

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

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

О.Л. Викторова

# **СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА**

## **Практикум**

Рекомендовано Редсоветом университета  
в качестве учебного пособия для студентов,  
обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство»

Пенза 2015

УДК 53: 69 (075.8)  
ББК 38.113 я 75  
В43

Рецензенты – доктор технических наук, профессор  
А.М. Береговой (ПГУАС);  
кандидат технических наук, главный  
инженер проекта ООО Гражданпроект  
С.В. Зворыгина

**Викторова О.Л.**

В43 Строительная физика: практикум / О.Л. Викторова. – Пенза:  
ПГУАС, 2015. – 92 с.

Рассмотрены теоретические основы для подготовки к практическим занятиям по трем разделам дисциплины «Строительная физика»: строительные теплотехника, акустика, светотехника. Изложены методы нормирования, расчета и проектирования ограждающих конструкций, акустики и звукоизоляции помещений, естественного освещения. Приведены справочные материалы с учетом современных нормативных требований к тепловой защите, звукоизоляции и естественной освещенности помещений. Пособие содержит материалы, предназначенные для фонда оценочных средств

Пособие подготовлено на кафедре «Городское строительство и архитектура» и предназначено для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01 «Строительство», в качестве основной литературы и в качестве дополнительной – для студентов специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» по дисциплине «Строительная физика».

© Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, 2015  
© Викторова О.Л., 2015

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Необходимость издания данного учебного пособия диктуется прежде всего введением нового государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по обучению студентов по направлению «Строительство», согласно которому все виды учебных занятий должны быть подкреплены учебно-методическим материалом по изучаемой дисциплине. Так, при изучении дисциплины «Строительная физика» студенты, в соответствии с учебным планом, должны прослушать не только курс лекций, но и выполнить ряд практических заданий. Для более плодотворной работы студентов на практических занятиях и успешного восприятия рассматриваемого материала подготовлено данное учебное пособие.

Согласно действующему учебному плану на практические занятия по дисциплине «Строительная физика» отводится 18 часов, что соответствует девяти практическим занятиям. Практические занятия рассматриваются по трем разделам, и процесс изучения дисциплины «Строительная физика» направлен на формирование общепрофессиональных компетенций, среди них:

- способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ПК– 2);

- знание нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений (ПК-9).

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

Второй раздел посвящен темам по архитектурной и строительной акустике. Его цель – научить студентов оценивать не только акустическое восприятие в рассматриваемом помещении, но и оценивать звукоизоляционную способность ограждающих конструкций помещения, соответствующую его назначению.

В третьем разделе рассмотрены вопросы естественного освещения помещений, его нормирования, отвечающую требованиям норм проектирования.

Учебное пособие содержит методики по выполнению расчетов, примеры по их оформлению, а также справочные материалы. В результате освоения дисциплины студент должен

**Знать:** основные законы, формирующие физико-технические основы проектирования зданий.

**Уметь:** выявлять естественно-научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности. Выполнять необходимые расчеты по теплотехнике, акустике и светотехнике, обеспечивающие нормальный микроклимат в помещении для находящихся там людей и использовать полученные знания при проектировании зданий.

**Владеть:** нормами и методами проектирования гражданских и промышленных зданий как единого целого, состоящего из связанных и взаимодействующих друг с другом несущих и ограждающих конструкций, навыками конструирования ограждающих конструкций с учетом их теплотехнических и звукоизоляционных свойств.

## ВВЕДЕНИЕ

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. Ограждения должны вместе с тем 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.

Данное учебное пособие поможет студентам, обучающихся по направлению «Строительство», подготовиться к практическим занятиям по дисциплине «Строительная физика», а также выполнять необходимые расчеты по рассматриваемой тематике, так как пособие содержит приложения с нормативными данными, используемыми при исследованиях и решениях задач.

# 1. ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОТЕХНИКИ

## Практическое занятие 1

### Измерение скорости воздушных потоков. Определение кратности воздухообмена в помещении

**Цель занятия:** определить скорость воздушных потоков и рассчитать кратность воздухообмена в аудитории.

#### Теоретическая часть

К важнейшим факторам, которые оказывают большое влияние на самочувствие находящихся в помещении людей, относятся: *температура и влажность воздуха*, а их изменения в зависимости от периодов года и особенностей технологических процессов; распределение в пространстве аэродинамических давлений и связанный с этим естественный воздухообмен и аэрация помещений; воздействие солнечной радиации (через окна, покрытия, стены).

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 объема воздуха, поступающего в помещение в течение одного часа, к кубатуре помещения  $V_0$  т.е.

$$n = \frac{V}{V_0} \left[ \frac{1}{\text{час}} \right]. \quad (1.1)$$

С помощью анемометра определяют скорость воздушного потока в проёмах.

Количество воздуха, поступающего через "живое сечение" открытого проёма  $F$  ( $\text{м}^2$ ) при скорости воздушного потока  $v$  ( $\text{м/с}$ ), 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 загрязняющего воздуха – в верхней.

#### Практическая часть

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

Ручной чашечный анемометр (рис. 1.1) служит для определения средних скоростей ветра. Приемная часть прибора – вертушка 2 из четырех полых полушарий, обращенных выпуклыми поверхностями в одну сторону. Счетный механизм 3 заключен в пластмассовую коробку. Вертушка закреплена на металлической оси, нижний конец которой связан со счетным механизмом; проволочные дужки 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/сек; порог чувствительности 0,8 м/сек.

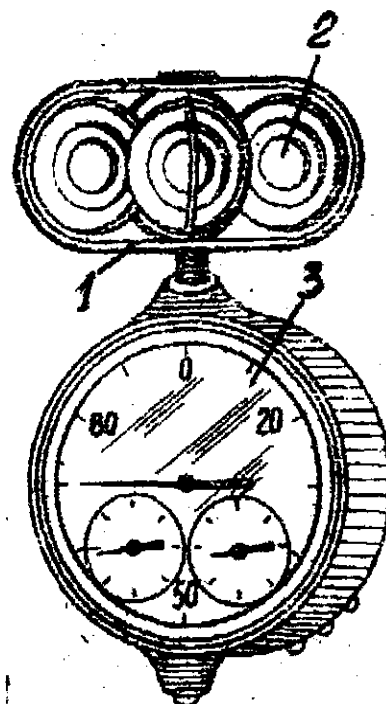


Рис. 1.1. Ручной чашечный анемометр

Современный прибор для определения скорости воздушных потоков – Метеометр МЭС 200 (рис. 1.2).

*Метеометр МЭС-200* предназначен для измерения атмосферного давления, относительной влажности воздуха, температуры воздуха, скорости воздушного потока внутри помещения или в вентиляционных трубопроводах.



Рис. 1.2. Метеометр МЭС-200

*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 падение напряжения на нем, которое и является мерой измерения скорости и 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.

#### Технические характеристики прибора

Температура воздуха, С	Относительная влажность, %	Атмосферное давление $P$	Скорость воздушного потока $v$ , м/с
$(-10...50) \pm 0,2$	$(10...98) \pm 3$ при $t=(25 \pm 5)^\circ\text{C}$	$(80...110 \text{ кПа})$	$0,1...5$



### 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  $V$ , м<sup>3</sup>/с, проходящего через «живое сечение» открытого проема площадью  $F$ , м<sup>2</sup>, при скорости воздуха в этом проеме  $U$ , м/с, по формуле (1.2).
5. Определить кратность воздухообмена  $n$  за 1 час в помещении объемом  $W$ , м<sup>3</sup>, при расходе воздуха  $V$ , м<sup>3</sup>/с, по формуле (1.3).

### 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?

## Практическое занятие 2

### Определение температурно-влажностного режима в аудитории

**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 устанавливается по табл. 2.1.

Т а б л и ц а 2.1

Влажностный режим помещений зданий

Режим в помещении	Влажность внутреннего воздуха, %, при температуре, °С		
	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	св. 60 до 75	св. 50 до 60
– мокрый	–	св. 75	св. 60

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, содержащихся в одном кубометре воздуха. Обозначается абсолютная влажность буквой  $f$ , единицей измерения является ( $\text{г}/\text{м}^3$ ).

Для расчётов диффузии (проникновения) водяного пара через ограждающие конструкции не пользуются величиной абсолютной влажностью, а пользуются величиной 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**  $\varphi$ , представляющая собой отношение парциального давления водяного пара ( $e$ ) в рассматриваемой воздушной среде к максимальной упругости водяного пара ( $E$ ), при 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  $\varphi$  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.

### Приборы и оборудование

Для определения физического состояния микроклимата помещения по параметрам температуры внутреннего воздуха ( $t_{int}$ ) и относительной влажности ( $\varphi$ ) служат психрометры Августа и Ассмана.

Психрометр Ассмана состоит из двух термометров (один из них обычный, применяемый для измерения температуры, а нижняя часть другого обёрнута тканью, которая увлажняется водой) и вентилятора для обдува шариков с рабочей поверхностью, что позволяет получать более точные данные, чем при использовании психрометра 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 определяется 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 (прил. 2).

#### Порядок выполнения работы

1. Снять отсчеты по психрометру в трех точках: верхней, рабочей и нижней зонах с точностью до  $0,25^{\circ}\text{C}$ . Результаты записать в табл.2.2.

2. Определить разность показаний термометров и по психрометрической таблице (см.прил.1) установить значения относительной влажности. Результаты записать в табл.2.2.

3. Определить по прил.2 максимальную упругость водяного пара  $E$ , вычислить парциальное давление  $e$ . Результаты записать в табл.2.2.

4. Определить температуру точки росы. Результаты записать в табл.2.2.

5. По результатам проделанной работы сделать вывод о температурно-влажностном режиме помещения.

Т а б л и ц а 2.2

Номер замеров	Температура сухого термометра, $^{\circ}\text{C}$	Температура влажного термометра, $^{\circ}\text{C}$	Психрометрическая разность, $^{\circ}\text{C}$	Относительная влажность в помещении, %	Максимальная упругость водяного пара, мм рт.ст.	Парциальное давление, мм рт.ст.	Температура точки росы, $^{\circ}\text{C}$
1	2	3	4	5	6	7	8

#### Контрольные вопросы

1. Дайте определение абсолютной и относительной влажности воздуха.
2. Что такое температура точки росы?
3. Условие образования конденсата.
4. Принцип действия психрометра.
5. Как влияет температурно-влажностный режим на теплопотери помещения?

## Практическое занятие 3 Теплотехнический расчет наружной стены

**Цель занятия:** исходя из требований по тепловой защите здания, запроектировать конструкцию наружной стены.

### Теоретическая часть

Тепловая защита здания обеспечивается, если выполняются два условия:

1. Общее сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции должно быть больше или равно нормируемого сопротивления теплопередаче конструкции с учетом энергосбережения:

$$R_0 > R_{reg}.$$

2. Расчетный температурный перепад между температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции и температурой воздуха внутри помещения не должен превышать нормируемого температурного перепада:

$$\Delta t_0 < \Delta t_n.$$

Общее сопротивление теплопередаче конструкции равно сумме трех сопротивлений:

– сопротивлению теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции

$$R_{si} = \frac{1}{\alpha_{int}} \text{ ((м}^2 \cdot \text{°C)/Вт)};$$

– сумме термических сопротивлений конструктивных слоев

$$R_i = \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \text{ ((м}^2 \cdot \text{°C)/Вт)};$$

– сопротивлению теплоотдачи внешней поверхности ограждающей конструкции

$$R_{se} = \frac{1}{\alpha_{ext}}; \text{ ((м}^2 \cdot \text{°C)/Вт)}.$$

$$\text{Тогда } R_0 = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{ext}}; \text{ ((м}^2 \cdot \text{°C)/Вт)}.$$

Расчетный температурный перепад между температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции и температурой воздуха внутри помещения определяется по формуле

$$\Delta t_0 = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{R_0 \cdot \alpha_{int}}.$$

Пояснения всех параметров рассматриваемых формул приводятся далее в исходных данных для расчета.

Выполним теплотехнический расчет наружной стены жилого здания в г. Пензе.

*Исходные данные для расчета :*

Город строительства	<i>Пенза</i>
Тип здания	<i>Жилое здание</i>
Тип ограждающей конструкции	<i>Наружные стены</i>

*Состав ограждающей конструкции*

	Материал слоя	Толщина, м
1	Цементно-песчаный раствор, 1800	0,02
2	Блоки из пенобетона, 600	0,3
3	Пенополистирол ПСБ-С25Ф (ТУ 2244-051-04001232-99)	0,12
4	Цементно-песчаный раствор, 1800	0,02

*Дополнительные исходные данные:*

- расчетная температура внутреннего воздуха  $t_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- расчетная влажность внутреннего воздуха  $w_B = 55\%$ ;
- г. Пенза [4, прил.В] *зона сухая*

### 1. Определение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

*Определяемые и рассчитываемые параметры:*

- влажностный режим помещения [прил.4, табл. 1] *нормальный*;
- условия эксплуатации ограждающих конструкций [прил.4, табл. 2] *A*;
- коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху [прил.4, табл. 6]  $n = 1$ ;

• расчетная температура внутреннего воздуха, принимаемая согласно ГОСТ 30494, СанПиН 2.1.2.1002 и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений (задание на проектирование)  $t_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

• расчетная зимняя температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 [прил.5, столбец 5]  $t_{ext} = -29 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

• коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [прил.4, табл. 7]  $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$ ;

• коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [прил.4, табл. 8]  $\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$ ;

- расчетный коэффициент теплопроводности материала первого слоя [прил. 7]  $\lambda_1 = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С})$ ;
- расчетный коэффициент теплопроводности материала второго слоя [прил. 7]  $\lambda_2 = 0,22 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С})$ ;
- расчетный коэффициент теплопроводности материала третьего слоя [прил. 7]  $\lambda_3 = 0,031 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С})$ ;
- расчетный коэффициент теплопроводности материала четвертого слоя [прил. 7]  $\lambda_4 = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С})$ ;
- нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции [прил. 4, табл. 5]  $\Delta t_n = 4 \text{ }^\circ\text{С}$ ;
- требуемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из санитарно-гигиенических и комфортных условий определить по формуле

$$R_{red} = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{\Delta t_n \cdot \alpha_{int}} = \frac{1 \cdot (20 - (-29))}{4 \cdot 8,7} = 0,626 \text{ (м}^2\cdot^\circ\text{С)}/\text{Вт};$$

- длительность отопительного периода [прил.5, столбец 8]  $z_{ht} = 207 \text{ сут}$ ;
- средняя температура отопительного периода наружного воздуха за отопительный период [прил.5, столбец 9]  $t_{ht} = -4,5 \text{ }^\circ\text{С}$ ;
- градусо-сутки отопительного периода

$$\text{ГСОП}(D_d) = (t_{int} - t_{ht}) \cdot z_{ht} = (20 - (-4,5)) \cdot 207 = 5071,5;$$

- определяется нормируемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из условий энергосбережения [прил.4, табл. 4] в зависимости от ГСОП, вида ограждающей конструкции и группы здания

$$R_{reg} \text{ (м}^2\cdot^\circ\text{С)}/\text{Вт};$$

- для величин  $D_d$ , отличающихся от табличных значений нормируемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции ( $R_{reg}$ ), следует определять по формуле

$$R_{reg} = a \cdot D_d + b,$$

где  $a, b$  – коэффициенты, значения которых следует определять по [прил.4, табл.4] для соответствующих групп зданий.

- Нормируемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из условия энергосбережения  $R_{reg} = 3,175 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{С}/\text{Вт}$ ;

- Общее сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,020}{0,76} + \frac{0,300}{0,22} + \frac{0,120}{0,031} + \frac{0,020}{0,76} + \frac{1}{23} =$$

$$= 5,446 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт};$$

## 2. Определение расчетного температурного перепада

- расчетный температурный перепад между температурой внутри помещения и температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции определяется по формуле

$$\Delta t_0 = \frac{n \cdot (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{R_0 \cdot \alpha_{\text{int}}} = \frac{1 \cdot (20 - (-29))}{5,44 \cdot 8,7} = 1,035 \text{ °C}.$$

### Вывод

Поскольку общее сопротивление теплопередаче больше нормируемого значения сопротивления с учетом энергосбережения:

$$R_0 = 5,446 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} < R_{\text{рег}} = 3,175 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$$

и расчетный температурный перепад меньше нормируемого

$$\Delta t_0 = 1,035 \text{ (°C)} < \Delta t_n = 4,0 \text{ (°C)},$$

следовательно, конструкция удовлетворяет требованиям тепловой защиты здания.

### Контрольные вопросы

1. Физический смысл коэффициента теплопроводности.
2. От чего зависит коэффициент теплопроводности материала?
3. Как определить термическое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции?
4. Как определить нормируемое сопротивление теплопередаче с учетом энергосбережения?
5. Условия тепловой защиты здания.



## Практическое занятие 4 Исследование распределения температур в толще наружного ограждения

**Цель занятия:** изучение распределения температур в толще однородной и слоистой (с утеплением) наружной стены.

### 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 ( $t_{int} - t_{ext}$ ), толщины ограждения и влажностного состояния, материала конструкции (объемного веса,  $\text{кг/м}^3$ ), качества материала и качества выполнения конструкции.

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

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{ext}}.$$

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

$$t_x = t_{int} - \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0} \cdot \left( \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum (n-1)R_x \right),$$

где  $\sum (n-1)R_x$  – сумма термических сопротивлений предыдущих конструктивных слоев,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ .

### *Конструктивное решение наружных стен*

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 ограждающей конструкции без утепления*

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

Для сравнения возьмем вариант с наружным утеплением данной стены  
*Состав ограждающей конструкции с утеплением:*

	Материал слоя	Толщина, м
1	Цементно-песчаный раствор, 1800 кг/м <sup>3</sup>	0,02
2	Кирпичная кладка из кирпича глиняного обыкновенного, 1400 кг/м <sup>3</sup>	0,510
3	Пенополистирол (ТУ 2244-051-04001232-99) 100 кг/м <sup>3</sup>	0,08
4	Цементно-песчаный раствор, 1800 кг/м <sup>3</sup>	0,02

*Дополнительные исходные данные:*

- расчетная температура внутреннего воздуха  $t_{int} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$
- расчетная влажность внутреннего воздуха  $w_B = 55\%$
- г. Пенза [прил.6] *зона сухая*

#### Определение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

*Определяемые и рассчитываемые параметры:*

- влажностный режим помещения [прил.4, табл.1] *нормальный;*
- условия эксплуатации ограждающих конструкций [прил. 4, табл.2] *A;*
- коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху [прил.4, табл. 6]  $n = 1;$
- 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 [прил.5, столбец 5]  $t_{ext} = -29 \text{ }^\circ\text{C};$
- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [прил.4, табл. 7]  $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C});$
- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [прил.4, табл. 8]  $\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C});$
- расчетный коэффициент теплопроводности материала первого слоя [прил. 7]  $\lambda_1 = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C});$
- расчетный коэффициент теплопроводности материала второго слоя [ прил. 7]  $\lambda_2 = 0,70 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C});$
- расчетный коэффициент теплопроводности материала третьего слоя [прил. 7]  $\lambda_3 = 0,041 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C});$
- расчетный коэффициент теплопроводности материала четвертого слоя [прил. 7]  $\lambda_4 = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C});$

- Общее сопротивление теплопередаче неутепленной ограждающей конструкции

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} = ? \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

- Общее сопротивление теплопередаче утепленной ограждающей конструкции

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}} = ? \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт};$$

Определение температуры в толще наружной стены без утепления (однородной) и утеплением (слоистой)

По полученным результатам строим графики распределения температур, делаем вывод.

#### 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. Как распределяется температура в толще однородного конструктивного слоя?
5. От чего зависит угол наклона кривой температур к горизонту?

## Практическое занятие 5

### Исследование распределения парциального давления в толще наружного ограждения

**Цель занятия:** изучение распределения парциального давления в толще однородной и слоистой (с утеплением) наружной стены и определение возможности образования конденсата в ее толще.

#### Теоретическая часть

Определение парциального давления в различных слоях ограждений весьма важно для оценки влажностного состояния конструкции и определения возможности образования конденсата в ее толще.

Общее сопротивление паропроницаемости ограждающей конструкции  $R_{оп}$  состоит из суммы трех сопротивлений: сопротивления паропроницаемости внутренней поверхности стены  $R_{вп}$ , суммы сопротивлений паропроницаемости конструктивных слоев  $R_n = \sum_i \frac{\delta_i}{\mu_i}$  и сопротивления паропроницаемости наружной поверхности стены  $R_{нп}$ . Определяется сопротивление паропроницаемости по формуле

$$R_{оп} = R_{вп} + \sum \frac{\delta_i}{\mu_i} + R_{нп} ,$$

где  $R_{вп} = k \left( 1 - \frac{\Phi_B}{100} \right)$  мм рт. ст. м<sup>2</sup>ч/г = Па · с/г

$R_{нп} = k \left( 1 - \frac{\Phi_H}{100} \right)$  мм рт. ст. м<sup>2</sup>ч/г = Па · с/г

$k$  – коэффициент, равен 1.

Парциальное давление в толще  $n$ -го слоя ограждения при парциальном давлении внутри помещения  $e_v$  и снаружи  $e_n$  определяется по формуле

$$l_x = l_B - \frac{l_B - l_H}{R_{оп}} \left( \sum_{n-1} (n-1)R_n + R_{вп} \right) ,$$

где  $\sum (n-1)R_n$  – сумма сопротивлений паропроницанию предыдущих конструктивных слоев, мм рт.ст. м<sup>2</sup>·ч/г.

#### *Конструктивное решение наружных стен*

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 ограждающей конструкции без утепления*

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

Для сравнения возьмем вариант с наружным утеплением данной стены  
*Состав ограждающей конструкции с утеплением*

	Материал слоя	Толщина, м
1	Цементно-песчаный раствор, 1800 кг/м <sup>3</sup>	0,02
2	Кирпичная кладка из кирпича глиняного обыкновенного, 1400 кг/м <sup>3</sup>	0,510
3	Пенополистирол (ТУ 2244-051-04001232-99) 100 кг/м <sup>3</sup>	0,08
4	Цементно-песчаный раствор, 1800 кг/м <sup>3</sup>	0,02

*Дополнительные исходные данные:*

- расчетная температура внутреннего воздуха  $t_{\text{int}} = 18 \text{ }^\circ\text{C};$
- расчетная температура наружного воздуха  $t_{\text{ext}} = -29 \text{ }^\circ\text{C};$
- расчетная влажность внутреннего воздуха  $w_{\text{в}} = 55\%;$
- расчетная влажность наружного воздуха  $w_{\text{н}} = 85\%;$
- г. Пенза [прил.6] *зона сухая*

**Определение сопротивления паропроницаемости ограждающих конструкций**

*Определяемые и рассчитываемые параметры:*

- влажностный режим помещения определяется по [прил.4, табл. 1] нормальный;
- условия эксплуатации ограждающих конструкций [прил.4, табл. 2] А;
- коэффициент паропроницаемости цементно-песчаного раствора [прил. 7]  $\mu_1 = 0,012 \text{ г}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{мм рт.ст.});$
- расчетный коэффициент паропроницаемости кирпича [прил. 7]  $\mu_2 = 0,014 \text{ г}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{мм рт.ст.});$
- расчетный коэффициент паропроницаемости пенополистирола [5, прил. 7]  $\mu_3 = 0,055 \text{ г}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{мм рт.ст.});$
- Общее сопротивление паропроницаемости неутепленной ограждающей конструкции рассчитывается по формуле

$$R_{\text{он}} = R_{\text{ВП}} + \sum \frac{\delta_i}{\mu_i} + R_{\text{НП}} = ? \text{ (мм рт.ст.}\cdot\text{м}^2\cdot\text{ч/г)};$$

- Общее сопротивление теплопередаче утепленной ограждающей конструкции рассчитывается по формуле

$$R_{\text{он}} = R_{\text{ВП}} + \sum \frac{\delta_i}{\mu_i} + R_{\text{НП}} = ? \text{ (мм рт.ст.}\cdot\text{м}^2\cdot\text{ч/г)}.$$

### Определение парциального давления в толще наружной стены без утепления (однородной) и с утеплением (слоистой)

Парциальное давление в толще ограждающей конструкции определяем по формуле

$$\ell_X = \ell_B - \frac{\ell_B - \ell_H}{R_{оп}} \left( \sum_{n=1} (n-1)R_n + R_{вп} \right),$$

где  $e_B$  – парциальное давление внутри помещения;

$e$  – парциальное давление наружного воздуха.

Парциальные давления внутри помещения и наружного воздуха рассчитываются исходя из формулы относительной влажности:

$\varphi_i = \frac{e_i}{E_t} 100\%$ , принимая, что относительная влажность в помещении

составляет  $\varphi_B = 55\%$  при нормальном температурно-влажностном режиме помещения и относительная влажность наружного воздуха принимается по прил. 5, столбец 10.

### Определение возможности образования конденсата в толще наружной стены

По полученным результатам парциального давления в рассматриваемых точках и максимальной упругости водяного пара строим графики распределения парциального давления и максимальной упругости водяного пара, делаем вывод.

Для построения графика распределения максимальной упругости водяного пара в толще ограждающей конструкции необходимо для рассчитанных ранее значений температур по прил.2 и прил.3. определить значения максимальной упругости водяного пара.

#### Контрольные вопросы

1. Почему влага проникает в толщу ограждающей конструкции?
2. Из каких сопротивлений складывается общее сопротивление паропроницаемости ограждающей конструкции?
3. Какие параметры определяют сопротивление паропроницаемости конструктивного слоя?
4. От чего зависит коэффициент паропроницаемости материала конструкции?
5. Условие образования конденсата.
6. Как определить возможность образования конденсата в толще конструкции?

## 2. АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ АКУСТИКА

### Практическое занятие 6

#### Определение времени реверберации в помещении

**Цель занятия:** изучить методику по расчету 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. 6.1.

Средний уровень звукового давления в залах 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.

Таблица 6.1

	Помещения	$T_{\text{опт}}$ в секундах на частоте 500 Гц, при объемах помещений, м <sup>3</sup>										
		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 драмтеатров	1,08	1,2	1,27	1,31	1,35	1,38	1,42	1,46	1,5	1,53	1,54
3	Залы кинотеатров	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

### 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 определяется по формуле

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

где  $V$  – объем помещения, м<sup>3</sup>;

$S_{\text{общ}}$  – общая площадь поверхностей м<sup>2</sup>;

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

$A_{\text{общ}}$  – 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.

Для определения площади рассматриваемой поверхности необходимо измерить строительной рулеткой размеры следующих конструкций и предметов:

1. Размеры аудитории:

- длина;
- ширина;
- высота.

2. Размеры окон:

- ширина;
- высота.



3. Размеры столов:

– ширина;

– длина.

4. Размер двери:

– ширина;

– длина.

По данным измерений рассчитать площади поверхностей и записать полученные значения в табл.6.2. (столбец 2).

Т а б л и ц а 6.2

Расчет эквивалентной площади звукопоглощения

Наименование поверхностей и их отделка	Площадь поверхностей $S_i, \text{м}^2$	Коэффициент звукопоглощения $\alpha_i$ 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) добавочное звукопоглощение 8) эквивалентное звукопоглощение слушателями 9) свободные кресла							
Итого:					$A_{\text{общ}}^{125}$	$A_{\text{общ}}^{500}$	$A_{\text{общ}}^{2000}$

Значения коэффициентов звукопоглощения на частотах приведены в прил. 8 и значения эквивалентной площади звукопоглощения зрителем и креслом приведены в прил.9.

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

$$T = 0,164V/(\Sigma\alpha_n S_n), \quad (6.2)$$

где  $\Sigma\alpha_n S_n$  – суммарное звукопоглощение (сумма произведений коэффициентов звукопоглощения на соответствующую площадь отделочных материалов, м<sup>2</sup>).

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

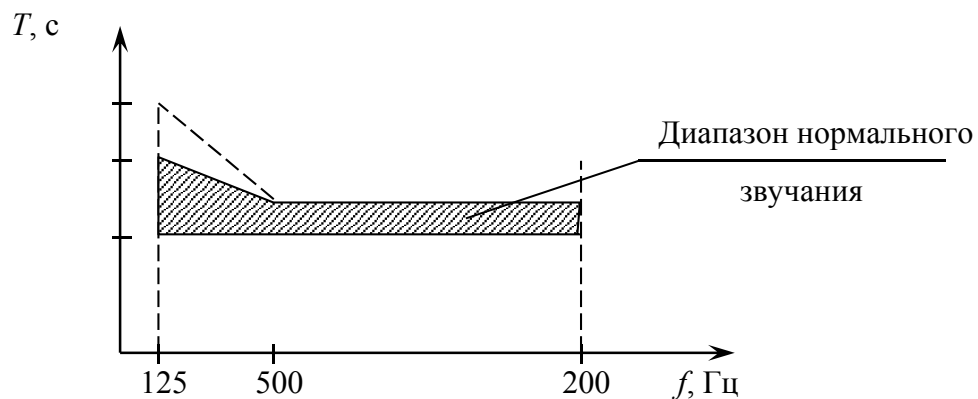
$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{\sum \alpha_m S_n}{\sum S_n} \leq 0,25, \quad (6.3)$$

и звукопоглощающие материалы равномерно распределяются по поверхностям помещения.

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

$$T = 0,163 \frac{V}{S_{\text{общ}} \ln(1 - \alpha_{\text{ср}})}, \quad \alpha_{\text{ср}} = \frac{A_{\text{общ}}}{S_{\text{общ}}}. \quad (6.4)$$

По результатам расчета строим график и делаем вывод.



На данном графике необходимо показать диапазон нормального звучания для данного помещения и расчетные значения времени реверберации. 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.

### 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. Обоснуйте необходимость построения диапазона нормального звучания.

## Практическое занятие 7

### Определение индекса изоляции воздушного шума ограждающей конструкции с известной и неизвестной частотными характеристиками

**Цель занятия:** изучить методики по определению индекса изоляции воздушного шума ограждающей конструкции с известной и неизвестной частотными характеристиками и оценить звукоизолирующую способность ограждающей конструкции от проникновения воздушного шума.

#### Теоретическая часть

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

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 конструкции с известной частотной характеристикой

Индекс изоляции воздушного шума  $R_w$  (в 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. 7.1.

Т а б л и ц а 7.1

Средняя частота треть-октавной 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 конструкции 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/м<sup>2</sup> из бетона, железобетона, кирпича и тому подобных материалов следует определять, изображая ее в виде ломаной линии, аналогичной линии ABCD на рис. 7.1.

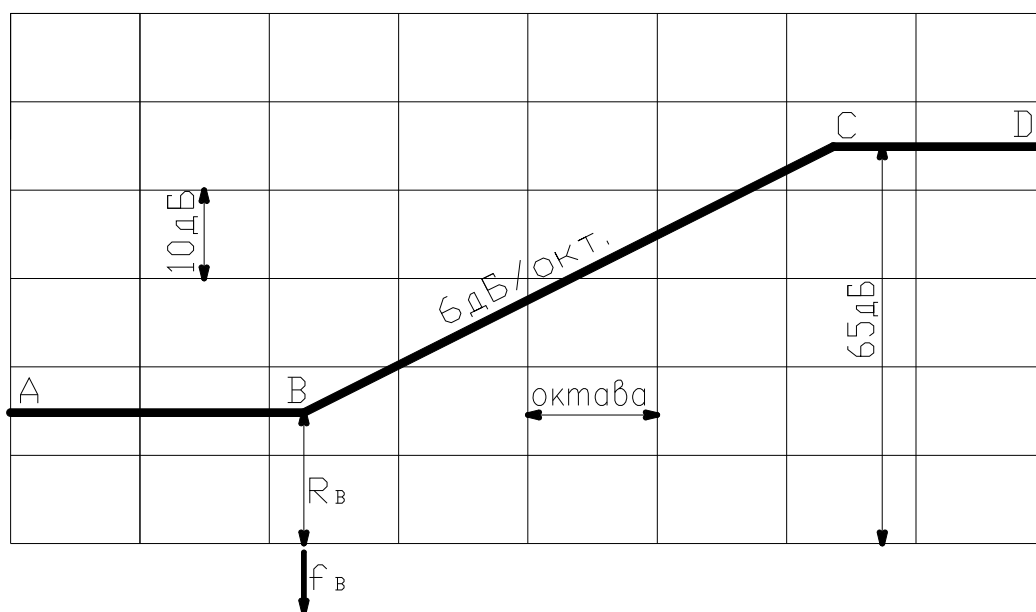


Рис. 7.1. Частотная характеристика изоляции воздушного шума однослойным плоским ограждением

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

Ординату точки В –  $R_v$  следует определять в зависимости от эквивалентной поверхностной плотности  $m_э$  по формуле

$$R_v=20\lg m_э-12 \text{ дБ}, \quad (7.1)$$

где  $m_э=k \times m$ ,

здесь  $m$  – поверхностная плотность материала, кг/м<sup>2</sup>;

$k$  – коэффициент, корректирующий жесткость материала по сравнению с железобетоном, значения принимать по прил.16.

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  $R_v$  следует округлять до 0,5 дБ.

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

### Расчетная часть

**Задача 1.** Определить индекс изоляции воздушного шума  $R_w$  перегородкой с известной частотной характеристикой звукоизоляции от проникновения воздушного шума. Частотная характеристика такой конструкции приведена в табл. 7.2 (поз.1).

Расчет звукоизоляции перегородки проводится по методике 1 (описание приведено выше в данном пособии) в табличной форме (см.табл.7.2).

Таблица 7.2

Среднегеометрическая частота 1/3 октавной полосы, Гц	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	Сумма отклонений
1. Расчетная частотная характеристика R, дБ	36	36	36	36	36	39	41	43	45	47	49	51	53	55	57	57	
2. Оценочная кривая, дБ	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56	
3. Неблагоприятные отклонения, дБ																	
4. Оценочная кривая, смещенная вниз на ... дБ																	
5. Неблагоприятные отклонения от смещенной оценочной кривой																	
6. Индекс изоляции воздушного шума $R_w$ , дБ																	

**Задача 2.** Построить частотную характеристику изоляции воздушного шума перегородкой из тяжелого бетона плотностью  $2300 \text{ кг/м}^3$  и толщиной 100 мм и определить индекс изоляции воздушного шума данной ограждающей конструкции.

Построение частотной характеристики производим в соответствии с рис. 7.1. Для этого определяем поверхностную плотность ограждения  $m = \gamma h$ . Затем находим частоту, соответствующую точке В, по прил. 14.

(Округляем до среднегеометрической частоты 1/3 октавной полосы, в пределах которой находится  $f_B$  (см. прил. 15)).

Определяем ординату точки В по формуле (7.1). По полученным значениям координаты точки В строим график частотной характеристики по следующим правилам:

Из точки В влево проводим горизонтальный отрезок ВА, а вправо от точки В – отрезок ВС с наклоном 6 дБ на октаву до точки С с ординатой 65 дБ, далее проводится горизонтальный отрезок СД.

Определив частотную характеристику ограждающей конструкции, рассчитываем по методике 1 индекс изоляции воздушного шума данной перегородки.

Делаем вывод о звукоизолирующей способности ограждающей конструкции от проникновения воздушного шума.

Значение рассчитанного индекса изоляции воздушного шума ( $R_w$ ) ограждающей конструкции должно быть не меньше нормативного. Нормативное значение индекса изоляции воздушного шума ограждающей конструкции принимается по прил. 13 в зависимости от группы зданий, вида ограждающей конструкции и категории комфортности здания. Таким

образом, звукоизолирующая способность ограждающей конструкции будет обеспечена, если выполняется условие

$$R_w^H \leq R_w^{\text{расч}} . \quad (7.2)$$

### 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 конструкции с известной частотной характеристикой?
4. Как построить частотную характеристику однородной плоской ограждающей конструкции из бетона или кирпича?
5. При каком условии обеспечивается звукоизолирующая способность ограждающей конструкции от проникновения воздушного шума?



## Практическое занятие 8

### Определение индекса приведенного уровня ударного шума под междуэтажным перекрытием с полами на звукоизоляционном слое

**Цель занятия:** изучить методику по определению индекса приведенного уровня ударного шума под междуэтажным перекрытием с полами на звукоизоляционном слое и оценить звукоизолирующую способность междуэтажного перекрытия от ударного шума.

#### 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.**

Вторая величина определяется степенью амортизации удара конструкцией пола. Процесс изоляции ударного шума полом на упругих прокладках может быть описан поведением колебательной системы «масса пола – упругость прокладки – масса несущей плиты перекрытия». Изоляция такой системы тем выше, чем ниже частота собственных колебаний. Следовательно, чем больше величины указанных масс и меньше жесткость прокладок, тем эффективнее изоляция ударного шума.

Мерой оценки изоляции ударного шума служит показатель уровня ударного шума, называемый индексом приведенного уровня ударного шума междуэтажного перекрытия  $L_{nw}$ , дБ,

**Методика по определению индекса приведенного уровня  
ударного шума под междуэтажным перекрытием с полами  
на звукоизоляционном слое**

Индекс приведенного уровня ударного шума  $L_{nw}$  под междуэтажным перекрытием с полом на звукоизоляционном слое следует определять по прил. 2 в зависимости от величины индекса приведенного уровня ударного шума для плиты перекрытия  $L_{nwo}$ , определенной по прил.11, и частоты колебаний пола, лежащего на звукоизоляционном слое,  $f_0$ , определяемой по формуле:

$$f_0 = 0,16 \sqrt{\frac{E_D}{dm_2}}, \quad (8.1)$$

где  $E_D$  – динамический модуль упругости звукоизоляционного слоя, Па, принимаемый по прил.12.

$d$  – толщина звукоизоляционного слоя в обжатом состоянии, м:

$$d = d_0(1-\varepsilon),$$

здесь  $\varepsilon$  – относительное сжатие звукоизоляционного слоя, определяется по прил.12;

$m_2$  – поверхностная плотность пола (без звукоизоляционного слоя), кг/м<sup>2</sup>.

Определив индекс приведенного уровня ударного шума междуэтажного перекрытия, делаем вывод о звукоизолирующей способности ограждающей конструкции на ударный шум.

Значение рассчитанного индекса приведенного уровня ударного шума междуэтажного перекрытия  $L_{nw}$  должно быть меньше нормативного. Нормативное значение индекса определяется по прил.13, в зависимости от места расположения данного перекрытия и категории комфортности здания. Таким образом, звукоизолирующая способность ограждающей конструкции будет обеспечена, если выполняется условие:

$$L_{nw}^H \geq L_{nw}^{\text{расч}}.$$

### Расчетная часть

Требуется рассчитать индекс приведенного уровня ударного шума под междуэтажным перекрытием. Перекрытие состоит из железобетонной несущей плиты толщиной 10 см,  $\gamma = 2500$  кг/м<sup>3</sup> сплошного слоя из древесноволокнистых плит плотностью 250 кг/м<sup>3</sup>, толщиной 2,5 см в необжатом состоянии, гипсобетонной панели плотностью 1300 кг/м<sup>3</sup>, толщиной 5 см и линолеума средней плотностью 1100 кг/м<sup>3</sup>, толщиной 3 мм. Полезная нагрузка 2000 Па.

Задача решается по вышеприведенной методике по определению индекса приведенного уровня ударного шума междуэтажного перекрытия с полами на звукоизоляционном слое.

**Решение**

А) Определяем поверхностные плотности элементов перекрытия:

$$m_1 = 2500 \times 0,1 = 250 \text{ кг/м}^2;$$

$$m_2 = 1300 \times 0,05 + 1100 \times 0,003 = 68,3 \text{ кг/м}^2.$$

Нагрузка на звукоизоляционный слой составит  $2000 + 683 = 2683 \text{ Па}$ .

По прил.11 находим  $L_{nwo} = 82 \text{ дБ}$ .

Б) Вычисляем частоту колебаний пола при  $E_d = 10 \times 10^5$  (табл. 4.9) и  $d = 0,025(1 - 0,1) = 0,0225 \text{ м}$ :

$$f_0 = 0,16 \sqrt{\frac{10 \cdot 10^5}{0,0225 \cdot 68,3}} = 129 \text{ Гц} \approx 125 \text{ Гц}.$$

По прил. 10 находим по линейной интерполяции индекс изоляции приведенного уровня шума под данным междуэтажным перекрытием

$$L_{nw} = 61 \text{ дБ}.$$

### Контрольные вопросы

1. Как возникает ударный шум?
2. По какому параметру оценивается звукоизолирующая способность междуэтажного перекрытия от проникновения ударного шума?
3. Как определить индекс приведенного уровня ударного шума междуэтажного перекрытия с известной частотной характеристикой?
4. От чего зависит пропускная способность уровня шума междуэтажного перекрытия?
5. Как повысить звукоизолирующую способность междуэтажного перекрытия на ударный шум?
6. При каком условии обеспечивается звукоизолирующая способность междуэтажного перекрытия на ударный шум?

### 3. ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ СВЕТОТЕХНИКИ

#### Практическое занятие 9

#### 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:

$$e_M = \frac{E_{в}}{E_{н}} \cdot 100\% . \quad (9.1)$$

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 4-комнатных и более квартир. 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 нормируется минимальное значение КЕО в точке на условной рабочей поверхности, удаленной от световых проемов 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. 9.1, рис. 9.2, рис. 9.3).

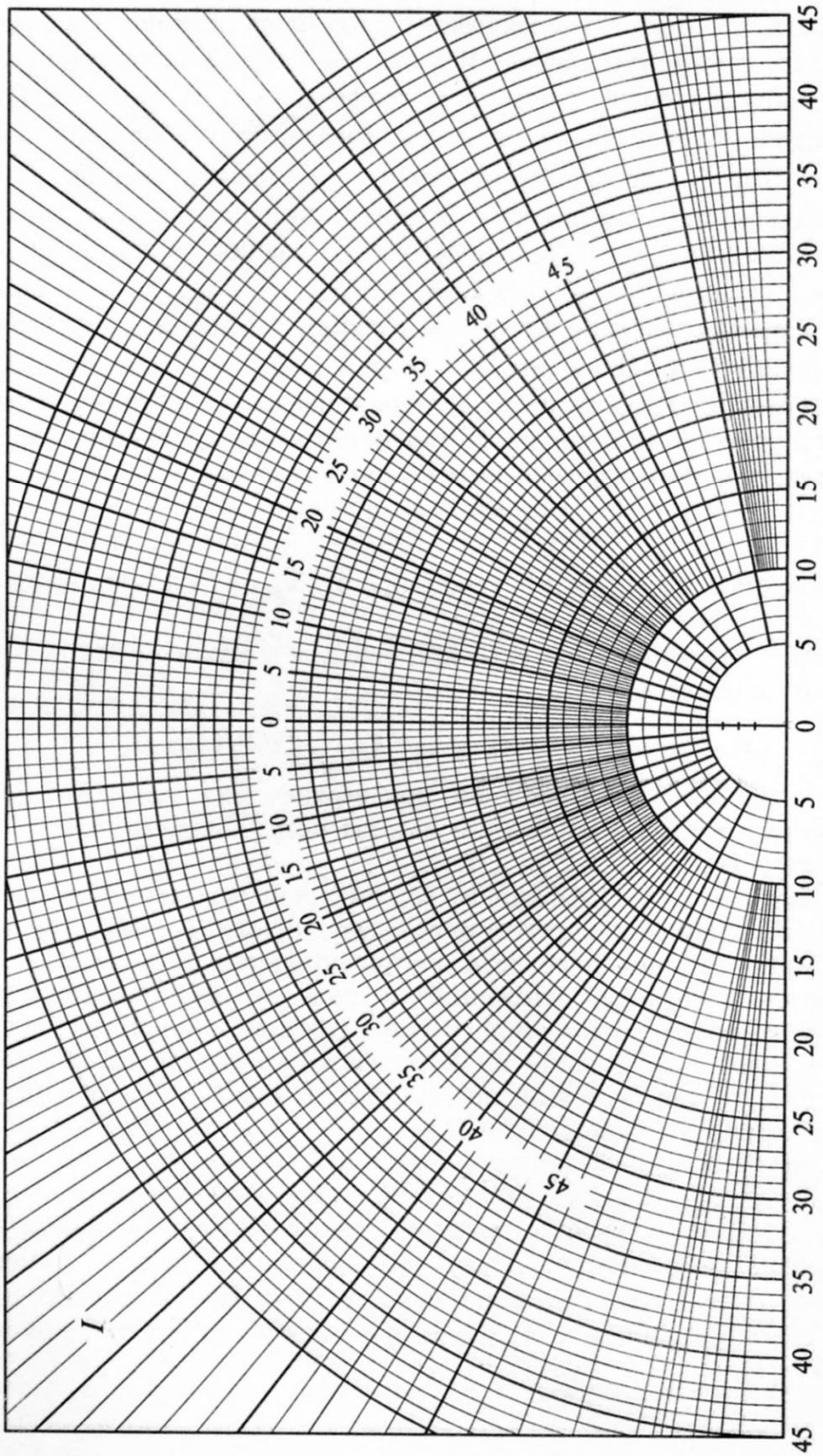


Рис. 9.1. График I А.М. Данилюка для подсчета количества лучей  $n_1$

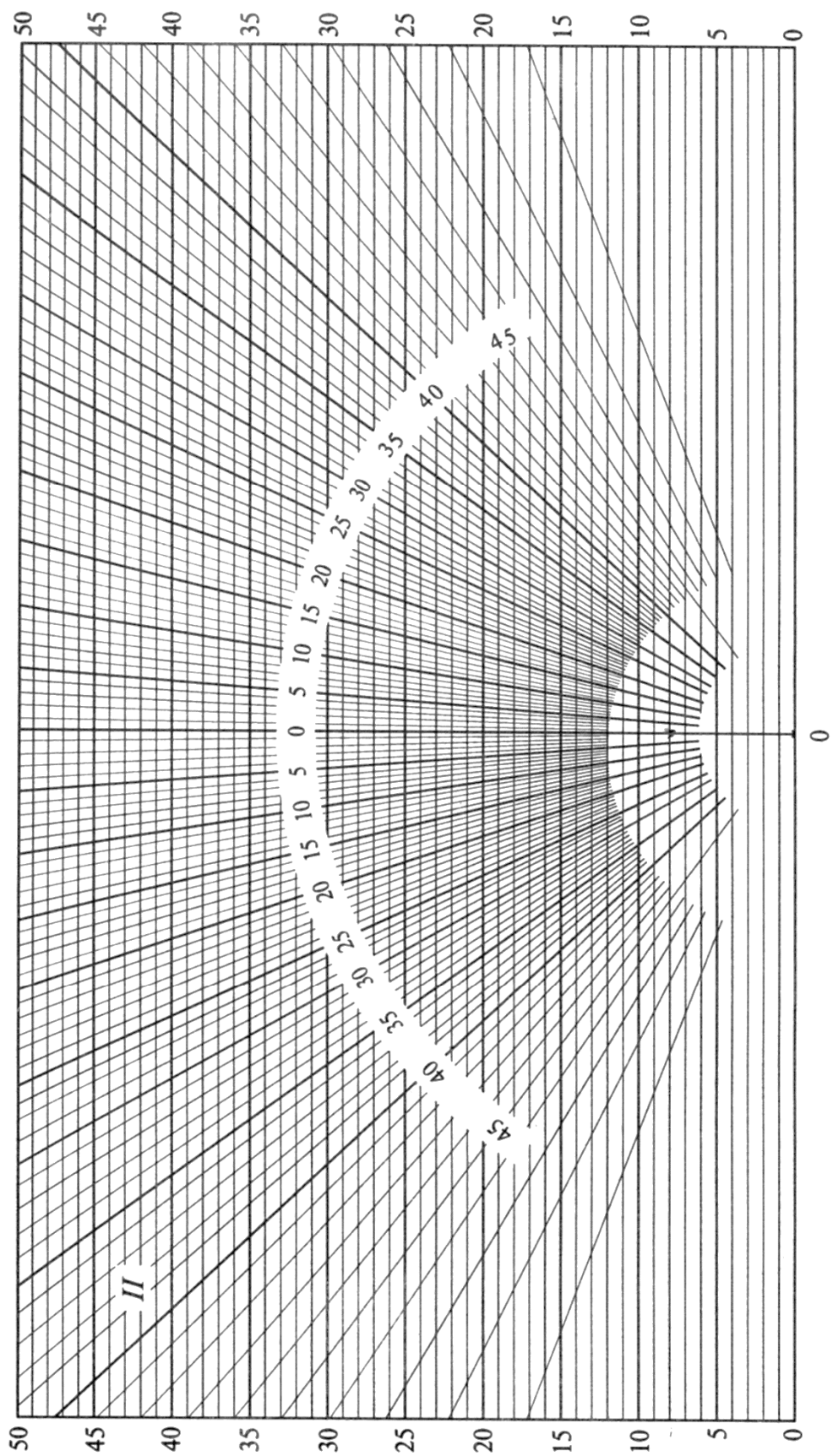


Рис. 9.2. График II А.М. Данилюка для подсчета количества лучей  $n_2$

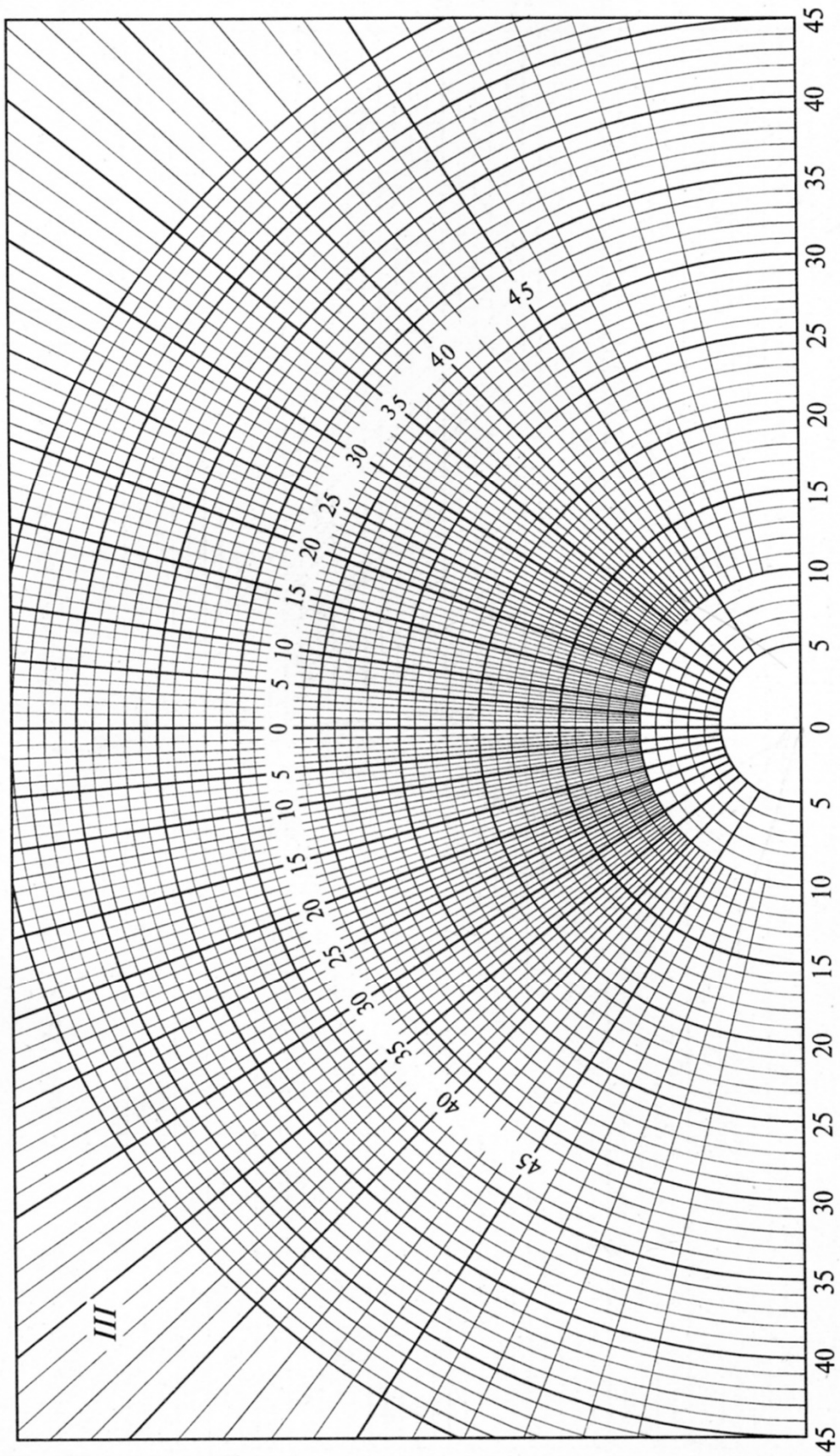


Рис. 9.3. График III А.М. Данилюка для подсчета количества лучей  $n_3$



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.

### 1 этап. Предварительный расчёт:

Задавшись высотой окна, определяют площадь световых проёмов:

*a) при боковом освещении по формуле*

$$S_0 = \frac{S_{\Pi} \cdot K^3 \cdot e_N \cdot \eta_0 \cdot k_{зД}}{100\tau_0 r_1} \quad (9.2)$$

где  $e_N$  – нормированные значения КЕО для зданий, располагаемых в различных административных районах страны, определяют по формуле (9.2);

$S_0$  – площадь окон, м<sup>2</sup>;

$K^3$  – 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;

$\eta_0$  – световая характеристика окон при боковом освещении, зависящая от отношения длины помещения  $l_{\Pi}$  к глубине  $B$  и от отношения  $B$  к высоте от уровня рабочей поверхности до верха окна;

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

$r_1$  – 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.

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

$$\rho_{\Phi} = \frac{\rho_M S_M + \rho_{ок} S_{ок}}{S_M + S_{ок}}, \quad (9.3)$$

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

$S_M$ ,  $S_{ок}$  – площадь фасада без светопроёмов и площадь светопроёмов соответственно;

$\tau_0$  – общий коэффициент светопропускания:

$$\tau_0 = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4 \tau_5 \quad (9.4)$$

здесь  $\tau_1$  – коэффициент светопропускания материала;

$\tau_2$  – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроемов. Размеры светопроема принимаются равными размерам коробки переплета по наружному обмеру;

$\tau_3$  – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях покрытия (при боковом освещении  $\tau_3 = 1$ );

$\tau_4$  – коэффициент, учитывающий светопотери в солнцезащитных устройствах;

$\tau_5$  – 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*

$$S_{\text{ф}} = \frac{S_{\text{п}} \cdot e_N \cdot \eta_{\text{ф}} \cdot K_3}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_2 \cdot K_{\text{ф}}}, \quad (9.5)$$

где  $S_{\text{ф}}$  – площадь световых проёмов при верхнем освещении, м<sup>2</sup>;

$\eta_{\text{ф}}$  – 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  $\tau_0$  – 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 к построению кривых распределения КЕО, характеризующих распределение света в помещении. Этот расчёт производят на стадии разработки технического и рабочего проектов.

Определяют расчетное КЕО ( $e_p^{\delta}$ ) – значение, полученное расчетным путем при проектировании естественного освещения помещений по формулам:

а) при боковом освещении

$$e_p^{\delta} = \left( \sum_{i=1}^L \varepsilon_{\delta i} q_i + \sum_{j=1}^M \varepsilon_{3Дj} b_{\Phi j} k_{3Дj} \right) r_1 \tau_0 / K_3 ; \quad (9.6)$$

б) при верхнем освещении

$$e_p^B = \left( \sum_{i=1}^T \varepsilon_{B i} + \varepsilon_{cp} (r_2 k_{\Phi} - 1) \right) r_0 / K_3 ; \quad (9.7)$$

в) при комбинированном освещении (верхнем и боковом)

$$e_p^K = e_p^{\delta} + e_p^B, \quad (9.8)$$

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 I (рис. 9.1) и II (рис.2) Данилюка, при наложении на графики разреза и плана помещения соответственно (рис.9.4 и рис.9.5);

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

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

- $\varepsilon_{3Дj}$  – 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;
- $k_{3Дj}$  – 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;
- $\varepsilon_{vi} = 0,01 \cdot n_2 \cdot n_3$  – геометрический КЕО в расчетной точке при верхнем освещении  $i$ -го проема;
- $n_2$  и  $n_3$  – количество лучей, определяемое по графикам II (рис. 9.2) и III (рис. 9.3) Данилюка при наложении на графики плана и разреза помещения соответственно. Для определения количества лучей план и разрез помещения вычерчиваются на кальке в одинаковом масштабе;
- $\varepsilon_{cp}$  – среднее значение геометрического КЕО при верхнем освещении на линии пересечения условной рабочей поверхности и плоскости характерного вертикального разреза помещения:

$$\varepsilon_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \varepsilon_{vi}, \quad (9.9)$$

здесь  $N$  – количество расчетных точек.

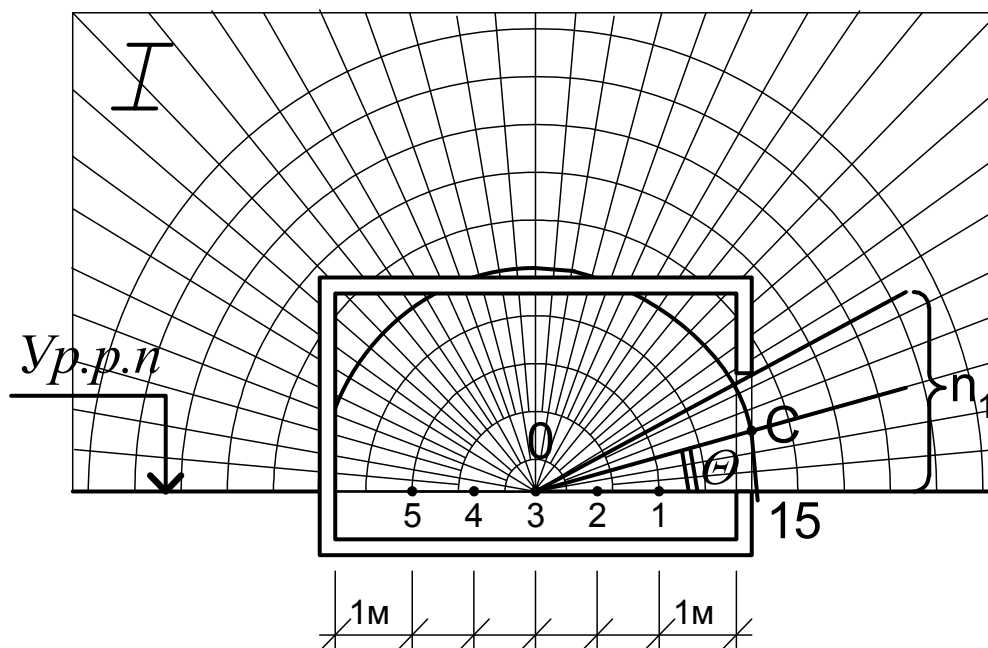


Рис. 9.4. К расчету количества лучей по графику А.М. Данилюка I (по разрезу помещения)



При верхнем или комбинированном освещении должно соблюдаться условие  $e_{\text{ср}} \geq e_{\text{н}}$ , 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

$$e_{\text{ср}} = \frac{1}{N-1} \left( \frac{e_1 + e_N}{2} + \sum_{i=2}^{N-1} e_i \right), \quad (9.11)$$

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 светопроёмов, размеров помещения и видов 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.

### Приборы и оборудование

Для практического выполнения данной работы требуется:

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

## Экспериментальная часть

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 номеруются 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 таблицу.

Но- мер точки	Отсчеты по шка- ле люксметра, лк			Освещен ность $E_n$ , лк	КЕО по данным измерений $e_z, \%$	Расчетное значение КЕО $e_p, \%$	Расхождение $\Delta e = e_n - e_p, \%$	Приме- чание
	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 натурального измерения и расчета, а также соответствии условий освещенности требованиям норм.

## 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. Нормирование естественного освещения в общественных зданиях.

5. Нормирование естественного освещения в промышленных зданиях. Неравномерность естественного освещения.

6. Дать определение геометрического коэффициента естественной освещенности ( $\epsilon$ ).

7. Как пользоваться графиками А.М. Данилюка при проверочном расчете естественного освещения?

8. В чем заключается предварительный расчет естественного освещения?

9. В чем заключается проверочный расчет естественного освещения?



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем учебном пособии рассмотрены темы практических занятий по дисциплине «Строительная физика» согласно действующему Федеральному государственному образовательному стандарту третьего поколения и учебному плану второго курса направления «Строительство». На каждом практическом занятии рассматривается определенная тема одного из разделов «Строительной физики»: теплотехника, акустика и светотехника.

Практические занятия по строительной физике закрепляют теоретические знания, дают навыки экспериментирования и знакомят с нормативно-технической литературой, что повышает уровень подготовки молодых специалистов, вооружает их знаниями в области строительства.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению 08.03.01. «Строительство», в качестве основной литературы и дополнительной – для студентов специальности 08.05.01. «Строительство уникальных зданий и сооружений».

Изложенный материал является актуальным и полезным, так как дает практические навыки применения нормативной базы в области проектирования, строительства и эксплуатации зданий.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП II-3-79\*\* Строительная теплотехника [Текст]. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 32 с.
2. СНиП 23-01-99. Строительная климатология [Текст]. – М.: ЦИТП Госстроя РФ, 2000. – 136 с.
3. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Т. II. Основы проектирования [Текст] / под ред. В.М. Предтеченского. – М.: Стройиздат, 1976. – 215 с.
4. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита здания [Текст]. – М.: Госстрой России, 2004. – 40 с.
5. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты здания. – М.: Госстрой России, 2005. – 140 с.
6. Викторова, О.Л. Основы строительной физики: учеб. пособие / О.Л. Викторова, О.В. Карпова. – Пенза: ПГУАС, 2005. – 77 с.
7. Строительная физика. Лабораторный практикум [Текст] – Пенза: ПГУАС, 2004. – 64 с.
8. Архитектурная физика [Текст] / под ред. В.К. Лицкевич. – М.: Архитектура-С, 2007. – 448 с.
9. СНиП 23-03-2003. Защита от шума [Текст]. – М.: Госстрой России, 2004. – С.32.
10. СП 23-102-2004 Проектирование звукоизоляции гражданских зданий [Текст]. – М.: Госстрой России, 2005. – 140 с.
11. Гречишкин, А.В. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций зданий [Текст] / А.В. Гречишкин, О.Л. Викторова, С.В. Зворыгина. – Пенза.: ПГУАС, 2013. – 86 с.
12. Разживин, В.М. Проектирование залов с естественной акустикой. [Текст] / В.М. Разживин, О.Л. Викторова, Л.Н. Петрянина. – Пенза.: ПГУАС, 2013.– 75с.
13. 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.
14. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Гражданские здания [Текст] / под ред. А.В. Захарова. – М.: Стройиздат, 1993. – С.178–181.
15. Климухин, А.А. Проектирование залов и расчет основных акустических характеристик зрительных залов: времени реверберации и разборчивости речи [Текст] / А.А. Климухин, Е.Г. Киселева. – М.: МАрхИ, 2009. – 56 с.
16. Соловьев, А.К. Физика среды [Текст] / А.К. Соловьев. – М.: Изд-во АСВ, 2011. – 342 с.
17. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение [Текст].– М., Минстрой России, 1995.
18. Дятков, С.В. Архитектура промышленных зданий: учебник для вузов [Текст] / С.В. Дятков, А.П. Михеев. – 4-е изд., перераб. и доп. –М.: Изд-во АСВ, 2008. – 480 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

**Приложение 1**  
**Психрометрическая таблица для температур от 0 до +25°C**  
**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	E	°C	E	°C	E	°C	E	°C	E
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

### Нормативно-расчётные показатели по тепловой защите зданий

Т а б л и ц а 1

#### Влажностный режим помещений зданий

Режим	Влажность внутреннего воздуха, %, при температуре, °С		
	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

Условия эксплуатации ограждающих конструкций А или Б в зависимости от влажностного режима помещений и зон влажности района строительства для выбора теплотехнических показателей материалов наружных ограждений следует устанавливать по таблице 2 данного приложения. Зоны влажности территории России следует принимать по прил. 6.

Т а б л и ц а 2

#### Условия эксплуатации ограждающих конструкций

Влажностный режим помещений зданий (по таблице 1)	Условия эксплуатации А и Б в зоне влажности (по приложению В)		
	сухой	нормальной	влажной
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

Т а б л и ц а 3

#### Классы энергетической эффективности зданий

Обозначение класса	Наименование класса энергетической эффективности	Величина отклонения расчетного (фактического) значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания $q_n^{des}$ от нормативного, %	Рекомендуемые мероприятия органами администрации субъектов РФ
<i>Для новых и реконструированных зданий</i>			
А	<i>Очень высокий</i>	Менее минус 51	Экономическое стимулирование
В	Высокий	От минус 10 до минус 50	То же
С	Нормальный	От плюс 5 до минус 9	-
<i>Для существующих зданий</i>			
Д	Низкий	От плюс 6 до плюс 75	Желательна реконструкция здания
Е	<i>Очень низкий</i>	Более 76	Необходимо утепление здания в ближайшей перспективе

Таблица 4

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче  
ограждающих конструкций

Здания и помещения, коэффициенты $a$ и $b$	Градусо-сутки отопительного периода $D_d, ^\circ\text{C}\times\text{сут}$	Нормируемые значения сопротивления теплопередаче $R_{req}, \text{м}^2\times^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , ограждающих конструкций				
		Стен	Покрытий и перекрытий над проездами	Перекрытий чердачных, над неотапливаемыми подпольями и подвалами	Окон и балконных дверей, витрин и витражей	Фонарей с вертикальным остеклением
1	2	3	4	5	6	7
1 Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития	2000	2,1	3,2	2,8	0,3	0,3
	4000	2,8	4,2	3,7	0,45	0,35
	6000	3,5	5,2	4,6	0,6	0,4
	8000	4,2	6,2	5,5	0,7	0,45
	10000	4,9	7,2	6,4	0,75	0,5
	12000	5,6	8,2	7,3	0,8	0,55
$a$	-	0,00035	0,0005	0,00045	-	0,000025
$b$	-	1,4	2,2	1,9	-	0,25
2 Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, производственные и другие здания и помещения с влажным или мокрым режимом	2000	1,8	2,4	2,0	0,3	0,3
	4000	2,4	3,2	2,7	0,4	0,35
	6000	3,0	4,0	3,4	0,5	0,4
	8000	3,6	4,8	4,1	0,6	0,45
	10000	4,2	5,6	4,8	0,7	0,5
	12000	4,8	6,4	5,5	0,8	0,55
$a$	-	0,0003	0,0004	0,00035	0,00005	0,000025
$b$	-	1,2	1,6	1,3	0,2	0,25
3 Производственные с сухим и нормальным режимами	2000	1,4	2,0	1,4	0,25	0,2
	4000	1,8	2,5	1,8	0,3	0,25
	6000	2,2	3,0	2,2	0,35	0,3
	8000	2,6	3,5	2,6	0,4	0,35
	10000	3,0	4,0	3,0	0,45	0,4
	12000	3,4	4,5	3,4	0,5	0,45
$a$	-	0,0002	0,00025	0,0002	0,000025	0,000025
$b$	-	1,0	1,5	1,0	0,2	0,15

Примечание.  
1 Значения  $R_{req}$  для величин  $D_d$ , отличающихся от табличных, следует определять по формуле

$$R_{req} = a D_d + b$$

Таблица 5

**Нормируемый температурный перепад между температурой  
внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности  
ограждающей конструкции**

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад $Dt_n$ , °С, для			
	наруж- ных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проез- дами, под- валами и подпольями	зенит- ных фона- рей
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0	$t_{int} - t_d$
2. Общественные, кроме указанных в поз. 1, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	4,5	4,0	2,5	$t_{int} - t_d$
3. Производственные с сухим и нормальным режимами	$t_{int} - t_{d_2}$ , но не более 7	$0,8 (t_{int} - t_d)$ , но не более 6	2,5	$t_{int} - t_d$
4. Производственные и другие помещения с влажным или мокрым режимом	$t_{int} - t_d$	$0,8 (t_{int} - t_d)$	2,5	-
5. Производственные здания со значительными избытками явной теплоты (более $23 \text{ Вт/м}^3$ ) и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха более 50 %	12	12	2,5	$t_{int} - t_d$

Таблица 6

**Коэффициент, учитывающий зависимость положения ограждающей  
конструкции по отношению к наружному воздуху**

Ограждающие конструкции	Коэффициент $n$
1. Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), зенитные фонари, перекрытия чердачные (с кровлей из штучных материалов) и над проездами; перекрытия над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	1
2. Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытия чердачные (с кровлей из рулонных материалов); перекрытия над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной-климатической зоне	0,9
3. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	0,75
4. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенные выше уровня земли	0,6
5. Перекрытия над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	0,4



Таблица 7

**Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности  
ограждающей конструкции**

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи $a_{int}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ×°С)
1. Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты $h$ ребер к расстоянию $a$ между гранями соседних ребер $h/a \leq 0,3$	8,7
2. Потолков с выступающими ребрами при отношении $h/a > 0,3$	7,6
3. Окон	8,0
4. Зенитных фонарей	9,9

Таблица 8

**Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей  
конструкции для условий холодного периода**

Наружная поверхность ограждения	Коэффициент теплоотдачи $a_{ext}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ×°С)
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и холодными подпольями	23
2. Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом	17
3. Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах	12
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемах в стенах	6

**Приложение 5**  
**Климатические параметры холодного периода года**

Республика, область, пункт	Температура воздуха наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью		Абсолютная минимальная температура воздуха, °С	Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца °С	Продолжительность, сут и средняя тем- пература воздуха, °С, период со среднесу- точной температурой воздуха меньше 8°С		Средняя отн. влажность воздуха наиболее холодного месяца, %	Количество осадков за ноябрь-март, мм	Преобладающее направление ветра за декабрь-февраль	Максимальная скорость ветра по рутам за январь, м/с
	2	3	4	5			8	9				
1	0,98	0,92	0,98	0,92					10	11	12	13
<b>РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ</b>												
Архангельская область												
Архангельск	-39	-37	-34	-31	-45	7,8	253	-4,4	86	188	ЮВ	5,9
Астраханская область												
Астрахань	-27	-26	-24	-23	-33	7,3	167	-1,2	84	82	В	4,8
Республика Башкортостан												
Уфа	-41	-39	-38	-35	-49	8,3	213	-5,9	81	195	Ю	5,5
Белгородская область												
Белгород	-29	-28	-27	-23	-35	5,9	191	-1,9	84	191	ЮЗ	5,9

Продолжение прил. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Брянская область												
Брянск	-34	-30	-30	-26	-42	6,6	205	-2,3	85	177	ЮВ	6,3
Республика Бурятия												
Улан-Удэ	-46	-40	-40	-37	-51	11,1	237	-10,4	74	36	3	2,8
Владимирская область												
Владимир	-38	-34	-32	-28	-48	6,3	213	-3,5	84	194	Ю	4,5
Волгоградская область												
Волгоград	-33	-30	-28	-25	-35	5,6	178	-2,2	85	174	СВ	8,1
Вологодская область												
Вологда	-42	-37	-38	-32	-47	7,2	231	-4,1	85	171	Ю3	6
Воронежская область												
Воронеж	-32	-31	-28	-26	-37	6,7	196	-3,1	83	172	3	5,1
Ивановская область												
Иваново	-38	-34	-34	-30	-45	7,1	219	-3,9	85	209	Ю3	4,9
Иркутская область												
Иркутск	-40	-38	-38	-36	-50	10,5	240	-8,5	80	87	ЮВ	2,9
Калининградская область												
Калининград	-29	-24	-21	-19	-33	5	193	1,1	85	280	ЮВ	5,9
Калужская область												
Калуга	-34	-31	-30	-27	-46	7,3	210	-2,9	83	213	Ю	4,9
Кировская область												
Вятка	-39	-37	-35	-33	-45	7,2	231	-5,4	86	167	Ю	5,3
Республика Коми												
Воркута	-46	-45	-43	-41	-52	8,6	306	-9,1	81	178	Ю	10,1
Костромская область												
Кострома	-40	-35	-34	-31	-46	6,5	222	-3,9	85	169	Ю	5,8

Продолжение прил. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Краснодарский край												
Краснодар	-27	-23	-23	-19	-36	8,1	149	2	83	293	В	3,2
Сочи	-9	-6	-5	-3	-18	6,5	72	6,4	72	286	СВ	6,5
Красноярский край												
Красноярск	-48	-44	-43	-40	-53	8,4	234	-7,1	71	85	3	7,3
Курганская область												
Курган	-43	-41	-39	-37	-48	8,4	216	-7,7	79	95	Ю	-
Курская область												
Курск	-32	-30	-29	-26	-35	6,3	198	-2,4	86	212	Ю3	5,3
Липецкая область												
Липецк	-34	-31	-29	-27	-38	6,8	202	-3,4	85	248	Ю3	5,9
Ленинградская область												
Санкт-Петербург	-33	-30	-30	-26	-36	5,6	220	-1,8	86	200	Ю3	4,2
Республика Марий Эл												
Йошкар-Ола	-42	-39	-38	-34	-47	8	220	-5,1	83	151	Ю	6,2
Республика Мордовия												
Саранск	-38	-34	-34	-30	-44	6,7	209	-4,5	83	155	Ю	6,9
Московская область												
Москва	-36	-32	-30	-28	-42	6,5	214	-3,1	84	201	Ю3	4,9
Мурманская область												
Мурманск	-35	-32	-29	-27	-39	6,2	275	-3,2	84	166	Ю	7,5
Нижегородская область												
Н.Новгород	-38	-34	-34	-31	-41	6,1	215	-4,1	84	172	Ю3	5,1
Новгородская область												
Новгород	-38	-31	-33	-27	-45	6,8	221	-2,3	85	176	Ю	6,6

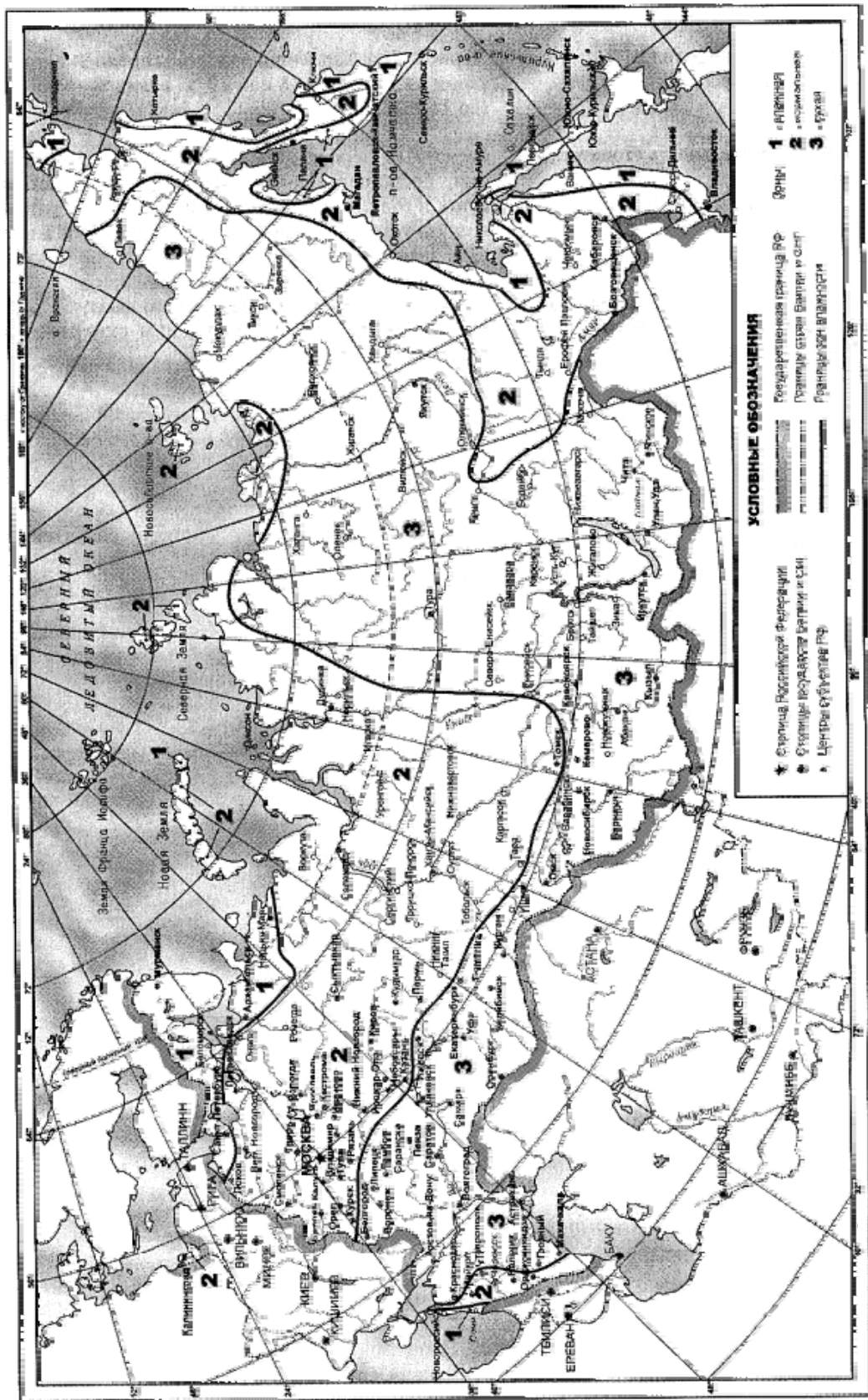
Продолжение прил. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Новосибирская область												
Новосибирск	-44	-42	-42	-39	-50	9,3	230	-8,7	80	104	Ю3	5,7
Омская область												
Омск	-42	-41	-39	-37	-49	8,8	221	-8,4	80	79	Ю3	5,1
Оренбургская область												
Оренбург	-37	-36	-34	-31	-43	8,1	202	-6,3	80	143	В	5,5
Орловская область												
Орел	-35	-31	-30	-26	-39	6,5	205	-2,7	86	178	Ю3	6,5
Пензенская область												
Пенза	-35	-33	-32	-29	-43	7,1	207	-4,5	84	221	Ю	5,6
Пермская область												
Пермь	-42	-39	-38	-35	-47	7,1	229	-5,9	81	192	Ю	5,2
Псковская область												
Псков	-35	-31	-30	-26	-41	6,1	212	-1,6	86	179	Ю	4,8
Ростовская область												
Ростов-на Дону	-29	-27	-25	-22	-33	6,1	171	-0,6	85	219	В	6,5
Рязанская область												
Рязань	-36	-33	-30	-27	-41	7	208	-3,5	83	172	Ю	7,3
Самарская область												
Самара	-39	-36	-36	-30	-43	6,7	203	-5,2	84	176	ЮВ	5,4
Свердловская область												
Екатеринбург	-42	-40	-38	-35	-47	7,1	230	-6	79	114	3	5
Сараговская область												
Саратов	-34	-33	-30	-27	-37	6,9	196	-4,3	82	159	С3	5,6
Смоленская область												
Смоленск	-34	-31	-28	-26	-41	6,1	215	-2,4	86	234	Ю	6,8

## Окончание прил. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ставропольский край												
Ставрополь	-26	-23	-22	-19	-31	6,6	168	0,9	82	196	3	7,4
Тамбовская область												
Тамбов	-34	-32	-30	-28	-39	6,7	201	-3,7	84	194	ЮВ	4,7
Республика Татарстан												
Казань	-41	-36	-36	-32	-47	6,8	215	-5,2	83	135	Ю	5,7
Тверская область												
Тверь	-37	-33	-33	-29	-50	7,2	218	-3	85	206	ЮЗ	6,2
Томская область												
Томск	-47	-44	-44	-40	-55	8,7	236	-8,4	80	185	Ю	5,6
Тульская область												
Тула	-35	-31	-30	-27	-42	6,8	207	-3	83	187	ЮВ	4,9
Тюменская область												
Тюмень	-45	-42	-42	-38	-50	9,2	225	-7,2	81	107	ЮЗ	3,9
Удмуртская республика												
Ижевск	-41	-38	-38	-34	-48	6,9	222	-5,6	85	168	ЮЗ	4,8
Ульяновская область												
Ульяновск	-38	-36	-36	-31	-48	7,4	212	-5,4	82	220	-	-
Челябинская область												
Челябинск	-39	-38	-35	-34	-48	9,4	218	-6,5	78	104	ЮЗ	4,5
Чувашская республика												
Чебоксары	-40	-36	-35	-32	-44	6,8	217	-4,9	84	160	Ю	-
Ярославская область												
Ярославль	-37	-34	-34	-31	-46	8,3	221	-4	83	174	Ю	5,5

Приложение 6  
КАРТА ЗОН ВЛАЖНОСТИ



## Приложение 7

### Нормируемые теплотехнические показатели строительных материалов и изделий

№ п/п	Материал	Характеристики материала в сухом состоянии		Расчетное массовое отношение влаги в материале, %		Расчетные коэффициенты с учетом условия эксплуатации ограждающей конструкции					
		Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Удельная теплоемкость, кДж/(кг °С)	Коэффициент теплопроводности, $\lambda_0$ , Вт/(м °С)	А	Б	Теплопроводности, $\lambda$ , Вт/(м °С)		Теплоусвоения $S$ , Вт/(м <sup>2</sup> °С)	Паропроницаемость $\mu$ , мг/(м ч Па)	
							А	Б			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1							Теплоизоляционные материалы (ГОСТ 16381)				
A							Полимерные				
1	Пенополистирол	150	1,34	0,05	1	5	0,052	0,06	0,89	0,99	0,05
2	То же	100	1,34	0,041	2	10	0,041	0,052	0,65	0,82	0,05
3	Пенополистирол (ГОСТ 15588)	40	1,34	0,037	2	10	0,041	0,05	0,41	0,49	0,05
4	Пенополистирол ОАО "СП Радослав"	18	1,34	0,042	2	10	0,042	0,043	0,28	0,32	0,02
5	То же	24	1,34	0,04	2	10	0,04	0,041	0,32	0,36	0,02
6	Экструдированный пенополистирол Стиродур 2500С	25	1,34	0,029	2	10	0,031	0,031	0,28	0,31	0,013
7.	То же, 2800С	28	1,34	0,029	2	10	0,031	0,031	0,30	0,33	0,013
8	То же, 3035С	33	1,34	0,029	2	10	0,031	0,031	0,32	0,36	0,013
9	То же, 4000С	35	1,34	0,030	2	10	0,031	0,031	0,34	0,37	0,005
10	То же, 5000С		1,34	0,030	2	10	0,031	0,031	0,38	0,42	0,005
11	Пенополистирол Стиропор PS15	15	1,34	0,039	2	10	0,040	0,044	0,25	0,29	0,035
12	То же, PS20	20	1,34	0,037	2	10	0,038	0,042	0,28	0,33	0,030
13	То же, PS30	30	1,34	0,035	2	10	0,036	0,040	0,33	0,39	0,030



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	Экструдированный пенополистирол "Стайрофом"	28	1,45	0,029	2	10	0,030	0,031	0,31	0,34	0,006
15	То же, 'Руфмаг"	32	1,45	0,028	2	10	0,029	0,029	0,32	0,36	0,006
16	То же, 'РуфмагА"	32	1,45	0,030	2	10	0,032	0,032	0,34	0,37	0,006
16а	То же, 'Флурмаг500"	38	1,45	0,027	2	10	0,028	0,028	0,34	0,38	0,006
17	То же, 'Флурмаг500А"	38	1,45	0,030	2	10	0,032	0,032	0,37	0,41	0,006
18	То же, 'Флурмаг200"	25	1,45	0,028	2	10	0,029	0,029	0,28	0,31	0,006
19	То же, 'Флурмаг200А"	25	1,45	0,029	2	10	0,031	0,031	0,29	0,32	0,006
20	Пенопласт ПХВ-1 и ПВ1	125	1,26	0,052	2	10	0,06	0,064	0,86	0,99	0,23
21	То же	100	1,26	0,041	2	10	0,05	0,052	0,68	0,8	0,23
22	Пенополиуретан	80	1,47	0,041	2	5	0,05	0,05	0,67	0,7	0,05
23	"	60	1,47	0,035	2	5	0,041	0,041	0,53	0,55	0,05
24	"	40	1,47	0,029	2	5	0,04	0,04	0,4	0,42	0,05
25	Плиты из резольно-фенол-формальдегидного пенопласта (ГОСТ 20916)	90	1,68	0,045	5	20	0,053	0,073	0,81	1,10	0,15
26	То же	80	1,68	0,044	5	20	0,051	0,071	0,75	1,02	0,23
27	"	50	1,68	0,041	5	20	0,045	0,064	0,56	0,77	0,23
28	Перлитопластбетон	200	1,05	0,041	2	3	0,052	0,06	0,93	1,01	0,008
29	То же	100	1,05	0,035	2	3	0,041	0,05	0,58	0,66	0,008
30	Перлитофосфогелевые изделия	300	1,05	0,076	3	12	0,08	0,12	1,43	2,02	0,2
31	То же	200	1,05	0,064	3	12	0,07	0,09	1,1	1,43	0,23
32	Теплоизоляционные изделия из вспененного синтетического каучука "Аэро-флекс"	80	1,806	0,034	5	15	0,04	0,054	0,65	0,71	0,003

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
34	Экструзионный пенополистирол "Пеноплэкс", тип 35	35	1,65	0,028	2	3	0,029	0,030	0,36	0,37	0,018
35	То же, тип 45	45	1,53	0,030	2	3	0,031	0,032	0,40	0,42	0,015
Б	Минераловатные (ГОСТ 464)										
36	Маты минераловатные прошивные (ГОСТ 21880)	125	0,84	0,044	2	5	0,064	0,07	0,73	0,82	0,30
37	То же	100	0,84	0,044	2	5	0,061	0,067	0,64	0,72	0,49
38	"	75	0,84	0,046	2	5	0,058	0,064	0,54	0,61	0,49
39	Маты минераловатные на синтетическом связующем (ГОСТ 9573)	225	0,84	0,054	2	5	0,072	0,082	1,04	1,19	0,49
40	То же	175	0,84	0,052	2	5	0,066	0,076	0,88	1,01	0,49
41	"	125	0,84	0,049	2	5	0,064	0,07	0,73	0,82	0,49
42	"	75	0,84	0,047	2	5	0,058	0,064	0,54	0,61	0,53
43	Плиты мягкие, полужесткие и жесткие минераловатные на синтетическом и битумном связующих	250	0,84	0,058	2	5	0,082	0,085	1,17	1,28	0,41
44	То же	225	0,84	0,058	2	5	0,079	0,084	1,09	1,20	0,41
45	"	200	0,84	0,056	2	5	0,076	0,08	1,01	1,11	0,49
46	"	150	0,84	0,050	2	5	0,068	0,073	0,83	0,92	0,49
47	"	125	0,84	0,049	2	5	0,064	0,069	0,73	0,81	0,49
48	"	100	0,84	0,044	2	5	0,06	0,065	0,64	0,71	0,56
49	"	75	0,84	0,046	2	5	0,056	0,063	0,53	0,60	0,6
50	Плиты минераловатные ЗАО "Минеральная вата"	180	0,84	0,038	2	5	0,045	0,048	0,74	0,81	0,3
51	То же	140-175	0,84	0,037	2	5	0,043	0,046	0,68	0,75	0,31
52	"	80-125	0,84	0,036	2	5	0,042	0,045	0,53	0,59	0,32
53	"	40-60	0,84	0,035	2	5	0,041	0,044	0,37	0,41	0,35

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
54	"	25-50	0,84	0,036	2	5	0,042	0,045	0,31	0,35	0,37
55	Плиты минераловатные повышенной жесткости на органическом связующем	200	0,84	0,064	1	2	0,07	0,076	0,94	1,01	0,45
56	Плиты полужесткие минераловатные на крахмальном связующем	200	0,84	0,07	2	5	0,076	0,08	1,01	1,11	0,38
57	То же	125	0,84	0,056	2	5	0,06	0,064	0,70	0,78	0,38
58	Плиты из стеклянного штапельного волокна на синтетическом связующем (ГОСТ 10499)	45	0,84	0,047	2	5	0,06	0,064	0,44	0,5	0,6
59	Маты и полосы из стеклянного волокна прошивные	150	0,84	0,061	2	5	0,064	0,07	0,8	0,9	0,53
60	Маты из стеклянного штапельного волокна "URSA"	25	0,84	0,04	2	5	0,043	0,05	0,27	0,31	0,61
61	То же	17	0,84	0,044	2	5	0,046	0,053	0,23	0,26	0,66
62	"	15	0,84	0,046	2	5	0,048	0,053	0,22	0,25	0,68
63	"	11	0,84	0,048	2	5	0,05	0,055	0,19	0,22	0,70
64	Плиты из стеклянного штапельного волокна "URSA"	85	0,84	0,044	2	5	0,046	0,05	0,51	0,57	0,50
65	То же	75	0,84	0,04	2	5	0,042	0,047	0,46	0,52	0,50
66	"	60	0,84	0,038	2	5	0,04	0,045	0,4	0,45	0,51
67	"	45	0,84	0,039	2	5	0,041	0,045	0,35	0,39	0,51
68	"	35	0,84	0,039	2	5	0,041	0,046	0,31	0,35	0,52
69	"	30	0,84	0,04	2	5	0,042	0,046	0,29	0,32	0,52
70	"	25	0,84	0,04	2	5	0,043	0,048	0,24	0,27	0,53

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
71	"	20	0,84	0,044	2	5	0,047	0,053	0,23	0,26	0,54
72	"	15	0,84	0,046	2	5	0,049	0,055	0,22	0,25	0,55
73	Пеностекло или газостекло	400	0,84	0,11	1	2	0,12	0,14	1,76	1,94	0,02
74	То же	300	0,84	0,09		2	0,11	0,12	1,46	1,56	0,02
75	"	200	0,84	0,07	1	2	0,08	0,09	1,01	1,10	0,03
75	"	200	0,84	0,07	1	2	0,08	0,09	1,01	1,10	0,03
B	Плиты из природных органических и неорганических материалов										
76	Плиты древесно-волокнистые и древесностружечные	1000	2,3	0,15	10	12	0,23	0,29	6,75	7,7	0,12
77	То же	800	2,3	0,13	10	12	0,19	0,23	5,49	6,13	0,12
78	"	600	2,3	0,11	10	12	0,13	0,16	3,93	4,43	0,13
79	"	400	2,3	0,08	10	12	0,11	0,13	2,95	3,26	0,19
80	"	200	2,3	0,06	10	12	0,07	0,08	1,67	1,81	0,24
81	Плиты фибролитовые и арболит (ГОСТ 19222) на порландцементе	500	2,3	0,095	10	15	0,15	0,19	3,86	4,50	0,11
82	То же	450	2,3	0,09	10	15	0,135	0,17	3,47	4,04	0,11
83	"	400	2,3	0,08	10	15	0,13	0,16	3,21	3,70	0,26
84	Плиты камышитовые	300	2,3	0,07	10	15	0,09	0,14	2,31	2,99	0,45
85	То же	200	2,3	0,06	10	15	0,07	0,09	1,67	1,96	0,49
86	Плиты торфяные	300	2,3	0,064	15	20	0,07	0,08	2,12	2,34	0,19
87	То же	200	2,3	0,052	15	20	0,06	0,064	1,6	1,71	0,49
88	Памятка	150	2,3	0,05	7	12	0,06	0,07	1,3	1,47	0,49
89	Плиты из гипса (ГОСТ 6428)	1350	0,84	0,35	4	6	0,50	0,56	7,04	7,76	0,098
90	То же	1100	0,84	0,23	4	6	0,35	0,41	5,32	5,99	0,11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
91	Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка) (ГОСТ 6266)	1050	0,84	0,15	4	6	0,34	0,36	5,12	5,48	0,075
92	То же	800	0,84	0,15	4	6	0,19	0,21	3,34	3,66	0,075
93	Изделия из вспученного перлита на битумном связующем (ГОСТ 16136)	300	1,68	0,087	1	2	0,09	0,099	1,84	1,95	0,04
94	То же	250	1,68	0,082	1	2	0,085	0,099	1,53	1,64	0,04
95	"	225	1,68	0,079	1	2	0,082	0,094	1,39	1,47	0,04
96	"	200	1,68	0,076	1	2	0,078	0,09	1,23	1,32	0,04
Г											
Засыпки											
97	Гравий керамзитовый (ГОСТ 9757)	600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,19	2,62	2,83	0,23
97	Гравий керамзитовый (ГОСТ 9757)	600	0,84	0,14	2	3	0,17	0,19	2,62	2,83	0,23
98	То же	500	0,84	0,14	2	3	0,15	0,165	2,25	2,41	0,23
99	"	450	0,84	0,13	2	3	0,14	0,155	2,06	2,22	0,235
100	"	400	0,84	0,12	2	3	0,13	0,145	1,87	2,02	0,24
101	"	350	0,84	0,115	2	3	0,125	0,14	1,72	1,86	0,245
102	"	300	0,84	0,108	2	3	0,12	0,13	1,56	1,66	0,25
103	"	250	0,84	0,099	2	3	0,11	0,12	1,22	1,3	0,26
104	Гравий шунгизитовый (ГОСТ 9757)	700	0,84	0,16	2	4	0,18	0,21	2,91	3,29	0,21
105	То же	600	0,84	0,13	2	4	0,16	0,19	2,54	2,89	0,22
106	п	500	0,84	0,12	2	4	0,15	0,175	2,25	2,54	0,22
107	п	450	0,84	0,11	2	4	0,14	0,16	2,06	2,30	0,22
108	п	400	0,84	0,11	2	4	0,13	0,15	1,87	2,10	0,23
109	Щебень из доменного шлака (ГОСТ 5578)	1000	0,84	0,21	2	3	0,24	0,31	4,02	4,67	0,21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
110	Щебень шлакопемзовый и аглопоритовый	900	0,84	0,19	2	3	0,23	0,3	3,73	4,36	0,21
111	То же	800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,26	3,36	3,83	0,21
112	"	700	0,84	0,16	2	3	0,19	0,23	2,99	3,37	0,22
113	"	600	0,84	0,15			0,18	0,21	2,7	2,98	0,23
114	"	500	0,84	0,14	2	3	0,16	0,19	2,32	2,59	0,23
115	"	450	0,84	0,13	2	3	0,15	0,17	2,13	2,32	0,24
116	"	400	0,84	0,122			0,14	0,16	1,94	2,12	0,24
117	Щебень и песок из перлита вспученного (ГОСТ 10832)	500	0,84	0,09	1	2	0,1	0,11	1,79	1,92	0,26
118	То же	400	0,84	0,076	1	2	0,087	0,095	1,50	1,60	0,30
119	"	350	0,84	0,07	1	2	0,081	0,085	1,35	1,42	0,30
120	"	300	0,84	0,064	1	2	0,076	0,08	0,99	1,04	0,34
121	Вермикулит вспученный (ГОСТ 12865)	200	0,84	0,065	1	3	0,08	0,095	1,01	1,16	0,23
122	То же	150	0,84	0,060	1	3	0,074	0,098	0,84	1,02	0,26
123	"	100	0,84	0,055	1	3	0,067	0,08	0,66	0,75	0,30
124	Песок для строительных работ (ГОСТ 8736)	1600	0,84	0,35	1	2	0,47	0,58	6,95	7,91	0,17
Д	Строительные растворы (ГОСТ 28013)										
125	Цементношлаковый	1400	0,84	0,41	2	4	0,52	0,64	7,0	8,11	0,11
126	То же	1200	0,84	0,35	2	4	0,47	0,58	6,16	7,15	0,14
127	Цементно-перлитовый	1000	0,84	0,21	7	12	0,26	0,3	4,64	5,42	0,15
128	То же	800	0,84	0,16	7	12	0,21	0,26	3,73	4,51	0,16
129	Гипсоперлитовый	600	0,84	0,14	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,17
130	Поризованный гипсоперлитовый	500	0,84	0,12	6	10	0,15	0,19	2,44	2,95	0,43

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
II	Конструкционно-теплоизоляционные материалы										
A	Бетоны на природных пористых заполнителях (ГОСТ 25820, ГОСТ 22263)										
132	Туфобетон	1800	0,84	0,64	7	10	0,87	0,99	11,38	12,79	0,09
133	То же	1600	0,84	0,52	7	10	0,7	0,81	9,62	10,91	0,11
134	"	1400	0,84	0,41	7	10	0,52	0,58	7,76	8,63	0,11
135	"	1200	0,84	0,29	7	10	0,41	0,47	6,38	7,20	0,12
136	Пемзобетон	1600	0,84	0,52	4	6	0,62	0,68	8,54	9,30	0,075
137	То же	1400	0,84	0,42	4	6	0,49	0,54	7,10	7,76	0,083
138	"	1200	0,84	0,34	4	6	0,4	0,43	5,94	6,41	0,098
139	"	1000	0,84	0,26	4	6	0,3	0,34	4,69	5,20	0,11
140	"	800	0,84	0,19	4	6	0,22	0,26	3,60	4,07	0,12
141	Бетон на вулканическом шлаке	1600	0,84	0,52	7	10	0,64	0,7	9,2	10,14	0,075
142	То же	1400	0,84	0,41	7	10	0,52	0,58	7,76	8,63	0,083
143	"	1200	0,84	0,33	7	10	0,41	0,47	6,38	7,2	0,09
144	"	1000	0,84	0,24	7	10	0,29	0,35	4,90	5,67	0,098
145	"	800	0,84	0,20	7	10	0,23	0,29	3,90	4,61	0,11
B	Бетоны на искусственных пористых заполнителях (ГОСТ 25820, ГОСТ 9757)										
146	Керамзитобетон на керамзитовом песке керамзитопенобетон	1300	0,84	0,66	5	10	0,80	0,92	10,5	12,33	0,09
147	То же	1600	0,84	0,58	5	10	0,67	0,79	9,06	10,77	0,09
148	"	1400	0,84	0,47	5	10	0,56	0,65	7,75	9,14	0,098
149	"	1200	0,84	0,36	5	10	0,44	0,52	6,36	7,57	0,11
150	"	1000	0,84	0,27	5	10	0,33	0,41	5,03	6,13	0,14
151	"	800	0,84	0,21	5	10	0,24	0,31	3,83	4,77	0,19
152	"	600	0,84	0,16	5	10	0,2	0,26	3,03	3,78	0,26
153	"	500	0,84	0,14	5	10	0,17	0,23	2,55	3,25	0,3

## Продолжение прил. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
154	Керамзитобетон на кварцевом песке с поризацией	1200	0,84	0,41	4	8	0,52	0,58	6,77	7,72	0,075
155	То же	1000	0,84	0,33	4	8	0,41	0,47	5,49	6,35	0,075
156	"	800	0,84	0,23	4	8	0,29	0,35	4,13	4,9	0,075
157	Керамзитобетон на перлитовом песке	1000	0,84	0,28	9	13	0,35	0,41	5,57	6,43	0,15
158	То же	800	0,84	0,22	9	13	0,29	0,35	4,54	5,32	0,17
159	Шунгизитобетон	1400	0,84	0,49	4	7	0,56	0,64	7,59	8,60	0,098
160	"	1200	0,84	0,36	4	7	0,44	0,5	6,23	7,04	0,11
161	"	1000	0,84	0,27	4	7	0,33	0,38	4,92	5,60	0,14
162	Перлитобетон	1200	0,84	0,29	10	15	0,44	0,5	6,96	8,01	0,15
163	"	1000	0,84	0,22	10	15	0,33	0,38	5,50	6,38	0,19
164	"	800	0,84	0,16	10	15	0,27	0,33	4,45	5,32	0,26
165	"	600	0,84	0,12	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,30
166	Шлакопемзобетон	1800	0,84	0,52	5	8	0,63	0,76	9,32	10,83	0,075
167	То же	1600	0,84	0,41	5	8	0,52	0,63	7,98	9,29	0,09
168	"	1400	0,84	0,35	5	8	0,44	0,52	6,87	7,90	0,098
169	"	1200	0,84	0,29	5	8	0,37	0,44	5,83	6,73	0,11
170	"	1000	0,84	0,23	5	8	0,31	0,37	4,87	5,63	0,11
171	Шлакопемзолено- и шлакопемзогазобетон	1600	0,84	0,47	8	11	0,63	0,7	9,29	10,31	0,09
172	То же	1400	0,84	0,35	8	11	0,52	0,58	7,9	8,78	0,098
173	"	1200	0,84	0,29	8	11	0,41	0,47	6,49	7,31	0,11
174	"	1000	0,84	0,23	8	11	0,35	0,41	5,48	6,24	0,11
175	"	800	0,84	0,17	8	11	0,29	0,35	4,46	5,15	0,13
176	Бетон на доменных гранулированных шлаках	1800	0,84	0,58	5	8	0,7	0,81	9,82	11,18	0,083
177	То же	1600	0,84	0,47	5	8	0,58	0,64	8,43	9,37	0,09
178	"	1400	0,84	0,41	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,098



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
179	"	1200	0,84	0,35	5	8	0,47	0,52	6,57	7,31	0,11
180	Аглопоритобетон и бетоны на топливных (котельных) шлаках	1800	0,84	0,7	5	8	0,85	0,93	10,82	11,98	0,075
181	То же	1600	0,84	0,58	5	8	0,72	0,78	9,39	10,34	0,083
182	"	1400	0,84	0,47	5	8	0,59	0,65	7,92	8,83	0,09
183	"	1200	0,84	0,35	5	8	0,48	0,54	6,64	7,45	0,11
184	"	1000	0,84	0,29	5	8	0,38	0,44	5,39	6,14	0,14
185	Бетон на зольном гравии	1400	0,84	0,47	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,09
186	То же	1200	0,84	0,35	5	8	0,41	0,47	6,14	6,95	0,11
187	"	1000	0,84	0,24	5	8	0,3	0,35	4,79	5,48	0,12
188	Вермикулитобетон	800	0,84	0,21	8	13	0,23	0,26	3,97	4,58	0,14
189	"	600	0,84	0,14	8	13	0,16	0,17	2,87	3,21	0,15
190	"	400	0,84	0,09	8	13	0,11	0,13	1,94	2,29	0,19
191	"	300	0,84	0,08	8	13	0,09	0,11	1,52	1,83	0,23
Бетоны ячеистые ("ОСТ 25485. ГОСТ 5742)											
192	Полистиролбетон	600	1,06	0,145	4	8	0,175	0,20	3,07	3,49	0,06
193	"	500	1,06	0,125	4	8	0,14	0,16	2,5	2,85	0,075
194	"	400	1,06	0,105	4	8	0,12	0,135	2,07	2,34	0,085
195	"	300	1,06	0,085	4	8	0,09	0,11	1,55	1,83	0,10
196	"	200	1,06	0,065	4	8	0,07	0,08	1,12	1,28	0,12
197	"	150	1,06	0,055	4	8	0,057	0,06	0,87	0,96	0,135
198	Газо- и пенобетон, газо- и пеносиликат	1000	0,84	0,29	10	15	0,41	0,47	6,13	7,09	0,11
199	То же	800	0,84	0,21	10	15	0,33	0,37	4,92	5,63	0,14
200	"	600	0,84	0,14	8	12	0,22	0,26	3,36	3,91	0,17
201	"	400	0,84	0,11	8	12	0,14	0,15	2,19	2,42	0,23
202	"	300	0,84	0,08	8	10	0,11	0,13	1,68	1,95	0,26

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
203	Газо- и пенозобетон	1200	0,84	0,29	15	22	0,52	0,58	8,17	9,46	0,075
204	То же	1000	0,84	0,23	15	22	0,44	0,50	6,86	8,01	0,098
205	"	800	0,84	0,17	15	22	0,35	0,41	5,48	6,49	0,12
Г	Кирпичная кладка из сплошного кирпича										
206	Глиняного обыкновенного (ГОСТ 530) на цементно-песчаном растворе	1800	0,88	0,56	1	2	0,70	0,81	9,2	10,12	0,11
207	Глиняного обыкновенного на цементно-шлаковом растворе	1700	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,76	8,64	9,7	0,12
208	Глиняного обыкновенного на цементно-перлитовом растворе	1600	0,88	0,47	2	4	0,58	0,70	8,08	9,23	0,15
209	Силикатного (ГОСТ 379) на цементно-песчаном растворе	1800	0,88	0,7	2	4	0,76	0,87	9,77	10,9	0,11
210	Трещельного (ГОСТ 530) на цементно-песчаном растворе	1200	0,88	0,35	2	4	0,47	0,52	6,26	6,49	0,19
211	То же	1000	0,88	0,29	2	4	0,41	0,47	5,35	5,96	0,23
212	Шлакового на цементно-песчаном растворе	1500	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,70	8,12	8,76	0,11
Д	Кирпичная кладка из пустотного кирпича										
213	Керамического пустотного плотностью 1400 кг/м (ГОСТ 530) на цементно-песчаном растворе	1600	0,88	0,47	1	2	0,58	0,64	7,91	8,48	0,14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
214	Керамического пустотного плотностью 1300 кг/м <sup>3</sup> (ГОСТ 530) на цементно-песчаном растворе	1400	0,88	0,41	1	2	0,52	0,58	7,01	7,56	0,16
215	Керамического пустотного плотностью 1000 кг/м <sup>3</sup> (ГОСТ 530) на цементно-песчаном растворе	1200	0,88	0,35	1	2	0,47	0,52	6,16	6,62	0,17
216	Силикатного одиннадцатипустотного (ГОСТ 379) на цементно-песчаном растворе	1500	0,88	0,64	2	4	0,7	0,81	8,59	9,63	0,13
217	Силикатного четырнадцатипустотного (ГОСТ 379) на цементно-песчаном растворе	1400	0,88	0,52	2	4	0,64	0,76	7,93	9,01	0,14
Е	Дерево и изделия из него										
218	Сосна и ель поперек волокон (ГОСТ 8486, ГОСТ 9463)	500	2,3	0,09	15	20	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06
219	Сосна и ель вдоль волокон	500	2,3	0,18	15	20	0,29	0,35	5,56	6,33	0,32
220	Дуб поперек волокон (ГОСТ 9462, ГОСТ 2695)	700	2,3	0,1	10	15	0,18	0,23	5,0	5,86	0,05
221	Дуб вдоль волокон	700	2,3	0,23	10	15	0,35	0,41	6,9	7,83	0,3
222	Фанера клееная (ГОСТ 8673)	600	2,3	0,12	10	13	0,15	0,18	4,22	4,73	0,02
223	Картон облицовочный (ГОСТ 8740)	1000	2,3	0,18	5	10	0,21	0,23	62	6,75	0,06

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
224	Картон строительный многослойный	650	2,3	0,13	6	12	0,15	0,18	4,26	4,89	0,083
III Конструкционные материалы											
А Бетоны (ГОСТ 7473, ГОСТ 25192) и растворы (ГОСТ 28013)											
225	Железобетон (ГОСТ 26633)	2500	0,84	1,69	2	3	1,92	2,04	17,98	13,95	0,03
226	Бетон на гравии или щебне из природного камня	2400	0,84	1,51	2	3	1,74	1,86	16,77	17,88	0,03
227	Раствор цементно-песчаный	1800	0,84	0,58	2	4	0,76	0,93	9,6	11,09	0,09
228	Раствор сложный (песок, известь, цемент)	1700	0,84	0,52	2	4	0,7	0,87	8,95	10,42	0,098
229	Раствор известково-песчаный	1600	0,84	0,47	2	4	0,7	0,81	8,69	9,76	0,12
Б Облицовка природным камнем (ГОСТ 9480)											
230	Гранит, гнейс и базальт	2800	0,88	3,49	0	0	3,49	3,49	25,04	25,04	0,003
231	Мрамор	2800	0,88	2,91	0	0	2,91	2,91	22,86	22,86	0,008
232	Известняк	2000	0,88	0,93	2	3	1,16	1,28	12,77	13,7	0,06
233	То же	1800	0,88	0,70	2	3	0,93	1,05	10,85	11,77	0,075
234	"	1600	0,88	0,58		3	0,73	0,81	9,06	9,75	0,09
235	"	1400	0,88	0,49	2	3	0,56	0,58	7,42	7,72	0,11
236	Туф	2000	0,88	0,76	3	5	0,93	1,05	11,68	12,92	0,075
237	То же	1800	0,88	0,56	3	5	0,7	0,81	9,61	10,76	0,083
238	"	1600	0,88	0,41	3	5	0,52	0,64	7,81	9,02	0,09
239	"	1400	0,88	0,33	3	5	0,43	0,52	6,64	7,6	0,098
240	"	1200	0,88	0,27	3	5	0,35	0,41	5,55	6,25	0,11
241	"	1000	0,88	0,21	3	5	0,24	0,29	4,20	4,80	0,11
В Материалы кровельные, гидроизоляционные, облицовочные и рулонные покрытия для полов (ГОСТ 30547)											
242	Листы асбестоцементные плоские (ГОСТ 18124)	1800	0,84	0,35	2	3	0,47	0,52	7,55	8,12	0,03

Окончание прил. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
243	То же	1600	0,84	0,23	2	3	0,35	0,41	6,14	6,8	0,03
244	Битумы нефтяные строительные и кровельные (ГОСТ 6617, ГОСТ 9548)	1400	1,68	0,27	0	0	0,27	0,27	6,80	6,8	0,008
245	То же	1200	1,68	0,22	0	0	0,22	0,22	5,69	5,69	0,008
246	"	1000	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	4,56	4,56	0,008
247	Асфальтобетон	2100	1,68	1,05	0	0	1,05	1,05	16,43	16,43	0,008
248	Рубероид										
249	Линолеум поливинилхлоридный на теплоизолирующей подоснове	1800	1,47	0,38	0	0	0,38	0,38	8,56	8,56	0,002
250	То же	1600	1,47	0,33	0	0	0,33	0,33	7,52	7,52	0,002
251	Линолеум поливинилхлоридный на тканевой основе (ГОСТ 7251)	1800	1,47	0,35	0	0	0,35	0,35	8,22	8,22	0,002
252	То же	1600	1,47	0,29	0	0	0,29	0,29	7,05	7,05	0,002
253	"	1400	1,47	0,23	0	0	0,23	0,23	5,87	5,87	0,002
Г											
Металлы и стекло											
254	Сталь стержневая арматурная (ГОСТ 10884, ГОСТ 5781)	7850	0,482	58	0	0	58	58	126,5	126,5	0
255	Чугун (ГОСТ 9583)	7200	0,482	50	0	0	50	50	112,5	112,5	0
256	Алюминий (ГОСТ 22233, ГОСТ 24767)	2600	0,84	221	0	0	221	221	187,6	187,6	0
257	Медь (ГОСТ 931,	8500	0,42	407	0	0	407	407	326	326	0
258	Стекло оконное	2500	0,84	0,76	0	0	0,76	0,76	10,79	10,79	0

Приложение 8  
Коэффициенты звукопоглощения строительных материалов и конструкций

№ п/п	Коэффициент звукопоглощения на частотах, Гц	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 <sup>3</sup> , 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	

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, поверхность плотность ткани 0,5 кг/м <sup>2</sup>	0,05	0,3	0,45	0,7	0,65	0,5
31	Портьеры плюшевые со складками, поверхность плотность ткани 0,65 кг/м <sup>2</sup>	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	«Тарафлекс. Спорт М»	0,02	0,03	0,03	0,08	0,06	0,03
38	Искусственная трава фирмы «Полиграсс»	0,07	0,07	0,075	0,1	0,39	0,52
39	«Астрогурф»	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	«Тартан»	0,02	0,03	0,06	0,1	0,18	0,17

2		3	4	5	6	7	8
Специальные звукопоглощающие материалы и конструкции							
1							
45	Плиты гипсовые перфорированные с пористым заполнителем 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 0,65	0,65 0,65 0,65 0,7	0,7 0,7 0,7 0,75
46	Плиты «Силакпор» – 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						
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 9  
 Эквивалентная площадь звукопоглощения, м<sup>2</sup>, 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 тканью с пористым наполнителем сиденья и спинки	0,15	0,20	0,20	0,25	0,30	0,30	

## Приложение 10

### Индексы приведенного уровня ударного шума под перекрытием

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 $E_d=5 \times 10^5 - 12 \times 10^5$ 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 <sup>2</sup> по ЗИ слою с $E_d=3 \times 10^5 - 10 \times 10^5$ 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 $E_d=8 \times 10^6 - 13 \times 10^6$ 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 <sup>2</sup> по ЗИ слою с $E_d=3 \times 10^5 - 10 \times 10^5$ 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 $E_d=8 \times 10^6 - 13 \times 10^6$ 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

Пр и м е ч а н и е . При поверхностной плотности стяжки (сборных плит) между 60 и 120 кг/м<sup>2</sup> индексы определять по интерполяции, округляя до целого числа дБ.

**Приложение 11**  
**Значение индекса приведенного уровня ударного шума**  
**железобетонной плиты**

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

**Приложение 12**  
**Динамические характеристики пола на звукоизоляционном слое**

Материалы	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Динамический модуль упругости Ед, Па, и относительное сжатие $\epsilon_d$ материала звукоизоляционного слоя при нагрузке на звукоизоляционный слой, Па					
		2000		5000		10000	
		Ед	$\epsilon_d$	Ед	$\epsilon_d$	Ед	$\epsilon_d$
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 15мм	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	-	-

## Приложение 13

### Нормативные индексы звукоизоляции

№	Наименование и расположение ограждающей конструкции	$R_w$ , дБ	$L_w$ , дБ
1	2	3	4
1	<b>Жилые здания</b>		
	Перекрытия между помещениями квартир и отделяющие помещения квартир от холлов, лестничных клеток и используемых чердачных помещений:		
	– в домах категории А	54	55
	– в домах категории Б	52	58
	– в домах категории В	50	60
2	Перекрытия между помещениями квартир и расположенными под ними магазинами:		
	– в домах категории А	59	55
	– в домах категории Б	57	58
	– в домах категории В	57	58
3	Перекрытия между комнатами в квартире в двух уровнях:		
	– в домах категории А	47	63
	– в домах категории Б	45	66
	– в домах категории В	43	68
4	Стены между помещениями квартир и магазинами:	59	-
	– в домах категории А	57	-
	– в домах категории Б и В		
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	52	58
	– в домах категории Б и В	50	60
8	Стены и перегородки между квартирами, между помещениями квартир и лестничными клетками, холлами, коридорами, вестибюлями		
	– в домах категории А	54	-
	– в домах категории Б	52	-
	– в домах категории В	50	-
9	Перегородки между комнатами, между кухней и комнатой в квартире		
	– в домах категории А	43	-
	– в домах категории Б и В	41	-

Продолжение прил. 13

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	-
	Гостиницы		
	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	-
	Административные здания, офисы		
	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. 13

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	- -
	Больницы и санатории 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	-

## Окончание прил. 13

1	2	3	4
	Учебные заведения 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
	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	-
	Детские дошкольные учреждения 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	-

П р и м е ч а н и е . 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 14

### Формулы для определения значения частоты точки В

Плотность бетона, $\gamma$ , кг/м <sup>3</sup>	$f_b$ , Гц
$\geq 1800$	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. Н – толщина ограждения в мм.

2. Для промежуточных значений плотности бетона частота  $f_b$  определяется интерполяцией.

## Приложение 15

### Границы октавных полос

Среднегеометрическая частота 1/3-октавной полосы	Границы 1/3-октавной полосы
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



Для сплошных ограждающих конструкций из бетона на легких заполнителях коэффициент К определяется по прил.16.

**Приложение 16**  
**Значение коэффициента К,**  
**учитывающего жесткость конструкции**

Вид материала	Марка	Плотность	К
1	2	3	4
Керамзитобетон	М-100	1500-1550	1,1
		1300-1450	1,2
		1200	1,3
		1100	1,4
	М150-200	1700-1750	1,1
		1500-1650	1,2
		1350-1450	1,3
		1250	1,4
Перлитобетон	М-100	1300	1,3
		1100-1200	1,4
		950-1000	1,5
Аглопоритобетон	М-100	1550-1650	1,1
		1300-1500	1,3
	М-150	1500-1800	1,2
Шлакопемзобетон	М-100	1600-1700	1,2
	М-150	1700-1800	1,2
Бетон на вулканическом шлаке, пемзе, туфе	М-100	1500-1650	1,2
		1300-1400	1,3
	М-150	1600-1800	1,1
		1500	1,2
	М-200	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	1,4

## О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕПЛОТЕХНИКИ.....	6
Практическое занятие 1	
Измерение скорости воздушных потоков. Определение кратности воздухообмена в помещении.....	6
Практическое занятие 2	
Определение температурно-влажностного режима в аудитории.....	10
Практическое занятие 3	
Теплотехнический расчет наружной стены.....	13
Практическое занятие 4	
Исследование распределения температур в толще наружного ограждения.....	17
Практическое занятие 5	
Исследование распределения парциального давления в толще наружного ограждения.....	20
2. АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ АКУСТИКА.....	23
Практическое занятие 6	
Определение времени реверберации в помещении.....	23
Практическое занятие 7	
Определение индекса изоляции воздушного шума ограждающей конструкции с известной и неизвестной частотными характеристиками.....	28
Практическое занятие 8	
Определение индекса приведенного уровня ударного шума под междуэтажным перекрытием с полами на звукоизоляционном слое.....	33
3. ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ СВЕТОТЕХНИКИ.....	36
Практическое занятие 9	
Измерение коэффициента естественной освещенности помещений в натуральных условиях.....	36
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	49
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	50
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	51
Приложение 1	
Психрометрическая таблица для температур от 0 до +25°С по влажному термометру.....	52

Приложение 2	
Значения максимальной упругости водяного пара $E$ , мм рт.ст. (при $B=755$ мм рт.ст.) при положительных температурах.....	53
Приложение 3	
Значения максимальной упругости в мм рт.ст. для отрицательных значений температур.....	53
Приложение 4	
Нормативно-расчётные показатели по тепловой защите зданий....	54
Приложение 5	
Климатические параметры холодного периода года.....	58
Приложение 6	
Карта зон влажности.....	63
Приложение 7	
Нормируемые теплотехнические показатели строительных материалов и изделий .....	64
Приложение 8	
Коэффициенты звукопоглощения строительных материалов и конструкций .....	78
Приложение 9	
Эквивалентная площадь звукопоглощения, $m^2$ , зрителями и креслами .....	81
Приложение 10	
Индексы приведенного уровня ударного шума под перекрытием .	82
Приложение 11	
Значение индекса приведенного уровня ударного шума железобетонной плиты .....	83
Приложение 12	
Динамические характеристики пола на звукоизоляционном слое .	83
Приложение 13	
Нормативные индексы звукоизоляции .....	84
Приложение 14	
Формулы для определения значения частоты точки $B$ .....	88
Приложение 15	
Границы октавных полос.....	88
Приложение 16	
Значение коэффициента $K$ , учитывающего жесткость конструкции .....	89

Учебное издание

Викторова Ольга Леонидовна

**СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА**

Практикум

Редактор В.С. Кулакова

Верстка Н.В. Кучина

---

Подписано в печать 17.04.2015. Формат 60x84/16.

Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.

Усл.печ.л. 5,35. Уч.-изд.л. 5,75. Тираж 80 экз.

Заказ № 137.

---

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

