, остекление эркеров; в – пилообразное очертание наружных стен в плане; г – шедовые покрытия; д – вентиляция наружных ограждений

## 2.4 Основные понятия и величины шума

Шумом являются все звуки, оказывающие на человека нежелательное физиологическое и психологическое воздействие в любых видах жизнедеятельности (работа, отдых, сон). Шум высокого уровня снижает производительность труда на 15—20%, что свидетельствует о необходимости интенсивной защиты от шума не только на основе санитарно-гигиенических, но и экономических требований. Шум является частным проявлением физического явления, называемого звуком. Звук — распространение колебаний какого-либо тела в окружающей его упругой среде. В воздухе звук распространяется со скоростью 340 м/с в виде продольных волн (колебания воздушных частиц совпадают с направлением распространения звука). Звук оценивается величинами частоты колебаний, длины волны, интенсивности или силы звука. Частота колебаний в секунду измеряется в герцах (Гц). Частоты колебаний от 20 до 20 000 Гц вызывают у человека звуковые ощущения. Колебания с частотой менее 20 Гц называют инфразвуком, более 20 000 Гц — ультразвуком. Длина волны  $\lambda$  измеряется отношением скорости звука  $c$  к частоте колебаний  $f$

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (7.34)$$

При столкновении звуковых воздушных волн с ограждающей конструкцией в ее материале возникают колебания с продольными и поперечными (перпендикулярными направлению распространения звуковой волны) волнами. В очень тонких конструкциях (толщиной менее  $\lambda/6$ ) звуковые колебания возбуждают изгибные волны, особенно резко сказывающиеся на звукоизоляции конструкции (рис. 2.13). Звуковые волны распространяются в особо тонких и легких конструкциях с различной скоростью. При низких частотах скорость распространения изгибных волн мала и вызванные ими колебания пластинки имеют слабые излучения звуковой энергии. По мере повышения частот эта скорость возрастает, а при определенной, так называемой граничной частоте возникает эффект волнового совпадения — совпадения длины изгибной волны с длиной проекции звуковой волны  $\lambda$ , падающей на ограждение. Волновое совпадение сопровождается резким увеличением интенсивности изгибных колебаний и звукопередачи через ограждение.

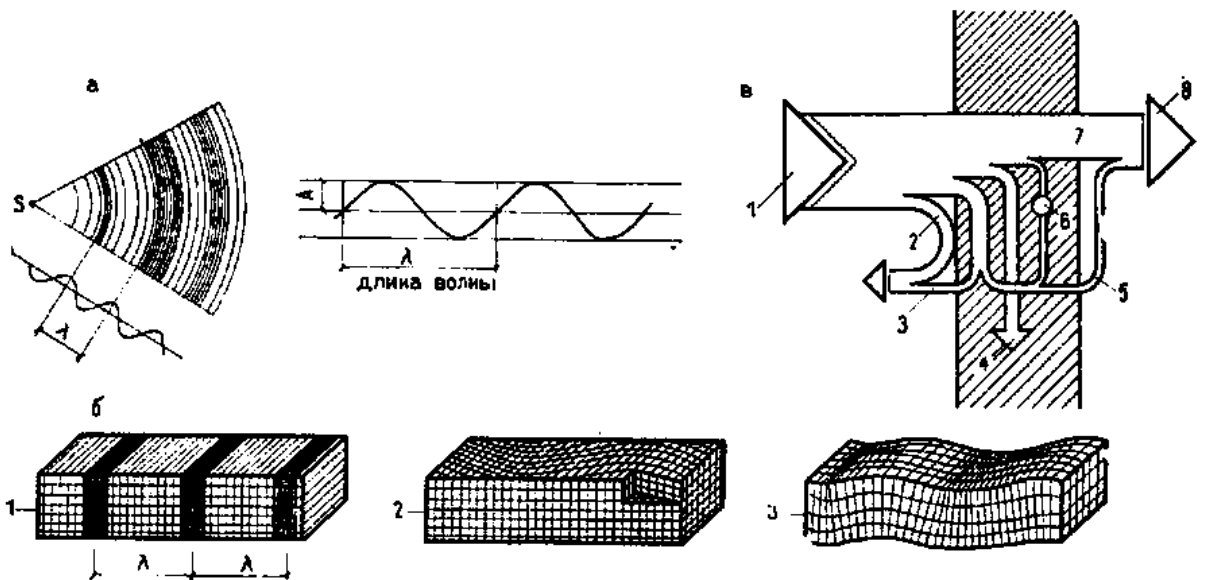


Рис. 2.13 Распространение звука

*а* – в воздушной среде; *б* – в твердой среде; 1 – продольные; 2 – поперечные; 3 – изгибные волны; *в* – передача звуковой энергии через конструкцию: 1 – падающая энергия; 2 – отраженная; 3, 5 – энергия, излучаемая колеблющейся конструкцией в смежных помещениях; 4 – энергия структурного шума; 6 – энергия, трансформирующаяся в тепловую; 7 – энергия, прошедшая через поры и неплотности; 8 – суммарная энергия, прошедшая через конструкцию

Избыточное (в дополнение к атмосферному) давление в воздушной среде, вызываемое звуковой волной, называется звуковым давлением  $P$  и измеряется в кгс/см<sup>2</sup>. Интенсивность, или сила звука (звуковая мощность) измеряется количеством звуковой энергии, поступающей в 1 с на 1 м<sup>2</sup> площади, перпендикулярной направлению распространения звука, в Вт/м<sup>2</sup>. Субъективное восприятие силы звука не абсолютно, а относительно, поскольку восприятие звука ограничивается в диапазоне между величинами порога слышимости  $P_0$ —  $2 \cdot 10^{-10}$  кгс/см<sup>2</sup> и болевого порога ( $P = 2 \cdot 10^{-4}$  кгс/см<sup>2</sup>).

Шумовое воздействие оценивается в соответствии с особенностями восприятия относительной величиной уровня звукового давления  $L$ , измеряемой в децибелах (дБ):

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} \quad 2.35$$

Так как сила звука пропорциональна квадрату звукового давления, уравнение (2.35) может быть записано в виде

$$L = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0} \quad 2.36$$

где  $P_0$  — пороговое давление, равное  $2 \cdot 10^{-10}$  кгс/см<sup>2</sup>.

Звуковое давление, соответствующее болевому порогу, составляет около  $2 \cdot 10^{-4}$  кгс/см<sup>2</sup>. Соответственно  $L = 20 \lg \frac{20}{2 \cdot 10^{-5}} = 20 \lg 10^6 = 120$  дБ, т.е. диапазон колебаний, воспринимаемых как звуковые, заключен в пределах от 0 до 120 дБ.

Чувствительность слуха зависит не только от уровня силы звука, но и от его частоты. Наибольшая чувствительность соответствует диапазону частот от 1000 до 3000 Гц и снижается за его пределами (рис. 2.14).

Шум в здании вызывают внешние и внутренние источники. Внешними источниками шума служат все виды транспорта, аэропорты, часть производственного оборудования промышленных предприятий, сортировочные железнодорожные станции, газодинамические установки и др. Внутренние источники шума — инженерное, производственное и санитарно-техническое оборудование зданий, звуковоспроизводящие приборы (радиоприемники, магнитофоны и т. п.), а также сами люди. Нормы проектирования ограничивают допустимые величины уровней звукового давления в дБ на рабочих местах, установленные дифференцированно для октавных полос со среднегеометрическими значениями частот 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.

Борьба с шумом осуществляется путем снижения уровня шума в его источнике и строительно-акустическими методами. Мероприятия по борьбе с шумом содержатся во всех разделах проекта. Защита от внешних источников шума предусматривается при разработке генеральных планов застройки жилых районов, микрорайонов, промышленных предприятий. Изоляция от внутренних источников шума обеспечивается архитектурно-планировочным путем при размещении «шумных» и «тихих» помещений в различных зонах здания; при разработке конструкций — выбором ограждений, удовлетворяющих нормативным требованиям звукоизоляции; в санитарно-технической части проекта — обоснованием параметров систем вентиляции и кондиционирования, выбором конструкций и типового оборудования с минимальными уровнями шума, применением глушителей шума в аэродинамических системах и т. п.

Для снижения уровня шума в помещении, где размещен его источник, используются методы звукопоглощения, для снижения уровня шума в смежных (изолируемых) помещениях — методы звукоизоляции. Метод звукопоглощения базируется на снижении звуковой энергии в воздухе помещения

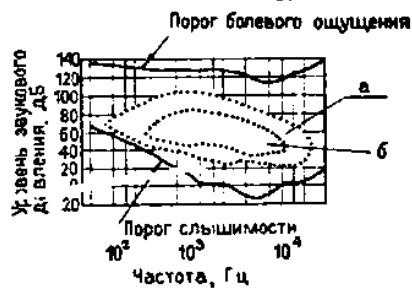


Рис. 2.14 Область восприятия звука человеком  
а – слышимость музыки; б - речи

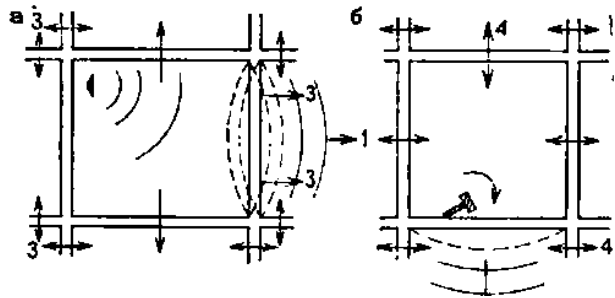


Рис. 2.15 Распространение воздушного (а) и ударного (б) шума в здании  
1 и 2 – прямые пути передачи звука; 3 и 4 – косвенные

за счет ее частичного поглощения ограждающими конструкциями. Звуковые волны, излучаемые источником, многократно отражаясь от ограждающих конструкций, вновь распространяются, создавая суммарное звуковое поле в воздухе помещения. Энергия отраженных волн  $E_0$  ниже прямых(падающих)  $E_n$  вследствие звукопередачи через ограждения и частичного поглощения энергии материалом ограждений. Отношение поглощенной энергии к падающей называют коэффициентом звукопоглощения  $\alpha$ ;

$$\alpha = \frac{E_n - E_0}{E_n} \quad (2.37)$$

Применяя для облицовки материалы с высоким коэффициентом звукопоглощения, можно снизить уровень шума в помещении на 8—10 дБ

## 2.5 Звукоизоляция

Методы звукоизоляции основаны на ограничении распространения звуковых волн через ограждающие конструкции. Различают три вида распространения звуков через конструкции: воздушный, ударный и структурный шум. Если звуковая энергия передается в изолируемое помещение вследствие колебаний конструкции под влиянием звуковых колебаний воздуха(от звуков человеческих голосов, радиоприемников и др.), то такой шум называют воздушным. Если колебания конструкции возбуждены ударами по ней (например, ходьба по перекрытию), то шум, передаваемый в смежное изолируемое помещение, называют ударным (рис. 7.15). Если шум распространяется по зданию через конструкции, жестко связанные с элементами, непосредственно подвергающимися ударам при ходьбе или вибрациям от насосов, вентиляторов, лифтов, его называют косвенным или структурным. Шум в изолируемое

помещение передается также через неплотности, сквозные поры и щели в ограждающей конструкции.

**Проектирование звукоизоляции от воздушного и ударного шума.** Звукоизоляция проектируемых конструкций исследуется в диапазоне частот от 100 до 5000 Гц путем экспериментальной проверки или расчета.

При экспериментальной проверке натуральный образец конструкции испытывается в камерах звукоизоляции: он устанавливается в проем между камерой высокого уровня (КВУ) с мощным источником звука и камерой низкого уровня (КНУ), где производится измерение уровня прошедшего звука во всем диапазоне частот с построением экспериментальной кривой частотной характеристики испытанной конструкции. Для экспериментальной оценки изоляции ударного шума (только для конструкций междуэтажных перекрытий) используют «стандартную ударную машину», содержащую пять свободно падающих с высоты 4 см молотков массой по 0,5 кг, которые производят по 10 ударов в 1 с. Уровни измеренного звукового давления под испытываемым перекрытием в КНУ приводят к октавным полосам частот с вычерчиванием частотной характеристики изоляции перекрытием

ударного шума. Экспериментальные (или расчетные) кривые сопоставляют с нормативными кривыми частотных характеристик изоляции воздушного шума (рис. 2.16) или приведенного уровня ударного шума под перекрытием (рис. 2.17).

Нормируемыми параметрами звукоизоляции служат индексы изоляции воздушного и ударного шумов в дБ ( $I_v$ ,  $I_y$ ). Их нормативные величины зависят от назначения здания и места расположения в нем проектируемой конструкции. Так, например,  $I_v$  межквартирных стен и междуэтажных перекрытий в жилых домах должен составлять не менее 50 дБ, а  $I_y$  для тех же перекрытий — 67 дБ.

Индекс изоляции воздушного шума  $I_v$  равен числу, которое получается при сложении числа 50 с величиной смещения (на целое число дБ) нормативной кривой, при котором среднее неблагоприятное отклонение измеренной или рассчитанной частотной характеристики изоляции воздушного шума ограждающей конструкции от смещенной нормативной кривой минимально (не более 2 дБ), а максимальное неблагоприятное (вниз от нормативной кривой) отклонение не превышает 8 дБ. Величина смещения положительна, если нормативная кривая смещается вверх, и отрицательна при смещении вниз.

Индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием  $I_y$  равен числу, получаемому при вычитании из 70 величины смещения (на целое число дБ) нормативной кривой, при котором среднее неблагоприятное отклонение измеренной или рассчитанной частотной характеристики приведенного уровня ударного шума под перекрытием от смещенной нормативной кривой минимально (не более 2 дБ), а

максимальное неблагоприятное не превышает 8 дБ. Неблагоприятными считаются отклонения вверх от нормативной кривой. Величина смещения положительна, если нормативная кривая смещается вниз, и отрицательна при смещении вверх.

При определении  $I_e$  среднее неблагоприятное отклонение от нормативной кривой принимают равным  $1/18$  суммы всех неблагоприятных отклонений в  $1/5$  октавных полос частот в диапазоне 100—5000 Гц.

При определении  $I_y$  среднее неблагоприятное отклонение от нормативной кривой принимают равным  $1/16$  суммы неблагоприятных отклонений в  $1/3$  октавных полос частот в диапазоне 100—3200 Гц.

Расчет частотных характеристик звукоизоляции запроектированной конструкции от воздушного шума осуществляется графоаналитическим методом различными способами в зависимости от акустического типа конструкции ограждения: акустически однородного или раздельного

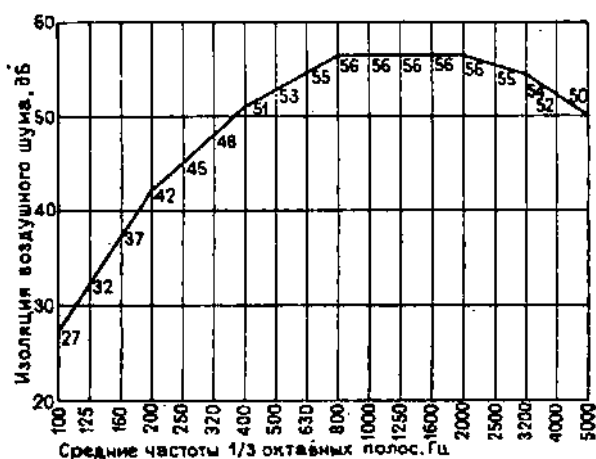


Рис. 2.16 Нормативная частотная характеристика изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией

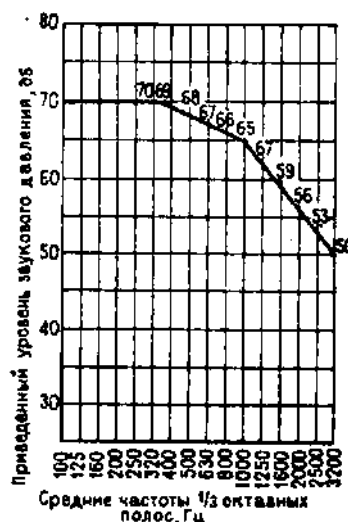


Рис. 2.17 Нормативная частотная характеристика приведенного уровня ударного шума под перекрытием

К первому относят конструкции, состоящие из одного или нескольких жестко связанных между собой материалов (например, оштукатуренная с двух сторон стена из пористого кирпича или железобетонная панель), ко вторым — многослойные из нежестко связанных слоев различных материалов. Методика расчета звукоизоляции изложена в СП 51.13330.2011 «Защита от шума».

## 2.6 Изоляция от шума инженерного оборудования

Инженерное оборудование зданий (насосы, котельные установки, машинные отделения лифтов) при работе создает шум,



распространяющийся в смежные помещения в виде воздушного и структурного шума. Для изоляции жилых и рабочих помещений от шумов инженерного оборудования применяют планировочные и конструктивные меры. Не допускается расположение машинных помещений лифтов над, под или смежно с жилыми комнатами, больничными палатами, рабочими помещениями административных зданий. Не допускается смежное с перечисленными помещениями расположение шахт лифтов и стволов мусоропроводов. Непосредственно под квартирами жилых домов не разрешается располагать котельные, бойлерные, водопроводные насосы (кроме пожарных). В жилых зданиях не допускается размещение встроенных трансформаторных подстанций и АТС, административных учреждений городского и районного значения, лечебных учреждений (кроме стоматологических поликлиник и женских консультаций), столовых и кафе с количеством посадочных мест более 50.

Лифтовые шахты проектируют самонесущими, опирающимися на самостоятельный фундамент. Места пересечения лифтовых шахт с междуэтажными перекрытиями заполняют упругими прокладками. Передача шума по трубопроводам уменьшается благодаря введению в них мягких вставок из резины или брезента, опиранию трубопроводов через мягкие прокладки и тщательной изоляции упругими прокладками мест пересечения трубопроводов с перекрытиями и стенами. Вентиляционные установки аналогично лифтовым опирают на самостоятельный фундамент или на перекрытие через виброамортизаторы. Для уменьшения распространения воздушного и ударного шума по вентиляционным каналам в последних устанавливают глушители — вставки или облицовки из звукопоглощающих материалов.

## Список литературы

1. Положение о составе разделов проектной документации и требований к их содержанию.
2. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты здания».
3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01 "Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий".
4. СП 54.13330.2016 «Здания жилые многоквартирные правила проектирования».
5. СП 51.13330.2011 «Защита от шума»

Подписано в печать 12.02.2017г. Формат 84x108/32

Гарнитура Таймс. Печать офсетная.

Бумага мелованная. Усл. Печ. л. – 2,1

Тираж 50 экз.

Издательство Современного технического университета

390048, г. Рязань, ул. Новоселов, 35А.

(4912) 30-06-30, 30 08 30