

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»

Кафедра архитектурных конструкций

Методические указания

к выполнению лабораторных работ по курсу

«АРХИТЕКТУРНАЯ ФИЗИКА»

(раздел «Акустика и светотехника»)

для студентов специальности 1-69 01 01 -- «Архитектура»

(VI семестр)

Брест 2007

УДК 628.85/9

Методические указания содержат исследовательские работы по архитектурной физике (раздел «Акустика и светотехника»). Обобщён опыт научно-исследовательской работы профессорско-преподавательского состава университета применительно к учебным целям. Содержатся необходимые материалы для выполнения лабораторных работ, приводятся иллюстрации.

Предназначены для студентов специальности 1-69 01 01 «Архитектура» дневной формы обучения (VI семестр) при изучении дисциплины «Архитектурная физика»

Составители: Таруц В.В., к.т.н., доцент
Замойская Н.В., ст.пр.

Рецензенты:

Начальник управления
архитектуры и градостроительства Тумашик Б.И.

Начальник Барановичского филиала

ОГЛАВЛЕНИЕ

Общие положения.....	4
Лабораторная работа №1. Определение коэффициента естественной освещённости по методу Данилюка.....	5
Лабораторная работа №2. Определение коэффициента естественной освещённости в помещении при помощи люксметра.....	8
Лабораторная работа №3. Определения влияния расположения световых проёмов на освещение в помещении.....	11
Лабораторная работа №4. Определение влияния коэффициента светотражения поверхностей на освещённость в помещении.....	13
Лабораторная работа №5. Определение звукоизоляции однослойной конструкции.....	16
Лабораторная работа №6. Влияние формы отверстия на звукоизоляцию ограждающей конструкции.....	21
Лабораторная работа №7. Измерение звукоизоляции двухслойной конструкции.....	22
Лабораторная работа №8. Измерение времени реверберации.....	24
Литература	26

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

«Архитектурная физика» является базовым курсом для студентов специальности «Архитектура» и рассматривает существующие внешние и внутренние, искусственные и естественные факторы, их параметры и сочетание как первопричину формирования микроклимата зданий различного назначения и воздействия на их ограждающие конструкции, а также методы расчёта и проектирования комфортной среды обитания человека.

Представленные работы предусматривают усвоение студентами знаний по правильному назначению конструктивно-технологических параметров строительных конструкций зданий на основе исследовательского подхода исходя из требований обеспечения их тепло- и звукоизоляции, освещённости и инсоляции, температуры и влажности.

Проектирование современного жилища, общественного либо промышленного здания должно производиться исходя из условия не только их архитектурной выразительности, но и обеспечения минимума затрат на всех стадиях их возведения и эксплуатации. Одно из важных направлений – правильное назначение величины, размера и расположения световых проёмов, что оказывает влияние на архитектурный облик здания, затраты на отопление, освещение помещений.

Основным показателем комфортности проживания являются звукоизоляционные свойства ограждающих конструкций, которые обеспечиваются подбором соответствующих материалов и конструктивных решений.

Лабораторные работы ориентированы на развитие творческого сочетания архитектурной и инженерной составляющих как инструмента формирования проектного решения. В результате выполнения лабораторных работ по данной дисциплине у студентов сформируются навыки по следующим направлениям:

- основы светового и инсоляционного климата местности;
- основы формирования светового климата помещений;
- выполнение расчёта светового режима помещений, правильный выбор материалов внутренней отделки;
- выполнение расчётов по звукоизоляции ограждающих конструкций.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Определение коэффициента естественной освещённости по методу А.М. Данилюка

Цель работы: определить коэффициент естественной освещённости (к.е.о.) в помещении лаборатории при помощи метода А.М. Данилюка и произвести оценку освещения помещения естественным светом.

Приборы и материалы: графики Данилюка, транспортир, план и разрез помещения лаборатории.

Введение

Солнечный свет составляет неотъемлемую часть жизни человека, оказывая влияние на его здоровье, работоспособность. Под естественным или дневным светом понимают свет, создаваемый прямым солнечным и рассеянным небесным излучением. Освещенность, создаваемая этим светом, как в помещении, так и на открытом месте, очень сильно меняется без всякой закономерности в течение суток, в зависимости от времени года и состояния небосвода. При таком непостоянстве оценивать освещенность внутри помещения ее абсолютным значением не представляется возможным. Для этой оценки введена величина, называемая коэффициентом естественной освещенности (к.е.о.).

Коэффициент естественной освещенности - это отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения рассеянным светом небосвода (прямым или отраженным) E_M , к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности под открытым небосводом E_H . К.е.о. выражается в процентах. Значение к.е.о. находится из выражения:

$$e = \frac{E_M}{E_H} \cdot 100\% \quad (1)$$

Степень и равномерность освещения помещений естественным светом зависит от формы, размеров и расположения световых проемов. В небольших помещениях гражданских зданий площадь световых проемов представляется возможным ориентировочно определять в соответствии с нормами как некоторую часть площади пола (1/5 - 1/8). Такой метод определения и нормирования освещенности, называемый геометрическим, не является совершенным - он дает удовлетворительные результаты только для помещений небольших площадей. Более совершенный метод нормирования естественной освещенности - светотехнический. Он учитывает факторы, влияющие на интенсивность освещения, позволяет обеспечить необходимые уровни освещенности в различных точках помещения.

В основе данного метода лежит принцип вычисления количества попадающих в данную точку проекций секторов небесного свода, на которые он предварительно разбивается (графическая интерпретация светотехнического метода, см. рисунок 1). Учёт влияния фактора отделки помещения и вида оконного заполнения производится через принятые эмпирические коэффициенты.

Для выполнения светотехнического расчета необходимо выполнить чертежи плана помещения с нанесением всех световых проемов и характерного разреза. Характерный разрез помещения - поперечный разрез плоскостью, проведенной перпендикулярно к середине остекления световых проемов. В характерный разрез помещения должны попадать участки с наибольшим количеством рабочих мест, а также точки рабочей зоны, наиболее удаленные от световых проемов. На характерном разрезе следует нанести след рабочей поверхности. Рабочая поверхность - это поверхность, на которой производят работу и на которой нормируется или измеряется освещенность. Условная рабочая поверхность - условно принятая горизонтальная поверхность, расположенная на высоте 0,8 м от пола.

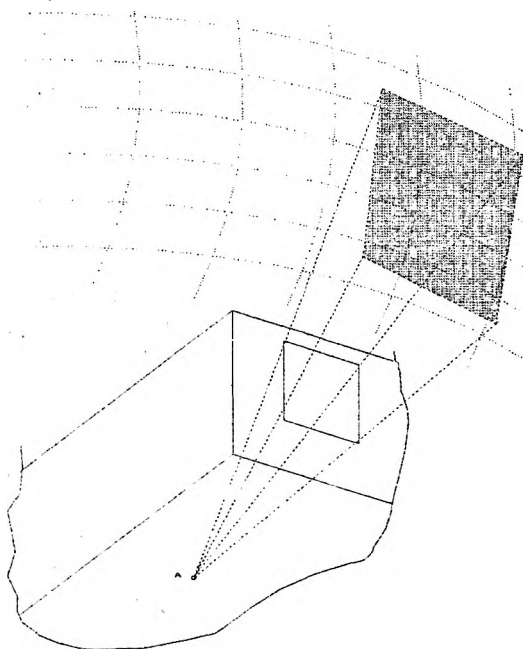


Рисунок 1. Графическая интерпретация светотехнического метода

Коэффициент естественной освещенности, в зависимости от принятой системы освещения, можно рассчитать по формулам. В зависимости от назначения зданий, минимальное значение к.е.о. нормируется. Расчетное значение к.е.о. сравнивается с нормативным согласно СНиП II-4-79 ($e_H = 1,5\%$ - для общественных зданий с характеристикой зрительной работы средней точности).

Расчет к.е.о. при боковой системе освещения осуществляется по формуле:

$$e_p^0 = \epsilon_0 \cdot q \cdot \tau_0 \cdot r_1, \quad (2)$$

где ϵ_0 - геометрический коэффициент естественной освещенности в расчетной точке при боковом освещении, учитывающий прямой свет неба.

q - коэффициент, учитывающий неравномерную яркость облачного неба, определяемый по таблице СНиП 11-4-79:

τ_0 - общий коэффициент светопропускания, определяемый по формуле:

где $\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3$, (3)

τ_1 - коэффициент, учитывающий потери света в заполнении светового проема;

τ_2 - коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светового проема;

τ_3 - коэффициент, учитывающий загрязнение и износ материала заполнения светового проема;

r_f - коэффициент, учитывающий повышение к.с.о. при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхности помещения (принимается по табл. СНиП II - 4 - 79).

Геометрический КЕО определяется при помощи графиков Данилюка по формуле:

$$\varepsilon_g = n_1 \cdot n_2 \cdot 0,01, \quad (4)$$

где n_1 - количество лучей, попадающих в расчетную точку на характерном разрезе, определяется с помощью графика I Данилюка;

n_2 - количество лучей, попадающих в расчетную точку на характерном разрезе, определяется с помощью графика II Данилюка. Подсчет количества лучей по графикам I и II производится в следующем порядке:

- 1) график I накладывают на чертеж поперечного разреза помещения, совмещают центр графика 0 с расчетной точкой, а нижнюю линию графика - со следом рабочей поверхности;
- 2) подсчитывают количество лучей, попадающих в расчетную точку в пределах наружных габаритов светового проема;
- 3) отмечают номер полуокружности на графике I, которая проходит через точку, фиксирующую середину светового проема;
- 4) график II накладывают на план помещения таким образом, чтобы горизонталь, номер которой соответствует номеру полуокружности по графику I, проходила через проекцию остекления светового проема, а вертикаль графика II 0-0 совмещалась со следом характерного разреза;
- 5) подсчитывают количество лучей n по графику II, проходящих через световые проемы, а вертикаль графика II 0-0 совмещают со следом характерного разреза;
- 6) определяют геометрический коэффициент естественной освещенности по формуле (4).

Порядок выполнения работы

1. С помощью графиков Данилюка определить геометрический коэффициент естественной освещенности $\varepsilon_g = n_1 \cdot n_2 \cdot 0,01$;
2. По таблице СНиП найти значение коэффициента, учитывающего неравномерную яркость неба q .
3. Определить значение общего коэффициента светопропускания τ_0 ;

4. По таблице СНиП найти значение коэффициента r_1 ;
5. Определить значение к.е.о. по формуле (2);
6. Данные занести в таблицу 1.;
7. По результатам расчета построить кривую распределения естественной освещенности в разрезе помещения;
8. Определить значение к.е.о. $e_{ср}$ и сравнить с $e_{нн}$.

$$\text{где } (e_{ср} = \frac{e_1}{2} + \sum_{i=1}^{n-1} e_i + \frac{e_n}{2}) / (n - 1) \quad (5)$$

Таблица 1

№ точек	№ полукружности	n_1	n_2	e_0	q	τ_0	r_1	e_0^2
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1								
2								
3								
4								
5								

Контрольные вопросы

1. Понятие к.е.о.
2. Какие законы лежат в основе метода Данилюка?
3. Как определить геометрический коэффициент естественной освещенности?
4. При каких условиях применяются графики Данилюка?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Определение коэффициента естественной освещенности в помещении при помощи люксметра

Цель работы: определить к.е.о. в помещении при помощи люксметра и произвести оценку освещения помещения естественным светом.

Приборы и материалы: люксметр 1 ЛКП.

Введение

Важнейшим условием жизни и деятельности человека является свет, причем особую роль играет естественное освещение. Привычный для человека спектральный состав естественного света, его динамика, т.е. изменение освещенности во времени, благоприятно влияют на психофизиологическое состояние человека. Источником природной световой энергии является солнце. Проходя через атмосферу, солнечные лучи частично рассеиваются, образуя диффузный свет неба. Прямой и рассеянный свет, отражаясь от поверхности земли, увеличивает яркость неба, особенно у горизонта, а также влияет на освещение. Таким образом, естественное освещение состоит из трех компонентов: прямого солнечного света, рассеянного (диффузного) света неба и отраженного от земли света, образующих в зависимости от широты, преобладающей облачности, ко-

эфициента отражения земной поверхности и прозрачности атмосферы световой климат местности.

Естественный свет проходит в помещение через световые проемы (окна и фонари), которые обеспечивают не только освещение помещений, но также и контакт с внешней средой, необходимый для нормального самочувствия человека. Технологические процессы, производимые в помещении, характеризуются большей или меньшей нагрузкой на зрение; работа по различению предметов и деталей называется зрительной работой, точность зрительной работы зависит от величины объектов различения, скорости различения, контраста яркости. От класса точности зрительной работы зависит величина освещенности, минимально необходимая для выполнения данной зрительной работы.

Освещенность в точке поверхности определяется отношением светового потока, падающего на элемент поверхности, содержащий данную точку, к площади этого элемента. Единица освещенности – ЛЮКС, т.е. освещенность, создаваемая световым потоком в 1 люмен (лм), равномерно распределенным на площади в 1 метр. Однако для нормирования естественной освещенности в помещениях абсолютные единицы освещенности применять не целесообразно, т.е. наружная освещенность постоянно изменяется в зависимости от различных факторов, что соответственно приводит и к изменению освещенности внутри помещения. Поэтому условие естественной освещенности принято характеризовать относительной величиной – коэффициентом естественной освещенности (КЕО).

КЕО – называется отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба непосредственно или после отражения, одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода, измеряется в процентах:

$$e = \frac{E_{\text{вн}}}{E_{\text{н}}} \cdot 100\%.$$

Кроме характера зрительной работы при нормировании естественной освещенности, учитывается также и световой климат района расположения здания, т.е. преобладающие условия наружной освещенности и количество солнечных дней. Поэтому нормативное значение к.е.о. определяют:

$$e_{\text{норм}} = e \cdot m_{\text{н}} \cdot N$$

где e – значение к.е.о. с учетом характера зрительной работы;

$m_{\text{н}}$ – коэффициент светового климата, определяемый в зависимости от светоклиматического пояса, в котором находится здание;

N – район строительства.

Для рассматриваемого помещения $e_{\text{норм}} = 1,5\%$.

Порядок выполнения работы

1. Определить освещенность под открытым небосводом $E_{\text{н}}$.

2. Определить освещенность внутри помещения для двух характерных разрезов помещения, проходящих по прямой, перпендикулярных плоскости окна через его центр. В каждом разрезе взять не менее 5 точек, причем две крайние точки располагаются соответственно на расстоянии 1 м от наружной и внутренней стен. Высота расположения точки над уровнем пола – 0,8 метра (рабочая поверхность) E_M .
3. Рассчитать значение к.е.о. в каждой точке: $e = \frac{E_M}{E_n}$.
4. Рассчитать значение к.е.о. для данного помещения:

$$e_{\text{ср}} = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{n - 1}$$

5. Сравнить значение $e_{\text{ср}}$ и $e_{\text{норм}}$. Сделать вывод о соответствии естественной освещенности в помещении нормативным требованиям.
6. Измерение производить одновременно, не менее 3-х раз с интервалом 15 минут.

Вопросы к работе

1. Понятие к.е.о.
2. Факторы, влияющие на естественную освещенность в помещении.
3. Понятие освещенности, ее единицы измерения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 **Определение влияния расположения световых проёмов** **на освещение в помещении**

Цель работы: определить влияние высоты расположения светового проема на освещенность в помещении. Определить наилучшее, с точки зрения освещенности, расположение оконного проема.

Приборы и материалы: люксметр 1ЛКП, макет помещения, сменные стены макета с различным расположением световых проемов.

Введение

Наличие положительных и отрицательных сторон у естественного освещения здания требует тщательного выбора размеров, формы и расположения световых проёмов. При этом необходимо наиболее полно использовать природную световую энергию за счет создания таких систем световых проёмов, которые соответствовали бы световому климату местности при максимально возможном использовании всех трех компонентов природного освещения.

Проходя через светопроемы, естественный свет создает в помещении световую среду. Задачей проектирования является создание световой среды, которая в максимальной степени соответствовала бы потребности человека. Должны быть обеспечены следующие требования к освещенности: во-первых, на рабочем месте должны быть созданы условия освещения, максимально соответ-

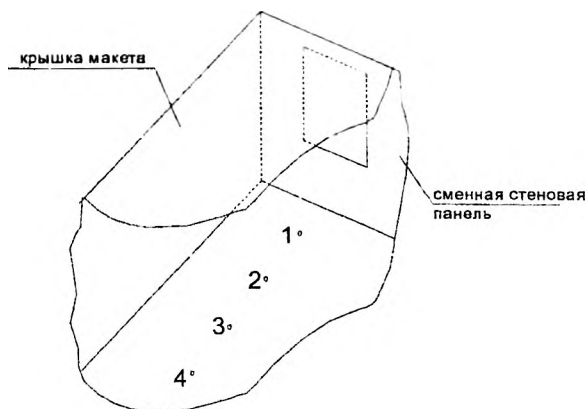
ствующие производимой работе; во-вторых, необходимо обеспечить общее впечатление насыщенности помещения естественным светом, создать в помещении наиболее приемлемую световую обстановку; в третьих, должно соблюдаться условие равномерности освещенности, т.е. $\frac{E_{\text{min}}}{E_{\text{max}}} > \frac{1}{2}$.

Освещённость в точке - это отношение светового потока, падающего на поверхность к площади этой поверхности. Освещенность может быть измерена в единицах освещенности - люксах и относительных единицах – коэффициентом естественной освещенности. К.Е.О. – отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной поверхности внутри помещения светом неба непосредственно или точке отражения (E_H), к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода.

Порядок выполнения работы

В ходе выполнения лабораторной работы необходимо установить влияние расположения светового проема (окна) по высоте помещения на освещенность в помещении и на его качество. Последовательность проведения исследования:

1. Определить освещенность вне макета при помощи люксметра.



Варианты расположения оконных проемов в сменной стеновой панели:



Рисунок 2. Схема расположения мест замеров освещённости в макете помещения

2. Определить освещенность в пяти точках характерного сечения помещения (по оси центра оконного проема) при расположении оконного проема сверху стены (рисунок 2).
3. Определить освещенность в пяти точках характерного сечения помещения (по оси центра оконного проема) при расположении оконного проема посередине стены.
4. Определить освещенность в пяти точках характерного сечения помещения (по оси центра оконного проема) при расположении оконного проема внизу стены.
5. Определить значение коэффициента естественного освещения в помещении для каждого из трех случаев расположения светового проема.
6. Определить равномерность освещения для каждого варианта расположения оконных проемов.
7. Выбрать наиболее благоприятное, с точки зрения освещенности, расположение оконного проема.
8. Измерение повторить через 20 минут. Замеры величины освещенности внутри и вне помещения производить одновременно.

Вопросы к работе

1. Методы определения освещенности помещения.
2. От каких факторов зависит величина нормативного значения освещенности?
3. Что влияет на величину естественной освещенности в помещении?
4. Как влияет высота расположения светового проема на величину и равномерность естественного освещения?
5. Понятие К.Е.О.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 **Определение влияния коэффициента светотражения** **поверхностей на освещенность в помещении**

Цель работы: определить влияние коэффициента светотражения на освещенность в помещении. Определить наилучшие, с точки зрения освещенности, материалы отделки помещения.

Приборы и материалы: люксметр ЛКП, макет помещения, прибор для определения коэффициента светотражения, материалы отделки различного цвета и фактуры.

Введение

Влияние отраженного от внутренних поверхностей помещения (стены и потолок, мебель) света на общую освещенность велико. Свет, попадая в помещение через световой проём, падает на потолок, стены и отражаясь от них, рассеивается по пространству и попадает на рабочую поверхность. Таким образом он увеличивает отражённую составляющую коэффициента естественной освещенности.

Основной параметр всех поверхностей, обуславливающий формирование общего светового климата как естественного, так и искусственного освещения – это их способность отражать свет.

Характеристикой светоотражающих свойств поверхностей служит величина коэффициента светоотражения, которая определяется как отношение величины отражённого и падающего светового потока:

$$\alpha = E_{\text{отр}}/E_{\text{пад}}$$

По результатам исследований, способность материалов отражать свет зависит в основном от фактуры поверхности материала (гладкая-шероховатая), степени её загрязнённости и цвета.

Также помимо данной характеристики поверхностей значительное влияние на величину освещённости оказывает и геометрическая форма помещения. В глубоких и широких помещениях на большей части площади отражённый от стен свет оказывает незначительное влияние. Здесь основную величину отражённой составляющей общей освещённости образует свет, многократно отражённый от пола и потолка. В узких помещениях, наоборот, большее влияние даёт свет, отражённый от стен.

Порядок выполнения работы

В ходе выполнения лабораторной работы необходимо установить влияние отделки стен помещения на освещённость в помещении, его качество. Последовательность проведения исследования:

1. Определить величину коэффициента светоотражения для следующих материалов: окрашенное светлой краской дерево; гладкий картон белого, зелёного цвета; шероховатый картон белого, зелёного цвета.

В лабораторных условиях величину коэффициента светоотражения определяют при помощи экспериментальной установки, представленной на рисунке 3. Основу установки составляет электроизмерительный прибор и постоянный источник равномерного света с селеновым фотоэлементом. Датчик, объединяющий источник света и фотоэлемент, устанавливается на исследуемую поверхность. На шкале прибора стрелка показывает величину коэффициента светоотражения. Перед проведением измерений рекомендуется оттестировать прибор – для эталонного материала (зеркало) величина показания должна быть равной 1. В случае другого показания прибора надо установить ручками настройки требуемое значение.

2. Определить освещённость вне макета при помощи люксметра.
3. Определить освещённость в пяти точках характерного сечения помещения (по оси центра оконного проема) для окрашенной деревянной поверхности (рисунок 4).
4. Определить освещённость в пяти точках характерного сечения помещения (по оси центра оконного проема) при установке в макете стен из другого материала (картон разной фактуры и цвета).
5. Определить значение коэффициента естественного освещения в помещении для каждого из случаев применения различных материалов стен.

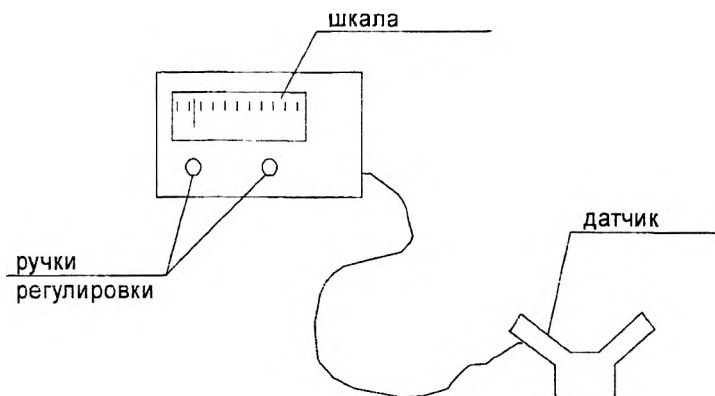


Рисунок 3. Прибор для определения коэффициента светоотражения

6. Определить равномерность освещения для каждого варианта отделки стен помещения.
7. Выбрать наиболее благоприятный с точки зрения освещенности материал отделки помещения.

Примечание. Замер величины освещенности внутри и вне помещения производить одновременно.

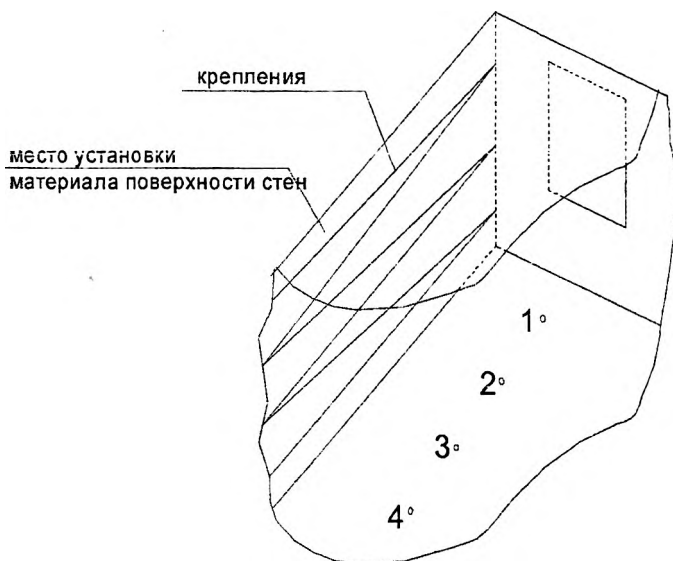


Рисунок 4. Схема расположения мест замеров освещенности в макете помещения

Вопросы к работе

1. Методы определения освещенности помещения.
2. От каких свойств поверхности зависит величина коэффициента светотражения поверхности?
3. Что влияет на величину естественной освещенности в помещении?
4. Понятие коэффициента светотражения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

Определение звукоизоляции однослойной конструкции

Цель работы: определить влияние толщины однослойной конструкции на ее звукоизолирующие свойства. Определить индекс звукоизоляции для каждого образца.

Приборы и материалы: установка для измерения уровня шума и определения индекса звукоизоляции, однородный материал разной толщины.

Введение

Шум – один из наиболее распространенных факторов городской среды, под ним подразумевают любые мешающие человеку звуки. Шумы, возникающие в помещении, можно разделить на внешние и внутренние. Основным источником внешнего шума в жилой застройке является автотранспорт. Шум принято характеризовать с физической и физиологической точек зрения. К физической характеристике шума относится величина звукового давления и распределение этого давления по частотам – спектр шума. Физиологическая характеристика шума определяется воздействием его на организм человека. Наиболее вредны средне- и (особенно) высокочастотные шумы.

Одним из главных способов защиты от шума в жилых и производственных зданиях является устройство ограждающих конструкций, которые помимо нагрузки должны обеспечивать необходимое снижение уровня шума. Сущность звукоизоляции ограждения заключается в том, что большая часть падающей на него звуковой энергии отражается и лишь незначительная доля ее (обычно 1/1000 и менее) проникает через ограждение. Звуковое давление приводит ограждающую конструкцию в колебательное движение с частотой, равной частоте колебаний частиц воздуха в звуковой волне, в результате само ограждение становится источником звука и излучает его в изолируемое помещение. В практике борьбы с производственными шумами звукоизоляционные требования к ограждающим конструкциям ограничиваются диапазоном до 1000 Гц.

В строительстве применяют следующие основные способы борьбы с шумом:

- 1) планировочные;
- 2) изоляция воздушного шума;
- 3) экранирование;
- 4) звукопоглощение;
- 5) виброизоляция;

- 6) изоляция ударного шума;
- 7) вибропоглощение;
- 8) виброгашение.

Снижение шума, распространяющегося в воздухе, осуществляется первыми четырьмя способами.

Большинство ограждающих конструкций может быть представлено в виде тонких пластинок, совершающих чисто изгибные колебания. На низких частотах (несколько десятков герц), вблизи первых частот собственных колебаний ограждения, его вибрация может быть значительной и сильно зависит от внутреннего трения в материале, однако этот диапазон частот, как правило, не представляет для звукоизоляции большого интереса, т.к. наиболее важно изолировать шумы, начиная со 100Гц. На частотах выше частот первых двух-трех частот собственных колебаний ограждения его колебательные движения определяются массой единицы площади конструкции. При падении диффузного звука на ограждение величина звукоизоляции определяется по формуле:

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

где m – масса 1 м^2 конструкции в кг;

f – частота колебаний в Гц.

Звукоизоляция зависит только от массы и частоты колебаний. По мере роста частоты колебаний меняется характер звукоизоляции ограждения; колебательная скорость начинает возрастать и может в некоторой области частот стать настолько большой, что значение звукоизоляции уменьшается, при этом наблюдается своеобразный пространственный резонанс. Выше граничной частоты прохождение звука через ограждение определяется главным образом явлением совпадения. Существенное значение приобретает жесткость при изгибе ограждения и внутреннее трение материала.

Величина звукоизоляции быстро растет с частотой. С учетом этого весь диапазон частот для целей звукоизоляции разбит на 3 области:

- область низких частот;
- область граничной частоты;
- область выше граничной частоты.

Нормируемыми параметрами звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий, а также вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий являются индекс изоляции воздушного шума ограждающих конструкций I_v в дБ и индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием I_u , дБ. Индекс изоляции воздушного шума I_v ограждающей конструкции с известной (или измеренной) частотной характеристикой следует определять по формуле:

$$I_v = 52 + \Delta s,$$

где Δs - поправка, определяемая путем сравнения частотной характеристики изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией с нормативной частотной характеристикой изоляции воздушного шума.

Для измерения изоляции воздушного шума испытываемую конструкцию устанавливают между двумя помещениями. В одном помещении последовательно

возбуждают звуковые поля в октавных полосах частот в диапазоне 100-3150 Гц. Одновременно в «шумном» и изолируемом помещениях измеряют в том же диапазоне частот уровни звукового давления L1 и L2 через каждую 1/3 октавы. Также находится эквивалентная площадь звукопоглощения A2, м², определяемая по результатам времени реверберации, т.е. времени уменьшения силы звука в помещении в 10⁶ раз после выключения источника, по формуле:

$$A_2 = 0,163 \cdot V/T,$$

где V – объем изолированного помещения;

T – время реверберации, (с).

По измеренным значениям L1, L2 и A2 изоляцию ограждением для каждой третиоктавной полосы частот определяют:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg(S/A_2),$$

где S – площадь ограждения.

Испытания и исследования звукоизоляции ограждающих конструкций проводят как в натуральных размерах, так и на моделях. При испытании на моделях уменьшенного масштаба основное соотношение подобия между моделью и оригиналом, связывающие линейный масштаб C1 и масштаб времени Ct имеет вид: C1=Ct, тогда при этом условии для частот модели принимают масштаб C1⁻¹, т.е. если модель взята в размере 1/5 от натуральной величины, то частоты должны быть в 5 раз выше, чем у оригинала, для измерения звукоизоляции модели.

Порядок выполнения работы

1. Включить приборы в соответствии с инструкцией.
2. Измерить уровень звукового давления L1 в «шумном» помещении в диапазоне частот 100-3150 Гц через каждую октаву, приняв, что исследуемая конструкция взята в масштабе 1:5. Результаты занести в таблицу.
3. Измерить уровень звукового давления L2 в изолируемом помещении в том же диапазоне частот. Результаты занести в таблицу.
4. Определить значение звукоизоляции R для каждой октавной полосы частот, приняв условно S=A2, по формуле: **R=L1-L2**.

Результаты заносятся в таблицу:

Частоты, Гц	в натуре на модели	100 500	200 1000	400 2000	300 4000	1600 6000	3200 16000
L1							
L2							
R							

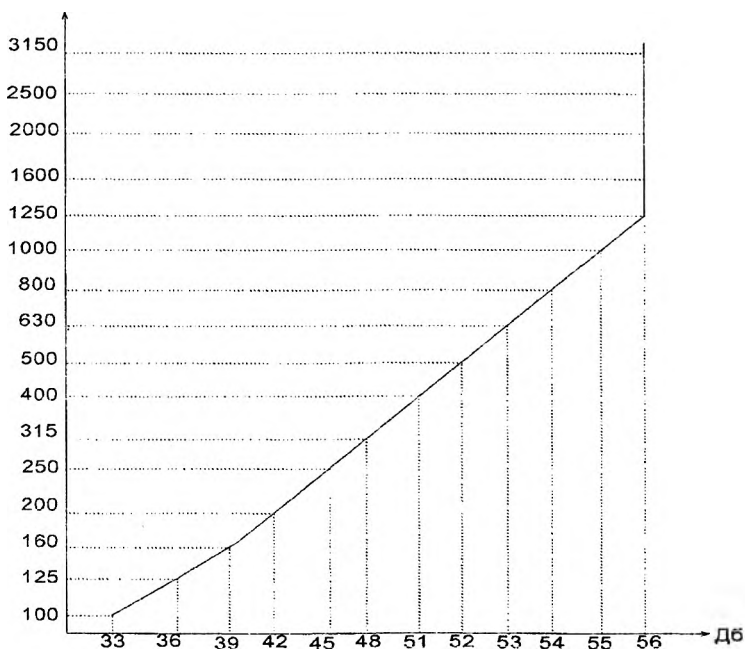
5. Произвести замену образца и повторить все измерения.
6. Определить индекс звукоизоляции конструкций по формуле:

$$I = 52 + \Delta\alpha$$

Для вычисления поправки Δα в дБ необходимо на график с нормативной частотной характеристикой изоляции воздушного шума нанести частотную характеристику изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией и определить среднее неблагоприятное отклонение нанесенной частотной характеристики от нормативной. Неблагоприятными отклонениями следует считать от-

клонение вниз от нормативной характеристики. Среднее неблагоприятное отклонение следует принимать равным $1/16$ суммы неблагоприятных отклонений. Если среднее неблагоприятное отклонение приближается, но не превышает 2ДБ, а максимальное неблагоприятное отклонение не превышает 8 ДБ, то поправка $\Delta_s = 0$. Если эти условия не соблюдаются, то нормативная частотная характеристика смещается вниз (на целое число) так, чтобы среднее и максимальное неблагоприятное отклонение не превышали указанной величины. В этом случае поправка Δ_s отрицательна и равна величине смещения нормативной частотной характеристики. Если среднее неблагоприятное отклонение значительно меньше 2 ДБ или неблагоприятное отклонение отсутствует, нормативная частотная характеристика смещается вверх так, чтобы среднее неблагоприятное отклонение приближалось, но не превышало 2 ДБ. В этом случае поправка Δ_s положительна. Общая поправка находится как сумма Δ_s .

Частота, Гц



7. Сделать вывод о влиянии толщины материала на звукоизоляцию.

Вопросы к работе

1. Понятие шума, методы защиты от шума.
2. Сущность звукоизоляции.
3. Различие звукоизоляции для различных диапазонов частот.
4. Методика измерения звукоизоляции.
5. Влияние толщины материала на его звукоизоляцию.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

Влияние формы отверстия на звукоизоляцию

Цель работы: определить влияние формы отверстия одной площади на звукоизоляцию ограждения.

Приборы и материалы: установка для измерения уровней звукового давления для образца с отверстиями 3×3 см и 1×9 см.

Введение

Щели и отверстия в ограждениях приводят к значительному снижению звукоизоляции конструкций. Особенность передачи звука через ограждения с малыми щелями и отверстиями состоит в том, что через такие ограждения в ряде случаев передается часть звуковой энергии гораздо больше, чем часть, соответствующая отношению площади отверстия и площади остального ограждения. Большая передача объясняется дифракцией звука и резонансными колебаниями объема воздуха, заключенного в отверстии или щели. В результате коэффициенты звукопроницаемости щели τ_w или отверстия τ_o могут быть больше единицы, а значения их звукоизоляции – отрицательными.

Существенное влияние на изоляцию шума щелью и отверстием оказывает их расположение. У краев ограждения звукопроницаемость увеличивается, поэтому предпочтительно устраивать технологические отверстия в средней части ограждения, пропуск труб в углах помещений особенно нежелателен.

Теоретические и опытные исследования показали, что изоляция шума ограждением различна в зависимости от формы отверстия, его глубины, а также уровня частот.

Порядок выполнения работы

1. Установить в установку конструкцию с квадратным отверстием.
2. Включить приборы в соответствии с инструкцией.
3. Измерить уровень звукового давления в камере КВУ (L_1).
4. Измерить уровень звукового давления в камере КВУ (L_2).
5. Определить значение звукоизоляции $R = L_1 - L_2$.

Результат занести в таблицу:

Частоты Гц	В натуре	100	200	400	600	1600	3200
	На модели	500	1000	2000	4000	6000	16000
	L_1						
	L_2						
	R						

6. Определить индекс звукоизоляции и построить график кривой изоляции воздушного шума: по оси X – частоты (Гц), по оси Y – изоляция воздушного шума (ДБ).

7. Повторить все для конструкции с прямоугольным отверстием.
8. Сделать вывод о влиянии формы отверстия на звукоизоляцию конструкции.

Вопросы к работе

1. Как влияет наличие отверстия на звукоизоляцию конструкции?
2. Влияние расположения отверстия на звукоизоляцию ограждающей конструкции.
3. Влияние формы отверстия на звукоизоляцию ограждающей конструкции.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

Изменение звукоизоляции двухслойной конструкции

Цель работы: определить значение звукоизоляции воздушного шума двухслойной конструкции с воздушной прослойкой разной толщины и с заполнением пенополистиролом, индекс звукоизоляции.

Приборы и материалы: макеты конструкции в масштабе 1:5; установка для определения индекса звукоизоляции и измерения уровня шума.

Введение

Многослойные ограждения можно разделить на две группы: к первой принадлежат конструкции, составленные из нескольких слоев, жестко связанных между собой – это стены, оштукатуренные или облицованные по раствору жесткими плитами. Расчет звукоизоляции для таких конструкций ничем не отличается от расчета звукоизоляции для однослойных ограждений. Другая группа ограждающих конструкций представляет собой многослойные ограждения с упругими связями между составляющими жесткими слоями. Сюда относятся двойные перегородки, перекрытия с плавающими конструкциями пола или потолка.

Ограждение с воздушной прослойкой имеет довольно сложную схему прохождения звука. Из всего падающего звукового давления часть отражается от первой плиты, часть проходит через первую плиту и попадает на вторую плиту, часть отражается от второй плиты и снова попадает на первую плиту и лишь небольшая часть звукового давления проходит сквозь вторую плиту ограждения.

В соответствии со сложной схемой прохождения звука, а также от толщины и материала плит ограждения конструкции, от соотношения толщин первой и второй плиты, их массы зависит, как будут происходить и различные процессы колебательных движений первой плиты, воздушной прослойки и второй плиты. Эти факторы оказывают большое влияние на звукоизоляционные свойства таких ограждений.

Работа этих конструкций в качестве защиты от шума имеет свои особенности в различных диапазонах частоты. Здесь следует обратить внимание на то, что дополнительной звукоизоляции по сравнению с наличием упругого промежуточного слоя у ограждений с воздушной прослойкой ниже в среднем в 2 раза и составляет около 6 ДБ на октаву. Причиной снижения является более свободное в различных направлениях распространения волн в воздушной прослойке.

Также на частотах, при которых длина звуковой волны меньше шестикратной толщины воздушной прослойки, звукоизоляция не зависит от величины этой прослойки.

В ходе экспериментов получены выводы, что увеличение воздушной прослойки более 150 мм не приводит к заметным изменениям звукоизоляции.

В случае заполнения пространства пористым упругим слоем, у которого жесткость скелета невелика по отношению к жесткости воздуха, учитывают колебание скелета материала и колебание воздуха в порах.

Порядок выполнения работы

1. Установить последовательно конструкцию с воздушной прослойкой 1 см, 2 см в установку и заполнением прослойки пенополистиролом.
2. Включить приборы.
3. Для каждой конструкции:
 - измерить уровень звукового давления в камере КВУ (L_1).
 - измерить уровень звукового давления в камере КВУ (L_2).
 - определить значение звукоизоляции $R = L_1 - L_2$.

Результат занести в таблицу:

Частоты Гц	В натуре	100	200	400	600	1600	3200
	На модели	500	1000	2000	4000	6000	16000
	L_1						
	L_2						
	R						

4. Построить график кривой изоляции воздушного шума: по оси X – частоты (Гц), по оси Y – изоляция воздушного шума (ДБ).
5. Сделать вывод о влиянии заполнения и его толщины на звукоизоляцию.

Вопросы к работе

1. Разделение многослойных ограждений на группы с точки зрения их работы как звукоизоляция.
2. Особенности работы ограждений с воздушной прослойкой.
3. Влияние толщины воздушного слоя на звукоизоляцию ограждения.
4. Влияние материала заполнения на звукоизоляционные свойства.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8 **Измерение времени реверберации**

Цель работы: определение коэффициента звукоизоляции.

Приборы и материалы: установка для измерения уровня звукового давления, материалы облицовки стен, самописец уровня.

Введение

После прекращения звучания источника звуковые волны продолжают многократно отражаться от поверхностей помещения, теряя при каждом отражении часть своей энергии. Процесс спада уровня звукового давления в помещении после прекращения звучания источника, называется реверберацией. Акустическую оценку помещения принято производить по продолжительности реверберации – T (с) - время уменьшения силы звука в помещении в 10^6 раз после выключения источника. Время реверберации зависит от частоты звука, т.е. коэффициенты звукопоглощения поверхностей помещения отличаются для разных частот. На частотах до 1000 Гц время реверберации находят по формуле Эйринга:

$$T = \frac{0,163 \cdot V}{S_{\text{общ}} \cdot \bar{\alpha}},$$

где V – объем помещения.

$S_{\text{общ}}$ – общая площадь внутренних поверхностей помещения (м^2).

Расчет времени реверберации достаточно произвести на трех частотах: 125, 500, 2000 Гц. Время реверберации, при котором акустические качества помещения оказываются наилучшими, называется оптимальным временем реверберации. Оно изменяется в зависимости от назначения и объема помещения. Как правило, время реверберации определяется опытным путем.

Время реверберации позволяет оценить акустические качества помещения и исправлять их акустические дефекты. Кроме того, время реверберации необходимо знать при исследованиях звукоизолирующей способности ограждающих конструкций и решении вопросов по борьбе с шумом.

Порядок выполнения работы

1. Установить на дно камеры КВУ выданный материал.
2. Включить приборы в соответствии с инструкцией.
3. С помощью приемного тракта произвести запись спада уровня звукового давления после выключения динамиков.
4. По кривой спада определить реверберацию.
5. Определить время реверберации в камере КВУ при использовании в качестве материалов отделки выданные материалы.
6. Сделать вывод о зависимости времени реверберации от материала отделки помещения.

Вопросы к работе

1. Возможно ли явление реверберации на открытой площадке?
2. Почему влияние реверберации на высоких частотах меньше чем на низких?
3. Как влияют материалы отделки помещения и величина помещения на время реверберации?
4. Понятие времени реверберации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Серебровский Ф.Л. Аэрация населенных мест. – М., 1965.
2. Гусев Н.М. Строительная физика. – М.: Стройиздат, 1975.
3. Инженерное оборудование зданий и сооружений. / Под ред. Ю.А. Табунщикова, М., «Высш. школа», 1989. – 238 с.
4. Эрнст Нойферт. Строительное проектирование. – М.: Стройиздат, 1991. – 332 с.
5. Гусев Н.М. Естественное освещение зданий. М.: Стройиздат, 1961. – 170с.
6. Лепендин Л.Ф. Акустика: учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1978. – 448с.
7. Лесман Е.А. Освещение административных зданий и помещений. Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 88с.
8. Гусев Н.М., Кирсев Н.Н. Освещение промышленных зданий. – М.: Стройиздат, 1968. – 159с.
9. СНБ 2.04.05 – 98. Естественное и искусственное освещение.
10. СНиП II-12-77. Защита от шума.
11. Пособие 1-99 к СНиП II-12-77. Проектирование звукоизоляции и звукопоглощения конструкциями зданий и сооружений.

Учебное издание

Составители: Таруц Валерий Владимирович
Замойская Надежда Владимировна

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению лабораторных работ по курсу
«Архитектурная физика»
(раздел «Акустика и светотехника»)
для студентов специальности 1 –69 01 01 «Архитектура»
(VI семестр)

Ответственный за выпуск: Таруц В.В.
Редактор: Строкач Т.В.
Компьютерная вёрстка: Кармаш Е.Л.
Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 02.08.2007 г. Формат 60x84 ¹/₁₆
Усл. п.л. 1,395. Уч. изд. л. 1,5. Заказ № 1013
Тираж 100 экз. Отпечатано на ризографе Учреждения образования
«Брестский государственный технический университет».
224017, Брест, ул. Московская, 267.