

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

Методические указания к выполнению лабораторных работ
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

Пенза 2016

УДК 53: 69 (075.8)

ББК 38.113 я 73

С86

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – доктор технических наук, профессор
А.М. Береговой (ПГУАС)

Строительная физика: метод. указания к выполнению лаборатор-
С86 **ных работ по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» /**
О.Л. Викторова. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 72 с.

Даны указания к выполнению лабораторных работ, представлен перечень оборудования и приборов по трем разделам дисциплины «Строительная физика» (строительные теплотехника, акустика, светотехника). Изложен теоретический материал, указан порядок выполнения исследовательских работ, позволяющих освоить экспериментальные и практические методики для лучшего проектирования ограждающих конструкций, акустики, звукоизоляции, естественного освещения помещений. Приведены справочные материалы с учетом современных нормативных требований по проектированию, рассмотрены задания для самостоятельной работы студентов.

Методические указания подготовлены на кафедре «Городское строительство и архитектура» и предназначены для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство» и изучающих дисциплину «Строительная физика».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2016

© Викторова О.Л., 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

Необходимость издания данных методических указаний диктуется прежде всего введением нового Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по обучению студентов по направлению «Строительство» (квалификация бакалавр), согласно которому все виды учебных занятий должны быть подкреплены учебно-методическим материалом по изучаемой дисциплине. Так, при изучении дисциплины «Строительная физика» студенты согласно действующему учебному плану должны прослушать не только курс лекций, но и выполнить ряд лабораторных работ. Для более плодотворной работы студентов при проведении лабораторных работ и успешного восприятия рассматриваемого материала подготовлены данные методические указания.

Процесс изучения дисциплины «Строительная физика» направлен на:

- формирование следующих общепрофессиональных компетенций:
 - способности использовать основные законы естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
 - способности выявить естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
- формирование следующих профессиональных компетенций:
 - знания научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности;
 - владения математическим (компьютерным) моделированием на базе универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и автоматизированных систем проектирования, стандартных пакетов автоматизации исследований, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам;
 - способности составлять отчеты по выполненным работам, участвовать во внедрении результатов исследований и практических разработок.

Согласно действующему учебному плану на лабораторные занятия по дисциплине «Строительная физика» отводится 18 часов, что соответствует девяти лабораторным работам. Лабораторные работы проводятся по трем разделам.

В разделе «Строительная теплотехника» рассматриваются темы по оценке микроклимата помещений и тепловлажностного состояния наружных ограждающих конструкций.

Раздел «Архитектурно-строительная акустика» посвящен темам по архитектурной и строительной акустике; здесь студенты учатся оценивать не только акустическое восприятие в рассматриваемом помещении, но и зву-

коизолирующую способность ограждающих конструкций помещения согласно его назначению от проникновения воздушного и ударного шумов.

В разделе «Строительная светотехника» рассмотрены вопросы естественного освещения помещений, его нормирования согласно нормативным требованиям.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать: основные законы, формирующие физико-технические основы проектирования зданий, и зарубежный опыт исследования;

уметь: выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; выполнять необходимые эксперименты и физико-технические расчеты по обеспечению нормального микроклимата в помещении для находящихся там людей и использовать полученные знания при проектировании зданий и сооружений; составлять отчеты по проведенным исследованиям;

владеть: нормами и методами проектирования ограждающих конструкций с учетом их теплотехнических и звукоизоляционных свойств.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Для обеспечения нормальных эксплуатационных условий помещения различного назначения отделяются от окружающей внешней среды стенами, перегородками, перекрытиями и покрытиями, защищающими от холода, ветра, осадков, солнечного перегрева, шума и других нежелательных воздействий. Вместе с тем ограждения должны предусматривать использование полезных для микроклимата помещений природных факторов: свежего воздуха, естественного света, что достигается надлежащим устройством проемов в стенах и покрытиях.

С физической точки зрения ограждающие конструкции являются преградами, разделяющими две среды с различными параметрами: разной температурой, различным давлением воздуха или содержанием в нем водяного пара, разным уровнем шума. Ограждения оказывают сопротивление переходу влаги, воздуха, тепловой, звуковой и световой энергии, происходящему под влиянием разности уровней, препятствуя их выравниванию. От характера и интенсивности физических процессов зависят эксплуатационные качества зданий – микроклимат, световой и акустический режимы помещений, а также техническое состояние самих ограждающих конструкций, которое, в свою очередь, влияет на их защитную способность и стойкость по отношению к разрушающему воздействию температурных колебаний, влаги, химических и биологических реагентов.

Изучение физических процессов, происходящих в ограждениях и разделяемых ими средах, составляет предмет дисциплины строительной физики. Строительная физика рассматривает теоретические и экспериментальные методы исследования вышеперечисленных процессов в областях строительной теплотехники, акустики и звукоизоляции помещений и светотехники.

Современные расчетно-теоретические и экспериментальные методы физических исследований позволяют успешно решать важнейшие практические задачи оценки эксплуатационных качеств ограждений и помещений, выбирать лучшие варианты материалов и конструкций. Важное место в строительной физике принадлежит экспериментальным и расчетным методам исследований, с помощью которых выявляются характеристики физических свойств материалов и конструкций, а также состояние сред, в которых должна протекать их эксплуатация.

В разделе «Строительная теплотехника» рассматриваются работы по оценке микроклимата помещений и тепловлажностного состояния наружных ограждающих конструкций. Методы строительной теплофизики основаны на общей теории теплообменных и массообменных процессов в материальных системах. В простейшем виде ограждающая конструкция здания

по своей расчетной схеме представляет плоскую конструкцию (стенку), ограниченную параллельными поверхностями. Она разделяет воздушные среды с разными температурами. Основная задача строительной теплотехники – обоснование наиболее целесообразных в эксплуатации решений зданий и ограждающих конструкций, удовлетворяющих требованиям обеспечения в помещениях благоприятного микроклимата для деятельности или отдыха человека.

Второй раздел посвящен темам по архитектурной и строительной акустике; здесь студенты учатся оценивать не только акустическое восприятие в рассматриваемом помещении, но и звукоизолирующую способность ограждающих конструкций помещения согласно его назначению от проникновения воздушного и ударного шумов.

Основными задачами архитектурной акустики являются исследования условий, определяющих слышимость и разборчивость речи, музыки в помещениях, а также разработка архитектурно-планировочных решений, обеспечивающих оптимальные условия слухового восприятия.

В разделе «Основы строительной светотехники» рассмотрены вопросы естественного освещения помещений, его нормирования согласно нормативным требованиям. Строительная светотехника – наука о проектировании, расчетах и нормировании световой среды в городах и в отдельных зданиях различного назначения. Для оценки освещения обычно пользуются понятием освещенности. Освещенность в точке поверхности представляет собой отношение светового потока, падающего на элемент поверхности, содержащий данную точку, к площади этого элемента. Критерием оценки переменного естественного освещения служит коэффициент естественной освещенности (КЕО), который представляет собой отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба, к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности под открытым небосводом. КЕО выражается в процентах.

Данные методические указания помогут студентам, обучающимся по направлению «Строительство», подготовиться к лабораторным работам по дисциплине «Строительная физика», а также выполнить необходимые исследования по рассматриваемой тематике, так как содержат приложения с нормативными данными, используемыми при выполнении работ.

ПЛАН ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Объем в часах
	1	Строительная теплотехника	
1	1.1	Определение кратности воздухообмена в аудитории	2
2	1.2	Определение относительной влажности воздуха в помещении	2
3	1.3	Исследование распределения температур воздуха в помещении и построение температурного поля	2
4	1.4	Определение температур в толще наружного ограждения	2
	2	Архитектурная акустика и звукоизоляция ограждающих конструкций	
5	2.1	Определение времени реверберации в помещении	2
6	2.2	Определение изоляции воздушного шума плоской однослойной ограждающей конструкцией	2
7	2.3	Исследование изоляции ударного шума на моделях	2
	3	Основы строительной светотехники	
8	3.1	Измерение коэффициента естественной освещенности в помещении в натуральных условиях	2
9	3.2	Исследование естественной освещенности помещений при светопроемах различной формы и размеров	2
	Итого		18 часов

Раздел 1. СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Тема: Определение кратности воздухообмена в аудитории

Цель занятия: Определить скорость воздушных потоков с помощью прибора «Метеометр МЭС-200» и рассчитать кратность воздухообмена в аудитории.

Теоретическая часть

Свежий воздух, богатый отрицательными ионами, способствует созданию комфортной среды в помещении. Кроме того, воздухообмен влияет на влажностный режим помещений, а значит, и на работу ограждающих конструкций.

По способу перемещения воздуха различают системы естественной и механической вентиляции. Система вентиляции, перемещение воздушных масс в которой осуществляется благодаря возникающей разности давлений снаружи и внутри здания, называется естественной *вентиляцией*. Для постоянного воздухообмена, требуемого по условиям поддержания чистоты воздуха в помещении, необходима организованная вентиляция, или аэрация.

Аэрацией называется организованная естественная общеобменная вентиляция помещений в результате поступления и удаления воздуха через открывающиеся фрамуги окон и дверей. Воздухообмен в помещении регулируют различной степенью открывания фрамуг (в зависимости от температуры наружного воздуха, скорости и направления ветра).

Основным достоинством естественной вентиляции является возможность осуществлять большие воздухообмены без затрат механической энергии.

Естественная вентиляция как средство поддержания параметров микроклимата и оздоровления воздушной среды в помещении применяется для непромышленных помещений – бытовых (квартир) и помещений, в которых в результате работы человека не выделяется вредных веществ, избыточной влаги или тепла.

Вентиляция, с помощью которой воздух подаётся в помещения или удаляется из них по системам вентиляционных каналов с использованием специальных механических побудителей, называется *механической вентиляцией*.

Гигиеническими нормами для гражданских зданий установлены пределы естественной вентиляции в виде минимальной кратности воздухообмена n . Под кратностью воздухообмена имеют в виду отношение объёма воз-

духа, поступающего в помещение в течение одного часа, к кубатуре помещения V_0 , т.е.

$$n = \frac{V}{V_0}, \frac{1}{\text{ч}}. \quad (1.1)$$

С помощью анемометра определяют скорость воздушного потока в проёмах.

Количество воздуха, поступающего через «живое сечение» открытого проёма F , м^2 , при скорости воздушного потока v , м/с , определяется по формуле

$$V = vF, \quad (1.2)$$

тогда кратность воздухообмена за один час будет равна

$$n = \frac{3600 \cdot V}{V_0}. \quad (1.3)$$

В летний период кратность воздухообмена значительно повышается. При этом для притока свежего воздуха необходимы проёмы в нижней зоне помещения, а для удаления загрязненного воздуха – в верхней.

Экспериментальная часть (задание на выполнение работы)

Приборы и оборудование

Приборы для измерения скорости движения воздушных потоков – крыльчатый анемометр и чашечный анемометр.

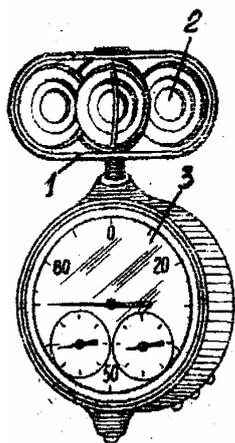


Рис. 1.1. Ручной чашечный анемометр



Рис. 1.2. Метеометр МЭС-200

Ручной чашечный анемометр служит для определения средних скоростей ветра. Приемная часть прибора – вертушка (рис. 1.1, 2) из четырех полых полушарий, обращенных выпуклыми поверхностями в одну сторону. Счетный механизм (рис. 1.1, 3) заключен в пластмассовую коробку. Вер-

тушка закреплена на металлической оси, нижний конец которой связан со счетным механизмом; проволочные дужки (рис. 1.1, 1) служат для защиты вертушки от случайных повреждений. Три стрелки на циферблате прибора показывают число оборотов полушарий вокруг оси: большая – число единиц и десятков, а две маленькие – число сотен и тысяч. Предел измерения скорости воздуха от 1 до 20,0 м/с; порог чувствительности 0,8 м/с.

Современный прибор метеометр МЭС 200 предназначен для измерения не только скорости воздушных потоков внутри помещения, но и атмосферного давления, температуры и относительной влажности воздуха.

МЭС-200 состоит из блока электроники и измерительного щупа с датчиками скорости воздушного потока, температуры и влажности.

В качестве датчика скорости воздушного потока используется терморезистор, подогреваемый стабилизируемым током до температуры 200–250 °С. В зависимости от скорости воздушного потока меняется степень охлаждения нагретого терморезистора и напряжение на нем, которое и является мерой скорости воздушного потока.

Измерительный щуп соединяется с блоком электроники гибким кабелем длиной 0,5 м. Блок электроники служит для преобразования аналоговой информации от датчиков в цифровую форму, математической обработки результатов измерений и отображения результатов измерений на жидкокристаллическом индикаторе.

Для установки МЭС в режим измерения скорости воздушного потока необходимо после нажатия кнопки «П» нажать кнопку «+» и выждать 2–3 мин (интервал времени, необходимый для прогрева сенсора скорости воздушного потока), после чего можно производить измерение скорости.

Порядок выполнения работы

1. Измерить объем помещения с помощью рулетки.
2. Измерить площадь «живого сечения» приточных (низ дверного проема) и вытяжных (форточки, фрамуги) проемов.
3. С помощью приборов определить скорость воздушных потоков в проемах.
4. Определить количество воздуха V , м³/с, проходящего через «живое сечение» открытого проема площадью F , м², при скорости воздуха в этом проеме U , м/с, по формуле (1.2).
5. Определить кратность воздухообмена n за 1 час в помещении объемом W , м³, при расходе воздуха V , м³/с, по формуле (1.3).

Задание к учебно-исследовательской работе студента

Определить, как влияют размеры дверных и оконных проемов на кратность воздухообмена в помещении.

Контрольные вопросы

1. Что такое расход воздуха?
2. От каких параметров зависит кратность воздухообмена в помещении?
3. Методы и приборы для определения скорости воздушных потоков.
4. Устройство прибора «Метеометр МЭС-200».
5. На что влияет воздухообмен в помещении?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Тема: Определение относительной влажности воздуха в помещении

Цель занятия: измерение температуры и относительной влажности в аудитории; определение температуры точки росы; установление вида температурно-влажностного режима в аудитории и оценка влияния данного режима на эксплуатацию ограждающих конструкций.

Теоретическая часть

Важнейшими факторами, влияющими на работоспособность и здоровье людей, являются следующие: температура в характерных зонах помещения и относительная влажность внутреннего воздуха.

Изменение температуры воздуха по высоте помещения называется градиентом температуры. Температура в зоне, прилегающей к полу, ниже температуры в зоне у потолка.

Большое значение имеет влажностный режим помещения. Влажность воздушной среды помещения влияет на теплозащитные свойства ограждающих конструкций. При увлажнении стеновой конструкции влагой внутреннего воздуха ее теплопроводность повышается, снижается сопротивление теплопередаче, а значит, возрастают теплопотери помещения.

Влажностный режим помещений зданий и сооружений в зимний период в зависимости от относительной влажности и температуры внутреннего воздуха устанавливаются по прил. 4.

Таким образом, для определения вида температурно-влажностного режима необходимо знать величину температуры воздуха в помещении и величину относительной влажности воздуха.

В атмосферном воздухе всегда содержится некоторое количество водяного пара. Различают абсолютную и относительную влажности воздуха.

Абсолютная влажность характеризуется количеством влаги в граммах, содержащейся в одном кубометре воздуха. Обозначается абсолютная влажность буквой f , единицей измерения является, $г/м^3$.

Для расчётов диффузии (проникновения) водяного пара через ограждающие конструкции используют показатель не абсолютной влажности, а

парциального давления (e в мм рт. ст. или Па), называемого иногда упругостью водяного пара E . Это просто другая единица измерения количества водяного пара в воздухе.

Парциальное давление возрастает по мере увеличения количества пара в воздухе, но его содержание в воздухе помещения с определённой температурой и барометрическим давлением ограничено. Предельное значение парциального давления E , мм рт. ст., соответствует полному насыщению воздуха водяным паром. С повышением температуры происходит повышение парциального давления. При барометрическом давлении 755 мм рт. ст. существует определенная зависимость между максимальной упругостью водяного пара и температурой воздуха внутри помещения. Эта зависимость представлена в прил. 2.

Степень насыщения воздуха водяным паром определяет его **относительная влажность** φ , которая представляет собой отношение парциального давления водяного пара e в рассматриваемой воздушной среде к максимальной упругости водяного пара E , соответствующей температуре этой среды, и выражается в %:

$$\varphi = \frac{e}{E} \cdot 100 \% . \quad (2.1)$$

При некоторой температуре воздуха максимальная упругость водяного пара E окажется равной величине парциального давления e , а относительная влажность φ будет равна 100 %. Тогда наступает состояние полного насыщения охлаждённого воздуха водяным паром.

Температура, при которой наступает полное насыщение воздуха водяным паром, называется **температурой точки росы**. При дальнейшем понижении температуры количество влаги будет конденсироваться, т.е. переходить в жидкое состояние.

В холодный период года температура на внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций всегда ниже температуры внутреннего воздуха. Тонкий воздушный слой, прилегающий к поверхности конструкций, охлаждается до температуры самой поверхности и может достигнуть температуры точки росы. Поэтому необходимо обеспечить на поверхности ограждающих конструкций такую температуру, при которой не смогла бы происходить конденсация влаги.

Экспериментальная часть работы (задание на выполнение работы)

Приборы и оборудование

Для определения физического состояния микроклимата помещения по параметрам температуры внутреннего воздуха t_{int} и относительной влажности φ служат психрометры Августа и Ассмана.

Психрометр Ассмана состоит из двух термометров (один из них обычный, применяемый для измерения температуры, а нижняя часть другого обернута тканью, которая увлажняется водой) и вентилятора для обдува шариков с рабочей поверхностью, что позволяет получать более точные данные по сравнению с психрометром Августа.

На поверхности шарика увлажнённого термометра происходит процесс испарения влаги, охлаждающий его и понижающий температуру на термометре. Чем меньше относительная влажность воздуха, тем быстрее идёт процесс испарения и, следовательно, больше разность в показаниях сухого и влажного термометров.

На основе закономерной зависимости между разностью показаний термометра и абсолютной влажностью воздуха составлена психрометрическая таблица, по которой определяется относительная влажность воздуха (прил. 1).

Температура и влажность определяются в трех точках по высоте помещения: 1) у пола; 2) в рабочей зоне (0,8 м от уровня пола); 3) в верхней зоне.

По прил. 1 определяется относительная влажность в помещении. В зависимости от температуры воздуха в помещении определяется максимальная упругость водяного пара. Далее из формулы (2.1) рассчитывается величина парциального давления. Температура точки росы находится из условия образования конденсата по прил. 2.

Порядок выполнения работы

1. Снять отсчеты по психрометру в трех точках: верхней, рабочей и нижней зонах с точностью до 0,25 °С. Результаты записать в табл. 2.1.
2. Определить разность показаний термометров и по психрометрической таблице (см. прил.1) установить значения относительной влажности. Результаты записать в табл. 2.1.
3. Определить по прил. 2 максимальную упругость водяного пара E , вычислить парциальное давление e . Результаты записать в табл. 2.1.
4. Определить температуру точки росы. Результаты записать в табл. 2.1.
5. По результатам проделанной работы сделать вывод о температурно-влажностном режиме помещения.

Таблица 2.1

Номер замеров	Температура сухого термометра, °С	Температура влажного термометра, °С	Психрометрическая разность, °С	Относительная влажность в помещении, %	Максимальная упругость водяного пара, мм рт. ст.	Парциальное давление, мм рт. ст.	Температура точки росы, °С
1	2	3	4	5	6	7	8

Задание к учебно-исследовательской работе студента

Определить, как температурно-влажностный режим влияет на теплопотери помещения.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение абсолютной и относительной влажности воздуха.
2. Что такое температура точки росы?
3. Условие образования конденсата.
4. Принцип действия психрометра.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Тема: Исследование распределения температур воздуха в помещении и построение температурного поля

Цель работы: измерение температур в различных точках помещения и построение схемы температурного поля.

Теоретическая часть

Равномерное распределение температуры воздуха в помещении является важным условием создания оптимальной среды для человека.

Температурный градиент в помещениях нормируется. В жилых зданиях он не должен превышать по горизонтали $2\text{ }^{\circ}\text{C}$, а по вертикали $3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Комфортными для пребывания человека являются помещения, в которых температурный градиент во всех плоскостях минимален.

Существующее неравномерное распределение температур в помещении зависит от особенностей работы отопительно-вентиляционных систем, температурного перепада $t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}$, теплозащитных свойств ограждающих конструкций, особенности покрытий, воздухопроницаемости ограждений.

Многообразие и непрерывная изменчивость факторов не позволяют вывести математическую зависимость от них распределения температур в объеме помещения.

В связи с этим большое значение приобретают натурные измерения, которые позволяют оценить влияние факторов на распределение температуры в точках помещения.

Экспериментальная часть (задание на выполнение работы)

Приборы и оборудование

Современный прибор «Метеометр МЭС-200» предназначен для измерения не только скорости воздушных потоков внутри помещения, но и атмосферного давления, температуры и относительной влажности воздуха. Прибор состоит из блока электроники и измерительного щупа, в который

вмонтированы терморезисторы. Измерительный щуп соединяется с блоком электроники гибким кабелем длиной 0,5м. Блок электроники служит для преобразования аналоговой информации от датчиков в цифровую форму, математической обработки результатов измерений температуры и отображения результатов измерений на жидкокристаллическом индикаторе.

Порядок выполнения работы

1. Вычерчиваем схему аудитории в масштабе 1:10 и отмечаем точки замеров.
2. Последовательно включая мост постоянного тока, выполняем замеры температуры в определенных точках аудитории.
3. На схему рекомендуемых точек замеров, которая показана на рис. 3.1, наносим значения измеренных температур.
4. Соединяем точки с одинаковыми значениями температур, проводим изотермы.
5. Рассчитываем температурный градиент, делаем вывод о его соответствии нормативному значению.

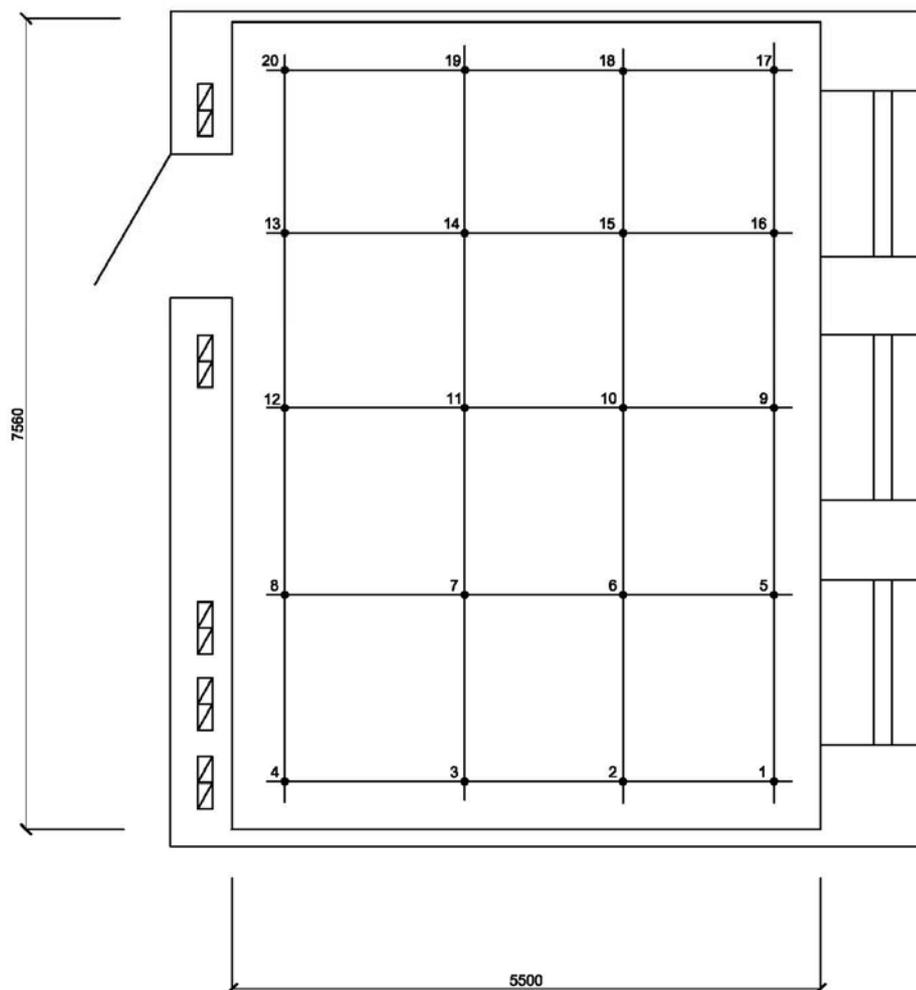


Рис. 3.1. Схема расположения точек для замеров температур в аудитории 3211

Контрольные вопросы

1. Факторы, влияющие на равномерность температуры в помещении.
2. Что такое температурный градиент и его нормирование?
3. Как обеспечить комфортность пребывания человека в помещении?
4. Объясните температурный градиент в данном помещении.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

Тема: Определение температур в толще наружного ограждения

Цель работы: измерение температур в толще однородного участка наружной стены экспериментальным и расчетным способами, сравнение полученных результатов.

Теоретическая часть

Определение температур в различных слоях ограждений весьма важно для оценки их теплозащитных свойств.

Исследование распределения температур проводится двумя способами: экспериментальным и расчетным.

Распределение температуры в толще ограждающих конструкций зависит от следующих факторов: перепада температур ($t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}$) толщины ограждения и влажностного состояния, материала конструкции (объемного веса, кг/м^3), качества материала и качества выполнения конструкции.

Общее сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции

R_0 состоит из суммы трех сопротивлений: сопротивления теплоотдаче внутренней поверхности стены R_{si} , суммы термических сопротивлений конструктивных слоев R_i и сопротивления теплоотдаче наружной поверхности стены R_{se} . Определяется сопротивление теплопередаче по формуле

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}}. \quad (4.1)$$

Температура в толще n -го слоя ограждения при температуре внутреннего t_{int} и наружного t_{ext} воздуха определяется по формуле

$$\tau_x = t_{\text{int}} - \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{R_0} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \sum (n-1)R_x \right), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.2)$$

где $\left(\sum (n-1)R_x \right)$ – сумма термических сопротивлений предыдущих конструктивных слоев, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, относительно рассматриваемого участка наружной ограждающей конструкции.

Экспериментальная часть (задание на выполнение работы)

В качестве объекта исследования принята кирпичная стена учебного корпуса. Кладка сплошная в два кирпича на цементно-песчаном растворе. Внутренняя и наружная поверхности стены оштукатурены. Состав конструкции наружной стены представлен в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Состав ограждающей конструкции

	Материал слоя	Толщина, м
1	Цементно-песчаный раствор, 1800 кг/м ³	0,02
2	Кирпичная кладка из кирпича глиняного обыкновенного, 1400 кг/м ³	0,510
3	Цементно-песчаный раствор, 1800 кг/м ³	0,02

В толщу рассматриваемого кирпичного простенка вмонтированы термодатчики, которые равномерно расположены в толще стены, а также на внутренней и внешней поверхностях. Схема их расположения представлена на рис. 4.1.

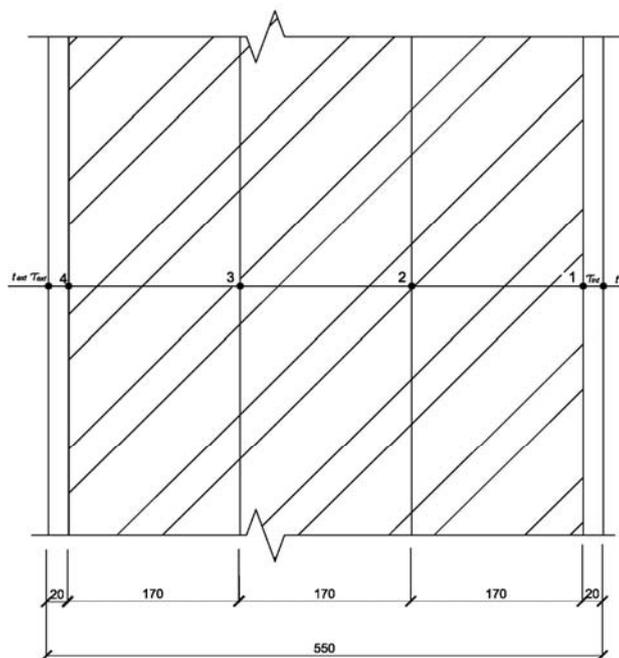


Рис. 4.1. Схема расположения термодатчиков в толще кирпичного простенка

Дополнительные исходные данные и определяемые параметры:

- расчетная температура внутреннего воздуха $t_{\text{int}} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$;
- расчетная влажность внутреннего воздуха $\varphi_{\text{в}} = 55 \text{ \%}$;
- г. Пенза (прил. 6) зона сухая

- влажностный режим помещения [прил. 3] нормальный;
- условия эксплуатации ограждающих конструкций [4] $-A$;
- коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху [4] $n = 1$;
- расчетная температура внутреннего воздуха, принимаемая согласно ГОСТ 30494, СанПиН 2.1.2.1002 и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений (задание на проектирование) $t_{int} = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$
- расчетная зимняя температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 [для г. Пензы принимается по табл 1.2] $t_{ext} = -29\text{ }^{\circ}\text{C}$
- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [4] $\alpha_{int} = 8,7\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$
- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [5] $\alpha_{ext} = 23\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$
- расчетный коэффициент теплопроводности материала первого слоя [5] $\lambda_1 = 0,76\text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$
- расчетный коэффициент теплопроводности материала второго слоя [5] $\lambda_2 = 0,70\text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$
- расчетный коэффициент теплопроводности материала четвертого слоя [5] $\lambda_4 = 0,76\text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$

Приборы и оборудование

Для проведения работы требуются:

- мост постоянного тока МО-62;
- коммутационный щиток;
- набор терморезисторов;
- таблица перевода омического сопротивления в градусы Цельсия.

Порядок выполнения работы

1. Последовательно измерить омическое сопротивление каждого датчика. Данные записать в табл. 4.2.
2. Перевести омическое сопротивление в градусы Цельсия по прил. 5. Результаты занести в табл. 4.2.
3. По формуле (4.1) определить термическое сопротивление R_0 теплопередаче конструкции.

4. Рассчитать температуру в рассматриваемых сечениях n -го слоя по формуле (4.2).

5. Все результаты занести в табл. 4.2.

6. По экспериментальным и расчетным данным построить графики распределения температур в конструкции наружного простенка.

7. Сравнить графики между собой и в случае их расхождения объяснить причину.

Таблица 4.2

Номер термодатчика	Омическое сопротивление, Ом	Температура, °С	Толщина конструктивного слоя, м	Коэффициент теплопроводности, Вт /м°С	Термическое сопротивление конструктивного слоя, м ² ·°С /Вт	Температура в рассматриваемом сечении, °С
1	2	3	4	5	6	7

Задание к учебно-исследовательской работе студента

Исследовать распределение температуры в толще ограждающей конструкции, состоящей из двух слоев с различными коэффициентами теплопроводности.

Контрольные вопросы

1. Какие факторы влияют на распределение температур в толще ограждающей конструкции?

2. Какие параметры определяют термическое сопротивление теплопередаче?

3. Как определить общее сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции?

4. Какими методами можно исследовать распределение температуры в ограждении? Поясните их сущность.

5. Как распределяется температура в толще однородного конструктивного слоя?

6. От чего зависит угол наклона кривой температур к горизонту?

Раздел 2. АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ АКУСТИКА И ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

Тема: Определение времени реверберации в помещении

Цель занятия: изучить методику расчета времени реверберации в помещении и оценить качество звучания в аудитории.

Теоретическая часть

Суммарная звуковая энергия в каждой точке звукового поля в замкнутом воздушном объеме складывается из энергии прямого звука, приходящего в данную точку непосредственно от источника звука, и энергии звуковых волн, отраженных от поверхностей помещения. После выключения источника звука энергия прямого звука затухает почти мгновенно. Скорость же затухания отраженных звуковых волн определяется размерами и звукопоглощающими характеристиками ограждающих поверхностей помещения: чем больше поглощение и чем меньше средний коэффициент звукопоглощения его поверхностей, тем медленнее будут затухать отраженные звуковые волны. Процесс постепенного замирания звука в помещении после прекращения действия источника звучания называют реверберацией.

Время, в течение которого происходит затухание звука, называется временем реверберации.

Если в зале для прослушивания речи отраженный звук затухает медленно, то время реверберации будет более 1–2 с. Слоги, уже произнесенные лектором, будут накладываться на вновь произносимые, что приведет к значительному ухудшению разборчивости речи. Наоборот, в концертных залах длительное затухание звука придает музыке своеобразный колорит и выразительность.

В нормах проектирования установлены нормативные значения оптимального времени реверберации $T_{\text{опт}}$ для залов различного назначения и объемов. $T_{\text{опт}}$ соответствует частотному диапазону 500–2000 Гц. На более низких частотах значение оптимального времени реверберации может быть увеличено на 40 %. Для определения $T_{\text{опт}}$, на частоте 500 Гц для помещений разного назначения удобно пользоваться табл. 5.1.

Таблица 5.1

	Помещения	$T_{\text{опт}}$ в секундах на частоте 500 Гц, при объемах помещений, м ³										
		1000	2000	3000	4000	5000	6000	8000	10000	12000	14000	15000
1	Концертные залы	1,21	1,33	1,41	1,45	1,49	1,53	1,59	1,64	1,68	1,72	1,74
2	Залы драм-театров	1,08	1,2	1,27	1,31	1,35	1,38	1,42	1,46	1,5	1,53	1,54
3	Залы кино-театров	0,86	0,96	1,01	1,05	1,08	1,1	1,14	1,18	1,2	1,22	1,23
4	Конференц-залы и аудитории	0,83	0,86	0,88	0,9	0,92	0,94	0,97	0,99	1,01	1,03	1,04

Средний уровень звукового давления в залах составляет 60 дБ. Поэтому удобно ввести понятие стандартного времени реверберации. Время стандартной реверберации можно определить как время, в течение которого уровень звукового давления на частоте 500 Гц уменьшается на 60 дБ.

Расчетная часть

Для данной учебной аудитории требуется рассчитать время реверберации, построить диапазон нормального звучания и установить качество звучания в помещении, сделать вывод. Нормами регламентируется производить расчет времени реверберации на частотах 125, 500 и 2000 Гц. Общую эквивалентную площадь звукопоглощения определяют по формуле

$$A_{\text{общ}} = \sum \alpha S + \sum A + \alpha_{\text{доб}} S_{\text{общ}}, \quad (5.1)$$

где $S_{\text{общ}}$ – общая площадь поверхностей м²;

$A_{\text{общ}}$ – общая эквивалентная площадь звукопоглощения;

$\sum A$ – эквивалентная площадь звукопоглощения слушателями и свободными креслами (принимается для 70% наполняемости помещения).

Для удобства определения общей эквивалентной площади звукопоглощения расчет выполняем в табличной форме.

Порядок выполнения расчетной части работы

1. Для определения площади рассматриваемой поверхности измеряем строительной рулеткой размеры следующих конструкций и предметов:

1.1. **Размеры аудитории:** длина; ширина; высота.

1.2. **Размеры окон:** ширина; высота и количество окон.

1.3. **Размеры столов:** ширина; длина и количество столов.

1.4. **Размер двери:** ширина; длина.

1.5. **Размер вентиляционной решетки:** ширина; длина и количество решеток.

1.6. **Настенные стенды:** ширина; длина и количество стендов.

2. По данным измерений рассчитать площади поверхностей и записать полученные значения в табл. 5.2 (столбец 2).

3. Внести в табл. 5.2 значения коэффициентов звукопоглощения на частотах 125, 500 и 2000 Гц. Значения коэффициентов звукопоглощения на частотах приведены в прил. 5, значения эквивалентной площади звукопоглощения зрителем и креслом приведены в прил. 6.

4. Рассчитать эквивалентные площади звукопоглощения всех поверхностей, добавочного звукопоглощения от суммарной площади всех рассмотренных поверхностей и эквивалентные площади звукопоглощения слушателями и свободными стульями. Расчет общей эквивалентной площади звукопоглощения выполняем в табличной форме (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Расчет эквивалентной площади звукопоглощения

Наименование поверхностей и их отделка	Площадь поверхностей $S_i, \text{м}^2$	Коэффициент звукопоглощения поверхностей α_i на частотах			Эквивалентная площадь звукопоглощения поверхности ($\alpha_i \times S_i$) на частотах		
		125	500	2000	125	500	2000
1	2	3	4	5	6	7	8
1) Стены: кирпичные, оштукатуренные и окрашенные; 2) потолок: бетон окрашенный; 3) пол: линолеум по бетонному основанию; 4) окна: а) стекло, б) шторы; 5) двери деревянные; 6) поверхности столов: деревянные; 7) стенды с остекленной поверхностью; 8) вентиляционные решетки; 9) добавочное звукопоглощение; 10) эквивалентное звукопоглощение слушателями; 11) свободными креслами							
Итого:					$A_{\text{общ}}^{125}$	$A_{\text{общ}}^{500}$	$A_{\text{общ}}^{2000}$

5. Определив значения общей эквивалентной площади звукопоглощения на соответствующих частотах, рассчитываем время реверберации в помещении. Если объем зала не превышает 10000 м^3 , а средний коэффициент звукопоглощения не превышает $0,25$, то расчет времени реверберации следует производить по формуле Сэбина:

$$T = 0,164V/\Sigma\alpha_n S_n, \quad (5.2)$$

где $\Sigma\alpha_n S_n$ – суммарное звукопоглощение (сумма произведений коэффициентов звукопоглощения на соответствующую площадь отделочных материалов, м^2 ;

V – объем помещения, м^3 .

Пользование этой формулой дает достаточно точные результаты только в случаях, когда средний коэффициент звукопоглощения

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{\sum \alpha_m S_n}{\sum S_n} \leq 0,25 \quad (5.3)$$

и звукопоглощающие материалы равномерно распределяются по поверхностям помещения.

В общем случае расчет времени реверберации T на данной частоте проводится по формуле Эйринга

$$T = 0,163 \frac{V}{S_{\text{общ}} \ln(1 - \alpha_{\text{ср}})}; \quad (5.4)$$

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{A_{\text{общ}}}{S_{\text{общ}}},$$

где $\ln(1 - \alpha_{\text{ср}})$ – функция среднего коэффициента звукопоглощения;

$A_{\text{общ}}$ – общая эквивалентная площадь звукопоглощения;

$S_{\text{общ}}$ – общая площадь поверхностей, м^2 ;

Экспериментальная часть (задание на выполнение работы)

Приборы и оборудование

1. Шумомер интегрирующий усредняющий ОКТАВА-121.
2. Капсульный микрофон и калибратор акустический, который создает звуковое поле с уровнями 94 и 114 ДБ на частоте 1000 Гц и воздействует на диафрагму микрофона.
3. Адаптер телеметрии ЭКО-DIN-DOUТ(RF). Предназначен для передачи телеметрии данных и оцифрованных сигналов из индикаторных блоков серий ЭКОФИЗИКА, а также из цифровых преобразователей в компьютер.

4. **Signal+RTA** – программное обеспечение (для измерения времени реверберации и обработки результатов измерения) – 1 шт.
5. Всенаправленный источник звука **OED-SP600-2**.

Порядок выполнения работы

1. В соответствии с принципиальной схемой, показанной на рис. 5.1, собрать измерительный тракт для экспериментального определения времени реверберации помещения.
2. По нижеизложенной методике произвести измерение времени реверберации T в октавных полосах 125, 500, 2000 Гц. Для повышения точности измерений для каждой октавной полосы следует произвести 2–3 замера, результаты которых усредняются арифметически.

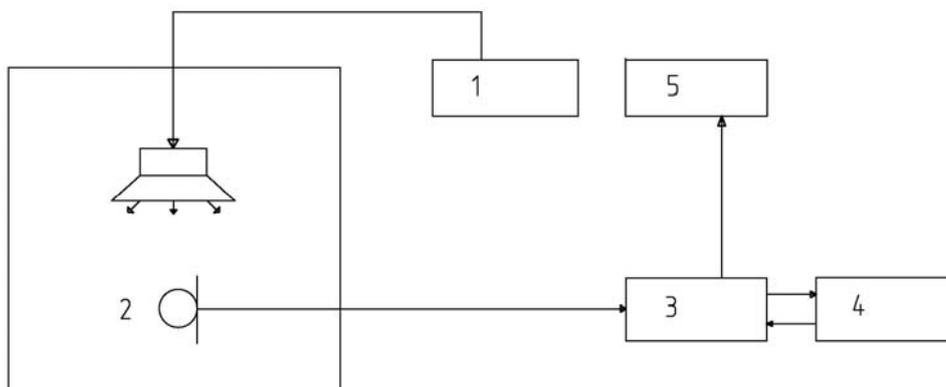


Рис. 5.1. Принципиальная схема измерения времени реверберации:
 1 – всенаправленный источник звука; 2 – микрофон;
 3 – шумомер интегрирующий; 4 – адаптер; 5 – программное обеспечение

В компьютере происходит цифровое преобразование результатов и на экране фиксируется кривая изменения уровня звука во времени.

3. По табл. 5.1. определить рекомендуемые оптимальные значения времени реверберации $T_{\text{опт}}$ для данного помещения.
4. Произвести аналитическое определение значений времени реверберации в данном помещении по указанной выше методике.
5. По результатам расчета строим график расчетного времени реверберации на частотах 125, 500 и 2000 Гц.
6. По результатам измерений строим график времени реверберации на частотах 125, 500 и 2000 Гц.
7. Строим диапазон нормального звучания согласно рекомендуемому нормами проектирования оптимальному значению времени реверберации на частоте 500 Гц. На частоте 125 Гц оптимальное время реверберации выше на 40 % относительно оптимального времени на частоте 500 Гц, а на частоте 2000 Гц оптимальное время равно значению на частоте в 500 Гц.

8. Производим сравнение построенных графиков времени реверберации и диапазона нормального звучания. Делаем вывод.

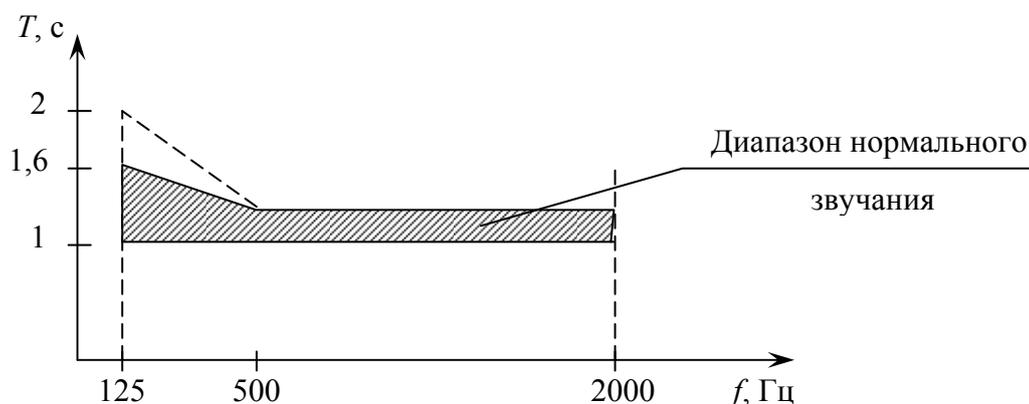


Рис. 5.2. Пример построения графиков времени реверберации и диапазона нормального звучания на частотах 125, 500 и 2000 Гц

Акустика в помещении будет удовлетворительной, если расчетный график времени реверберации попадет в диапазон нормального звучания. Если график расчетного времени реверберации будет располагаться ниже диапазона нормального звучания, то акустика в данном помещении будет очень тихой, до слушателей на последних рядах звук будет доходить недостаточно звонким, и наоборот, при расположении графика времени реверберации выше оптимальных значений звучание в помещении будет громким, бубнящим; возрастает возможность образования эха в помещении.

Задание к учебно-исследовательской работе студента

Проанализировать изменение времени реверберации в зависимости от числа слушателей.

Контрольные вопросы

1. Что такое реверберационный процесс?
2. Каким параметром оценивается акустика помещений?
3. Как влияет время реверберации помещения на разборчивость речи и восприятие музыки?
4. Какими параметрами определяется значение времени реверберации в помещении?
5. Необходимость построения диапазона нормального звучания.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

Тема: Определение изоляции воздушного шума плоской однослойной ограждающей конструкцией

Цель работы: экспериментальное определение изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями.

Теоретическая часть

В зависимости от способа возбуждения и путей распространения шума в зданиях его подразделяют на три вида: воздушный, ударный и структурный.

Воздушный шум – шум, возникающий при излучении звука (человеческого голоса, музыкальных инструментов, машин, радио) в воздушном пространстве, который достигает какого-либо ограждения и вызывает его колебание. Колеблющееся ограждение, в свою очередь, излучает звук в смежное помещение, и таким образом воздушный шум достигает уха человека.

Снижение шума, распространяющегося по воздуху, может быть достигнуто вследствие установки на пути его распространения звукоизолирующих преград в виде стен, перегородок, перекрытий.

Звукоизоляцией называется ослабление звуковой энергии при передаче ее через ограждение. Звукоизолирующая способность ограждения от воздушного шума измеряется в децибелах и может быть представлена в виде

$$R = 10 \lg \frac{1}{\tau}, \quad (6.1)$$

где $\tau = \frac{E_{\text{пр}}}{E_{\text{пад}}}$ – коэффициент звукопередачи конструкции;

$E_{\text{пр}}, E_{\text{пад}}$ – соответственно звуковая энергия, падающая на ограждающую конструкцию и прошедшая через нее.

Экспериментальные исследования звукоизоляции конструкций осуществляется методом реверберационных камер. Особенно широкое применение в акустических измерениях нашли малые акустические камеры, в основу использования которых положен принцип моделирования акустических процессов.

Сущность моделирования в акустике состоит в следующем: при исследовании конструкции, имеющей в пять раз меньшие размеры, чем реальная конструкция, частота измерения должна быть увеличена во столько же раз.

Измерение звукоизоляции производят с помощью двух акустических камер, разделённых исследуемым ограждением. Принципиальная схема экспериментальной установки для оценки звукоизоляции от воздушного шума показана на рис. 6.1. В камере высокого уровня (КВУ) создается дос-

таточно интенсивное звуковое поле с уровнем звука L_1 вследствие излучения звуковой энергии всенаправленным источником звука 3. Часть звуковой энергии из КВУ через исследуемую перегородку передается в камеру низкого уровня (КНУ), и в ней формируется звуковое поле с уровнем звукового давления L_2 .

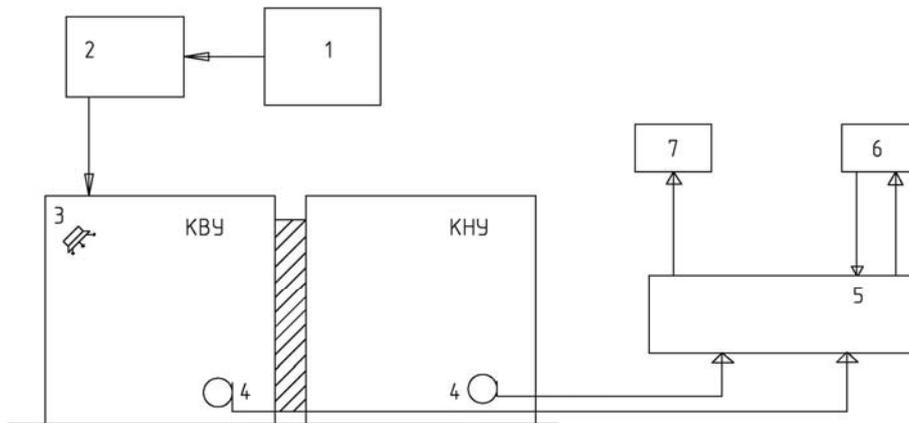


Рис. 6.1. Принципиальная схема экспериментальных исследований изоляции воздушного шума методом реверберационных камер:
 1 – генератор «белого» шума; 2 – усилитель мощности;
 3 – всенаправленный источник шума; 4 – микрофоны; 5 – шумомер;
 6 – адаптер; 7 – программное обеспечение

По измеренным в октавных полосах значениям L_1 и L_2 частотная характеристика изоляции воздушного шума может быть вычислена по формуле

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A_{\text{КНУ}}}, \quad (6.2)$$

где S – площадь исследуемого ограждения поверхностей КНУ, м^2 ;
 $A_{\text{КНУ}}$ – эквивалентная площадь звукопоглощения поверхностей КНУ, м^2 , определяемая в соответствии с указаниями ЛР-5.

По измеренным значениям времени реверберации $T_{\text{КНУ}}$ в КНУ значение эквивалентной площади звукопоглощения поверхностей КНУ для различных октавных полос может быть определено по формуле

$$A_{\text{КНУ}} = \frac{0,163V}{T_{\text{КНУ}}}, \quad (6.3)$$

где V – объем камеры низкого уровня, м^3 ;
 $T_{\text{КНУ}}$ – время реверберации в КНУ, с.

Экспериментальные исследования изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями позволяют наиболее точно определять частотную характеристику звукоизоляции. Однако применение экспериментальной оценки звукоизоляции конструкций на стадии проектирования зданий

не всегда возможно. В этом случае используют аналитический метод оценки звукоизоляции конструкции по нормам проектирования [9].

Мерой оценки изоляции воздушного шума служит показатель изоляции воздушного шума, называемый индексом изоляции воздушного шума R_w , дБ.

1. Методика по определению индекса изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией с известной частотной характеристикой

Индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ, ограждающей конструкцией с известной (рассчитанной или измеренной) частотной характеристикой изоляции воздушного шума определяется путем сопоставления этой частотной характеристики с оценочной кривой, установленной стандартом 717 Международной организации по стандартизации (ИСО), приведенной в табл. 6.1.

Т а б л и ц а 6 . 1

Средняя частота третьоктавной полосы, Гц	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Изоляция воздушного шума R , дБ	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56

Для определения индекса изоляции воздушного шума R_w необходимо на график с оценочной кривой нанести известную частотную характеристику изоляции воздушного шума и определить сумму неблагоприятных отклонений нанесенной частотной характеристики от оценочной кривой. Неблагоприятными считаются отклонения вниз от оценочной кривой.

Если сумма неблагоприятных отклонений максимально приближается к 32 дБ, но не превышает эту величину, величина индекса R_w составляет 52 дБ.

Если сумма неблагоприятных отклонений превышает 32 дБ, оценочная кривая смещается вниз на целое число децибел так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений не превышала указанную величину.

Если сумма неблагоприятных отклонений значительно меньше 32 дБ или неблагоприятные отклонения отсутствуют, оценочная кривая смещается вверх (на целое число децибел) так, чтобы сумма неблагоприятных отклонений от смещенной кривой максимально приближалась к 32 дБ, но не превышала эту величину.

За величину индекса R_w принимается ордината смещенной (вверх или вниз) оценочной кривой в третьоктавной полосе на частоте 500 Гц.

2. Методика по определению индекса изоляции воздушного шума однородной массивной ограждающей конструкцией с неизвестной частотной характеристикой

Частотную характеристику изоляции воздушного шума акустически однородной (однослойной) плоской ограждающей конструкцией сплошного сечения с поверхностной плотностью от 100 до 1000 кг/м² из бетона, железобетона, кирпича и тому подобных материалов следует определять, изображая ее в виде ломаной линии, аналогичной линии ABCD на рис. 6.2.

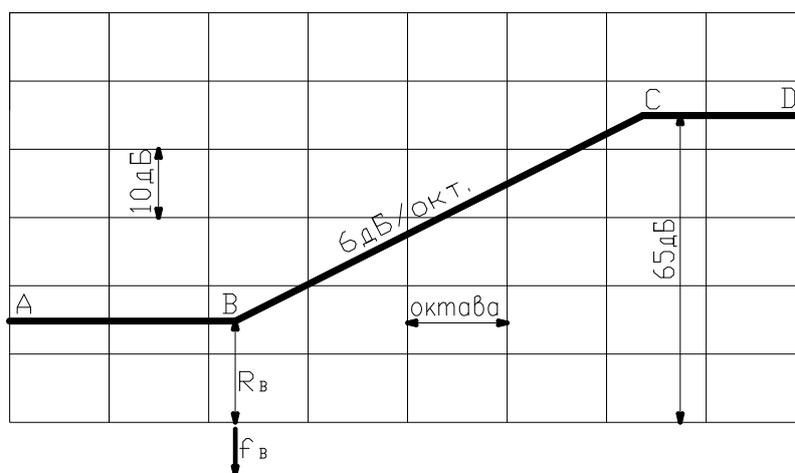


Рис. 6.2. Частотная характеристика изоляции воздушного шума однослойным плоским ограждением

Абсциссу точки $B f_g$ следует определять по прил. 2 в зависимости от толщины и плотности материала конструкции. Значение f_g следует округлять до среднегеометрической частоты третьоктавной полосы частот, в пределах которой находится f_g . Границы третьоктавных полос приведены в прил. 3.

Ординату точки $B R_g$ следует определять в зависимости от эквивалентной поверхностной плотности m_3 по формуле

$$R_g = 20 \lg m_3 - 12 \text{ дБ}, \quad (6.4)$$

где $m_3 = K \cdot m$.

Здесь m — поверхностная плотность материала, кг/м²;

K — коэффициент, корректирующий жесткость материала по сравнению с железобетоном (значения принимать по прил. 14).

Для ограждающих конструкций из легких бетонов с круглыми пустотами коэффициент K определяется как произведение коэффициентов, определенных отдельно для сплошных конструкций из легких бетонов и конструкций с круглыми пустотами.

Значение R_g следует округлять до 0,5 дБ.

Построение частотной характеристики производится в следующей последовательности: из точки B влево проводится горизонтальный отрезок BA , а вправо от точки B проводится отрезок BC с наклоном 6 дБ на октаву до точки C с ординатой $R_c = 65$ дБ, из точки C вправо проводится горизонтальный отрезок CD . Если точка C лежит за пределами нормируемого диапазона частот ($f_c > 3150$ Гц), отрезок CD отсутствует.

Частотную характеристику тонкостенной ограждающей конструкции следует определять, изображая ее в виде ломаной линии, аналогичной линии $ABCD$ на рис. 6.3.

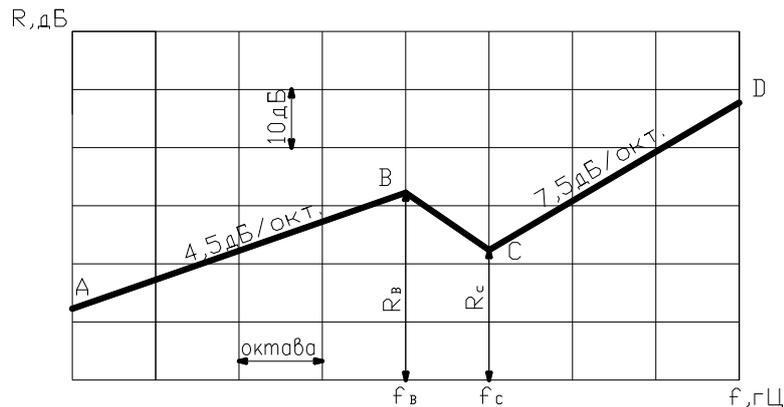


Рис. 6.3. Частотная характеристика изоляции воздушного шума однослойным плоским тонким ограждением

Координаты точек B и C следует определять по прил. 15, при этом значения f_B и f_C округляются до ближайшей среднегеометрической частоты 1/3-октавной полосы. Наклон участка AB (рис. 6.3) следует принимать 4,5 дБ на октаву, участка CD – 7,5 дБ на октаву.

Экспериментальная часть (задание на выполнение работы)

Приборы и оборудование

1. Шумомер интегрирующий усредняющий **ОКТАВА-121**.
2. Капсульный микрофон и калибратор акустический, который создает звуковое поле с уровнями 94 и 114 дБ на частоте 1000 Гц и воздействует на диафрагму микрофона.
3. Адаптер телеметрии **ЭКО-DIN-DOUT(RF)** Предназначен для передачи телеметрии данных и оцифрованных сигналов из индикаторных блоков серий ЭКОФИЗИКА, а также из цифровых преобразователей в компьютер.
4. **Signal+RTA** – программное обеспечение (для измерения времени реверберации и обработки результатов измерения) – 1 шт.
5. Всенаправленный источник звука **OED-SP600-2**.
6. Усилитель мощности **OEL-PA300**. Предназначен для работы со всенаправленным источником звука для измерения звукоизоляции.
7. Генератор.

Порядок выполнения работы

1. В соответствии с принципиальной схемой, показанной на рис. 6.1, собрать измерительный тракт для экспериментального определения частотной характеристики изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией на модельных реверберационных камерах.

2. По методике, изложенной в лабораторной работе 5, произвести измерения времени реверберации $T_{\text{КНУ}}$ для октавных полос со среднегеометрическими частотами 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц и затем по измеренным значениям $T_{\text{КНУ}}$ по формуле (6.3) вычислить значения эквивалентной площади звукопоглощения камеры низкого уровня $A_{\text{КНУ}}$ для тех же октавных полос.

3. Включить источник «белого» шума в КВУ и произвести измерения уровней шума в КВУ L_1 и в КНУ L_2 в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.

4. Для каждой октавной частоты произвести вычисления значений звукоизоляции R по формуле (6.2). При выполнении работы удобно пользоваться табл. 6.2. При заполнении таблицы следует учесть, что объем камеры низкого уровня составляет $1,1 \text{ м}^3$.

5. В соответствии с методикой, изложенной в [9], построить графически частотную характеристику изоляции воздушного шума реальной конструкции в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 100, 200, 400, 800, 1600 и 3200 Гц. При этом толщина реального ограждения должна быть принята в 5 раз больше, чем толщина модели, для которой проводились экспериментальные исследования методом реверберационных камер.

6. На полученный по методике норм проектирования график нанести экспериментально найденные значения звукоизоляции реальной конструкции.

Т а б л и ц а 6 . 2

Измеренные величины	Среднегеометрические частоты октавных полос экспериментальных измерений, Гц			
	1000	2000	4000	8000
	То же, с учетом масштаба моделирования 1:5, т.е. для реальной конструкции			
	200	400	800	1600
Уровень шума в КВУ, дБ				
Уровень шума в КНУ, дБ				
Время реверберации КНУ, с				
$A_{\text{КНУ}} = \frac{0,163V}{T_{\text{КНУ}}}, \text{ м}^2$				
$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A_{\text{КНУ}}}, \text{ дБ}$				

Задание к учебно-исследовательской работе студента

Провести анализ влияния толщины конструкции и ее поверхностной плотности на изменение изоляции воздушного шума.

Контрольные вопросы

1. Что такое воздушный шум?
2. По какому параметру оценивается звукоизолирующая способность ограждающей конструкции от проникновения воздушного шума?
3. Как определить индекс изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией с известной частотной характеристикой?
4. Как построить частотную характеристику плоской тонкостенной ограждающей конструкции?
5. От каких параметров зависит звукоизоляция ограждений?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

Тема: Исследование изоляции ударного шума на моделях

Цель занятия: экспериментальным и расчетным путем определить изоляцию ударного шума перекрытиями зданий, сравнить полученные результаты.

Теоретическая часть

Ударный шум возникает при ходьбе человека или падения предметов на пол. Возникающие при этом колебания передаются через перекрытия в нижерасположенные помещения, создавая неблагоприятное воздействие на находящегося там человека.

Изоляция ударного шума достигается устройством полов, укладываемых на несущие конструкции междуэтажных перекрытий, или подвесных потолков. В массовом строительстве применяются в основном два типа полов: в виде плиты, укладываемой на несущую конструкцию перекрытия через звукоизоляционный слой, и в виде мягких рулонных материалов, укладываемых непосредственно на несущую плиту перекрытия.

Уровень шума под перекрытием при ударных воздействиях определяется двумя величинами: уровнем шума, возбуждаемого плитой перекрытия без пола, и снижением этого уровня конструкцией пола. Первая величина зависит от массы плиты перекрытия, вовлекаемой в движение в момент удара. Из законов сохранения энергии и количества движения очевидно, что чем больше масса плиты по отношению к массе ударника, тем меньшую скорость колебаний получит плита. **Таким образом, при одном и том же**

источнике ударного шума уровень его будет тем меньше, чем больше толщина и площадь плиты, плотность и жесткость ее материала.

Экспериментальные исследования изоляции ударного шума могут производиться как в реальных условиях, так и на моделях конструкций в реверберационных камерах. При моделировании процесса передачи ударного шума необходимо учитывать, что если размеры исследуемой конструкции уменьшены в несколько раз, то частота измерений должна быть увеличена во столько же раз. Принципиальная схема исследования изоляции ударного шума на реверберационных камерах показана на рис. 7.1.

Ударная машинка, используемая в модельных исследованиях, должна соответствовать масштабу моделирования. Реверберационная камера в вузе выполнена в масштабе 1:5, следовательно, ударная машинка совершает 50 ударов по перекрытию в секунду.

Величина уровня звукового давления под перекрытием от действия стандартной ударной машинки L зависит также и от эквивалентной площади звукопоглощения A в помещении под перекрытием: чем больше A , тем ниже уровень L . Для исключения влияния величины эквивалентной площади звукопоглощения A на значение измеренного уровня ударного шума в помещении под перекрытием L_y должно быть приведено к стандартной эквивалентной площади звукопоглощения A_0 , равной 10 м^2 . Такие значения ударного шума L_n называют приведенными:

$$L_n = L_y - 10 \lg \frac{A_0}{A_{\text{КНУ}}}; \quad (7.1)$$

где $A_{\text{КНУ}}$ – эквивалентная площадь звукопоглощения в помещении под перекрытием, определяемая по измеренным значениям времени реверберации $T_{\text{КНУ}}$ по формуле

$$A_{\text{КНУ}} = \frac{0,163V}{T_{\text{КНУ}}}. \quad (7.2)$$

Здесь V – объем камеры низкого уровня, м^3 ;

$T_{\text{КНУ}}$ – время реверберации в КНУ, с.

При модельных исследованиях с масштабом 1:5 величина стандартной площади эквивалентного звукопоглощения A_0 должна быть уменьшена в масштабе площадей в 25 раз, то есть $A_0 = 0,4 \text{ м}^2$. В этом случае формула примет вид:

$$L_n = L_y - 10 \lg(2,5 \cdot A_{\text{КНУ}}); \quad (7.3)$$

Экспериментальная часть (задание на выполнение работы)

Приборы и оборудование

1. Шумомер интегрирующий усредняющий **ОКТАВА-121**.
2. Капсульный микрофон и калибратор акустический, который создает звуковое поле с уровнями 94 и 114 ДБ на частоте 1000 Гц и воздействует на диафрагму микрофона;
3. Адаптер телеметрии **ЭКО-DIN-DOUT(RF)**. Предназначен для передачи телеметрии данных и оцифрованных сигналов из индикаторных блоков серий ЭКОФИЗИКА, а также из цифровых преобразователей в компьютер.
4. **Signal+RTA** – программное обеспечение (для измерения времени реверберации и обработки результатов измерения) – 1 шт.
5. Ударная машина ТМ-50. Предназначена для измерения звукоизоляции перекрытий. Пять молотков активируются электромагнитным способом внутри машины. Благодаря электронной активации магнитных приводов гарантируется высокая точность частоты ударов.

Порядок выполнения работы

1. В соответствии с принципиальной схемой, представленной на рис. 7.1, собрать измерительный тракт для экспериментального определения изоляции ударного шума конструкциями перекрытий.

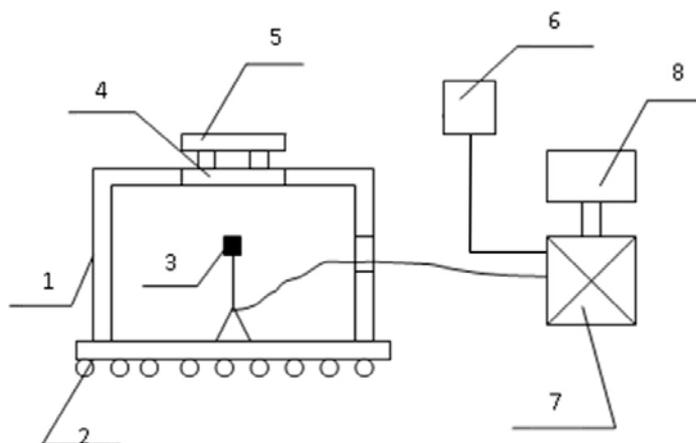


Рис. 7.1. Экспериментальная установка для определения уровня изоляции ударного шума: 1 – камера низкого уровня; 2 – амортизаторы; 3 – микрофон; 4 – плита перекрытия; 5 – ударная машина; 6 – программное обеспечение; 7 – шумомер; 8 – адаптер

2. Произвести измерения времени реверберации для октавных полос с частотами 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц и затем по измеренным значениям вычислить значения эквивалентной площади звукопоглощения в камере под исследуемым перекрытием $A_{\text{КНУ}}$ для тех же октавных полос.

3. Установить ударную машинку на «чистую» железобетонную плиту модели перекрытия, включить ее и произвести измерения уровней шума в камере под перекрытием в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц. Для каждой полосы произвести 2–3 замера, по значениям которых вычислить среднее значение L_y по формуле (7.1).

4. По формуле (7.3) для каждой октавной полосы вычислить значение приведенного уровня ударного шума L_n .

Данные экспериментальных исследований и вычислений занести в табл. 7.1.

Т а б л и ц а 7 . 1

Измеряемые величины		Среднегеометрические частоты октавных полос экспериментальных измерений, Гц			
		1000	2000	4000	8000
		200	400	800	1600
Измеренное время реверберации в КНУ, с					
$A_{\text{КНУ}} = \frac{0,163V}{T_{\text{КНУ}}}$					
Экспериментально измеренный уровень ударного шума под перекрытием L_y , дБ	1				
	2				
	3				
	Среднее				
Поправка $10 \lg(2,5 A_{\text{КНУ}})$;					
Приведенный уровень ударного шума, дБ $L_n = L_y - 10 \lg(2,5 A_{\text{КНУ}})$;					

5. На «чистую» железобетонную плиту перекрытия установить модель конструкции деревянного пола по лагам и повторить эксперимент.

6. Между конструкцией «чистой» железобетонной плиты и лагами проложить упругие прокладки из поролона и повторить эксперимент.

7. Сравнить графически приведенные уровни ударного шума для различных конструктивных решений перекрытия.

Задание к учебно-исследовательской работе студента

Проанализировать влияние пола на упругом основании на изоляцию ударного шума.

Контрольные вопросы

1. Как возникает ударный шум?
2. В чем состоит принцип моделирования акустических процессов и изоляции ударного шума в частности?
3. Что является источником ударного шума при натуральных и модельных исследованиях звукоизоляции?
4. Что называется приведенным уровнем ударного шума под перекрытием?

Раздел 3. ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ СВЕТОТЕХНИКИ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

Тема: Измерение коэффициента естественной освещенности помещений в натуральных условиях

Цель работы: определить в натуральных условиях коэффициент естественной освещенности (КЕО) в различных точках помещения и сравнить результаты, полученные при измерении, с расчетными и нормативными. По результатам сравнения дать соответствующее заключение.

Теоретическая часть

Качество световой среды в помещениях зависит от объемно-планировочного и конструктивного решений здания, расположения светопроемов в его объеме, свойств применяемых светотехнических материалов, а также от характера застройки, в состав которой входит рассматриваемое здание.

Вследствие изменчивости наружного освещения для оценки и нормирования естественного света в помещениях принята относительная величина – коэффициент естественной освещенности КЕО, который представляет собой процентное отношение освещенности в какой-либо точке помещения, расположенной на уровне условной рабочей поверхности или на уровне стола (т.е. на расстоянии 0,8 м над уровнем пола), $E_{в}$, к одновременной освещенности наружной горизонтальной поверхности, расположенной под открытым небосводом, $E_{н}$. Коэффициент естественной освещенности КЕО определяется по формуле

$$e_M = \frac{E_{в}}{E_{н}} \cdot 100 \% . \quad (8.1)$$

Величина КЕО не зависит от времени суток и года и выражает прямопропорциональную зависимость между внутренней и наружной освещенностью.

Величина КЕО может определяться путем измерений, а также расчетным путем с помощью графоаналитического метода А.М. Данилюка. Значения нормативного коэффициента естественной освещенности принимаются по СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» в зависимости от разряда зрительной работы. Нормативная величина КЕО в помещении должна быть обеспечена при боковом освещении в точке, расположенной на расстоянии 1 м от стены, противоположной окнам. При верхнем освещении нормируется среднее значение КЕО в расчетных точках.

В жилых и общественных зданиях при одностороннем боковом освещении нормируемое значение КЕО жилых помещений в жилых зданиях должно быть обеспечено в расчетной точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и плоскости пола на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов: в одной комнате для 1, 2 и 3-комнатных квартир и в двух комнатах для квартир, имеющих 4 и более комнат. В остальных жилых помещениях многокомнатных квартир и в кухне нормируемое значение КЕО должно обеспечиваться в расчетной точке, расположенной в центре помещения на плоскости пола. Условная рабочая поверхность – горизонтальная плоскость, на которой располагаются расчётные точки.

В жилых помещениях общежитий групповых и игровых помещений детских дошкольных учреждений, в палатах больниц, в кабинетах врачей и т.п. расчетная точка, в которой должно быть обеспечено нормируемое значение КЕО, находится на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов. В учебных и учебно-производственных помещениях школ – на расстоянии 1,2 м от стены, в остальных помещениях жилых и общественных зданий – в центре помещения на рабочей поверхности.

В производственных помещениях глубиной до 6,0 м при одностороннем боковом освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности на расстоянии 1,0 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов.

В производственных помещениях глубиной более 6,0 м при боковом освещении минимальное значение КЕО в точке на условной рабочей поверхности, удаленной от световых проемов, нормируется в зависимости от сложности зрительной работы [4].

Определение КЕО расчетным способом по графоаналитическому способу А.М. Данилюка

Геометрический коэффициент естественной освещенности рассчитывается по графикам А.М. Данилюка (рис. 8.1–8.3).

Достаточность размеров, формы и места расположения световых проёмов определяют расчётом, проводимым в 2 этапа: предварительный и проверочный. На практике окончательные размеры проёмов в проекте здания могут на 5–10 % отклоняться от требуемых по расчёту площадей.

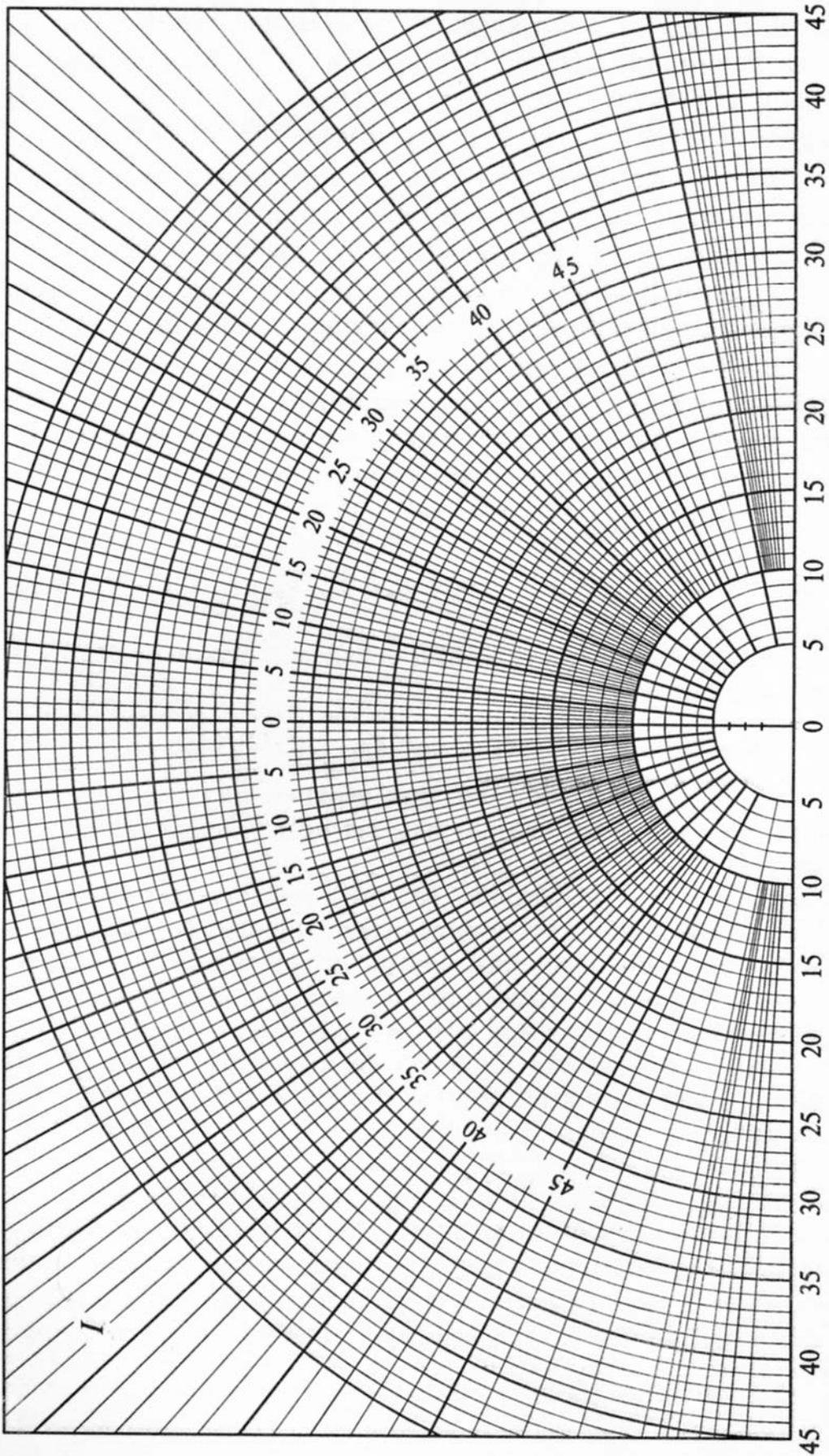


Рис. 8.1. График I А.М. Данилюка для подсчета количества лучей n_1

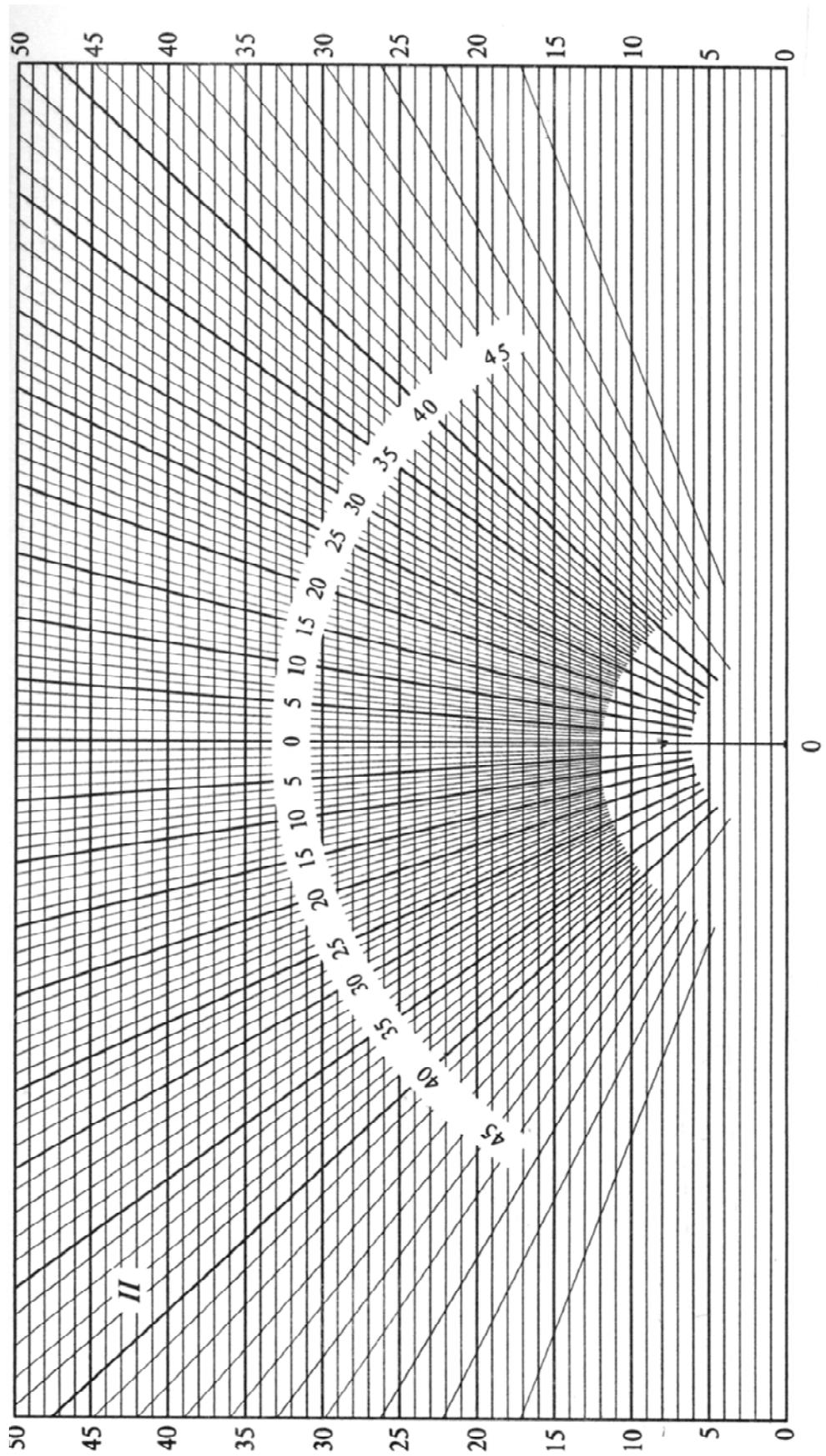


Рис. 8.2. График II А.М. Данилюка для подсчета количества лучей n_2

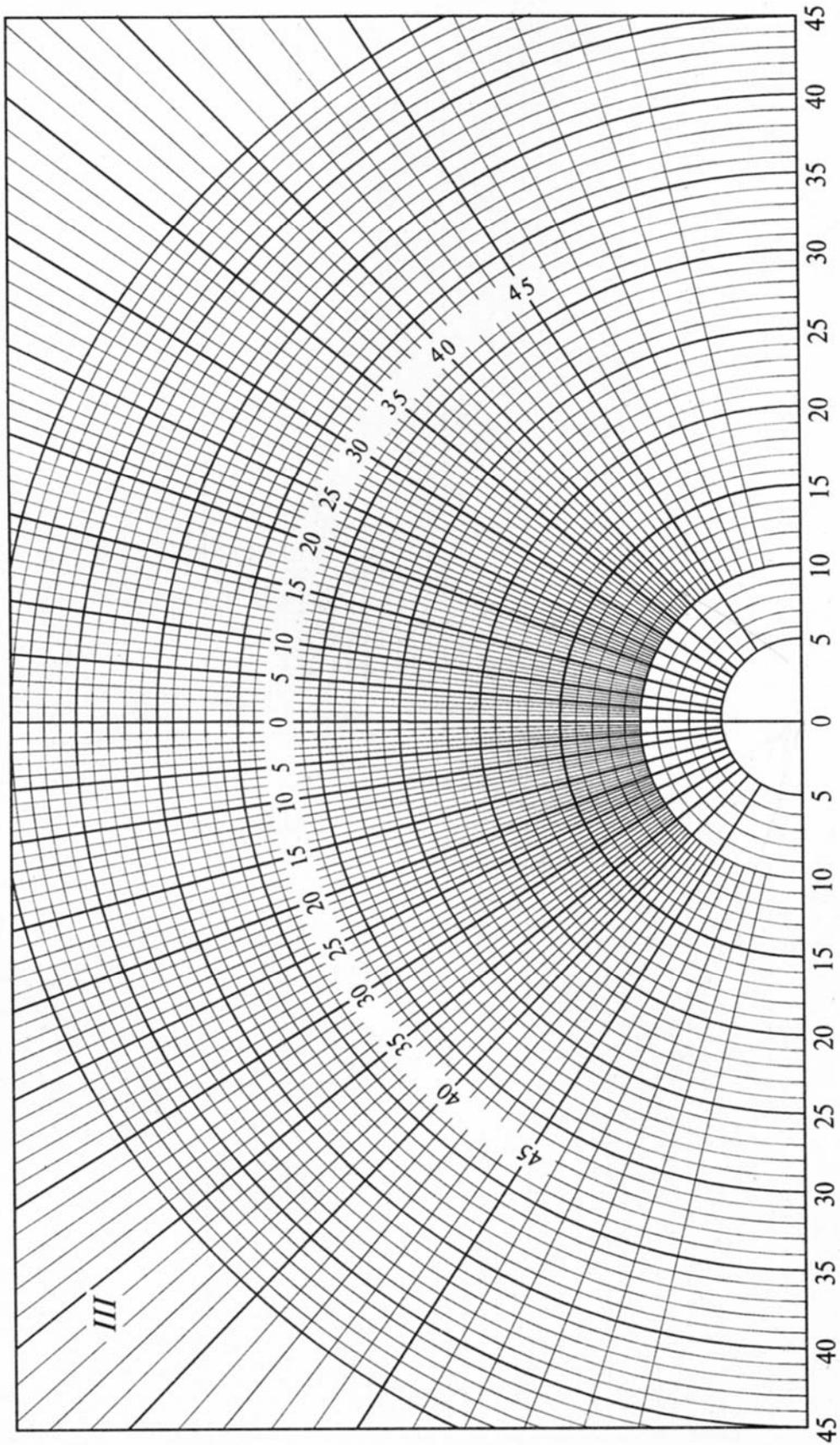


Рис. 8.3. График III А.М. Данилюка для подсчета количества лучей n_3

1 этап. Предварительный расчёт

Задавшись высотой окна, определяют площадь световых проемов:

а) при боковом освещении

$$S_0 = \frac{S_{\text{п}} \cdot K_3 \cdot e_N \cdot \eta_0 \cdot k_{\text{зд}}}{100 \tau_0 r_1}, \quad (8.2)$$

где e_N – нормированные значения КЕО для зданий, располагаемых в различных административных районах страны, определяется по формуле $e_N = e_H \cdot m_N$, где e_H – значение КЕО, принимаемое по таблицам СНиП 23-05-95; m_N – коэффициент, учитывающий особенности светового климата и зависящий от номера группы административного района, типа световых проемов (фонарь, окна), ориентации световых проемов по сторонам горизонта. Значения e_N округляются до сотых долей;

S_0 – площадь окон, м²;

K_3 – коэффициент запаса, зависящий от состояния воздушной среды производственных помещений (количества пыли, дыма и т.п.), а также от количества чисток остекления светопроёмов в год и угла наклона светопропускающего материала к горизонту;

η_0 – световая характеристика окон при боковом освещении, зависящая от отношения длины помещения $l_{\text{п}}$ к глубине B и от отношения B к высоте от уровня рабочей поверхности до верха окна;

r_1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отражённому от поверхности помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию. Для определения r_1 необходимо знать расчетное значение средневзвешенного коэффициента отражения внутренних поверхностей помещения, которое следует принимать равным 0,50 в жилых и общественных помещениях и 0,40 в производственных;

$k_{\text{зд}}$ – коэффициент, учитывающий изменения внутренней отраженной составляющей КЕО в помещении при наличии противостоящих зданий.

При расчете естественного освещения помещений в условиях застройки средневзвешенный коэффициент отражения фасадов противостоящих зданий с учетом остекленных проемов следует рассчитывать по формуле

$$\rho_{\text{ф}} = \frac{\rho_{\text{м}} S_{\text{м}} + \rho_{\text{ок}} S_{\text{ок}}}{S_{\text{м}} + S_{\text{ок}}}, \quad (8.3)$$

где $\rho_{\text{м}}$, $\rho_{\text{ок}}$ – коэффициенты отражения материалов отделки фасада и коэффициент отражения остекленных проемов фасада с учетом переплетов соответственно;

$S_{\text{м}}$, $S_{\text{ок}}$ – площадь фасада без светопроемов и площадь светопроемов соответственно;

τ_0 – общий коэффициент светопропускания, определяемый по формуле

$$\tau_0 = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5. \quad (8.4)$$

- Здесь τ_1 – коэффициент светопропускания материала;
 τ_2 – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроемов. Размеры светопроема принимаются равными размерам коробки переплета по наружному обмеру;
 τ_3 – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях покрытия (при боковом освещении $\tau_3 = 1$);
 τ_4 – коэффициент, учитывающий светопотери в солнцезащитных устройствах;
 τ_5 – коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями, принимаемый равным 0,9 (при боковом освещении $\tau_5 = 1$).

Для работ, относящихся к I–IV разрядам, площадь достаточного естественного света $S_{\text{п}}$ при одностороннем освещении принимают равной

$$S_{\text{п}} = l_{\text{п}} \cdot 1,5H;$$

при V–VII разрядах

$$S_{\text{п}} = l_{\text{п}} \cdot 2H;$$

при VIII

$$S_{\text{п}} = l_{\text{п}} \cdot 3H,$$

где $l_{\text{п}}$ – длина помещения, м;

H – высота помещения, м;

б) при верхнем освещении

$$S_{\text{ф}} = \frac{S_{\text{п}} \cdot e_N \cdot \eta_{\text{ф}} \cdot K_3}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_2 \cdot K_{\text{ф}}}, \quad (8.5)$$

где $S_{\text{ф}}$ – площадь световых проёмов при верхнем освещении, м²;

$\eta_{\text{ф}}$ – световая характеристика фонаря или светового проема в плоскости покрытия;

$k_{\text{ф}}$ – коэффициент, учитывающий тип фонаря;

r_2 – коэффициент повышения КЕО при верхнем освещении светом, отражённым от поверхностей помещения;

K_3 и τ_0 – то же, что и при расчёте бокового освещения. Площадь пола $S_{\text{п}}$ принимают равной площади помещения или здания за вычетом площади достаточного естественного света от боковых светопроёмов.

После подсчета площади остекления определяют ширину окна, их количество и месторасположение.

2 этап. Проверочный расчёт

При выбранных исходных данных проверочный расчёт естественного освещения сводится к определению значения КЕО в расчетных точках характерного разреза помещения и к построению кривых, характеризующих распределение КЕО по глубине помещения.

Второй этап расчёта естественного освещения производят, используя метод А.М. Данилюка. Целью этого графоаналитического метода является

проверка обеспеченности нормативного значения КЕО в расчетных точках помещения при выбранной площади и расположении светопроемов и построение кривых распределения КЕО, характеризующих распределение света в помещении. Этот расчёт производят на стадии разработки технического и рабочего проектов.

Определяют расчетное КЕО e_p^{δ} – значение, полученное расчетным путем при проектировании естественного освещения помещений – по формулам:

а) при боковом освещении:

$$e_p^{\delta} = \left(\sum_{i=1}^L \varepsilon_{\delta i} q_i + \sum_{j=1}^M \varepsilon_{\delta j} b_{\phi j} k_{\delta j} \right) r_1 \tau_0 / K_3; \quad (8.6)$$

б) при верхнем освещении:

$$e_p^{\delta} = \left(\sum_{i=1}^T \varepsilon_{\delta i} + \varepsilon_{\delta \text{cp}} (r_2 k_{\phi} - 1) \right) r_0 / K_3; \quad (8.7)$$

в) при комбинированном освещении (верхнем и боковом):

$$e_p^{\delta} = e_p^{\delta} + e_p^{\delta}, \quad (8.8)$$

где L – количество участков небосвода, видимых через световой проем из расчетной точки;

$\varepsilon_{\delta i} = 0,01 \cdot n_1 \cdot n_2$ – геометрический КЕО в расчетной точке при боковом освещении, учитывающий прямой свет от i -го участка неба;

n_1 и n_2 – количество лучей, определяемое по графикам Данилюка I (рис. 8.1) и II (рис. 8.2), при наложении на графики разреза и плана помещения соответственно (рис. 8.4 и рис. 8.5);

q_i – коэффициент, учитывающий неравномерную яркость i -того участка облачного неба МКО;

M – количество участков фасадов зданий противостоящей застройки, видимых через световой проем из расчетной точки;

$\varepsilon_{\delta j}$ – геометрический КЕО в расчетной точке при боковом освещении, учитывающий свет, отраженный от j -го участка фасадов зданий противостоящей застройки;

$b_{\phi j}$ – средняя относительная яркость j -го участка фасадов зданий противостоящей застройки;

$k_{\delta j}$ – коэффициент, учитывающий изменения внутренней отраженной составляющей КЕО в помещении при наличии противостоящих зданий;

$\tau_0; r_1; K_3$ – то же, что и в предварительном расчете;

T – количество световых проемов в покрытии;

$\varepsilon_{\delta i} = 0,01 \cdot n_2 \cdot n_3$ – геометрический КЕО в расчетной точке при верхнем освещении i -го проема;

n_2 и n_3 – количество лучей, определяемое по графикам Данилюка II (рис. 8.2) и III (рис. 8.3), при наложении на графики плана и разреза помещения соответственно. Для определения количества лучей план и разрез помещения вычерчиваются на кальке в одинаковом масштабе.

$\epsilon_{\text{ср}}$ – среднее значение геометрического КЕО при верхнем освещении на линии пересечения условной рабочей поверхности и плоскости характерного вертикального разреза помещения, определяемое по формуле

$$\epsilon_{\text{ср}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \epsilon_{\text{В}i}, \quad (8.9)$$

где N – количество расчетных точек.

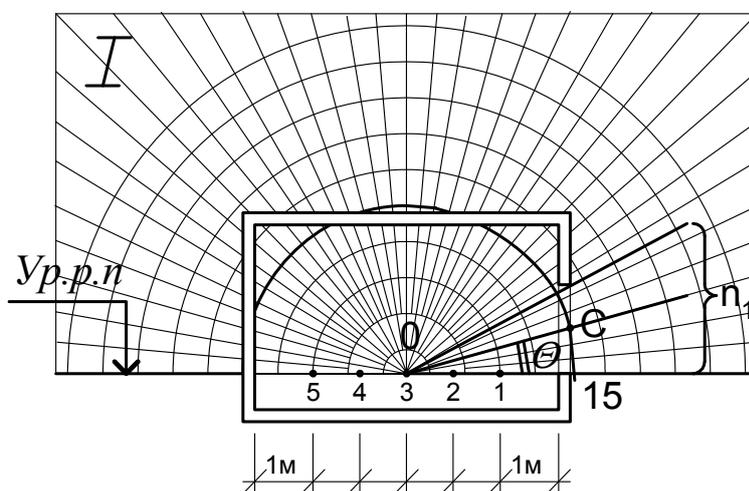


Рис. 8.4. К расчету количества лучей по графику А.М. Данилюка I (по разрезу помещения)

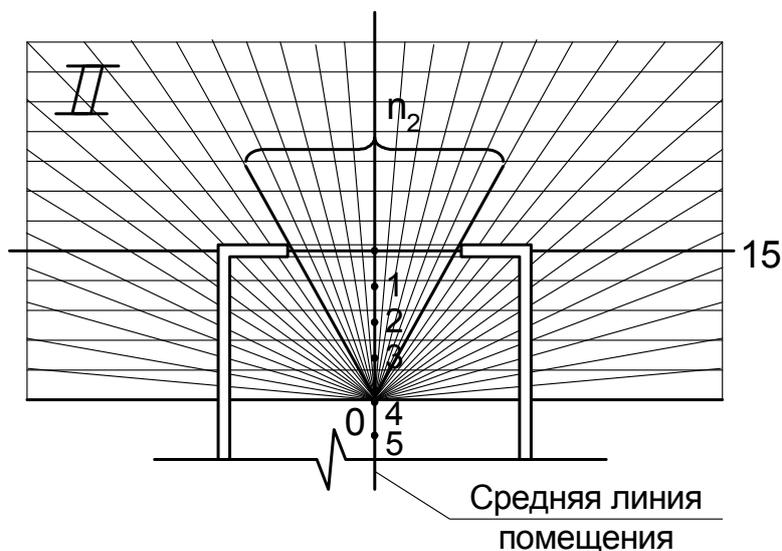


Рис. 8.5. К расчету количества лучей по графику А.М. Данилюка II (по плану помещения)

При подсчете количества лучей по графику А.М. Данилюка I на него накладывается разрез помещения, выполненный на кальке. Основание графика должно совпадать с условной рабочей поверхностью, а центр графика – с точкой, в которой определяется значение КЕО. По графику определяется количество лучей n_1 , угловая высота середины светопроема над расчетной поверхностью Q , номер полуокружности, проходящей через середину светопроема.

При подсчете количества лучей по графику А.М. Данилюка II на него накладывается план помещения, выполненный в том же масштабе, что и разрез. Вертикальная ось графика при этом должна совпадать со средней линией помещения, а номер полуокружности, определенный по графику А.М. Данилюка I, – с серединой светопроема.

Аналогично определяется количество лучей для расчета верхнего освещения, учитывая, что разрез помещения накладывается на график А.М. Данилюка III (определяется количество лучей n_3), а план помещения накладывается на график А.М. Данилюка II (определяется количество лучей n_2). Пример расчета приведен в [2].

При боковом освещении расчётное значение КЕО сравнивается с нормируемым в расчетной точке:

$$e_p^b \geq e_n. \quad (8.10)$$

При верхнем или комбинированном освещении должно соблюдаться условие $e_{cp} \geq e_n$, т.е. средняя величина КЕО во всех направлениях должна быть не меньше нормируемой. Учитывается также неравномерность естественного освещения.

При этом среднее значение КЕО при верхнем или комбинированном освещении определяется по формуле

$$e_{cp} = \frac{1}{N-1} \left(\frac{e_1 + e_N}{2} + \sum_{i=2}^{N-1} e_i \right), \quad (8.11)$$

где N – количество расчетных точек;

e_1 и e_N – значения КЕО при верхнем или комбинированном освещении в первой и последней точках характерного разреза помещения;

e_i – значения КЕО в остальных точках характерного разреза помещения ($i = 2, 3, \dots, N-1$).

Определённые в точках значения e_p наносят в виде графиков на характерном разрезе помещения.

Графики распределения КЕО строят, откладывая в определённом масштабе значения КЕО вверх от уровня рабочей поверхности из точек, в которых определялась освещённость. Кривые КЕО помогают, например, более рационально организовывать рабочие места в промышленных зданиях.

Примеры расчета естественного освещения приведены в [2].

КЕО зависит от размеров и расположения светопроемов, размеров помещения и вида его отделки, от светового климата, отражательных свойств земного покрова и др. факторов. При выборе вида оконного заполнения учитывают санитарно-гигиенические и противопожарные требования, экономию тепла и климатические условия района строительства. В целях сокращения потерь тепла в зданиях ограничивают применение ленточного остекления, а также световых и светоаэрационных фонарей.

Экспериментальная часть (задание на выполнение работы)

Приборы и оборудование

Для практического выполнения данной работы требуется:

- селеновый фотоэлемент в комплекте с электроизмерительным прибором (люксметр);
- тарировочный светофильтр;
- рулетка.

Порядок выполнения работы

1. Намечаются расчетные точки на уровне условной рабочей поверхности (0,8 м над уровнем пола) в заданном помещении по линии характерного разреза (средняя линия в помещении, перпендикулярная стенке с окнами). При этом первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1 м от стены. Остальные – на равном расстоянии друг от друга: точки нумеруются по порядку, начиная от окна.

2. Измеряются внутренняя освещенность в намеченных точках с помощью люксметра и одновременно наружная горизонтальная освещенность (проводить замеры освещенности необходимо при отсутствии облучения помещения и фотоэлемента прямыми лучами солнца). Измерение освещенности в расчетных точках необходимо проводить дважды. Первые отсчеты в точках снимаются при движении от светопроема в глубь помещения, вторые – при движении в обратном направлении. Результаты измерения записываются в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Номер точки	Отсчеты по шкале люксметра, лк			Освещенность E_n , лк	КЕО по данным измерений e_3 , %	Расчетное значение КЕО e_p , %	Расхождение $\Delta e = e_n - e_p$, %	Примечание
	1	2	Ср.					
1								
2								
3								
4								
5								
6								

3. Выполняется обмер заданного помещения, вычерчивается схема его плана и разреза с показанием светопроема в масштабе 1:50. В расчетных точках определяется величина КЕО по графоаналитическому методу А.М. Данилюка.

4. Строятся графики распределения КЕО по глубине помещения, по расчетным данным и данным измерений. Значение КЕО в пятой точке сравнивается с нормируемым значением. При несоответствии экспериментальных данных нормативным требованиям необходимо указать пути достижения нормативных условий освещенности данного помещения.

5. Составляется заключение о степени сходимости результатов натурного измерения и расчета, а также соответствии условий освещенности требованиям норм.

Задание к учебно-исследовательской работе студента

Дать обоснование неравномерности естественного освещения помещений.

Контрольные вопросы

1. Как учитывается распределение яркости по пасмурному и ясному небосводу?
2. Нормирование естественного освещения в жилых зданиях.
3. Почему при расчете естественной освещенности введена величина коэффициента естественной освещенности (КЕО)?
4. Дать определение геометрического коэффициента естественной освещенности (ϵ).
5. Как пользоваться графиками А.М. Данилюка при проверочном расчете естественного освещения?
6. В чем заключается предварительный расчет естественного освещения?
7. В чем заключается проверочный расчет естественного освещения?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9

Тема: Исследование естественной освещенности помещений при светопроемах различной формы

Цель работы: пользуясь законом «проекции телесного угла», определить на модели помещения световую активность различных по размерам светопроемов и сравнить освещенности, создаваемые одним и тем же светопроемом, расположенным по-разному относительно рабочей поверхности.

Теоретическая часть

В основу расчета естественной освещенности помещений положен закон «проекции телесного угла». Сущность этого закона заключается в том, что освещенность E_M в какой-либо точке поверхности помещения, создаваемая равномерно светящейся поверхностью неба, прямо пропорциональна яркости неба L и площади проекции телесного угла, в пределах которого из данной точки виден участок небосвода, на освещаемую рабочую поверхность (рис. 9.1).

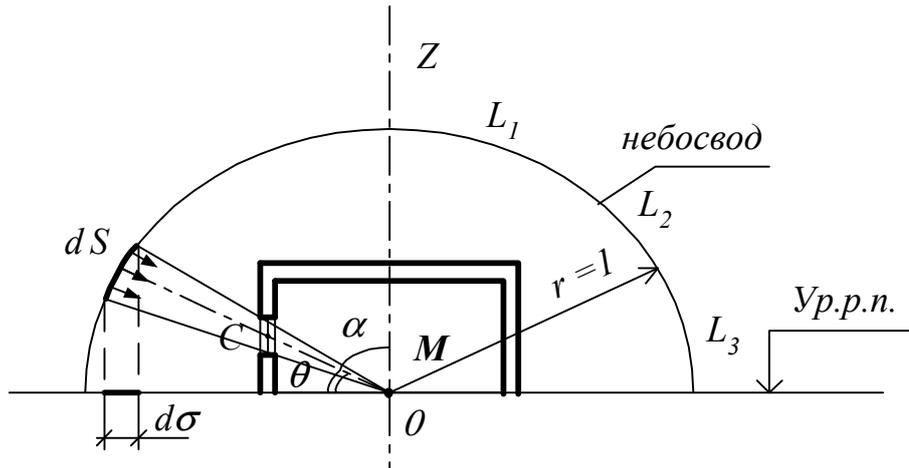


Рис. 9.1. Схема к закону проекции телесного угла

Для аналитического вывода этого закона принято два допущения:

1. Освещаемая поверхность располагается в помещении горизонтально.
2. Радиус полусферы R принят равным единице.

Яркость полусферы, проведенной из точки M , обозначим через L .

Определим освещенность в точке M , создаваемую весьма малым участком полусферы dS , который можно принять за точечный источник света.

Силу света dI элементарного участка dS , обладающего яркостью L , определим по формуле

$$dI = L \cdot dS. \quad (9.1)$$

Элементарную освещенность точки M находим по формуле

$$\Delta E = \frac{dI \cdot \cos \alpha}{R^2}. \quad (9.2)$$

Если выразить силу света dI , то при радиусе полусферы, равном единице, имеем

$$dE = L \cdot dS \cdot \cos \alpha, \quad (9.3)$$

но $dS \cdot \cos \alpha = d\sigma$, т.е. равна площади проекции dS на освещаемую поверхность. Таким образом,

$$dE = L \cdot d\sigma. \quad (9.4)$$

Интегрируя при равномерном распределении яркости участка небосвода, получим:

$$E = L \cdot \sigma. \quad (9.5)$$

Т.е. освещенность в какой-либо точке помещения равна произведению яркости участка неба, видимого из данной точки через окно, на проекцию этого участка на освещаемую поверхность.

Если какая-либо точка горизонтальной поверхности будет находиться под открытым небосводом и освещаться всей полусферой с равномерно распределенной яркостью, то в этом случае

$$E_n = L \cdot \pi \cdot R^2, \quad (9.6)$$

где πR^2 – площадь проекции полусферы на горизонтальную поверхность, но $R=1$, следовательно,

$$E_n = L\pi. \quad (9.7)$$

Так как коэффициент естественной освещенности представляет собой процентное отношение освещенности в расчетной точке условной рабочей поверхности помещения к освещенности горизонтальной поверхности, находящейся под открытым небосводом, то на основании вышеизложенного имеем:

$$e_n = \frac{L\sigma}{L\pi} = \frac{\sigma}{\pi}. \quad (9.8)$$

Т.е. значение КЕО в какой либо точке горизонтальной поверхности помещения определяется отношением проекции «телесного угла» на освещаемую поверхность видимого из данной точки помещения участка небосвода в величине π , равной 3,14. Это отношение представляет собой геометрическое выражение коэффициента естественной освещенности.

При определенных размерах и форме светопроемов измеряется КЕО во всех расчетных точках модели помещения (рис. 9.2). Измерение КЕО в какой-либо точке проводится с помощью двух фотоэлементов аналогично измерениям, проводимым в работе №8.

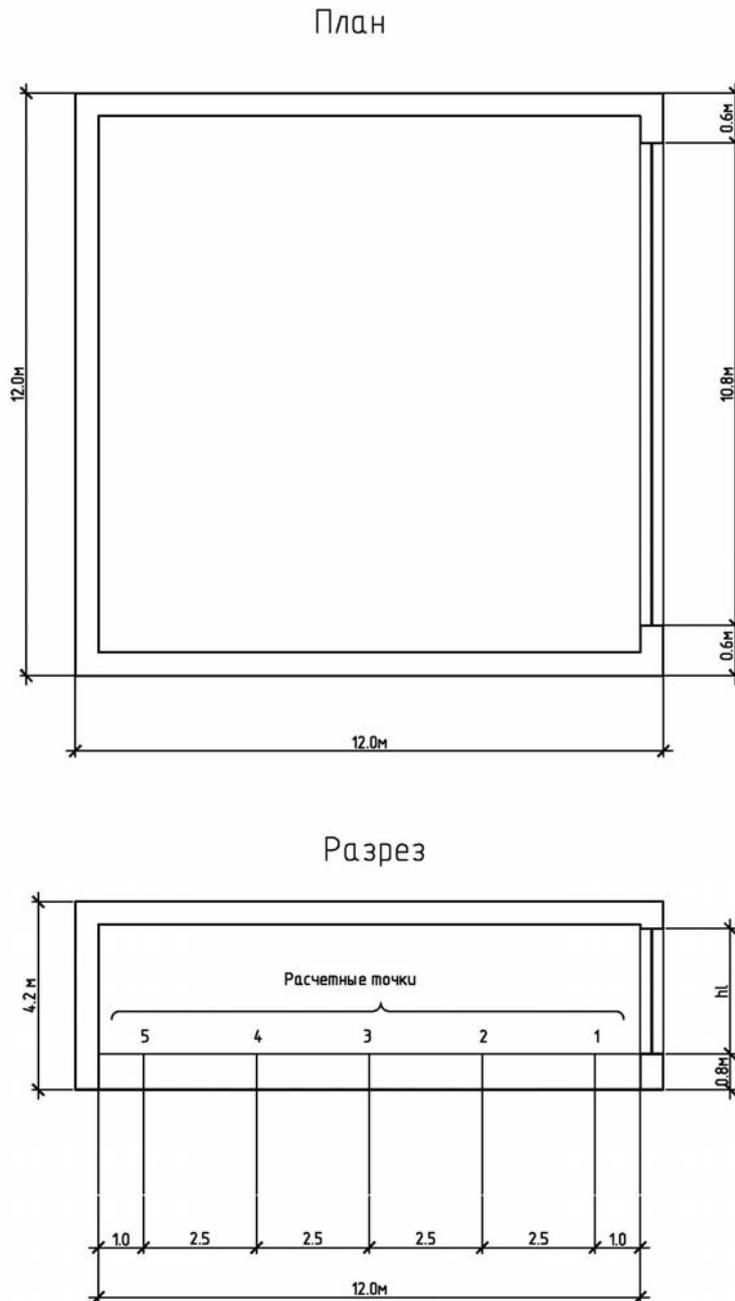


Рис. 9.2. Схемы плана и разреза модели помещения

КЕО в каждой точке определяется по формуле

$$e = \frac{N_{\text{в}} \cdot k}{N_{\text{н}}} \cdot 100 \%, \quad (9.10)$$

где e – значение КЕО в модели помещения;

$N_{\text{в}}$ – освещенность в расчетной точке помещения, Ом;

$N_{\text{н}}$ – наружная освещенность горизонтальной поверхности, Ом;

k – тарировочный коэффициент чувствительности фотоэлементов по отношению одного к другому.

Экспериментальная часть (задание на выполнение работы)

Приборы и оборудование

Для выполнения работы необходимы:

- установка «Искусственный небосвод»;
- два фотоэлемента;
- милливольтметр;
- модель помещения;
- набор щитов для передней стенки модели с различной формой и размерами светопроемов.

Порядок выполнения работы

1. Измеряется внутренняя освещенность в первой точке модели помещения и одновременно – наружная освещенность под открытым небосводом.

2. Вычисляется КЕО для данной расчетной точки помещения по формуле

$$e = \frac{N_{\text{в}} \cdot k}{N_{\text{н}}} \cdot 100 \%$$

3. Производятся аналогичные измерения и расчеты еще два раза для всех точек модели при других условиях наружного освещения под искусственным небосводом.

4. Измерения КЕО проводятся для 3 случаев расположения светопроема относительно рабочей поверхности, т.е. при:

- а) $h_1=1,8$ м (рамка 1);
- б) $h_2=2,2$ м (рамка 2);
- в) $h_2=2,6$ м (рамка 3).

5. Вычисляется среднее значение КЕО в каждой расчетной точке модели по формуле

$$e_{\text{ср}} = \frac{e_1 + e_2 + e_3}{3}$$

Результаты измерений и расчетов сводятся в табл. 9.1.

6. По результатам измерений табл. 9.1 строятся кривые распределения КЕО по глубине помещения, т.е. на разрезе помещения в каждой расчетной точке откладываются в определенном масштабе $e_{\text{ср}}$, и полученные точки соединяются плавной кривой.

7. Составляется заключение о влиянии высоты подъема окна над уровнем рабочей поверхности h_1 на освещенность в помещении.

Таблица 9.1

Номер рамки	Номер расчетной точки	Отсчеты	N_B	N_H	e	e_{cp}
1	1	1 2 3				
	2	1 2 3				
	3	1 2 3				
	4	1 2 3				
	5	1 2 3				
2	1 2 3 4 5					
3	1 2 3 4 5					

Контрольные вопросы

1. В чем заключается сущность закона проекции телесного угла?
2. Какие допущения приняты для аналитического вывода закона проекции телесного угла?
3. Какое отношение представляет собой геометрическое выражение коэффициента естественной освещенности?
4. Какое практическое значение имеет закон проекции телесного угла?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП131.13330.2012 СНиП 23-01–99. Строительная климатология [Текст]. – М.: Минрегион России, 2012. – 136 с.
2. СП50.13330.2012 СНиП 23-02–2003 Тепловая защита здания [Текст]. – М.: Минрегион России, 2012. – 36 с.
3. СП 23-101–2004. Проектирование тепловой защиты здания. – М.: Госстрой России, 2005. – 140 с.
4. Викторова, О.Л. Строительная физика [Текст]: учеб. пособие / О.Л. Викторова. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 83 с.
5. Викторова, О.Л. Строительная физика. Практические занятия [Текст]: учеб. пособие / О.Л. Викторова. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 88 с.
6. Викторова, О.Л. Строительная физика [Текст]: метод. указания по выполнению расчетно-графической работы / О.Л. Викторова. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 32 с.
7. Архитектурная физика [Текст] / под ред. В.К. Лицкевич. – М.: Архитектура-С, 2007. – 448 с.
8. СП51.13330.2011 СНиП 23-03–2003. Защита от шума [Текст]. – М.: Минрегион России, 2011. – С. 32.
9. СП 23-102–2004 Проектирование звукоизоляции гражданских зданий. [Текст]. – М.: Госстрой России, 2005. – 140 с
10. Гречишкин, А.В. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций зданий [Текст] / А.В. Гречишкин, О.Л. Викторова, С.В. Зворыгина. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 86 с.
11. Разживин, В.М. Проектирование залов с естественной акустикой [Текст] / В.М. Разживин, О.Л. Викторова, Л.Н. Петрянина. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 75 с.
12. Береговой, А.М. Энергоэкономичные и энергоактивные здания в архитектурно-строительном проектировании [Текст] / А.М. Береговой, А.В. Гречишкин, В.А. Береговой. – 3-е изд., перераб. и доп. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 200 с.
13. Соловьев, А.К. Физика среды [Текст] / А.К. Соловьев. – М.: Изд-во АСВ, 2011. – 342 с.
14. СП52.13330.2011 СНиП 23-05–95. Естественное и искусственное освещение. – М.: Минрегион России, 2011.
15. Дятков, С.В. Архитектура промышленных зданий [Текст]: учебник для вузов / С.В. Дятков, А.П. Михеев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 480 с.
16. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Т. II. Основы проектирования [Текст] / под ред. В.М. Предтеченского. – М.: Стройиздат, 1976. – 215 с.
17. Викторова, О.Л. Основы строительной физики [Текст]: учеб. пособие / О.Л. Викторова, О.В. Карпова. – Пенза: ПГУАС, 2005.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Психрометрическая таблица для температур от 0 до +25 °С по влажному термометру

Показания влажного термометра	Разность показаний между сухим и влажным термометрами, °С										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	81	64	50	36	26	16	17	—	—	—
1	100	82	66	52	39	29	19	11	—	—	—
2	100	83	67	54	42	31	23	14	—	—	—
3	100	83	69	56	44	34	20	17	10	—	—
4	100	84	70	57	46	36	28	20	14	—	—
5	100	85	71	59	48	39	30	23	17	10	—
6	100	85	72	61	50	41	33	26	19	13	—
7	100	86	73	62	52	43	35	28	22	15	11
8	100	86	74	63	54	45	37	30	25	18	14
9	100	86	75	65	55	47	39	32	27	22	17
10	100	87	76	66	57	48	41	34	28	23	19
11	100	88	77	67	58	50	43	36	30	25	20
12	100	88	78	68	59	52	44	38	32	27	22
13	100	88	78	68	59	53	46	40	34	29	24
14	100	89	79	70	62	54	47	41	36	31	26
15	100	89	80	71	63	55	49	43	37	33	26
16	100	90	80	72	64	57	50	44	39	34	30
17	100	90	81	73	65	58	52	46	40	36	31
18	100	90	81	74	66	59	53	47	42	37	33
19	100	91	82	74	66	60	54	49	43	39	34
20	100	91	82	75	67	61	55	49	44	40	36
21	100	91	83	75	68	62	56	51	46	41	37
22	100	91	83	76	69	63	57	51	46	42	38
23	100	91	83	76	69	63	58	53	48	43	39
24	100	92	84	77	70	64	59	53	49	44	40
25	100	92	87	77	70	65	59	54	50	45	42

Приложение 2

Значения максимальной упругости водяного пара E , мм рт.ст., (при $B = 755$ мм рт.ст.) при положительных температурах										
°C	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0	4,58	4,61	4,65	4,68	4,72	4,75	4,79	4,82	4,86	4,89
1	4,93	4,96	5,00	5,03	5,07	5,11	5,14	5,18	5,22	5,26
2	5,29	5,33	5,37	5,41	5,45	5,49	5,53	5,57	5,61	5,65
3	5,69	5,73	5,77	5,84	5,85	5,89	5,93	5,97	6,02	6,06
4	6,10	6,14	6,19	6,23	6,27	6,32	6,36	6,41	6,45	6,50
5	6,54	6,59	6,64	6,68	6,73	6,78	6,82	6,87	6,92	6,97
6	7,01	7,06	7,1	7,16	7,21	7,26	7,31	7,36	7,41	7,46
7	7,51	7,57	7,62	7,67	7,72	7,78	7,83	7,88	7,94	7,99
8	8,05	8,10	8,16	8,21	8,27	8,32	8,38	8,44	8,49	8,55
9	8,61	8,67	8,73	8,79	8,85	8,91	8,97	9,03	9,09	9,15
10	9,21	9,27	9,33	9,40	9,45	9,52	9,59	9,65	9,71	9,78
11	9,84	8,91	9,98	10,04	10,11	10,18	10,24	10,31	10,38	10,45
12	10,52	10,59	10,66	10,73	10,80	10,87	10,94	11,01	11,09	11,16
13	11,23	11,31	11,38	11,45	11,53	11,60	11,68	11,76	11,83	11,91
14	11,99	12,07	12,14	12,22	12,30	12,38	12,46	12,54	12,62	12,71
15	12,79	12,87	12,95	13,04	13,12	13,21	13,29	13,38	13,46	13,55
16	13,63	13,72	13,81	13,90	13,99	14,08	14,17	14,26	14,36	14,44
17	14,53	14,62	14,72	14,81	14,90	15,00	15,09	15,19	15,28	15,38
18	15,48	15,58	15,67	15,77	15,87	15,97	16,07	16,17	16,27	16,37
19	16,48	16,58	16,69	16,79	16,89	17,00	17,11	17,21	17,32	17,43
20	17,54	17,64	17,75	17,86	17,97	18,09	18,20	18,31	18,42	18,54
21	18,65	18,77	18,88	19,00	19,11	19,23	19,35	19,47	19,59	19,71
22	19,83	19,95	20,07	20,19	20,32	20,44	20,57	20,69	20,82	20,94
23	21,07	21,20	21,32	21,45	21,58	21,71	21,85	21,9	22,11	22,24
24	22,38	22,51	22,65	22,79	22,92	23,06	23,20	23,34	23,48	23,62
25	23,76	23,90	24,04	24,18	24,33	24,47	24,62	24,62	24,76	25,06

Приложение 3

**Значения максимальной упругости в мм рт.ст.
для отрицательных значений температур**

°C	<i>E</i>	°C	<i>E</i>	°C	<i>E</i>	°C	<i>E</i>	°C	<i>E</i>
0	4,58	-8	2,32	-16	1,13	-24	0,52	-32	0,23
-1	4,22	-9	2,13	-17	1,00	-25	0,47	-33	0,21
-2	3,88	-10	1,95	-18	0,94	-26	0,42	-34	0,19
-3	3,57	-11	1,78	-19	0,85	-27	0,38	-35	0,17
-4	3,28	-12	1,63	-20	0,77	-28	0,34	-36	0,15
-5	3,01	-13	1,49	-21	0,70	-29	0,31	-37	0,13
-6	2,76	-14	1,36	-22	0,64	-30	0,28	-38	0,12
-7	2,53	-15	1,24	-23	0,58	-31	0,25	-39	0,11

Приложение 4

Влажностный режим помещений зданий

Режим	Влажность внутреннего воздуха, %, при температуре, °C		
	до 12	св. 12 до 24	св. 24
Сухой	До 60	До 50	До 40
Нормальный	Св. 60 до 75	Св. 50 до 60	Св. 40 до 50
Влажный	Св. 75	» 60 » 75	» 50 » 60
Мокрый	-	Св. 75	Св. 60

Приложение 5

Таблица перевода омических сопротивлений в градусы, °C

$R, \text{ Ом}$	$t, \text{ }^\circ\text{C}$	$R, \text{ Ом}$	$t, \text{ }^\circ\text{C}$	$R, \text{ Ом}$	$t, \text{ }^\circ\text{C}$
90,4	-24	97,4	-6,5	104,4	11
90,6	-23,5	97,6	-6	104,6	11,5
90,8	-23	97,8	-5,5	104,8	12
91	-22,5	98	-5	105	12,5
91,2	-22	98,2	-4,5	105,2	13
91,4	-21,5	98,4	-4	105,4	13,5
91,6	-21	98,6	-3,3	105,6	14
91,8	-20,5	98,8	-3	105,8	14,5
92	-20	99	-2,5	106	15
92,2	-19,5	99,2	-2	106,2	15,5
92,4	-19	99,4	-1,5	106,4	16
92,6	-18,5	99,6	-1	106,6	16,5
92,8	-18	99,8	-0,5	106,8	17
93	-17,5	100	0	107	17,4
93,2	-17	100,2	0,5	107,2	18
93,4	-16,5	100,4	1	107,4	18,5
93,6	-16	100,6	1,5	107,6	19
93,8	-15,5	100,8	2	107,8	19,5
94	-15	101	2,5	108	20
94,2	-14,5	101,2	3	108,2	20,5
94,4	-14	101,4	3,5	108,4	21
94,6	-13,5	101,6	4	108,6	21,5
94,8	-13	101,8	4,5	108,8	22
95	-12,5	102	5	109	22,5
95,2	-12	102,2	5,5	109,2	23
95,4	-11,5	102,4	6	109,4	23,5
95,6	-11	102,6	6,5	109,6	24
95,8	-10,5	102,8	7	109,8	24,5
96	-10	103	7,5	110	25
96,2	-9,5	103,2	8	110,2	25,5
96,4	-9	103,4	8,5	110,4	26
96,6	-8,5	103,6	9	110,6	26,5
96,8	-8	103,8	9,5	110,8	27
97	-7,5	104	10	111	27,5
97,2	-7	104,2	10,5	111,2	28

Коэффициенты звукопоглощения строительных материалов и конструкций

№ п/п		Коэффициент звукопоглощения на частотах, Гц							
		125	250	500	1000	2000	4000		
1	2	3	4	5	6	7	8		
1	Кирпичная кладка без расшивки швов	0,15	0,19	0,29	0,28	0,38	0,46		
2	То же, с расшивкой швов	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06		
3	Стены оштукатуренные, окрашенные клеевой краской	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04		
4	То же, окрашенные масляной краской	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02		
5	Штукатурка по металлической сетке с воздушной полостью позади	0,04	0,05	0,06	0,08	0,04	0,06		
6	Бетон с железнением поверхности	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02		
7	Мрамор, гранит и другие каменные породы шлифованные	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02		
8	Травертин	0,02	0,03	0,03	0,03	0,035	0,04		
9	Метлахская плитка	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03		
10	Панель деревянная толщиной 10–15 мм с воздушной прослойкой 50–100 мм позади плит	0,3	0,15	0,06	0,05	0,04	0,04		
11	Плиты древесно-стружечные неокрашенные толщиной 20 мм с воздушной прослойкой 50–150 мм	0,1	0,08	0,05	0,05	0,08	0,1		
12	Плиты твердые древесно-волокнистые толщиной 4 мм, плотностью 1000 кг/м ³ , с воздушной прослойкой 50–150 мм	0,3	0,16	0,08	0,05	0,04	0,08		
13	Штукатурка гипсовая сухая толщиной 10 мм с воздушной прослойкой 50–150 мм	0,3	0,25	0,1	0,08	0,05	0,04		
14	Плиты гладкие декоративные с пористым наполнителем без воздушной прослойки	0,05	0,4	0,4	0,4	0,2	0,1		
15	То же, с воздушной прослойкой 50 мм	0,15	0,4	0,4	0,4	0,2	0,1		
16	То же, с воздушной прослойкой 100 мм	0,25	0,4	0,4	0,4	0,4	0,1		
17	Плиты ПА/С с набрызгом без воздушной прослойки	0,05	0,15	0,6	0,8	0,85	0,8		
18	То же, с воздушной прослойкой 50 мм	0,1	0,3	0,8	0,85	0,8	0,7		
19	То же, с воздушной прослойкой 100 мм	0,15	0,5	0,85	0,8	0,8	0,7		

Продолжение прил. 6

1	2	3	4	5	6	7	8
20	Перфорированные минипластины, лист 0,6×1,3 м со стеклотканью с отверстиями диаметром 8 мм, шагом 3 мм с воздушным зазором 100 мм	0,33	0,59	0,67	0,63	0,44	0,42
21	То же, с воздушным зазором 150 мм	0,45	0,65	0,67	0,52	0,5	0,47
22	Фанера толщиной 6 мм и слоем минеральной ваты толщиной 100 мм	0,6	0,23	0,14	0,09	0,08	0,02
23	Переплеты оконные застекленные	0,3	0,2	0,145	0,1	0,06	0,04
24	Светопрозрачные ограждения из стеклоблоков	0,01	0,02	0,02	0,06	0,06	0,06
25	Пол паркетный	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
26	Пол дощатый по лагам	0,1	0,1	0,1	0,08	0,08	0,09
27	Линолеум на твердой основе	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
28	Ковер шерстяной толщиной 9 мм по бетону	0,09	0,08	0,21	0,26	0,27	0,37
29	То же, на войлочной подкладке толщиной 3 мм	0,11	0,14	0,37	0,43	0,27	0,37
30	Портьеры хлопчатобумажные на подкладке со складками, поверхностная плотность ткани 0,5 кг/м ²	0,05	0,3	0,45	0,7	0,65	0,5
31	Портьеры плюшевые со складками, поверхностная плотность ткани 0,65 кг/м ²	0,15	0,35	0,55	0,7	0,7	0,65
32	Фибролит толщиной 50 мм с воздушной прослойкой 50–100 мм	0,2	0,45	0,45	0,5	0,6	0,65
33	Вентиляционные решетки	0,3	0,42	0,5	0,5	0,5	0,51
34	Вода в ванне бассейна	0,01	0,01	0,013	0,015	0,02	0,025
35	Проем сцены, оборудованный декорациями	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
36	Киноэкран	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
<i>Покрытия полов спортивных залов</i>							
37	«Гарафлекс. Спорт М»	0,02	0,03	0,03	0,08	0,06	0,03
38	Искусственная трава фирмы «Полиграс»	0,07	0,07	0,075	0,1	0,39	0,52
39	«Астротурф»	0,1	0,15	0,3	0,5	0,7	0,5
40	«Пуластик»	0,05	0,12	0,2	0,2	0,15	0,1
41	«Спортан» пористый	0,05	0,06	0,7	0,1	0,3	0,5
42	«Спортан»	0,04	0,05	0,08	0,18	0,2	0,3
43	«Риздор»	0,02	0,03	0,04	0,18	0,25	0,17
44	«Гартан»	0,02	0,03	0,06	0,1	0,18	0,17

Окончание прил. 6

2		3	4	5	6	7	8
<i>Специальные звукопоглощающие материалы и конструкции</i>							
45	Плиты гипсовые перфорированные с пористым наполнителем размером 810×810×26 мм – без воздушной прослойки – с воздушной прослойкой, мм 50 100 200	0,05 0,15 0,25 0,35	0,15 0,55 0,55 0,6	0,5 0,55 0,55 0,6	0,65 0,65 0,65 0,7	0,65 0,65 0,65 0,7	0,7 0,7 0,7 0,75
46	Плиты «Силапор» – без воздушной прослойки – с воздушной прослойкой 100 мм	0,2 0,5	0,5 0,7	0,65 0,6	0,6 0,55	0,6 0,55	0,6 0,6
47	Минские плиты А-1 – без воздушной прослойки – с воздушной прослойкой 200 мм	0,1 0,4	0,3 0,65	0,6 0,65	0,7 0,7	0,8 0,75	0,8 0,75
48	Плиты «Москва» – без воздушной прослойки – с воздушной прослойкой 100 мм	0,1 0,2	0,25 0,6	0,8 0,6	0,6 0,5	0,5 0,35	0,35 0,3
49	Плиты «Мелодия» – без воздушной прослойки – с воздушной прослойкой 100 мм	0,15 0,25	0,25 0,5	0,8 0,6	0,4 0,45	0,2 0,3	0,2 0,3
50	Слой пористого звукопоглотителя толщиной не менее 100 мм, покрытый стеклотканью или мешковиной и деревянными рейками шириной 20–25 мм, толщиной 10–12 мм и расстоянием между ними 15–20 мм	0,4	0,7	0,8	0,8	0,75	0,65
51	То же, вместо реек гипсовые плиты размером 400×400×10 и 500×500×10 мм с отверстиями диаметром 10 мм и шагом 24 мм	0,4	0,7	0,75	0,6	0,45	0,3

Приложение 7

Эквивалентная площадь звукопоглощения, м², зрителями и креслами

№ п/п	Зрители и кресла	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
		125	250	500	1000	2000	4000
1	Зрители на мягком кресле	0,25	0,30	0,40	0,45	0,45	0,40
2	То же, на жестком кресле	0,20	0,25	0,30	0,35	0,35	0,35
3	Кресло деревянное жесткое	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05
4	Кресло с обшивкой сиденья искусственной кожей	0,08	0,10	0,12	0,10	0,10	0,08
5	Полумягкое кресло, обитое тканью	0,08	0,10	0,15	0,15	0,20	0,20
6	Мягкое кресло, обитое тка- нью с пористым заполните- лем сиденья и спинки	0,15	0,20	0,20	0,25	0,30	0,30

Приложение 8

Конструкция пола	f_0 , Гц	Индексы приведенного уровня ударного шума под перекрытием L_{nw} при индексе для несущей плиты перекрытия L_{nwo}					
		86	84	82	80	78	76
1. Деревянные полы по лагам, уложенным на ЗИ слой в виде ленточных прокладок с $E_d=5 \cdot 10^5 - 12 \cdot 10^5$ Па при расстоянии между полом и несущей плитой 60–70 мм	160	59	58	56	55	54	54
	200	61	60	58	57	55	54
	250	62	61	59	58	56	55
	315	64	62	60	59	57	56
2. Покрытие пола на монолитной стяжке или сборных плитах с $m=60$ кг/м ² по ЗИ слою с $E_d=3 \cdot 10^5 - 10 \cdot 10^5$ Па	60	61	58	56	54	51	49
	80	62	59	57	56	53	52
	100	63	60	58	57	56	55
	125	66	63	61	59	58	57
	160	68	65	63	61	60	58
	200	70	68	66	64	62	60
3. То же по ЗИ слою из песка или шлака с $E_d=8 \cdot 10^6 - 13 \cdot 10^6$ Па	160	62	60	58	57	55	54
	200	65	63	61	59	58	57
	250	67	65	63	61	60	59
	315	71	69	67	66	64	63
4. Покрытие пола на монолитной стяжке или сборных плитах $m=120$ кг/м ² по ЗИ слою с $E_d=3 \cdot 10^5 - 10 \cdot 10^5$ Па	60	59	56	54	52	50	48
	80	61	58	56	54	52	50
	100	63	60	58	57	55	53
	125	65	62	60	58	56	54
	160	67	64	62	60	58	56
	200	68	65	64	62	60	58
5. То же по ЗИ слою из песка или шлака с $E_d=8 \cdot 10^6 - 13 \cdot 10^6$ Па	160	61	58	56	55	53	52
	200	63	60	58	57	55	54
	250	65	63	61	59	58	57
	315	69	67	65	64	62	61

Примечание. При поверхностной плотности стяжки (сборных плит) между 60 и 120 кг/м² индексы определять по интерполяции, округляя до целого числа, дБ.

Приложение 9

Перекрытие	Поверхностная плотность плиты перекрытия, кг/м ²	Значения L_{mwo} , дБ
Со сплошными плитами	150	86
	200	84
	250	82
	300	80
	350	78
	450	76

Приложение 10

Материалы	Плотность, кг/м ³	Динамический модуль упругости E_d , Па, и относительное сжатие ϵ_d материала звукоизоляционного слоя при нагрузке на звукоизоляционный слой, Па					
		2000		5000		10000	
		E_d	ϵ_d	E_d	ϵ_d	E_d	ϵ_d
1. Плиты минераловатные на синтетическом связующем полужесткие, жесткие	70–90	$3,6 \cdot 10^5$	0,5	$4,5 \cdot 10^5$	0,55	$5,6 \cdot 10^5$	0,7
	95–100	$4,0 \cdot 10^5$	0,5	$5,0 \cdot 10^5$	0,55	$6,0 \cdot 10^5$	0,65
	110–125	$4,5 \cdot 10^5$	0,5	$5,5 \cdot 10^5$	0,5	$7,0 \cdot 10^5$	0,6
	130–150	$5,0 \cdot 10^5$	0,4	$6,0 \cdot 10^5$	0,45	$8,0 \cdot 10^5$	0,55
2. Маты минераловатные прошивные по ТУ 21–24–51–73	75–125	$4,0 \cdot 10^5$	0,65	$5,0 \cdot 10^5$	0,7	–	–
	126–175	$5,0 \cdot 10^5$	0,5	$6,5 \cdot 10^5$	0,55	–	–
3. Пенополиэтиленовый материал «Вилатерм»		$2,7 \cdot 10^5$	0,03	$3,6 \cdot 10^5$	0,15	$4,2 \cdot 10^5$	0,25
4. Плиты древесноволокнистые мягкие по ГОСТ 4598–74*	250	$10 \cdot 10^5$	0,1	$11 \cdot 10^5$	0,1	$12 \cdot 10^5$	0,15
5. Шлак крупностью до 15 мм	500–800	$80 \cdot 10^5$	0,08	$90 \cdot 10^5$	0,09	–	–
6. Песок прокаленный	1300–1500	$120 \cdot 10^5$	0,03	$130 \cdot 10^5$	0,04	–	–

Нормативные индексы звукоизоляции

№	Наименование и расположение ограждающей конструкции	R_w , дБ	L_w , дБ
1	2	3	4
1	<i>Жилые здания</i> Перекрытия между помещениями квартир и отделяющие помещения квартир от холлов, лестничных клеток и используемых чердачных помещений: – в домах категории А – в домах категории Б – в домах категории В	54 52 50	55 58 60
2	Перекрытия между помещениями квартир и расположенными под ними магазинами: – в домах категории А – в домах категории Б – в домах категории В	59 57 57	55 58 58
3	Перекрытия между комнатами в квартире в двух уровнях: – в домах категории А – в домах категории Б – в домах категории В	47 45 43	63 66 68
4	Стены между помещениями квартир и магазинами: – в домах категории А – в домах категории Б и В	59 57	– –
5	Перекрытия между жилыми помещениями общежитий	50	60
6	Перекрытия, отделяющие помещения культурно-бытового обслуживания общежитий друг от друга и от помещений общего пользования (холлы, вестибюли и пр.)	47	65
7	Перекрытия между помещениями квартиры и расположенными под ними административными помещениями, офисами: – в домах категории А – в домах категории Б и В	52 50	58 60
8	Стены и перегородки между квартирами, между помещениями квартир и лестничными клетками, холлами, коридорами, вестибюлями – в домах категории А – в домах категории Б – в домах категории В	54 52 50	– – –
9	Перегородки между комнатами, между кухней и комнатой в квартире – в домах категории А – в домах категории Б и В	43 41	– –

Продолжение прил. 11

1	2	3	4
10	Стены и перегородки между комнатами общежитий	50	–
11	Стены и перегородки, отделяющие помещения культурно-бытового обслуживания общежитий друг от друга и от помещений общего пользования (холлы, вестибюли, лестничные клетки)	47	
12	Стены с дверью между квартирой и лестничной клеткой		
	– в домах категории А	34	–
	– в домах категории Б	32	–
	– в домах категории В	30	–
	<i>Гостиницы</i> Перекрытия между номерами		
	– категории А	52	57
	– категории Б	50	60
	– категории В	48	62
	Перекрытия, отделяющие номера от помещений общего пользования (вестибюли, холлы, буфеты)		
	– категории А	54	55
	– категории Б и В	52	58
	Перекрытия, отделяющие номера от помещений ресторанов, кафе		
	– категории А	62	57
	– категории Б и В	59	60
	Стены и перегородки между номерами		
	– категории А	52	–
	– категории Б	50	–
	– категории В	48	–
	Стены и перегородки, отделяющие номера от помещений общего пользования (лестничные клетки, вестибюли, холлы, буфеты)		
	– категории А	54	–
	– категории Б и В	52	–
	Стены и перегородки, отделяющие номера от ресторанов, кафе		
	– категории А	62	–
	– категории Б и В	59	–
	<i>Административные здания, офисы</i> Перекрытия между рабочими комнатами, кабинетами, секретариатами и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования (вестибюли, холлы)		
	– категории А	52	63
	– категории Б и В	50	66

Продолжение прил. 11

1	2	3	4
	Перекрытия, отделяющие рабочие комнаты, кабинеты от помещений с источниками шума (машбюро, телетайпные и т.п.) – категории А – категории Б и В	54 52	60 63
	Стены и перегородки между кабинетами и отделяющие кабинеты от рабочих комнат – категории А – категории Б и В	51 49	– –
	Стены и перегородки между рабочими комнатами – категории А – категории Б и В	47 45	– –
	Стены и перегородки, отделяющие рабочие комнаты от помещений общего пользования (вестибюли, холлы, буфеты) и от помещений с источниками шума (машбюро, телетайпные и т.п.) – категории А – категории Б и В	50 48	– –
	Стены и перегородки, отделяющие кабинеты от помещений общего пользования и шумных помещений – категории А – категории Б и В	54 52	– –
	<i>Больницы и санатории</i> Перекрытия между палатами, кабинетами врачей	47	60
	Перекрытия между операционными и отделяющие операционные от палат и кабинетов	57	60
	Перекрытия, отделяющие палаты, кабинеты врачей от помещений общего пользования (вестибюли, холлы)	52	63
	Перекрытия, отделяющие палаты, кабинеты врачей от столовых, кухонь	57	50
	Стены и перегородки между палатами, кабинетами врачей	47	–
	Стены и перегородки между операционными и отделяющие операционные от других помещений. Стены и перегородки, отделяющие палаты и кабинеты от столовых и кухонь	57	–
	Стены и перегородки, отделяющие палаты и кабинеты от помещений общего пользования	52	–
	<i>Учебные заведения</i> Перекрытия между классами, кабинетами, аудиториями и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования (коридоры, вестибюли, холлы)	47	63
	Перекрытия между музыкальными классами средних учебных заведений	57	58

Окончание прил. 11

1	2	3	4
	Перекрытия между музыкальными классами высших учебных заведений	60	53
	Стены и перегородки между классами, кабинетами и аудиториями и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования	47	–
	Стены и перегородки между музыкальными классами средних учебных заведений и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования	57	–
	Стены и перегородки между музыкальными классами высших учебных заведений	60	–
	<i>Детские дошкольные учреждения</i> Перекрытия между групповыми комнатами, спальнями	47	63
	Перекрытия, отделяющие групповые комнаты, спальни от кухонь	51	63
	Стены и перегородки между групповыми комнатами, спальнями и между другими детскими комнатами	47	–
	Стены и перегородки, отделяющие групповые комнаты, спальни от кухонь	51	–

Примечание. К гостиницам категории А относятся гостиницы, имеющие по международной классификации четыре и пять звезд; к категории Б – три звезды; к категории В – менее трех звезд.

Приложение 12

Плотность бетона, γ , кг/м ³	f_b , Гц
≥ 1800	$28500/h$
1700	$29500/h$
1600	$30500/h$
1500	$31500/h$
1400	$32500/h$
1300	$33500/h$
1200	$34500/h$
1100	$35500/h$
1000	$36500/h$
800	$38500/h$
600	$39500/h$

Примечания:

1. h – толщина ограждения в мм.
2. Для промежуточных значений плотности бетона частота f_b определяется интерполяцией.

Приложение 13

Среднегеометрическая частота 1/3-октавной полосы, Гц	Границы 1/3-октавной полосы, Гц
50	45–56
63	57–70
80	71–80
100	89–111
125	112–140
160	141–176
200	177–222
250	223–280
315	281–353
400	354–445
500	446–561
630	562–707
800	708–890
1000	891–1122
1250	1123–1414
1600	1415–1782
2000	1783–2244
2500	2245–2828
3150	2829–3563
4000	3564–4489
5000	4490–5657

Приложение 14

Для сплошных ограждающих конструкций из бетона на легких заполнителях коэффициент K определяется по таблице:

Вид материала	Марка	Плотность	K
1	2	3	4
Керамзитобетон	М-100	1500–1550	1,1
		1300–1450	1,2
		1200	1,3
		1100	1,4
		1700–1750	1,1
	М150-200	1500–1650	1,2
		1350–1450	1,3
		1250	1,4
		1300	1,3
Перлитобетон	М-100	1100–1200	1,4
		950–1000	1,5
		1550–1650	1,1
Аглопоритобетон	М-100	1300–1500	1,3
		1500–1800	1,2
		1600–1700	1,2
Шлакопемзобетон	М-100	1700–1800	1,2
		1700–1800	1,2
1	2	3	4
Бетон на вулканическом шлаке, пемзе, туфе	М-100	1500–1650	1,2
		1300–1400	1,3
		1600–1800	1,1
		1500	1,2
		1700	1,2
Газобетон, пенобетон, газосиликат	М-70	1000	1,5
		800	1,6
		600	1,7
Кладка из кирпича, пустотелых керамических блоков		1500–1600	1,1
		1200–1400	1,2
Гипс, гипс поризованный, гипс с легкими заполнителями	М-80	1200	1,3
		М-100	1000

Приложение 15

Материалы	Плотность, кг/м ³	f_e , Гц	f_c , Гц	R_e , дБ	R_c , дБ
1. Сталь	7800	6000/ h	12000/ h	40	32
2. Алюминиевые сплавы	2500–2700	6000/ h	12000/ h	32	22
3. Стекло силикатное	2500	6000/ h	12000/ h	35	29
4. Стекло органическое	1200	17000/ h	34000/ h	37	30
5. Асбоцемент	2100	9000/ h	18000/ h	35	29
ные листы	1800	9000/ h	18000/ h	34	28
	1600	10000/ h	20000/ h	34	28
6. Гипсокартонные листы	1100	19000/ h	38000/ h	36	30
(сухая гипсовая штукатурка)	850	19000	38000/ h	34	28
7. Древесно-стружечная	850	13000/ h	26000/ h	32	27
плита (ДСП)	650	13500/ h	27000/ h	30,5	26
8. Твердая древесно-волокнистая плита (ДВП)	1100	19000/ h	38000/ h	35	29

Примечание. h – толщина в мм.

О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	5
ПЛАН ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	7
Раздел 1. СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА	8
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1	8
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2	11
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3	14
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4	16
Раздел 2. АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ АКУСТИКА И ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ	20
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5	20
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6	26
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7	32
Раздел 3. ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ СВЕТОТЕХНИКИ	36
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8	36
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9	47
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	53
ПРИЛОЖЕНИЯ	54

Учебное издание

Викторова Ольга Леонидовна

СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

Методические указания к выполнению лабораторных работ
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

Р е д а к т о р Н.Ю. Шалимова

В е р с т к а Т.А. Лильп

Подписано в печать 10.02.16. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 4,19. Уч.-изд.л. 4,5. Тираж 80 экз.
Заказ № 103.

Издательство ШУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.