

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ВОЛОГОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра промышленного и гражданского строительства

АРХИТЕКТУРА ГРАЖДАНСКИХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ
СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА
АРХИТЕКТУРНАЯ ФИЗИКА
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА
ФИЗИКА В РЕСТАВРАЦИИ

Методические указания к лабораторным работам

Факультет: инженерно-строительный факультет

Специальность: 270102 – промышленное и гражданское строительство
270105 – городское строительство и хозяйство
270301 – архитектура
270302 – дизайн архитектурной среды
070501 – реставрация памятников архитектуры

Направление: 270100 – строительство
270300 – архитектура
070500 – реставрация

Вологда 2009

УДК [624+72+69.059](53)(076)

Архитектура гражданских и промышленных зданий. Строительная физика. Архитектурная физика. Архитектурно-строительная физика. Физика в реставрации: методические указания к лабораторным работам. – Вологда: ВоГТУ, 2009. - с.

В методических указаниях дается краткое изложение теоретического материала, имеются необходимые схемы и рисунки, приведены вопросы для самоконтроля, список литературы.

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГТУ

Составители: А.А. Кочкин, канд.техн.наук, доцент
Л.Э. Шашкова, ассистент

Рецензент: К.В. Кияненко, д-р архитектуры, профессор каф. «Архитектура и градостроительство».

Введение

При проектировании новых и реконструкции старых зданий и сооружений необходимо учитывать физико-технические требования, предъявляемые как к зданию или сооружению в целом, так и к его помещениям и конструкциям. Основными из этих требований являются: состояние комфорта воздушной, световой и звуковой среды помещения. Состояние воздушной среды представляет собой запас воздуха для дыхания с оптимальными параметрами температуры, влажности, скорости его движения, соответствующий нормальному тепло- и влагообмену человеческого организма. Световая обстановка в помещении определяет условия работы органов зрения, соответствующие требуемому функциональному назначению данного помещения. Звуковой комфорт помещений определяется условиями слышимости, соответствующими его функционально - технологическому назначению, а также защитой от шума, возникающего как в самом помещении, так и проникающего извне и раздражающего человека в процессе труда и отдыха.

При выполнении лабораторных работ предусмотрено развитие творческой активности и самостоятельности работы студентов. По каждой работе студенты могут получить индивидуальное задание, которое сформулировано в виде контрольных вопросов в конце каждого описания.

Методические указания содержат следующие лабораторные работы:

1. Определение теплотехнических характеристик строительных материалов и конструкций - 4 часа;
2. Исследование естественной освещенности помещения - 4 часа;
3. Определение инсоляции и градостроительной маневренности секции жилого дома - 4 часа;
4. Анализ планировки группы жилых домов – 4 часа;
5. Определение времени реверберации помещения - 4 часа;
6. Исследование звукоизолирующей способности конструкций от воздушного шума - 4 часа.
7. Определение требуемой звукоизоляции наружного ограждения (окна) - 4 часа.

Каждый студент обязан представить письменный отчет по лабораторным работам, содержащий:

- титульный лист;
- чертежи и схемы в соответствии с требованиями, перечисленными в описании лабораторной работы;

- таблицы с результатами измерений;
- выводы, предложения.

Прием лабораторной работы производится преподавателем на основании просмотра отчета и контрольного опроса по содержанию проверенной работы.

Указания по технике безопасности

В лаборатории строительной физики питание схем осуществляется при напряжении источников до 220 В.

Помните! Эти напряжения могут быть опасными при неосторожном обращении со схемой.

Все студенты перед началом работы на первом занятии проходят инструктаж по технике безопасности.

При выполнении экспериментальной части работ следует выполнить следующие правила:

1. Подавать напряжение на схему разрешается только после проверки и кратковременного пробного включения преподавателем.
2. При проведении работы недопустимо касание руками незащищенных выходных устройств измерительных приборов.
3. Все изменения в схемах должны проводиться только при отключенных источниках питания.
4. Нельзя оставлять без присмотра находящуюся под напряжением установку.
5. По окончании работы установка должна быть отключена от источника питания.

Лабораторная работа № 1

Определение теплотехнических характеристик строительных материалов и конструкций

Цель работы: Определить коэффициент теплопроводности строительного материала и сопротивление теплопередаче наружного ограждения.

Оборудование: измерители теплопроводности ИТСМ-1, ИТП-МГ4, ИТП-МГ4-4.03-100 «Поток», комплекты теплопар и тепломерных дисков, морозильная камера, исследуемые материалы и конструкции.

Теоретическое введение

При проектировании и эксплуатации наружных ограждений необходимо

знать их основные теплотехнические характеристики: коэффициент теплопроводности (в сухом состоянии и расчетный при условиях эксплуатации А и Б), сопротивление теплопередаче.

Основной величиной, характеризующей теплозащитные свойства наружных ограждений, является сопротивление теплопередаче R_0 ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$) [2].

$$R_0 = R_{si} + R_K + R_{se}, \quad (1)$$

где R_{si} – термическое сопротивление теплообмену с внутренней поверхности ограждающей конструкции;

R_K – термическое сопротивление конструкции;

R_{se} – термическое сопротивление теплообмену с наружной поверхностью конструкции.

R_{si} является величиной, обратной величине коэффициента теплоотдачи α_{int} т.е.

$$R_{si} = \frac{1}{\alpha_{int}}, \quad (2)$$

аналогично

$$R_{se} = \frac{1}{\alpha_{ext}}, \quad (3)$$

где α_{ext} α_{int} и определяются [1, 2].

Термическое сопротивление ограждающей конструкции (R_K) определяется как сумма термических сопротивлений отдельных слоев данной конструкции:

$$R_K = R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{al}, \quad (4)$$

где R_1, R_2, R_n – термические сопротивления отдельных слоев конструкции по формуле:

$$R_i = \frac{\delta}{\lambda} \quad (\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}), \quad (5)$$

δ – толщина слоя, м;

λ – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$ [2, 3];

R_{al} – термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$ [3] прил.4.

Для установившегося потока тепла, общее сопротивление теплопередаче определяется по формуле:

$$R_0 = \frac{t_{int} - t_{ext}}{q}, \quad (6)$$

где $(t_{int} - t_{ext})$ – разность температур внутреннего и наружного воздуха,
 q – удельный тепловой поток Вт/м².

$$q = \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0} = \frac{t_{int} - \tau_B}{R_B} = \frac{\tau_B - \tau_H}{R_K} = \frac{\tau_H - t_{ext}}{R_H} \quad (7)$$

где t_{int}, t_{ext} – температуры внутреннего и наружного воздуха °С,

τ_B, τ_H – температуры внутренней и наружной поверхностей конструкции °С.

Т.е. в стационарных условиях теплопередачи удельный тепловой поток, проходящий через любое сечение, перпендикулярное потоку не меняется.

Рассуждая подобным образом можно записать следующее уравнение:

$$\frac{t_{int} - \tau_X}{R_B + R_X} = \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0}, \quad (8)$$

где τ_X – температура в любом сечении конструкции относительно ее внутренней поверхности,

R_X – термическое сопротивление конструктивных слоев ограждения, расположенных между внутренней поверхностью ограждения и произвольной плоскостью внутри его.

Решая уравнение относительно τ_X , получаем:

$$\tau_X = \tau_B - \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0} \cdot (R_{si} + R_X). \quad (9)$$

Описание установки

Объектами исследования являются:

1. Кирпичная стена заданной толщины
2. Трехслойная наружная стена с утеплителем.
3. Окно раздельно-спаренное или с двухкамерным стеклопакетом.

Для определения коэффициента теплопроводности строительного материала или сопротивления теплопередаче ограждения используются измерители теплопроводности ИТСМ-1, ИТП-МГ4, ИТП-МГ4.03-100 «Поток». При заданной конструкции ограждения, имеющей различные температуры по обе стороны, определяются температуры на наружной и внутренней поверхностях и тепловой поток, проходящий через ограждение.

Измерение температуры в толще ограждающей конструкции осуществляет-

ся с помощью термопар (хромель - копель, медь-константан и т.д.).

При измерении температуры термопарой один ее спай – "рабочий" помещается в исследуемой точке, а другой – "нулевой" – в сосуде с постоянной температурой. Возникающая в термопаре ЭДС, развиваемая данной термопарой, пропорциональна разности температур.

Измерение ЭДС осуществляется потенциометром в соответствии с монтажной схемой.

Измерение удельного теплового потока производится дисковым тепломером, который представляет собой несколько сотен термопар, последовательно соединенных в батарею, облаченную в резину. Термо – ЭДС возникает в замкнутой цепи, если температура в местах спаев разнородных проводников различная. ЭДС, возникающая в термопаре ε_X , пропорциональна разности температур t_X – рабочего спая и t_0 – нулевого спая.

$$\varepsilon_X = \alpha \cdot (t_X - t_0),$$

где α – термо-ЭДС, возникающая при соединении двух данных проводников, в случае $t_K - t_0 = 1^\circ\text{C}$.

ЭДС, создаваемую тепломером, можно выразить:

$$\varepsilon_X = \alpha_H \cdot \Delta t, \quad (11)$$

Поскольку удельный тепловой поток в стационарных условиях является постоянным, то для его измерения присоединим к ограждению тепломер, термическое сопротивление которого R_T мало $/R_T \ll R_K/$.

Измерив перепад температур $\Delta t = t_1 - t_2$ в тепломере, легко определим удельный тепловой поток q :

$$q = \frac{\Delta t}{R_T} = \frac{\varepsilon_T}{R_T \cdot \alpha_T} = C_0 \cdot \varepsilon_T,$$

где C_0 – постоянная тепломера, $\text{Вт/м}^2 \times \text{мВ}$.

В связи с модернизацией приборов и установок, для определения конкретного показателя конструкции выдается рабочая тетрадь с описанием установки, методики выполнения работы, обработки результатов измерений.

Контрольные вопросы

1. Дать определение удельного теплового потока, термического сопротивления, сопротивления теплоотдачи и теплопередаче.
2. Почему измеренный перепад температуры $t_B - t_H$ меньше, чем значение этого

перепада, полученное из формулы (7).

3. Чем объяснить различие полученных Вами значений R_H ; R_B ; λ с табличными?
4. Объяснить принцип действия тепломера.
5. Какие мероприятия по повышению теплозащитных свойств ограждающих конструкций можете предложить Вы?

Литература

1. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. Введ. 10.01.2003. – М.: ГПЦ ЦПП, 1995. 29 с.
2. СП 23-101-2000. Проектирование тепловой защиты зданий. Введ. 01.01.2001. – М.: ГУП ЦПП.
3. СНиП II -3-79*. Строительная теплотехника. Введ. 01.07.79. -М.: ГП ЦПП, 1995. – 29 с.

Лабораторная работа № 2

Исследование естественной освещенности помещения

- Цель работы:
1. Определение при помощи приборов коэффициента естественной освещенности в точках характерного разреза помещения.
 2. Оценка освещения помещения путем сопоставления фактических значений к.е.о. с нормируемыми.
 3. Сравнение полученных значений к.е.о. в результате расчета на ПК и по СНиПу.

Оборудование: люксометры Ю-116, Ю-117, экран для наружного фотоэлемента люксометра, рулетка.

Теоретическое введение

Естественное освещение предусматривают преимущественно в помещениях с постоянным пребыванием людей. Уровень освещенности естественным светом зависит от времени суток и года, состояния атмосферы и пр.

Естественное освещение подразделяют на боковое, верхнее и комбинированное. Боковое освещение применяют, как правило, в многоэтажных зданиях, а также в одноэтажных при отношении глубины помещений к высоте окон над условной рабочей поверхностью не более 8, а верхнее и комбинированное - в одноэтажных многопролетных зданиях.

Освещенность, создаваемая естественным светом, - величина непостоянная, поэтому трудно определить величину естественной освещенности помещений в

абсолютных единицах. В силу этого освещенность в зданиях нормируют относительной величиной - коэффициентом естественной освещенности (к.е.о.). К.е.о. обозначают буквой "е". Он выражает отношение естественной освещенности, создаваемой светом неба в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения (E_e), к значению наружной горизонтальной освещенности (E_n) создаваемой в это время суток и года светом полностью открытого небосвода (т.е. в точке, незатененной окружающими зданиями); выражают к.е.о. в %.

$$\boxed{} \quad (12)$$

Нормативное значение к.е.о., e_N , для зданий, располагаемых в различных районах (приложение Д [2]), следует определять по формуле:

$$e_N = e_n \cdot m_N \quad (13)$$

где: N – номер группы обеспеченности естественным светом по табл. 4 [2];

e_n - значение к.е.о. по табл. 1, 2 [2]

m_N - коэффициент светового климата, табл. 4 [2]

Под световым климатом понимают совокупность условий естественной освещенности в той или иной местности за период более 10 лет.

При одностороннем боковом естественном освещении минимальное значение к.е.о. нормируется в точке, расположенной на расстоянии 1м от стены, наиболее удаленной от световых проемов, на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности. Характерный разрез помещения – это поперечный разрез посередине, когда секущая плоскость перпендикулярна плоскости остекления световых проемов. Освещенность помещения естественным светом характеризуют к.е.о. ряда точек характерного разреза помещений, взятых на условной рабочей поверхности. За условную рабочую поверхность принимают горизонтальную плоскость на высоте 0,8м от пола. Расстояния между расчетными точками выбирают равными 1-3м, при этом первую и последнюю точки размещают на расстоянии 1м от стены.

Размеры световых проемов определяют в соответствии с нормированными значениями к.е.о., площади проемов могут отличаться на 5-10% от требуемых по расчету.

Определение к.е.о. при боковом освещении

Значение к.е.о. в заданной точке определяют по формуле:

$$e = \frac{\varepsilon \cdot q \cdot \tau_0 \cdot r_1}{K_3} \quad (14)$$

где: ε - «геометрический» к.е.о. (определяется по формуле (15));

q - коэффициент учета неравномерной яркости облачного неба (табл. 35 [3], рис. 1 [3]);

r_1 - коэффициент, учитывающий повышение к.е.о. при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и от подстилающего слоя, прилегающего к зданию (табл. 30 [3]);

K_3 - коэффициент запаса, учитывающий снижение к.е.о. вследствие загрязнения стекол и отражающих поверхностей помещения (табл. 3 [2]).

Расчет значений ε , q , τ_0 , r_1 проводится следующим образом.

Геометрический коэффициент ε определяют по формуле:

$$\varepsilon = 0,01 \cdot n_1 \cdot n_2, \% \quad (15)$$

где n_1 - количество лучей по графику I Данилюка, проходящих от неба через световые проемы в расчетную точку на поперечном разрезе помещения;

n_2 - количество лучей по графику II Данилюка, проходящих от неба через световые проемы в расчетную точку на плане помещений.

Смысл геометрического к.е.о. заключается в следующем.

Свет небосвода представляется как излучение $100 \times 100 = 10000$ равно ярких источников света. Световой проем вырезает в полусфере небосвода участки площадью $N = n_1 \cdot n_2$. Геометрический к.е.о. есть отношение участка площадью N к общей площади небосвода 10^4 , выраженное в %.

$$\varepsilon = \frac{N}{10^4} \cdot 100\% = 0,01 \cdot n_1 \cdot n_2.$$

Коэффициент q определяется по прил. 35 [3] с учетом значений угла θ , который составляет с условной рабочей поверхностью луч, проходящий через середину светового проема. Угол θ определяет положение светового проема к горизонту.

Общий коэффициент светопропускания τ_0 определяют по формуле:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (16)$$

где τ_1 - коэффициент светопропускания материала (табл. 28);

τ_2 - коэффициент учета потерь света в переплетах светопроема (табл.28);

τ_3 - "-" в несущих конструкциях (табл. 28), (при боковом освещении $\tau_3 = 1$);

\square - коэффициент учета потерь света в солнцезащитных устройствах (табл. 29);
 τ_5 - "- в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями (при боковом освещении $\tau_5 = 1$).

Коэффициент r_1 зависит от коэффициента $\rho_{ср}$ и отношений

$$\frac{L}{B}, \frac{B}{h_1}, \frac{l_i}{B},$$

где: L - ширина помещения;

B - его глубина;

h_1 - высота светового проема;

l_i - расстояние от внешней поверхности светового проема до i - той расчетной точки.

Средневзвешенный коэффициент отражения определяют по формуле:

$$\rho_{ср} = \frac{\rho_1 \cdot S_1 + \rho_2 \cdot S_2 + \rho_3 \cdot S_3}{S_1 + S_2 + S_3}, \quad (17)$$

где: ρ_1, ρ_2, ρ_3 - коэффициенты отражения пола, стен и потолка;

S_1, S_2, S_3 - площади пола, стен и потолка.

Описание установки

Люксметр Ю-116 предназначен для измерения освещенности, создаваемой лампами накаливания и естественным светом. Люксметр состоит из измерителя люксметра и отдельного фотоэлемента с насадками. Для уменьшения угловой погрешности применяется насадка на фотоэлемент, состоящая из белой светорассеивающей полусферы и непрозрачного кольца. Эта насадка, обозначенная буквой К, применяется совместно с одной из трех других насадок, имеющих обозначение М, Р, Т. Каждая из этих трех насадок совместно с насадкой К образует три поглотителя с общим номинальным коэффициентом ослабления 10, 100, 1000 и применяется для расширения диапазонов измерений.

Методика выполнения работы

Освещенность на наружной открытой горизонтальной площадке и в точках помещения измеряется одновременно. Результаты измерений заносят в таблицу по форме 1

Форма 1

Фактические показатели естественной освещенности

Исс. раз рез	E _н лк	Освещенность в точках помещения E, лк; e, %												Размер		Площадь	
		1		2		3		4		5		6		окна		м ²	
		E ₁	e ₁	E ₂	e ₂	E ₃	e ₃	E ₄	e ₄	E ₅	e ₅	E ₆	e ₆	b	h	S _о	S _п

При измерениях наружной освещенности необходимо следить, чтобы прямые солнечные лучи не попадали на фотоэлемент, в противном случае их следует отсекаать специальным затеняющим экраном, диаметр которого должен быть равен двум диаметрам фотоэлемента [1].

При проведении работы можно измерять половину величины наружной освещенности с помощью фотоэлемента люксметра, установленного в специальном держателе за окном. Другая половина величины наружной освещенности экранируется зданием. Отраженный свет от здания отсекается черным экраном. Для получения полной величины наружной освещенности измеренную величину следует умножать на 2.

Для проведения работы в ясную погоду следует выбирать такое время, когда солнце находится в части небосвода, противоположной ориентации светопроема. В этом случае и при ясном небе могут быть получены удовлетворительные результаты, если против окна не имеется светлого здания, освещенного прямыми солнечными лучами [1].

Полученные экспериментальные значения к.е.о. должны быть сравнены с расчетными значениями к.е.о. Для этого вычерчивают план и разрез помещения (рис. 1) и используют графики I и II Данилюка.

Определяют количество лучей n_1 и n_2 , падающих через светопроемы в помещение. Для этого накладывают график I на поперечный разрез помещения, а его центр совмещают с заданной расчетной точкой M. Подсчитывают число лучей n_1 , n_2 , проходящих через световой проем по его высоте. Затем на разрезе находят центр светопроема. Определяют C - расстояние от расчетной точки M до центра светопроема. Для удобства определения этого расстояния на графике I Данилюка проведены равноудаленные концентрические полуокружности, имеющие нумерацию от 1 до 100. Пусть, например, через центр светопроема проходит полуокружность с номером 30. График II накладывают на план помещения так, чтобы его горизонтальная прямая, соответствующая найденному по графику I номеру полуокружности (30), совпадала с внешней поверхностью стены, а вертикаль 00 графика с перпендикулярной к светопроему прямой, проходящей на плане через расчетную точку M. На этой прямой центр 0 графика II попадает в точку M, расположенную в плане на расстоянии C от стены. После совмещения графика

П с планом подсчитывают число лучей n_2 , проходящих через светопроем по его ширине. Пользуясь разрезом помещения, с помощью транспортира определяют для каждой расчетной точки угол между условной рабочей поверхностью и лучом, соединяющим расчетную точку с центром светового проема.

Обработка результатов измерений и расчетов

Для определения к.е.о., помимо геометрического к.е.о., рассчитываемого по формуле (15) с использованием найденных значений n_1 и n_2 , необходимо найти значения коэффициентов $\varepsilon, q, \tau_0, r_1$. Эти значения определяют по соответствующим таблицам [2, 3, 4, 5].

На основании полученных значений n_1, n_2 определяют расчетное значение к.е.о. для каждой заданной точки помещения и заносят их в таблицу по форме 2. Вычисление к.е.о. от небосвода при боковом освещении.

Затем, выбрав масштаб и восстановив на разрезе помещения перпендикуляры из каждой точки, откладывают на них вычисленные значения и строят кривую распределения естественной освещенности по глубине помещения (рис. 1).

Форма 2

Вычисление к.е.о. при боковом освещении

Точка	n_1	n_2	ε_{δ} %	θ	q	l	$\frac{L}{B}$	r_1	$e_{\delta H}$ %	e_H
1										
2										
3										
4										
5										
6										

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

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

$$\rho_1 = \quad \rho_2 = \quad \rho_3 =$$

$$S_1 = \quad S_2 = \quad S_3 = \quad \rho_{cp} =$$

$$\frac{L}{B} = \quad \frac{B}{h} =$$

Определив по карте поясов светового климата к какому из них относится заданный географический пункт, по таблицам - коэффициенты m и c , по форму-

ле (13) находят значения нормированного к.е.о. помещения здания, расположенного в соответствующем поясе светового климата.

Расчетное значение к.е.о. в наихудшей точке не должно быть меньше нормативного значения к.е.о., назначаемого в зависимости от характера вспомогательной работы.

При вычерчивании кривых фактической освещенности нанести линию нормативной освещенности для исследуемых точек и по этим результатам сделать вывод. Необходимо также указать, работы каких разрядов точности могут выполняться в заданном помещении.

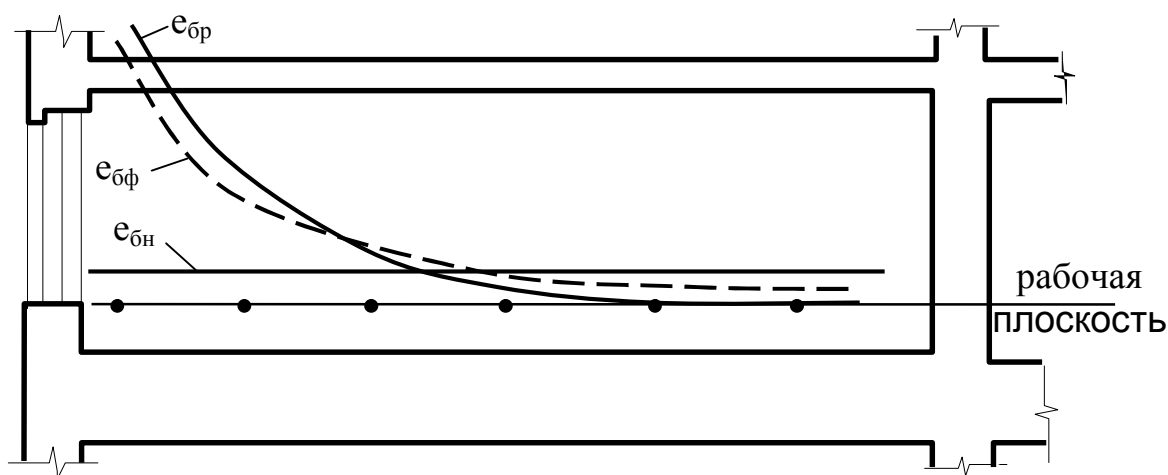


Рис. 1. Кривые фактической освещенности при боковом освещении в разрезе

$e_{бр}$ – расчетное к.е.о. $e_{бф}$ – фактическое к.е.о.

$e_{бн}$ – нормативное значение к.е.о.

Контрольные вопросы

1. В каких единицах выражается коэффициент естественной освещенности?
2. От чего зависит величина нормируемого к.е.о. в помещении?
3. При каком состоянии небосвода необходимо проводить измерения к.е.о. в натуральных условиях?
4. Какие приборы применяются для измерения освещенности и в чем заключаются принципы их работы?

Литература

1. Лабораторный практикум по строительной физике / В.А.Объедков, А.К.Соловьев, А.Н. Кондратенков и др. - М., Высш. шк., 1979. - 221с.
2. Строительные нормы и правила. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. Минстрой России. Введ. 01.01.96. - М.: ГП НПП, 1995. - 35с.

3. Архитектура промышленных зданий/ С.В. Дятков - М.: Высш. шк., 1984. - 415с.
4. Архитектурная физика/ Под ред. Н.В. Оболенского. – М.: Стройиздат, 1997. с. 99-121.

Лабораторная работа № 3

Определение инсоляции и градостроительной маневренности секции жилого дома

Цель работы: определить продолжительность инсоляции квартир в исследуемой секции жилого дома с построением графика градостроительной маневренности.

Оборудование: 1.Инсолятор.

2.Прожектор - "искусственное солнце".

3.Макет планировки секции жилого здания.

4.Инсоляционный график.

Под инсоляцией понимают облучение помещений и территорий прямыми солнечными лучами. Инсоляция квартир измеряется в часах. По нормам [1] продолжительность непрерывной инсоляции для помещений жилых и общественных зданий устанавливается дифференцированно в зависимости от типа квартир, функционального назначения помещений, планировочных зон города, географической широты для:

- северной зоны (севернее 58° с.ш.) – не менее 2,5 ч в день с 22 апреля по 22 августа;

- центральной зоны (58° – 48° с.ш.) – не менее 2 ч в день с 22 марта по 22 сентября;

- южной зоны (южнее 48° с.ш.) – не менее 1,5 ч в день с 22 февраля по 22 октября.

Продолжительность инсоляции в жилых зданиях должна быть обеспечена не менее чем в одной комнате 1 – 3-комнатных квартир и не менее чем в двух комнатах 4-х и более комнатных квартир. В зданиях общежитий должно инсолироваться не менее 60% жилых комнат [1].

Допускается прерывистость продолжительности инсоляции, при которой один из периодов должен быть не менее 1 ч. При этом суммарная продолжительность нормируемой инсоляции должна увеличиваться на 0,5 ч соответственно для каждой зоны [1].

В случае если комнаты, выходящие на оба фасада, инсолируются три с половиной часа, рекомендуется меридиальная ориентация; если один из фасадов инсолируется недостаточно, дом должен иметь широтную ориентацию [2].

Инсолятор – установка, дающая возможность на макетах определить продолжительность инсоляции, величину, рисунок и направление теней.

Инсолятор имеет четыре шкалы: (рис. 2).

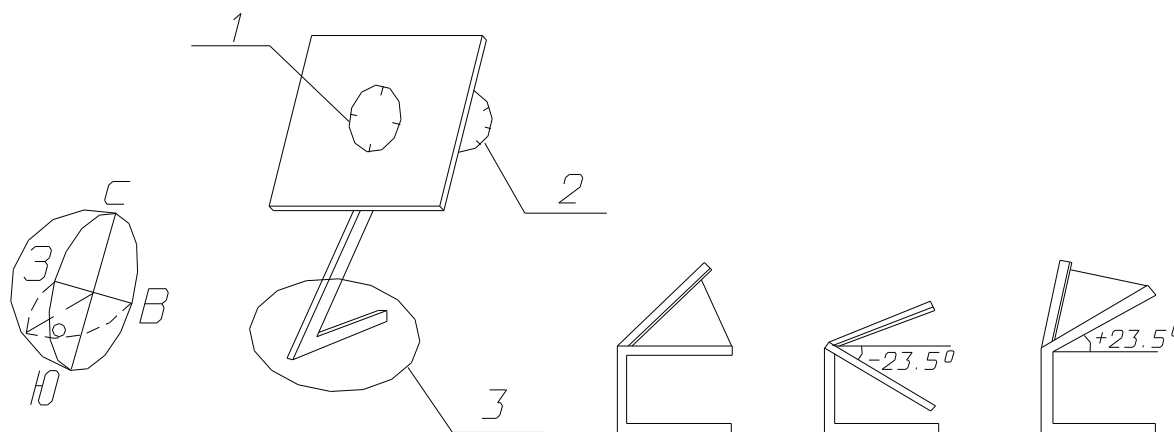


Рис. 2. Устройство инсолятора

- шкала 1 – шкала установки географической широты места, для которого проводится исследование (географические широты городов приведены в приложении),
- шкала 2 – шкала времени дня (на шкале нанесены также градусы для определения времени начала и конца инсоляции),
- шкала 3 – шкала ориентации по сторонам горизонта.

Порядок выполнения работы

1. Знакомство с устройством инсолятора.
2. Исследовать предложенный преподавателем дом. Для этого в соответствии с заданным городом на шкале 1 инсолятора устанавливается географическая широта. Макет устанавливается в заданной преподавателем ориентации.

По шкале 2 определяются часы начала и конца инсоляции для трех точек каждого фасада (две точки по краям и одна по середине фасада).

Для определения начала инсоляции фасада рекомендуется вращением поворотного круга по шкале 2 установить макет так, чтобы риска поворотного круга указывала время начала инсоляции, найденное по табл. 1.

Время начала и окончания инсоляции на различных широтах

Географическая широта	Время года	Восход солнца	Начало инсоляции	Заход солнца	Конец инсоляции
40 ⁰	Зима	7.20	8.30	16.40	15.30
	Весна - осень	6.00	6.50	18.00	17.10
	Лето	4.45	5.40	19.15	18.20
	Зима	7.30	9.00	16.30	15.00
45 ⁰	Весна - осень	6.00	7.00	18.00	17.00
	Лето	4.00	5.15	20.00	18.45
	Зима	8.10	9.45	15.50	14.30
	Весна - осень	6.00	7.00	18.00	17.00
50 ⁰	Лето	4.00	5.10	20.00	18.45
	Зима	8.30	10.50	15.10	--
	Весна - осень	6.00	7.15	18.00	16.45
	Лето	3.30	4.10	21.00	19.30
60 ⁰	Зима	9.15	–	14.35	–
	Весна - осень	6.00	7.20	18.00	16.40
	Лето	3.00	4.10	21.00	19.30
	Зима	–	–	–	–
70 ⁰	Весна - осень	6.00	8.00	18.00	16.00
	Лето	–	3.30	–	20.30

- По шкале 2 определить начало и конец инсоляции для тех же точек способом, описанным в пункте 2.
- Подсчитать продолжительность инсоляции в летний период для тех же точек.
- Определить продолжительность инсоляции данной секции жилого дома, используя инсоляционный график.
- Сравнить результаты продолжительности инсоляции, полученные на инсоляторе и с использованием инсоляционного графика.
- Используя данные продолжительности инсоляции данной секции жилого дома других направлений ориентации, построить график градостроительной маневренности.

Оформление работы

Работа выполняется на выдаваемом преподавателем бланке (форма 3), куда вносятся все полученные данные.

Контрольные вопросы

1. Что такое инсоляция?
2. Для каких зданий предъявляются требования по инсоляции?
3. Нормы по продолжительности инсоляции в зависимости от географической широты.
4. Положительное и отрицательное воздействие инсоляции на человека.

Литература

1. Санитарные нормы и правила. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076-01. Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий. Минздрав России. Введ. 01.02.02. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. – 15с.
2. Оболенский, Н.В. Архитектура и солнце./ Под общ. ред. Н.В. Оболенского – М.: Стройиздат, 1988. – 207с.
3. Физика среды/ А.К. Соловьев - М.: Издательство АСВ, 2008. - 344с.

Лабораторная работа № 4

Анализ планировки группы жилых домов

Цель работы: дать оценку планировочному решению группы жилых домов исходя из требований инсоляции.

Оборудование: 1. Инсолятор.

2. Проектор «искусственное солнце».

3. Макеты жилых домов – широтной и меридиональной ориентации, точечные.

Порядок выполнения работы

1. Закрепить на инсоляторе лист ватмана и макеты жилых домов.
2. Настроить инсолятор на заданный город.
3. Исследовать предложенную планировку, для чего определить продолжительность инсоляции каждого дома.

Если лучи «солнца» не попадают на фасад, его следует установить так, чтобы лучи «солнца» стали параллельны плоскости фасада исследуемого дома, т. е. чтобы тень от дома стала продолжением плоскости фасада, а лучи солнца скользили бы по плоскости фасада. Учитывая, что световой угол окна жилого дома равен приблизительно 140° , первый луч, проникший в комнату, составляет с плоскостью фасада угол 20° в плане, и инсоляция комнаты начнется несколько позже.

Поэтому после установки макета исследуемого дома параллельно лучам солнца, следует вращением против часовой стрелки повернуть его на 20^0 (на шкале 2, кроме часов, нанесены градусы). При этом указатель шкалы 2 зафиксирует время начала инсоляции комнаты.

Время окончания инсоляции фасада определяется моментом, когда последний солнечный луч скользит по плоскости фасада. Установив макет в таком положении, следует повернуть его по часовой стрелке на 20^0 .

При этом указатель шкалы 2 зафиксирует время окончания инсоляции комнаты. Таким образом, определяется начало и конец инсоляции комнат в случае отсутствия затеняющего действия соседних домов.

Если соседний дом отбрасывает тень на исследуемый дом, то начало инсоляции соответствует моменту, когда тень соседнего дома сойдет с исследуемой точки, а конец инсоляции – когда тень перекроет точку. (Точки – квартиры первого этажа – намечаются у основания исследуемого дома).

Если продолжительность инсоляции на обоих фасадах соответствует норме – дом может иметь меридиональную ориентацию, т. е. секцию с квартирами односторонней ориентации.

Если продолжительность инсоляции соответствует норме только с одного фасада, рекомендуется широтная секция, т. е. секция, в которой квартиры, ориентированные на неблагоприятную сторону горизонта имеют, хотя бы одну комнату (или две), ориентированную на благоприятную сторону горизонта.

Если продолжительность инсоляции ниже нормы на обоих фасадах, следует увеличивать разрывы между зданиями для получения нормированной продолжительности инсоляции или сделать новые предложения по планировке квартала и вновь определить время инсоляции в исследуемых точках.

Во всех случаях следует добиваться дополуденной инсоляции, сочетая это требование с грамотной архитектурной композицией. Послеполуденная инсоляция продолжительностью более 3 часов является причиной перегрева помещения. В этом случае следует решать задачу солнцезащиты помещения.

4. Построить контур теней от домов исследуемой планировки.

Оформление работы

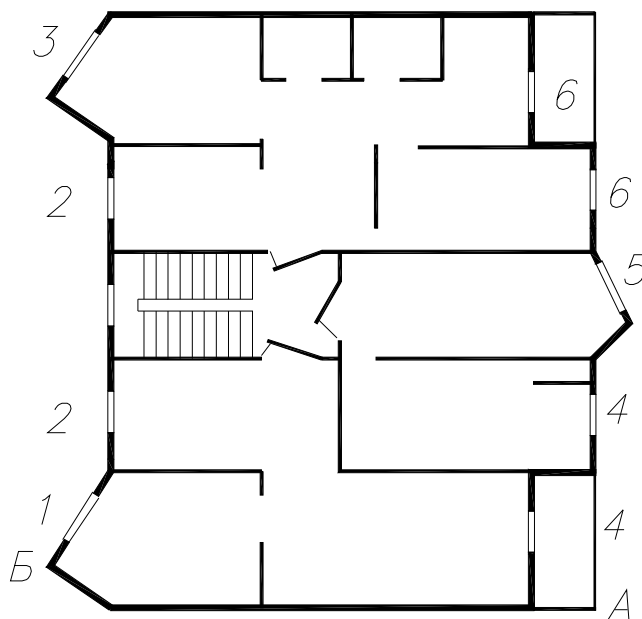
Работа выполняется на листах плотной бумаги. Изображается фрагмент планировки, ориентация. Записывается время начала, окончания и продолжительность инсоляции в трех точках каждого фасада здания.

В случаях неудовлетворительной инсоляции, на плане другим цветом наносятся изменения в предложенной планировке и определяется продолжительность

инсоляции.

Контрольные вопросы

1. Положительное воздействию инсоляции на человека.
2. Отрицательное воздействие инсоляции на человека.
3. Перечислите виды солнцезащитных устройств.
4. Какая ориентация зданий предпочтительней по требованиям инсоляции.



Форма 3

Секция жилого дома. Серия 78-01

Продолжительность инсоляции в точках исследуемого дома

Направление	на инсоляторе	Начало, окончание и продолжительность инсоляции в точках фасада (дома)				
	по графику					
А - В	1	2	3	4	5	6
С						
СВ						
В						
ЮВ						
Ю						
ЮЗ						
З						

СЗ						

Приложение

Географические широты городов

Астрахань	–	47 ⁰ с. ш.	Мурманск	–	68 ⁰ с. ш.
Архангельск	–	66 ⁰ с. ш.	Магнитогорск	–	53 ⁰ с. ш.
Владивосток	–	43 ⁰ с. ш.	Магадан	–	60 ⁰ с. ш.
Волгоград	–	48 ⁰ с. ш.	Нарьян-Мар	–	67 ⁰ с. ш.
Вологда	–	60 ⁰ с. ш.	Новосибирск	–	55 ⁰ с. ш.
Екатеринбург	–	57 ⁰ с. ш.	Петрозаводск	–	62 ⁰ с. ш.
Иркутск	–	52 ⁰ с. ш.	Самара	–	53 ⁰ с. ш.
Красноярск	–	56 ⁰ с. ш.	Санкт-Петербург	–	60 ⁰ с. ш.
Москва	–	55 ⁰ с. ш.	Сочи	–	43 ⁰ с. ш.

Литература

1. Оболенский, Н.В. Архитектура и солнце./ Под общ. ред. Н.В. Оболенского – М.: Стройиздат, 1988. – 207с.
2. Тваровский, М. Солнце в архитектуре. Пер. с польск. – М., Стройиздат, 1977. – 288с.

Лабораторная работа № 5

Определение времени реверберации помещения

Цель работы:

1. Получение практических навыков по измерению времени реверберации помещения с помощью электроакустической аппаратуры.
2. Расчет времени реверберации помещения по формулам Сэбина и Эйринга и сравнение полученных значений с результатами эксперимента.

Оборудование: генератор шума, два анализатора, усилитель мощности, источник шума, контрольный шумомер, микрофон конденсаторный.

Теоретическое введение

Одним из основных критериев акустических качеств залов является время реверберации. Реверберация представляет процесс затухания звука после выключения источника звука, происходящего вследствие многократных отражений звуковых волн от ограждающих поверхностей.

Время, в течение которого интенсивность звука уменьшается в миллион

раз, называется временем реверберации данного помещения. Уменьшение звука в миллион раз соответствует снижению уровня звука на 60 дБ, что означает практически полное затухание звука.

Чем больше помещение, тем больше средняя длина свободного пробега звуковых волн, а число отражений в единицу времени меньше, т.е. процесс затухания звука будет происходить медленнее.

Время реверберации (T , с) при среднем коэффициенте звукопоглощения $\alpha_{ср} \leq 0,2$ определяется по формуле Сэбина:

$$T = \frac{0,163 \cdot V}{\alpha_{ср} \cdot S_{общ}}, \quad (18)$$

где: V - объем помещения, $м^3$;

$S_{общ}$ - суммарная площадь ограничивающих поверхностей, $м^2$.

При $\alpha_{ср} > 0,2$ обычно используется формула Эйринга:

$$T = \frac{0,163 \cdot V}{S_{общ} \cdot \varphi(\alpha_{ср})}, \quad (19)$$

где $\varphi(\alpha_{ср}) = -\ln(1 - \alpha_{ср})$ - функция среднего коэффициента звукопоглощения, значения которой приведены в приложении 1.

В залах большого объема ($V \cong 10000 м^3$) при расчете времени реверберации необходимо учитывать поглощение звука в воздухе. Для этого в знаменатель формул (24) и (25) добавляется член:

$$4 \cdot m_g \cdot V,$$

где m_g - показатель затухания звука в воздухе, $м^{-1}$, зависящий от температуры, относительной влажности воздуха и частоты звука [1] (см. прил. 1).

Для определения времени реверберации помещения необходимо вычислить:

1. Объем помещения, V , $м^3$;
2. Суммарную площадь ограничивающих поверхностей $S_{общ}$, $м^2$;
3. Эквивалентную площадь звукопоглощения $A_{общ}$, $м^2$. Эту величину определяют обычно при 70%-ном заполнении зала зрителями для частот 125, 500, 2000 Гц. Находят $A_{общ}$ по формуле:

$$A_{общ} = \sum \alpha_i \cdot S_i + \sum A + \alpha_{доб} \cdot S_{общ}, \quad (20)$$

где $\sum \alpha_i S_i$ - сумма произведений коэффициентов звукопоглощения α_i отдельных поверхностей на их площади, $м^2$ (значения приведены в прил.2);

$\sum A$ - сумма эквивалентных площадей звукопоглощения зрителями и креслами, $м^2$ (см. прил. 3);

$\alpha_{доб}$ - средний коэффициент добавочного звукопоглощения, учитывающий звукопоглотители, фактически существующие в зале (осветительная арматура, воздушные полости, соединенные с основным объемом зала, щели и трещины, вентиляционные решетки и др.). Для частоты 125 Гц 0,08...0,09; для частот 500 - 2000 Гц 0,04...0,05.

Определение эквивалентной площади звукопоглощения приводим в таблице по форме 4.

Форма 4

Определение эквивалентной площади звукопоглощения

Поверхности	S, м ²	Значения α и αS , м ² , на частотах, Гц					
		125		500		2000	
		α	αS	α	αS	α	αS

4. Средний коэффициент звукопоглощения

$$\alpha_{ср} = \frac{A_{общ}}{S_{общ}} \quad (21)$$

5. Определяют время реверберации при $\alpha_{ср} \leq 0,2$ по формуле (18) при $\alpha_{ср} > 0,2$ по формуле (19).

6. Сравнивают полученное время реверберации с рекомендуемым (оптимальным) для данного типа зала и его объема (рис. 3).

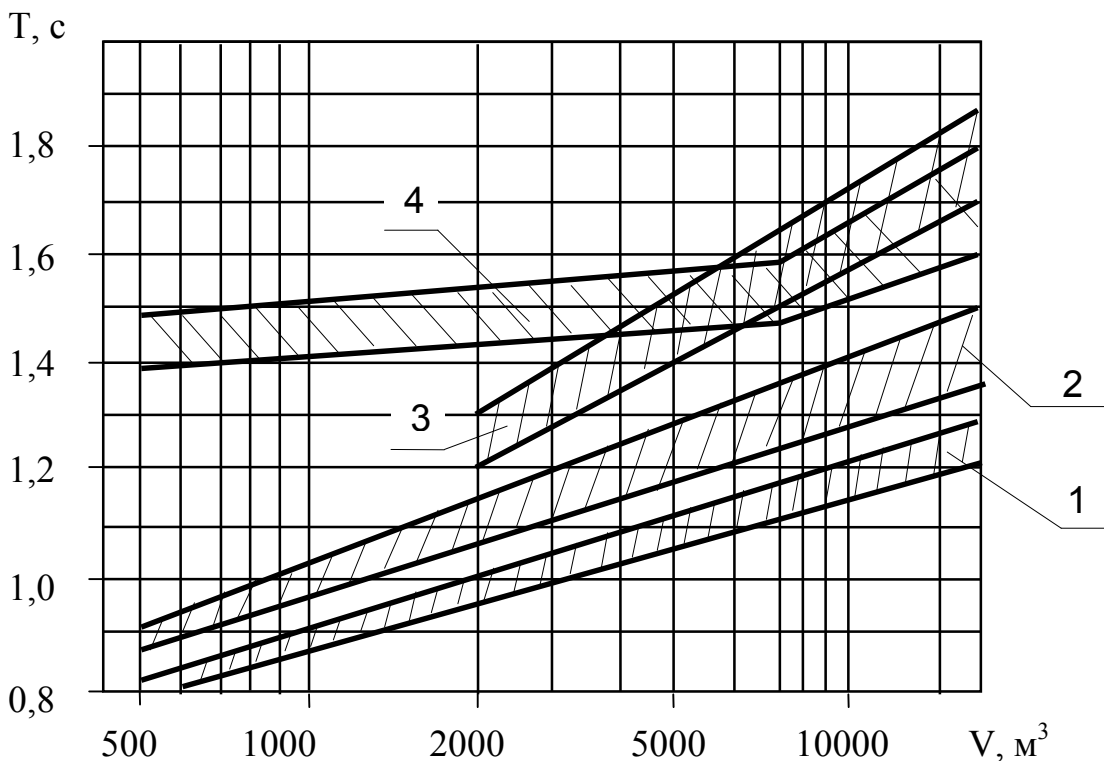


Рис. 3. Рекомендуемое время реверберации для залов различного назначения в зависимости от их объема в диапазоне частот 500-20000 Гц.

1- лекционные залы, залы пассажирских помещений;

- 2- залы драматических театров, залы многоцелевого назначения средней вместимости, кинотеатры;
- 3- залы театров оперы и балета, концертные залы;
- 4- спортивные залы.

Это время должно быть в пределах затухающей области (усреднено по данным разных авторов) в диапазоне частот 500-20000 Гц. На частотах ниже 500 Гц допустимо некоторое увеличение времени реверберации, с тем, чтобы на частотах 125 Гц оно было не более чем на 40% больше по сравнению со значением на частоте 500 Гц.

Если время реверберации зала, по крайней мере, в одной из частотных полос T_{fb} отличается от T_{opt} , то следует внести некоторые изменения в конструктивные решения для того, чтобы приблизить T_{fi} к T_{opt} [2].

Проводят следующие расчеты:

1. Вычисляют $\varphi(\alpha_{ср}^{mp}) = 0,163 / (T_{mp} \cdot S_{общ})$; (22)

2. По найденному значению $\varphi(\alpha_{ср}^{mp})$ находим средний требуемый коэффициент звукопоглощения $\alpha_{ср}^{mp}$ из выражения:

$$\varphi(\alpha_{ср}^{mp}) = -\ln(1 - \alpha_{ср}^{mp}), \quad (23)$$

или по приложению 1.

3. Определяют требуемую общую эквивалентную площадь звукопоглощения зала $A_{общ}^{mp} = \alpha_{ср}^{mp} \cdot S_{общ}$. Сравнив это значение с величиной $A_{общ}$, определяем, насколько необходимо изменить эквивалентную площадь звукопоглощения для достижения нужного времени реверберации (в пределах $\pm 10\%$). Полученные в результате расчета значения времени реверберации округляются с точностью до 0,05 с.

Описание установки

Для измерения времени реверберации используется блок - схема, представленная на рис. 4. Передающий тракт состоит из генератора шума, анализатора, усилителя мощности, динамиков. Приемный тракт состоит из ненаправленного микрофона, усилителя, анализатора, и самописца уровня. Число и мощность громкоговорителей подбирают, так чтобы высокий уровень звукового давления во всех полосах был выше уровня помех на тех же частотах не менее чем на 40-50 дБ. Все установленные в помещении громкоговорители должны работать синфазно и выключаться одновременно. В качестве звукового сигнала следует использовать полосы шума с шириной не менее 1/3 и не более одной октавы.

В качестве звукового сигнала допускается применять нефильтрованный шум, звуковые импульсы взрывного типа (например, холостые выстрелы из пистолета) [1].

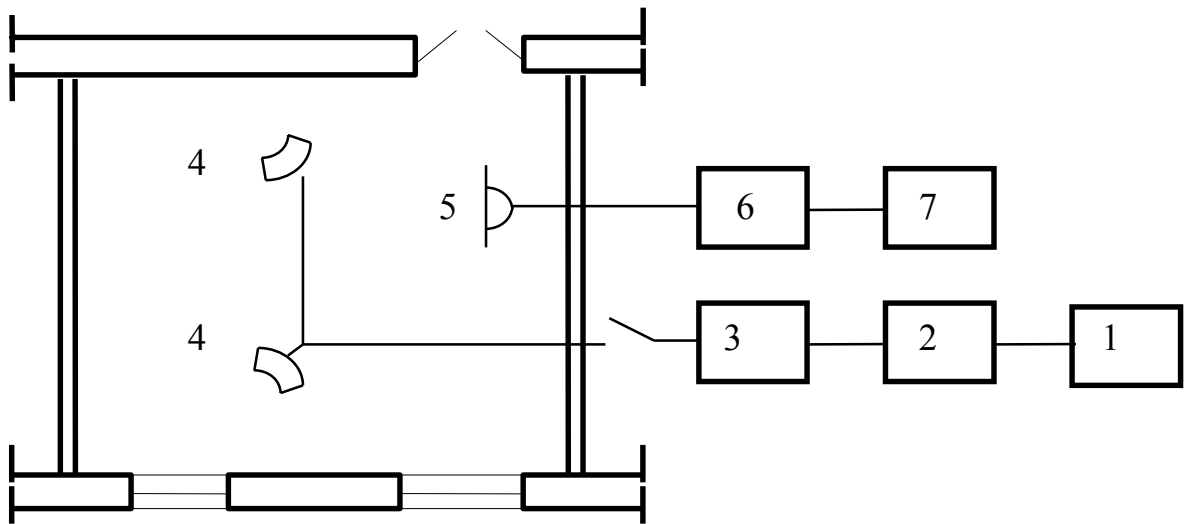


Рис. 4. Блок - схема для измерения времени реверберации.

1 - генератор белого шума; 2,6 - анализаторы;

3 - усилитель мощности; 4 - динамики;

5 - микрофон, 7 - самописец уровня

Методика выполнения работы

В обычных помещениях выбор количества измерительных точек зависит от требуемой точности полученных данных. Точки нужно размещать в зоне отраженного звука на высоте не менее 1,5м от пола и 2м одна от другой. Микрофоны не следует устанавливать вблизи от стен и углов помещения и от источника звука (минимальное расстояние не менее 1,5м). Запись на ленте самописца должна подходить возможно ближе к прямой линии, наклон которой и определяет время реверберации.

Записи спада, имеющие перелом, следует учитывать, если каждая из частей наклонной ломаной линии имеет перепад не менее 20 дБ. В этом случае следует указать значения времени реверберации, соответствующие наклону верхнего и нижнего участков линии спада. Записи, имеющие значительную кривизну, следует исключать из оценки. Полученные при измерениях значения записи кривых спада уровня звукового давления в зале должны аппроксимироваться отрезком прямой линии на участке от -5 до -35 дБ по отношению к начальному уровню [4].

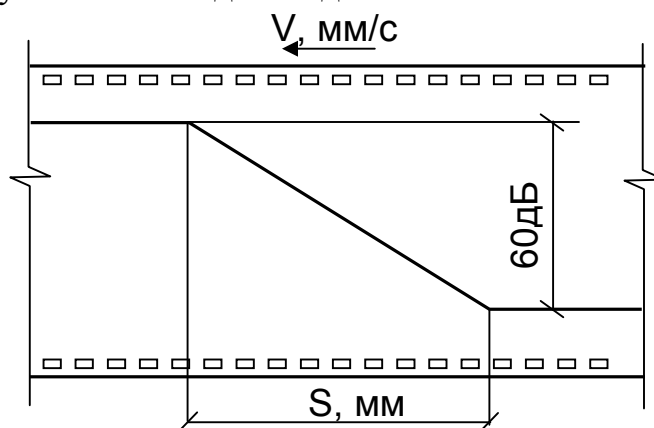


Рис. 5. Запись на ленте самописца

Время реверберации определяется по формуле:

$$T = \frac{2 \cdot \ell}{V}, \quad (24)$$

где ℓ - длина проекции отрезка прямой, аппроксимирующей кривую спада уровня звукового давления на направление движения ленты самописца уровня, мм;

V - скорость движения ленты самописца, мм/с.

Обработка результатов измерений и расчетов

1. По полученным результатам измерений времени реверберации составляется таблица частотной зависимости времени реверберации, а также график, на который наносят усредненные значения.

2. Расчет времени реверберации по формулам Сэбина и Эйринга сравнивают с результатами измерений и делают выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое время реверберации и от чего оно зависит?
2. Что называется оптимальным временем реверберации и от чего оно зависит?
3. Какие параметры помещения влияют на время реверберации?
4. Какие материалы хорошо поглощают звук на низких частотах?
5. Какие материалы хорошо поглощают звук на средних и высоких?

Литература

1. Государственный стандарт Союза ССР. ГОСТ 24146-89. Зрительные залы. Метод измерения времени реверберации. – НИИСФ. Введ. 01.01.1990 – 11с.
2. Строительные нормы и правила. СНиП 23-03-2003. Защита от шума. Госстрой России. Введ. 30.06.2003. - М.: ФГУП ЦПП, 2004. - 33с.
- 3.Ковригин С.Д., Крышов С.И. Архитектурно - строительная акустика. - М.: Высшая школа, 1986. - 256с.
- 4.Лопашев Д.З., Осипов Г.Л., Федосеева Е.Н. Методы измерения и нормирования шумовых характеристик. - М.: Издательство стандартов, 1983. - 220с.

Лабораторная работа № 6

Исследование звукоизолирующей способности ограждающих конструкций от воздушного шума

Цель работы: 1. Получение практических навыков по измерению звукоизоляции ограждающих конструкций от воздушного шума с использованием электроакустической аппаратуры.
2. Сравнение полученных результатов с расчетами на ПК и по СНиПу.

Оборудование: реверберационные камеры, исследуемый образец, генератор шума, два анализатора, усилители мощности, источник шума, контрольный шумомер, микрофон конденсаторный.

Теоретическое введение

В строительстве различают два вида шума: воздушный и ударный. При воздушном шуме источник звука не связан с конструкциями и передача звуковой энергии происходит в результате колебания конструкции, разделяющей два помещения. Ударный шум возникает при непосредственном механическом воздействии на окружающие конструкции.

Изоляция воздушного шума конструкций без учета косвенной передачи при диффузном падении звука равна:

$$R = 10 \lg \frac{P_{над}^2}{P_{пр}^2}, \quad (25)$$

где $P_{над}$, $P_{пр}$ - соответственно звуковые давления в падающей на конструкцию и прошедшей через нее звуковой волне.

Фактическая звукоизоляция (т.е. с учетом косвенной передачи звука, возможных пор, неплотностей) практически всегда меньше звукоизоляции одной рассматриваемой конструкции. Звукоизоляция такой конструкции иногда называется собственной.

Количество переданной через конструкцию звуковой энергии прямо пропорционально ее площади и обратно пропорционально звукопоглощению в изолируемом помещении. Поэтому значение изоляции воздушного шума R , дБ, равно

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A}, \quad (26)$$

где L_1 , L_2 - соответственно уровни звукового давления в помещении с источником шума (камера высокого уровня - КВУ) и в изолируемом помещении (камера низкого уровня - КНУ);

S - площадь исследуемого ограждения, m^2 ;

A - эквивалентная площадь звукопоглощения в КНУ, m^2 .

Звуковые волны, падающие на конструкцию, приводят ее в колебательное движение. На низких частотах вблизи частот собственных колебаний конструкции возникают резонансные явления, и звукоизоляция во многом зависит от внутреннего трения в материале. Для ограждающих конструкций зданий этот диапазон не характерен, т.к. он лежит ниже частоты 100 Гц.

На более высоких частотах колебательное движение конструкции определяется в основном ее массой (закон массы), когда конструкцию можно рассматривать в виде системы не связанных между собой масс, колеблющихся независимо одна от другой, т.е. влиянием жесткости конструкции можно пренебречь. При удвоении массы конструкции или частоты звукоизоляция возрастает в среднем на 5..6 дБ.

Закон массы записывается:

$$R_{з.м.} = 20 \lg \mu \cdot f - 47,5 \quad (\text{дБ}), \quad (27)$$

где μ - поверхностная масса ограждения, $кг/м^2$;

f - частота, Гц.

Падающие звуковые волны вызывают изгибные колебания конструкции, т.к. звуковое давление неодинаково в различных точках поверхности. Конструкция предполагается бесконечной протяженности и возбуждается диффузным звуковым полем. Скорость распространения изгибных волн зависит от механических свойств среды и частоты в противоположность скорости продольных колебаний, не зависящей от частоты и постоянной для данной среды. При низких частотах скорость распространения изгибных волн меньше скорости звука. С увеличением частоты f уменьшается длина звуковой волны λ , т.к. $\lambda = c / f$. Наконец, при определенной частоте f_{2p} (граничная частота) длина изгибной волны λ_u будет равна проекции длины звуковой волны λ , т.е. произойдет совпадение волн (волновое совпадение), при котором интенсивность изгибных колебаний резко увеличивается [1].

Волновое совпадение, при котором звукоизоляция резко уменьшается, охватывает область частот от f_{2p} до $2f_{2p}$, т.е. в пределах одной октавы

$$f_{2p} = \frac{c^2}{2\pi} \sqrt{\frac{\mu}{D}}, \quad (28)$$

где c - скорость звука в воздухе, м/с;

D - цилиндрическая жесткость пластины при изгибе:

$$D = \frac{E \cdot h^3}{2\pi(1 - \nu^2)}, \quad (29)$$

где E - модуль упругости, Па;

ν - коэффициент Пуассона;

h - толщина конструкции, м.

Графоаналитический метод изоляции воздушного шума (по СНиПу) имеет большую точность на частотах выше f_{2p} . На частотах ниже f_{2p} отличие от действительной звукоизоляции зависит, в частности, от размеров конструкции. Профессор М.С. Седов нашел, что для конструкций ограниченного размера между резонансными частотами происходит затухание колебаний, снижающее интенсивность прохождения звука. Был установлен эффект "пространственно-частотных резонансов", более полно характеризующий механизм прохождения звука через конструкцию, чем явление волнового совпадения. В области средних и низких частот звукоизоляция зависит от массы, частоты звука, и в отличие от закона массы, оценивается коэффициентом потерь и размерами ограждения. Звукоизоляция увеличивается для конструкций с неизменной изгибной жесткостью, но с повышенным значением коэффициента потерь. Увеличение размеров конструкции повышает ее звукоизоляцию [2].

Описание установки

Используем стандартный метод измерения звукоизоляции ограждений с помощью двух реверберационных камер и измерительного тракта. Передающий тракт состоит из генератора шума, анализатора, усилителя мощности, динамиков. Приемный тракт состоит из ненаправленного микрофона, усилителя, анализатора и самописца уровня.

Методика выполнения работы

Исследуемая конструкция располагается между камерами высокого (КВУ) и низкого (КНУ) уровней. В КВУ при помощи передающего тракта создается уровень звукового давления L_1 (дБ), который регистрируется при помощи приемного тракта. За ограждением в КНУ создается уровень звукового давления L_2 , также регистрируемый с помощью приемного тракта.

В передающем тракте генератор шума вырабатывает шумовой сигнал в широком диапазоне частот, причем величина амплитуды на каждой частоте одинакова. Так как генератор обычно вырабатывает диапазон частот шире нормируемого, то его необходимо обрезать с двух сторон. Для этого в тракт подключен анализатор. После вырезания фильтром необходимого диапазона шумовой сигнал усиливается, а затем подается на источник звука.

В приемном тракте микрофон преобразует акустический шумовой сигнал в электрический, который подается на шумомер. Далее сигнал поступает на октавные (третьоктавные) фильтры, которые вырезают из всего диапазона частот, воспринимающего микрофон, октавные или третьоктавные полосы частот, на ко-

торых и производится анализ изоляции воздушного шума ограждением. Для определения времени реверберации (T , с) в КНУ используется самописец уровня, после чего определяем эквивалентную площадь звукопоглощения (A , m^2)

$$A = \frac{0,163 \cdot V}{T}, \quad (30)$$

где V - объем КНУ, m^3 .

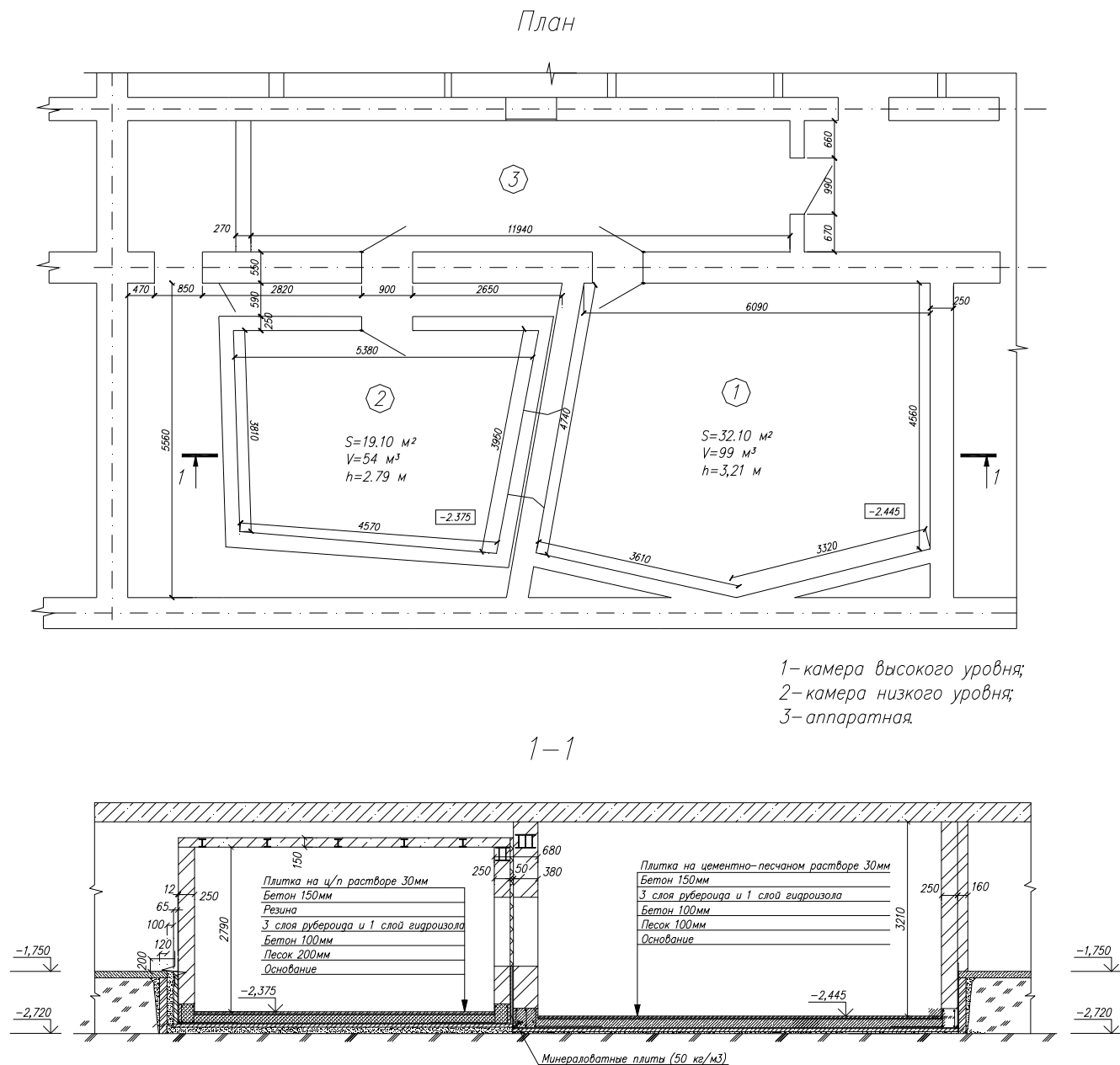


Рис. 6. План и разрез реверберационных камер ВоГТУ

Значения уровней звукового давления в КВУ и КНУ, а также время реверберации замеряем в определенных точках КНУ в третьоктавных или октавных полосах частот и записываем в таблицу по форме 5.

Обработка результатов измерений и расчетов

1. Измерив уровни звукового давления и время реверберации, определяем частотную характеристику звукоизолирующей способности ограждения и строим график (рис. 7 кривая 1).

Форма 5

$f, \text{Гц}$	L_1	L_2	T	$L_1 - L_2$	A	$10\lg S/A$	R
50							
63							
80							
100							
125							
160							
200							
250							
315							
400							
500							
630							
800							
1000							
1250							
1600							
2000							
2500							
3150							
4000							
5000							
6300							
8000							

2. Сравниваем частотную характеристику звукоизолирующей способности ограждения с результатом расчета на ЭВМ, по СНиПу и делаем вывод.

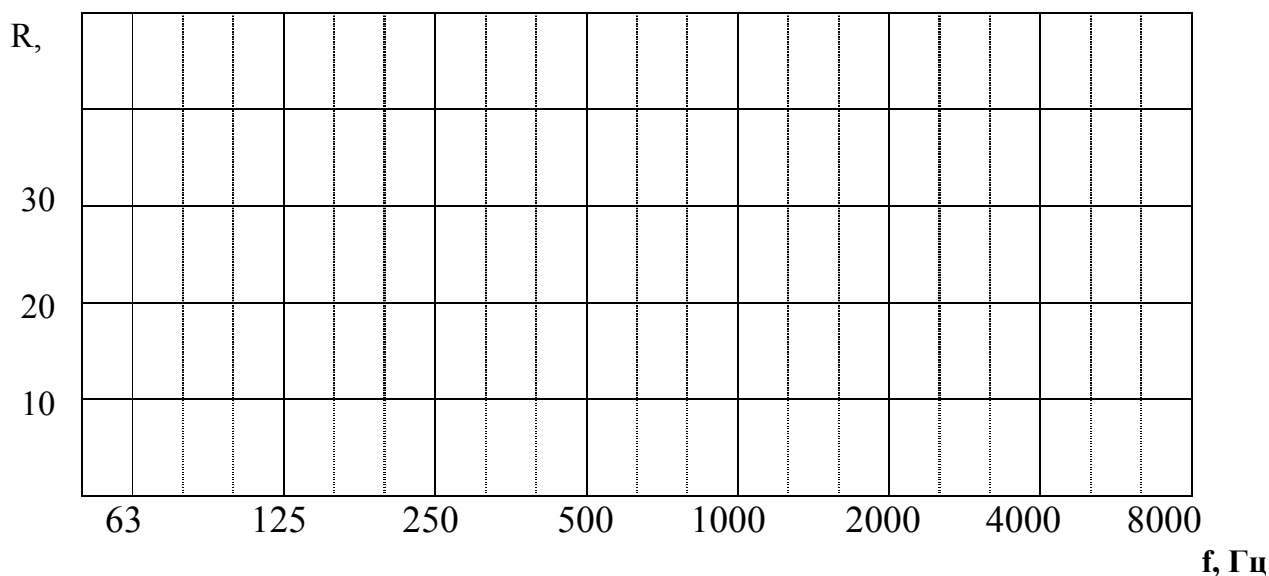


Рис.17. Частные характеристики звукоизоляции ограждений

1. Эксперимент.
2. Рассчитанная по теории М.С. Седова на ПК.
3. Рассчитанная по СНиПу или СП.
4. Закон массы.

Лабораторная работа № 7

Определение требуемой звукоизоляции наружного ограждения (окна)

Цель работы: 1. Получение практических навыков по определению шумовой характеристики транспортного потока различными способами и требуемой звукоизоляции наружного ограждения.

Оборудование: Шумомер, рулетка.

Теоретическое введение

Исходным параметром для расчета эквивалентного уровня звука, создаваемого у фасада здания потоком средств автомобильного транспорта, является шумовая характеристика потока - эквивалентный уровень звука $L_{\text{ЭКВ}}$, дБА.

Для определения шумовой характеристики потока в дневное время замеры необходимо производить с 7^{00} до 23^{00} , а в ночное время - с 23^{00} до 7^{00} .

Возможно определение шумовой характеристики потока с помощью аппаратуры, предназначенной для измерения эквивалентного уровня звука, $L_{Аэкв}$ по [1]. Если данная аппаратура отсутствует, возможно определение $L_{Аэкв}$ по интенсивности движения транспорта.

Условия измерения [1]:

- места проведения измерения следует выбирать: на участках улиц и дорог, с установившейся скоростью движения транспортных средств и на расстоянии не менее 50 м от перекрестков, транспортных площадей и остановочных пунктов пассажирского общественного транспорта;

- поверхность проезжей части улиц и автомобильных дорог должна быть чистой и сухой;

- время проведения измерения необходимо устанавливать в периоды максимальной интенсивности движения транспортных потоков;

- измерение не должно проводиться во время выпадения атмосферных осадков и при скорости ветра более 5 м/с.

При проведении измерения шумовой характеристики потока с помощью шумомера, измерительный микрофон должен располагаться на тротуаре или обочине на расстоянии $(7,5 \pm 0,2)$ м от оси ближней к точке измерения полосы движения транспортных средств на высоте $(1,5 \pm 0,1)$ м от уровня покрытия проезжей части.

Измерительный микрофон должен быть направлен в сторону транспортного потока.

Расчет шумовой характеристики потока по интенсивности движения транспорта (количества автомашин проезжающих в данном месте за определенный отрезок времени) следует проводить исходя из средней часовой интенсивности движения $Q_{ср}$, в течение четырехчасового периода с наибольшей интенсивностью движения транспорта [2,3]:

$$L_{Аэкв} = 10 * \lg Q_{ср} + 13,3 * \lg V + 4 * \lg(1 + p_{ср}) + \Delta L_{A1} + \Delta L_{A2} + 15, \text{ дБА}; \quad (31)$$

где $Q_{ср}$ - средняя часовая интенсивность движения транспорта, ед/ч;

$$Q_{ср} = (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) / 4, \text{ ед/ч.}$$

V - средняя скорость потока, км/ч;

p - доля средств грузового и общественного транспорта в потоке, %

ΔL_{A1} - поправка, учитывающая вид покрытия проезжей части улицы или дороги, дБА (при асфальтобетонном покрытии $\Delta L_{A1} = 0$ дБА);

ΔL_{A2} - поправка, учитывающая продольный уклон улицы или дороги, дБА (прил.4).

Ожидаемый эквивалентный уровень звука $L_{Аэкв.мер2}$, создаваемый потоком средств автомобильного транспорта в расчетной точке у наружного ограждения здания определяется по формуле [2,3]:

$$L_{A_{экв.тер2}} = L_{A_{экв.}} - \Delta L_{A3} + \Delta L_{A4}, \text{ дБА} \quad (32)$$

где ΔL_{A3} - поправка, учитывающая снижение уровня шума в зависимости от расстояния от оси ближайшей полосы движения транспорта до расчетной точки, дБА (прил.5);

ΔL_{A4} - поправка, учитывающая влияние отраженного звука, дБА (рис.8), определяемая в зависимости от отношения (h_{pm}/B):

где h_{pm} - высота расчетной точки над поверхностью территории (принимается 12м);

B - ширина улицы (между фасадами зданий), м.

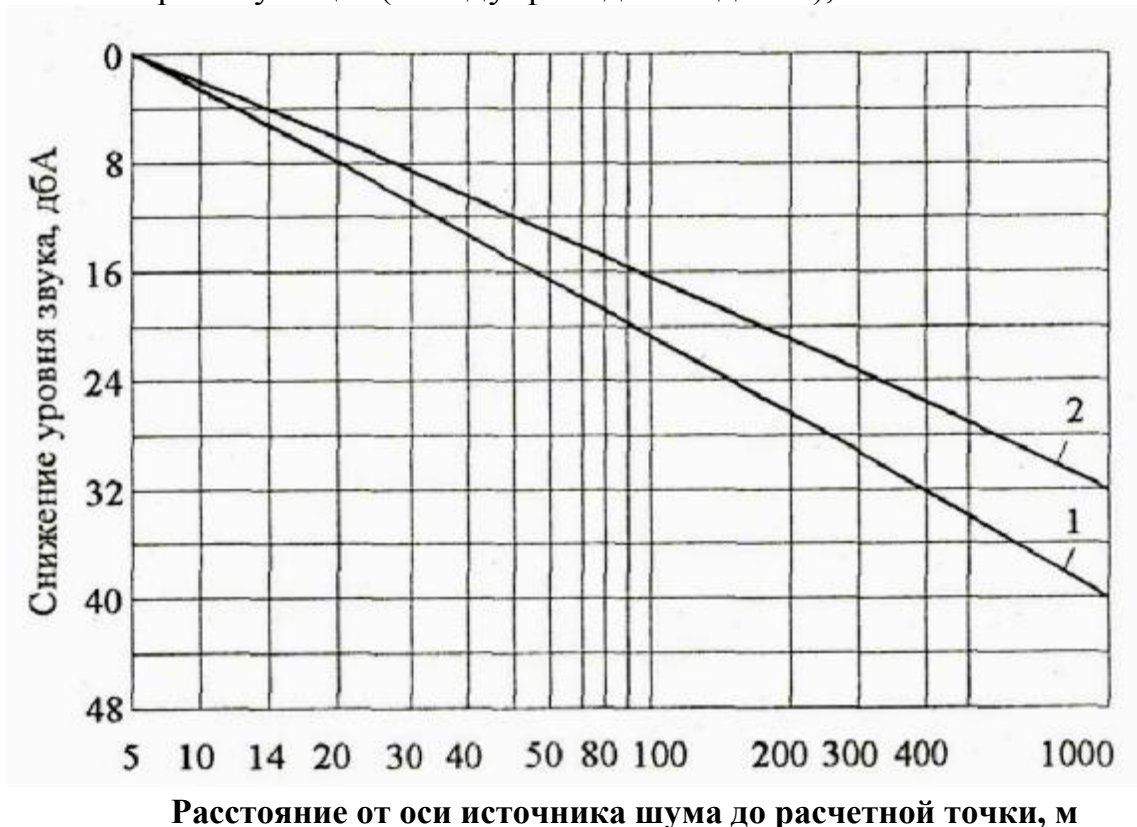


Рис. 8. График снижения уровня звука при удалении от источника шума:

- 1 – транспортные потоки с интенсивностью движения $Q \leq 500$ ед/ч, внутриквартальные источники шума, трансформаторные подстанции;
 2 - транспортные потоки с интенсивностью движения $Q > 500$ ед/ч; железнодорожные поезда .

Допустимый уровень проникающего шума в жилых комнатах квартир в дневное время составляет 40 дБА, в ночное - 30 дБА [4].

Требуемую звукоизоляцию наружного ограждения (окна) определяют по формуле:

$$R_{A_{тран.}}^{mp} = L_{A_{экв.тер2}} - L_{A_{ж.пом.}}^{дон} + 10 \cdot Iq \frac{S_0}{A}, \text{ дБА} \quad (33)$$

где S_0 - площадь окна в помещении, м²;

A - общее звукопоглощение внутри помещения, m^2 .

Методика выполнения работы

Интенсивность движения транспорта определяется каждый час с 7^{00} до 20^{00} , количество легковых, грузовых автомашин и общественного транспорта подсчитывается одновременно в обоих направлениях. Результаты подсчетов заносятся в таблицу по форме 1.

Форма 1

Ведомость замеров интенсивности движения транспорта

Время	Количество автотранспорта		Общее количество автотранспорта, Q	Доля средств грузового и обществ. транспорта в потоке, p
	Легкового	Грузового и общественного		

Обработка результатов измерений и расчетов

1. Пользуясь формулой (31) определить шумовую характеристику потока $L_{Aэкв1}$ и сравнить ее со значением, полученным с помощью шумомера.
2. По формулам (32) и (33) определить ожидаемый эквивалентный уровень звука, создаваемый потоком средств автомобильного транспорта в расчетной точке у наружного ограждения здания и требуемую звукоизоляцию окна.
3. По приложению 5 подобрать конструкцию окна, отвечающую требованиям по звукоизоляции.

Контрольные вопросы

1. Перечислите требования, предъявляемые к проведению замеров с помощью шумомера.
2. Объясните принцип работы интегрирующего шумомера.
3. Какие мероприятия по снижению шума в помещении от транспорта вы знаете?
4. Что включает в себя понятие шумозащитные жилые дома?
5. Что включает в себя понятие шумозащитные окна?

Литература

1. ГОСТ 20444-85 «Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики»
2. Справочник проектировщика. Строительная физика/ В.Блази – М.: Техносфера, 2005. – 536с.
3. Санитарные нормы: СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»
4. Физика среды/ А.К. Соловьев - М.: Издательство АСВ, 2008. - 344с.

Приложение 1

Значения функции $\varphi(\alpha_{ср}) = -\ln(1 - \alpha_{ср})$ в зависимости от $\alpha_{ср}$

	Сотые доли $\alpha_{ср}$									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,1	0,01	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,19	0,20	0,21
0,2	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27	0,29	0,30	0,32	0,33	0,34
0,3	0,36	0,37	0,39	0,40	0,42	0,43	0,45	0,46	0,48	0,49
0,4	0,51	0,53	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,65	0,67
0,5	0,69	0,71	0,73	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84	0,87	0,89
0,6	0,92	0,94	0,97	0,99	1,02	1,05	1,08	1,11	1,14	1,17
0,7	1,2	1,24	1,27	1,31	1,35	1,39	1,43	1,47	1,51	1,56
0,8	1,61	1,66	1,72	1,77	1,83	1,90	1,97	2,04	2,12	2,21

Пример: для $\alpha_{ср} = 0,39$ находим из таблицы $\varphi(\alpha_{ср}) = 0,49$

Показатель затухания звука в воздухе m_g при температуре 18... 20⁰С

	Значения $m_g, м^{-1}$, на среднегеометрических частотах				
	125	500	2000	4000	8000
30	0,00015	0,00064	0,0032	0,0095	0,0340
40	0,00015	0,00060	0,0027	0,0075	0,0270
50	0,00014	0,00058	0,0024	0,0061	0,0215
60	0,00014	0,00056	0,0022	0,0055	0,0182
70	0,00014	0,00055	0,0020	0,0051	0,0156

Коэффициенты звукопоглощения материалами и конструкциями

Материалы или конструкции	Коэффициенты звукопоглощения α_j на частотах, Гц					
	125	250	500	1000	2000	4000
ПОЛЫ						
Пол паркетный, натертый мастикой, на деревянных балках	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,06
Паркет по асфальту	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Паркет по деревянному основанию	0,10	0,10	0,10	0,08	0,06	0,06
Пол дощатый на лагах	0,10	0,10	0,10	0,08	0,06	0,06
5-миллиметровая резина на полу	0,04	0,04	0,08	0,12	0,03	0,10
Ковер шерстяной обычного типа	0,08	0,08	0,20	0,26	0,27	0,37
То же на войлочной подкладке	0,11	0,14	0,37	0,43	0,27	0,30
Линолеум толщиной 5мм по твердому основанию	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
СТЕНЫ И ПОТОЛКИ						
Бетон	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Бетон окрашенный	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Стена кирпичная оштукатуренная окрашенная клеевой краской	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Стена кирпичная оштукатуренная и окрашенная масляной краской	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03
Мрамор, гранит и др.	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Сухая штукатурка	0,02	0,05	0,06	0,08	0,05	0,05
Сухая штукатурка на расстоянии 5см от поверхности	0,30	0,25	0,15	0,08	0,05	0,05
Деревянная обшивка (сосна) толщиной 19мм	0,10	0,10	0,10	0,08	0,08	0,11
Дверь деревянная	0,28	0,18	0,08	0,08	0,06	0,06

Материалы или конструкции	Коэффициенты звукопоглощения α_j на частотах, Гц					
	125	250	500	1000	2000	4000
Деревянная панель толщиной 5-10мм с воздушным промежутком (около 50мм)	0,25	0,15	0,06	0,05	0,04	0,04
Остекление	0,35	0,25	0,18	0,12	0,12	0,04
ЗАНАВЕСИ И ДРАПИРОВКИ						
Плиты древесностружечные неокрашенные толщиной 20 мм (ГОСТ 10632-77) с воздушной прослойкой 50-150 мм	0,1	0,08	0,05	0,05	0,08	0,1
Плиты твердые древесноволокнистые толщиной 4 мм, объемным весом 1000 кг\м ³ , с воздушной прослойкой 50-150 мм	0,3	0,16	0,08	0,05	0,04	0,08
Свободно висящая ткань в виде драпри при ρ , кг/м ²						
0,35	0,04	0,04	0,11	0,17	0,30	0,35
0,60 (бархат)	0,10	0,30	0,50	0,50	0,72	0,65
0,65 (портьеры плюшевые складками)	0,14	0,35	0,55	0,72	0,70	0,65
Киноэкран	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
ЗВУКОПОГЛОТИТЕЛИ						
Цилиндрические сегменты из 3-миллиметровой фанеры, покрытой мягким оргалитом:						
длина хорды 40см стрела выноса 35см	0,35	0,29	0,26	0,11	0,08	0,07
длина хорды 70см стрела выноса 32см	0,30	0,34	0,35	0,32	0,28	0,26

Материалы или конструкции	Коэффициенты звукопоглощения α_j на частотах, Гц					
	125	250	500	1000	2000	4000
Панели по каркасу из брусков 8 × 10 см, обитые фанерой с шагом ячеек 0,5 × 0,7 м и с воздушной прослойкой толщиной 10 см при толщине фанеры 3 мм	0,32	0,35	0,19	0,13	0,11	0,10
Перфорированные конструкции из 3 мм фанеры по деревянным рамкам 60 × 60 см, заполненные асбестовой ватой в мешковине, толщиной 50 мм, при диаметре отверстий: 4 мм и расстоянии по центрам отверстий 40 мм	0,27	0,43	0,36	0,25	0,15	0,13
6 мм и расстоянии по центрам отверстий 25 мм	0,20	0,46	0,58	0,52	0,42	0,31
Инсулит толщиной 20 мм	0,15	0,18	0,29	0,32	0,29	0,30
Арболит толщиной 20 мм	0,15	0,25	0,39	0,42	0,43	0,42
Плиты из пористой керамики толщиной 30 мм	0,15	0,20	0,26	0,50	0,66	0,57
Маты из дутьевого стекловолокна толщиной 25 мм, расположенные за жесткими перфорированными древесноволокнистыми плитами	0,30	0,42	0,72	0,87	0,76	0,79
Гипсовые перфорированные плиты с пористым наполнителем, выпускаемые Беличским комбинатом строительных материалов:						
без воздушного промежутка	0,10	0,25	0,50	0,90	0,65	0,40
с воздушным промежутком 100 мм	0,20	0,70	0,90	0,70	0,65	0,35

Материалы или конструкции	Коэффициенты звукопоглощения α_j на частотах, Гц					
	125	250	500	1000	2000	4000
Плиты минераловатные, акустические, выпускаемые комбинатом "Красный строитель" (г. Воскресенск Московской области): перфорированные (ПА/о) без воздушного промежутка	0,05	0,15	0,65	0,90	0,80	0,40
	0,20	0,50	0,90	0,80	0,75	0,40
	0,05	0,10	0,60	0,80	0,85	0,80
	0,15	0,60	0,90	0,85	0,80	0,75
гладкие декоративные (ПА/д), без воздушного промежутка	0,05	0,55	0,50	0,50	0,25	0,10
	0,30	0,60	0,50	0,50	0,25	0,10
Пористые акустические плиты "Акмигран", выпускаемые Павшинским комбинатом гипсовых термоизоляционных изделий (Москва) размером 300 × 300: плиты без воздушного промежутка;	0,05	0,15	0,50	0,85	0,80	0,70
	0,25	0,60	0,75	0,80	0,80	0,70
Плиты "Винипор" полужесткие с огнестойкой пропиткой толщиной 30 мм (ТУ В-66-70)	0,15	0,25	0,56	0,85	1,0	1,0

Материалы или конструкции	Коэффициенты звукопоглощения α_j на частотах, Гц					
	125	250	500	1000	2000	4000
Маты из супертонкого стекловолокна толщиной 50 мм (ТУ 21-01-224-69), покрытые стеклотканью ССТЭ-6 (ГОСТ 19907-74);	0,4	0,85	0,98	1,0	0,93	0,97
Маты из супертонкого базальтового волокна толщиной 50 мм, покрытые оболочкой из декоративной стеклоткани (ТСД ТУ 6-II-51-74)	0,2	0,9	1,0	1,0	0,95	0,95
Плиты "Силакпор" толщиной 45 мм	0,31	0,34	0,49	0,60	0,76	0,93
Прошивные минераловатные маты толщиной 100 мм (ТУ 21-24-51-73). Облицовка: гипсовая плита размером 500 × 500, подклеенная бязью, перфорация диаметром 7-9 мм - 13%	0,40	0,89	0,97	0,76	0,70	0,71
Супертонкое стекловолокно толщиной 100 мм (ТУ 21-01-224-69). Облицовка: стеклоткань Э-0,1 (ГОСТ 19907-74), гипсовая плита размером 500 × 500, перфорация диаметром 7 - 9 мм - 13%	0,66	1,00	1,00	1,00	0,96	0,70
ОТВЕРСТИЯ						
Проем сцены	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Отверстие оркестровой ямы	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
Вентиляционные решетки	0,3	0,42	0,5	0,5	0,5	0,51

Материалы или конструкции	Коэффициенты звукопоглощения α_j на частотах, Гц					
	125	250	500	1000	2000	4000
Вода в ванне бассейна	0,008	0,008	0,013	0,015	0,02	0,025
Искусственные покрытия полов залов спортивных сооружений						
«Тарафлекс. Спорт»	0,02	0,03	0,03	0,08	0,06	0,03
Искусственная трава фирмы «Полиграс»	0,07	0,07	0,075	0,1	0,39	0,52
«Астротурф»	0,1	0,15	0,3	0,5	0,7	0,5
«Пуластик»	0,05	0,12	0,2	0,2	0,15	0,1
«Спортан» пористый	0,05	0,06	0,07	0,1	0,3	0,5
«Риздор»	0,02	0,03	0,04	0,18	0,25	0,17
«Тартан»	0,02	0,03	0,06	0,1	0,18	0,17

Приложение 3

Эквивалентная площадь звукопоглощения, м², зрителями и креслами

	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
	125	250	500	1000	2000	4000
Зрители на мягком кресле	0,25	0,30	0,40	0,45	0,45	0,40
То же, на жестком кресле	0,20	0,25	0,30	0,35	0,35	0,35
Кресло деревянное жесткое	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05
Кресло с обивкой сиденья и спинки искусственной кожей	0,08	0,10	0,12	0,10	0,10	0,08
Полумягкое кресло, обитое тканью	0,08	0,10	0,15	0,15	0,20	0,20
Мягкое кресло, обитое тканью с пористым наполнителем сиденья и спинки	0,15	0,20	0,20	0,25	0,30	0,30
Ученик, сидящий за партой - столом	0,14	0,3	0,44	0,56	0,62	0,59
Ученическая парта - стола	0,06	0,19	0,23	0,25	0,17	0,14

Приложение 4

Поправка ΔL_{A2} , учитывающая продольный уклон улицы или дороги

Продольный уклон улицы или дороги, %	ΔL_{A2} , дБА				
	Доля средств грузового и общественного транспорта в потоке, %				
	0	5	20	40	100
2	0,5	1	1	1,5	1,5
4	1	1,5	2,5	2,5	3
6	1	2,5	3,5	4	5
8	1,5	3,5	4,5	5,5	6,5
10	2	4,5	6	7	8

Приложение 5

Звукоизоляция окон

№ п/п	Конструкция окна	Формула остекления (тол- щина стекол и воздушных промежутков в мм)	Количество уплот- няющих прокладок в притворе	$R_{Атран.}^{тр}$, дБА
1	2	3	4	5
1.	Одинарное со стекло- пакетом ОСП (ГОСТ 24700-81)	3+12+3	1	25
2.	То же	4+16+4	2	27
3.	Спаренное ОСП (ГОСТ 11214-86)	3+57+3	1	26
4.	То же	4+56+4	2	28
5.	Раздельное ОР (ГОСТ 11214-86)	3+92+3	1	28
6.	То же	3+92+3	2	30
7.	То же	4+91+4	2	31
8.	То же	3+90+3	2	32
9.	Раздельное со стек- лопакетом и стеклом 03 РСП (ГОСТ 24699-81)	3+16+3+57+3	3	32
10.	То же	4+14+4+57+4	3	33
11.	Раздельно - спаренное 03 РС (ГОСТ 16289- 80)	3+54+3+46+3	3	33
12.	То же	4+54+4+46+4	3	35

Окна повышенной звукоизоляции				
13.	Окно раздельное 2 РШ (МНИИТЭП)	5+129+5	2	36
14.	Окно раздельное со стеклопакетом и стек- лом (МНИИТЭП)	6+8+4+117+6	2	41
Шумозащитные вентиляционные окна				
15.	Раздельное окно с клапаном - глушите- лем (КГ) 300мм (МНИИТЭП)	4+90+4	2	31/22
16.	ОШВ, окно с тройным остеклением (КТБ МОСМ, НИИСФ)	3+22+3+92+3	2	33/23
17.	Окно раздельное ОШВМ (КТБ МОСМ, НИИСФ)	3+117+3	2	31/24
18.	Окно раздельное с КГ 600 мм (МНИИТЭП)	4+90+4	2	31/26
19.	Окно раздельное с вертикальным кана- лом (НИИСФ)	4+90+4	2	31/28

Содержание

Введение	1
Лабораторная работа № 1. Определение теплотехнических характеристик строительных материалов и конструкций.....	4
Лабораторная работа № 2. Исследование естественной освещенности помещения.....	8
Лабораторная работа № 3. Определение инсоляции и градостроительной маневренности секции жилого дома	15
Лабораторная работа № 4. Анализ планировки группы жилых домов.....	18
Лабораторная работа № 5. Определение времени реверберации помещения.....	21
Лабораторная работа № 6. Исследование звукоизолирующей способности ограждающих конструкций от воздушного шума	28
Лабораторная работа № 7.Определение требуемой звукоизоляции наружного ограждения (окна).....	33
Приложение 1.....	38
Приложение 2.....	38
Приложение 3.....	42
Приложение 4.....	43
Приложение 5.....	43