

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

Методические указания
для самостоятельной работы по направлению 08.05.01
«Строительство уникальных зданий и сооружений»

Пенза 2016

УДК 72: 53 (075.8)
ББК 85.11+22.3я 73
С86

Рекомендовано Редсоветом университета
Рецензент – кандидат технических наук, доцент
О.Л. Викторова (ПГУАС)

Строительная физика: метод. указания для самостоятельной
С86 работы по направлению 08.05.01 «Строительство уникальных
зданий и сооружений» / Л.Н. Петрянина. – Пенза: ПГУАС, 2016. –
52 с.

Рассмотрены примеры заданий для самостоятельной работы студентов. Приведен перечень творческих заданий, система тренинга и самопроверки знаний студентов.

Методические указания подготовлены на кафедре «Городское строительство и архитектура» и предназначены для студентов, обучающихся по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений», специализация №1 «Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений» при изучении дисциплины «Строительная физика».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2016
© Петрянина Л.Н., 2016

ВВЕДЕНИЕ

Основная задача высшего образования заключается в формировании творческой личности студента, способного к саморазвитию, самообразованию, инновационной деятельности.

Самостоятельная работа студентов является одной из важнейших составляющих образовательного процесса. Независимо от полученной профессии и характера работы любой начинающий специалист должен обладать фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками деятельности своего профиля, опытом творческой и исследовательской деятельности по решению новых проблем. Все эти составляющие образования формируются именно в процессе самостоятельной работы студентов, так как предполагает максимальную индивидуализацию деятельности каждого студента и может рассматриваться одновременно и как средство совершенствования творческой индивидуальности.

Основным принципом организации самостоятельной работы студентов является комплексный подход, направленный на формирование навыков репродуктивной и творческой деятельности студента в аудитории, при внеаудиторных контактах с преподавателем на консультациях и домашней подготовке.

Среди основных видов самостоятельной работы студентов традиционно выделяют: подготовка к лекциям, практическим занятиям, зачетам и экзаменам, докладам; написание рефератов, выполнение расчетно-графических курсовых проектов и работ, лабораторных и контрольных работ. Время, отведенное для самостоятельной работы студентов, полностью может быть использовано на два вида самостоятельной работы:

- аудиторная – самостоятельная работа выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию;
- внеаудиторная – самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Рассмотренные материалы для самостоятельной работы будут полезны для студентов, обучающихся по специальности 08.05.01 «Строительство

уникальных зданий и сооружений» для дисциплины «Строительная физика».

Процесс изучения дисциплины «Строительная физика» направлен на изучение следующих компетенций:

использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

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

– способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов техническому заданию;

– знать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по профилю деятельности;

– способность составлять отчеты по выполненным работам, участвовать во внедрении результатов исследований и практических разработок.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Целью изучения дисциплины «Строительная физика» является необходимость дать студентам углубленные сведения о физико-технических процессах, протекающих в помещениях во время пребывания людей в зданиях, а также процессах протекающих во время их эксплуатации.

Задача изучения дисциплины – научиться владеть физико-техническими основами проектирования для выполнения проектных работ.

В результате освоения дисциплины «Строительная физика» студент должен:

Знать:

фундаментальные основы физики, включая разделы «теплофизика», «свет» и «акустика»;

фундаментальные основы высшей математики, включая линейную алгебру и математический анализ;

основы графического построения объектов.

Уметь:

проводить формализацию поставленной задачи на основе современного математического аппарата;

пользоваться справочной технической литературой.

Владеть:

первичными навыками и основными методами решения математических задач.

Раздел 1. Основы строительной теплотехники

На самостоятельную работу студентов в этом разделе отводится 24 часа.

Для решения вопросов по строительной теплотехнике студенты должны знать следующее:

– методы оценки температурно-влажностного режима в помещении;
– виды теплопередачи и теплотехнические параметры ограждающих конструкций;

– теплотехнический расчет однородных и слоистых ограждающих конструкций при установившемся потоке тепла, распределение температур в толще ограждающих конструкций;

– теплотехнический расчет неоднородных ограждающих конструкций с теплопроводными включениями;

– теплопередача в нестационарных условиях и теплоустойчивость ограждающих конструкций;

– воздухопроницаемость и влияние этого параметра на теплозащиту ограждающих конструкций, расчет на воздухопроницаемость ограждения;

– защита от влажности ограждающих конструкций и помещений: влажность воздуха и влияние на самочувствие человека и работу ограждающих конструкций; влажностное состояние ограждающих конструкций; оценка возможности образования конденсата в толще и на поверхности ограждающей конструкции;

Раздел 2. Архитектурно-строительная акустика

На самостоятельную работу студентов при изучении этого модуля отводится 18 часов

Студентам необходимо рассмотреть следующие вопросы:

- звук, основные понятия и характеристики звука;
- методы расчета звукового поля, расчет времени реверберации в помещении;
- влияние формы залов и их отдельных поверхностей на их акустические качества; звукопоглощающие материалы и конструкции, приемы геометрической акустики при проектировании зрительных залов;
- борьба с шумом в помещениях, изоляция от воздушного и ударного шума в помещениях;
- нормирование звукоизоляции ограждающих конструкций от проникновения воздушного шума в помещение;
- нормирование ударного шума, определение изоляции ударного шума междуэтажными перекрытиями;
- борьба с шумом от инженерного и санитарно-технического оборудования;
- защита от шума в градостроительстве, архитектурно-планировочные методы борьбы с шумом;
- мероприятия по повышению звукоизоляции в помещениях.

Раздел 3. Основы светотехники

На самостоятельную работу студентов в этом модуле отводится 12 часов.

При изучении данного раздела студент рассматривает следующие вопросы:

- проектирование систем естественного освещения зданий, это особенно важно при проектировании промышленных зданий, где светопроемы имеют очень большие площади. Методы расчета КЕО, два закона строительной светотехники;
- проектирование городской застройки, проверка соблюдения норм естественного освещения и инсоляции при затенении жилых помещений зданиями окружающей застройки; нормирование естественного освещения; проектирование систем естественного освещения.

2. ТЕКСТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ СТУДЕНТОВ И ПРИМЕРЫ ИХ ИСПОЛНЕНИЯ

Раздел 1. Основы строительной теплотехники

Задание 1. Исследовать распределение температуры в толще наружного ограждения

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

Исследование распределения температур проводится двумя способами: экспериментальным и расчетным.

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

Общее сопротивление теплопередачи 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 теплопередачи по формуле

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

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

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

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

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

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 ³	0,02
2	Кирпичная кладка из кирпича глиняного обыкновенного, 1400 кг/м ³	0,510
3	Пенополистирол (ТУ 2244-051-04001232-99) 100 кг/м ³	0,08
4	Цементно-песчаный раствор, 1800 кг/м ³	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 – нормальный;
- условия эксплуатации ограждающих конструкций – А;
- коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху $n = 1$;
- 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 $t_{ext} = -29 \text{ }^\circ\text{C}$;
- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;
- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций $\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;
- расчетный коэффициент теплопроводности материала первого слоя $\lambda_1 = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;
- расчетный коэффициент теплопроводности материала второго слоя $\lambda_2 = 0,70 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;
- расчетный коэффициент теплопроводности материала третьего слоя $\lambda_3 = 0,041 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;
- расчетный коэффициент теплопроводности материала четвертого слоя $\lambda_4 = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- общее сопротивление теплопередаче не утепленной ограждающей конструкции

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

- 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.

Задание 2. Определение температурно-влажностного режима в помещении

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

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

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

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

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.

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

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 таблицу.
2. Определить разность показаний термометров и по психрометрической таблице установить значения относительной влажности. Результаты записать в таблицу.
3. Определить по прил.2 максимальную упругость водяного пара E , вычислить парциальное давление e . Результаты записать в таблицу.
4. Определить температуру точки росы. Результаты записать в таблицу.
5. По результатам проделанной работы сделать вывод о температурно-влажностном режиме помещения.

Т а б л и ц а

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

Задание 3. Измерить скорость воздушных потоков и определить кратность воздухообмена в помещении.

Гигиеническими нормами для гражданских зданий установлены пределы естественной вентиляции в виде минимальной кратности воздухообмена n . Под кратностью воздуха обмена имеют в виду отношением объёма воздуха, поступающего в помещении течении одного часа к кубатуре помещения V_0 , т.е.

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

С помощью анемометра определяют скорость воздушного потока в проёмах.

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

$$V = v F,$$

тогда кратность воздухообмена за один час будет равна

$$n = \frac{3600 \cdot V}{V_0}.$$

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.

Задание 4. Исследовать распределение парциального давления в толще наружного ограждения

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. $\text{м}^2\text{ч}/\text{г} = \text{Па} \cdot \text{с}/\text{г}$;

$R_{нп} = k \left(1 - \frac{\Phi_H}{100} \right)$ мм рт. ст. $\text{м}^2\text{ч}/\text{г} = \text{Па} \cdot \text{с}/\text{г}$;

k – коэффициент, равен 1.

Парциальное давление в толще n -го слоя ограждения при парциальном давлении внутри помещения e_B и снаружи e_H определяется по формуле

$$e_X = e_B - \frac{e_B - e_H}{R_{оп}} \left(\sum_{n-1} (n-1)R_n + R_{вп} \right),$$

где $\left(\sum (n-1)R_n \right)$ – сумма сопротивлений паропроницанию предыдущих конструктивных слоев, мм рт.ст. $\cdot \text{м}^2 \cdot \text{ч}/\text{г}$.

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, $1800 \text{ кг}/\text{м}^3$	0,02
2	Кирпичная кладка из кирпича глиняного обыкновенного, $1400 \text{ кг}/\text{м}^3$	0,510
3	Цементно-песчаный раствор, $1800 \text{ кг}/\text{м}^3$	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 ³	0,02
2	Кирпичная кладка из кирпича глиняного обыкновенного, 1400 кг/м ³	0,510
3	Пенополистирол (ТУ 2244-051-04001232-99) 100 кг/м ³	0,08
4	Цементно-песчаный раствор, 1800 кг/м ³	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 *зона сухая*

Определение сопротивления паропроницаемости ограждающих конструкций

Определяемые и рассчитываемые параметры:

- влажностный режим помещения *нормальный;*
- условия эксплуатации ограждающих конструкций – *A;*
- коэффициент паропроницаемости цементно-песчаного раствора $\mu_1 = 0,012 \text{ г}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{мм рт.ст});$
- расчетный коэффициент паропроницаемости кирпича $\mu_2 = 0,014 \text{ г}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{мм рт.ст});$
- расчетный коэффициент паропроницаемости пенополистирола $\mu_3 = 0,055 \text{ г}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{мм рт.ст});$
- общее сопротивление паропроницаемости неутепленной ограждающей конструкции рассчитывается по формуле

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

- общее сопротивление теплопередаче утепленной ограждающей конструкции рассчитывается по формуле

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

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

Парциальное давление в толще ограждающей конструкции определяем по формуле

$$e_x = e_B - \frac{e_B - e_H}{R_{оп}} \left(\sum_{n-1} (n-1)R_n + R_{вп} \right),$$

где e_B – парциальное давление внутри помещения;

e_H – парциальное давление наружного воздуха.

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

$$\varphi_i = \frac{e_i}{E_i} 100\%,$$

принимая что относительная влажность в помещении составляет $\varphi_B = 55\%$ при нормальном температурно-влажностном режиме помещения.

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 определить значения максимальной упругости водяного пара.

Раздел 2. Архитектурно-строительная акустика

Задание 1. Определить время реверберации в помещении.

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

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

где V – объем помещения, м³;

$S_{общ}$ – общая площадь поверхностей м²;

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

$A_{общ}$ – 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 таблицу.

Т а б л и ц а

Расчет эквивалентной площади звукопоглощения

Наименование поверхностей и их отделка	Площадь поверхностей $S_i, \text{м}^2$	Коэффициент звукопоглощения поверхностей α_i на частотах			Эквивалентная площадь звукопоглощения поверхности ($\alpha_i \times S_i$) на частотах		
		125	500	2000	125	500	2000
1	2	3	4	5	6	7	8
1) стены: кирпичные, оштукатуренные и окрашенные 2) потолок: бетон окрашенный 3) пол: линолеум по бетонному основанию 4) окна: а) стекло, б) шторы 5) двери деревянные 6) поверхности столов: деревянные 7) добавочное звукопоглощение 8) эквивалентное звукопоглощение слушателями 9) свободными креслами							
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 м³, а средний коэффициент звукопоглощения не превышает 0,25, то расчет времени реверберации следует производить по формуле Сэбина:

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

где $\Sigma\alpha_n S_n$ – суммарное звукопоглощение (сумма произведений коэффициентов звукопоглощения на соответствующую площадь отделочных материалов, м²).

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

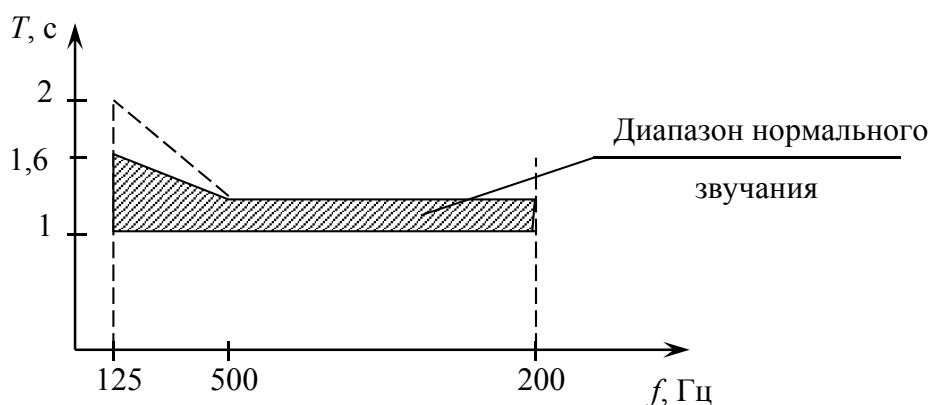
$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{\sum \alpha_m S_n}{\sum S_n} \leq 0,25$$

и звукопоглощающие материалы равномерно распределяются по поверхностям помещения.

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

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

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 эхо в помещении.

Задание 2. Определение индекса изоляции воздушного шума ограждающей конструкции с известной и неизвестной частотными характеристиками.

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

Индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ, ограждающей конструкцией с известной (рассчитанной или измеренной) частотной характеристикой изоляции воздушного шума определяется путем сопоставления этой частотной характеристики с оценочной кривой, установленной стандартом 717 Международной организации по стандартизации (ИСО) приведенной в табл. 2.1.

Т а б л и ц а 2 . 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_w , 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/м² из бетона, железобетона, кирпича и тому подобных материалов следует определять, изображая ее в виде ломаной линии, аналогичной линии ABCD на рис. 2.1.

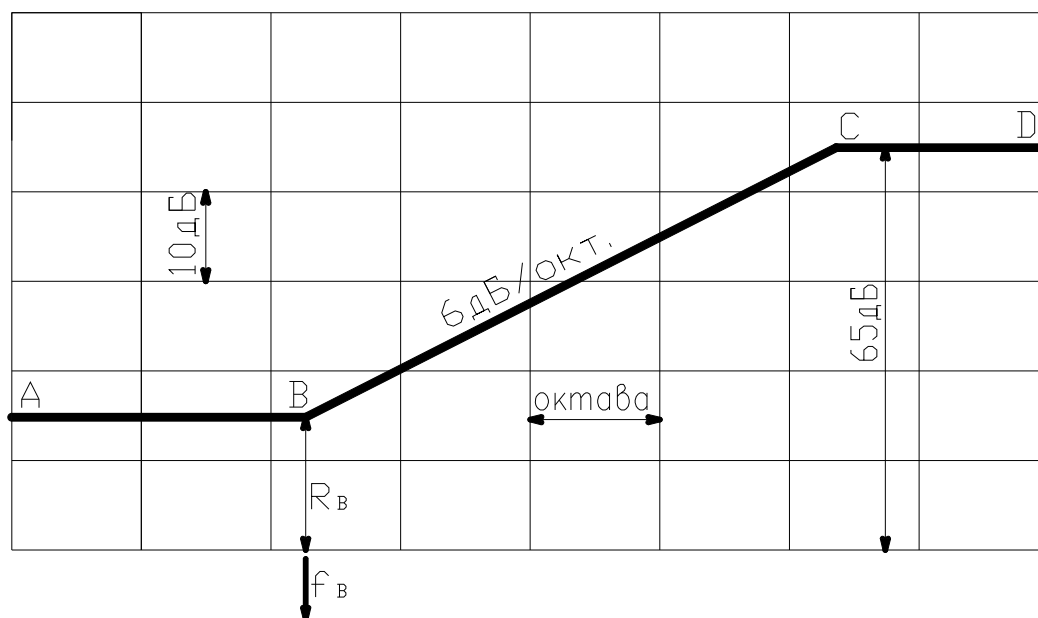


Рис. 2.1. Частотная характеристика изоляции воздушного шума однослойным плоским ограждением

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

Ординату точки В – R_B следует определять в зависимости от эквивалентной поверхностной плотности m_3 по формуле

$$R_B = 20 \lg m_3 - 12 \text{ дБ},$$

где $m_3 = k \times m$ (m – поверхностная плотность материала (кг/м²));

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

1 этап. Определить индекс изоляции воздушного шума R_w перегородкой с известной частотной характеристикой звукоизоляции от проникновения воздушного шума. Частотная характеристика такой конструкции приведена в табл. 2 (поз.1).

Расчет звукоизоляции перегородки проводится по методике 1 (описание приведено выше) в табличной форме (табл.2.2).

Т а б л и ц а 2.2

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																	

2 этап. Построить частотную характеристику изоляции воздушного шума перегородкой из тяжелого бетона плотностью 2300 кг/м^3 и толщиной 100 мм и определить индекс изоляции воздушного шума данной ограждающей конструкции.

Построение частотной характеристики производим в соответствии с рис. 1. Для этого определяем поверхностную плотность ограждения $m = \gamma h$. Затем находим частоту, соответствующую точке В.

Округляем до среднегеометрической частоты $1/3$ октавной полосы, в пределах которой находится f_B .

Определяем ординату точки В по формуле 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 в зависимости от группы зданий, вида ограждающей конструкции и категории комфортности здания. Таким образом, звукоизолирующая способность ограждающей конструкции будет обеспечена, если выполняется условие:

$$R_w^H \leq R_w^{\text{расч}} .$$

Раздел 3. Основы светотехники

Задание 1. Измерить коэффициент естественной освещенности помещений в натуральных условиях.

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

2. Измеряются внутренняя освещенность в намеченных точках с помощью люксметра и одновременно наружная горизонтальная освещенность

(проводить замеры освещенности необходимо при отсутствии облучения помещения и фотоэлемента прямыми лучами солнца). Измерение освещенности в расчетных точках необходимо проводить дважды. Первые отсчеты в точках снимаются при движении от светопроема в глубь помещения, вторые – при движении в обратном направлении. Результаты измерения записываются в таблицу.

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

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

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

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

3. УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ АУДИТОРНОЙ И ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ

Упражнение 1

Исходя из требований по тепловой защите здания в холодное время года, запроектировать конструкцию наружной стены, сделать вывод.

Решение.

Пример расчета:

1.1. Задаемся конструктивным решением наружной стены

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)	X
4	Цементно-песчаный раствор, 1800	0,02

1.2. Выписываем исходные данные для выполнения расчета:

Город строительства

Пенза

Тип здания

Жилое здание

Тип ограждающей конструкции

Наружные стены

Определяемые и рассчитываемые параметры:

- расчетная температура внутреннего воздуха $t_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- расчетная влажность внутреннего воздуха $\varphi_{в} = 55\%$;
- г. Пенза [4, прил. В] *зона сухая*
- влажностный режим помещения [4, табл. 1] *нормальный;*
- условия эксплуатации ограждающих конструкций [4, табл. 2] *A;*
- коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху [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 [2, табл. 1] $t_{ext} = -29 \text{ }^\circ\text{C}$;
- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [4, табл. 7] $\alpha_{int} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;
- коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций [5, табл. 8] $\alpha_{ext} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$;

- расчетный коэффициент теплопроводности материала первого слоя [1, прил. 3*] или [5, прил. Д] $\lambda_1 = 0,76 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°С)}$;
- расчетный коэффициент теплопроводности материала второго слоя [1, прил. 3*] или [5, прил. Д] $\lambda_2 = 0,22 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°С)}$;
- расчетный коэффициент теплопроводности материала третьего слоя [1, прил. 3*] или [5, прил. Д] $\lambda_3 = 0,031 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°С)}$;
- расчетный коэффициент теплопроводности материала четвертого слоя [1, прил. 3*] или [5, прил. Д] $\lambda_4 = 0,76 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°С)}$;
- упругость водяного пара начала конденсации влаги внутри помещения $E_B = 2,339 \text{ кПа}$;

- упругость водяного пара внутри помещения

$$e_B = E_B \cdot w_B = 2,339 \cdot 55\% = 1,286 \text{ кПа};$$

- температура точки росы в помещении имеющемся парциальном давлении [5, прил. Р] $t_p = 10,69\text{°С}$;
- нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции [4, табл. 5] $\Delta t_n = 4\text{°С}$;

- требуемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из санитарно-гигиенических и комфортных условий определяется по формуле

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

- длительность отопительного периода [2, табл. 1] $z_{ht} = 207 \text{ сут}$;
- средняя температура отопительного периода наружного воздуха за отопительный период [2, табл. 1] $t_{ht} = -4,5\text{°С}$;
- градусо-сутки отопительного периода (ГСОП(D_d)) определяем по формуле

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

1.3. Определение нормируемого сопротивления теплопередачи ограждающей конструкции исходя из энергосбережения – R_{reg}

Определяется нормируемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из условий энергосбережения [3, табл. 4] R_{reg} ($\text{м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$) в зависимости от рассчитанной величины ГСОП(D_d). Для величин D_d отличающихся от табличных значения 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 табл.4 [4] для соответствующих групп зданий и вида ограждающей конструкции. Для наружных стен жилых зданий $a=0,00035$; $b=1,4$.

Нормируемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции из условия энергосбережения составит

$$R_{reg} = a \cdot D_d + b = 0,0003 \cdot 5071,5 + 1,4;$$
$$R_{reg} = 3,175 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

1.4. Определение необходимой толщины утеплителя

Минимально необходимая толщина утеплителя в конструктивном решении наружной стены определяется из условия:

Общее сопротивление теплопередаче R_0 равно нормируемому сопротивлению теплопередачи R_{reg}

$$R_0 = R_{reg}.$$

Тогда получим следующее уравнение:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{ext}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,020}{0,76} + \frac{x}{0,031} + \frac{0,020}{0,76} + \frac{1}{23} =$$
$$= R_{reg} = 3,175 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)};$$

Решая уравнение получим $x=0,049$ м.

Принимаем толщину утеплителя, исходя из применяемых в строительстве: 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120 мм.

В данном расчете рекомендуемая толщина утеплителя составит 60 мм.

1.5. Определение общего сопротивления теплопередаче наружной стены

Тогда общее сопротивление теплопередаче наружной стены составит:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_i \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{ext}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,020}{0,76} + \frac{0,300}{0,22} + \frac{0,06}{0,031} + \frac{0,020}{0,76} + \frac{1}{23} =$$
$$= 3,51 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)}.$$

1.6. Определение расчетного температурного перепада

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

$$\Delta t_0 = \frac{n \cdot (t_{int} - t_{ext})}{R_0 \cdot \alpha_{int}} = \frac{1 \cdot (20 - (-29))}{3,51 \cdot 8,7} = 1,61 \text{ °C}.$$

В ы в о д :

Тепловая защита здания обеспечивается, если выполняются два условия:

1. Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R_0 должно быть больше нормируемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции из условия энергосбережения R_{reg} : $R_0 < R_{reg}$.

2. Расчетный температурный перепад между температурой воздуха внутри помещения и температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции Δt_0 не должен превышать нормируемого температурного перепада Δt_n : $\Delta t_0 < \Delta t_n$.

Поскольку общее сопротивление теплопередаче запроектированной наружной стены, больше нормируемого значения сопротивления с учетом энергосбережения: $R_0=3,51 \text{ (м}^2\cdot\text{°C/Вт)} < R_{reg}=3,175 \text{ м}^2\cdot\text{°C/В}$ и расчетный температурный перепад между температурой воздуха внутри помещения и температурой на внутренней поверхности ограждающей конструкции меньше нормируемого $\Delta t_0 = 1,035(\text{°C}) < \Delta t_n = 4,0(\text{°C})$ следовательно конструкция удовлетворяет требованиям тепловой защиты здания.

Упражнение 2

Для запроектированной конструкции наружной стены определить, как будет распределяться температура в ее толще, и какая температура будет на внутренней поверхности наружной стены; построить график распределения температур, сделать вывод.

Решение.

Пример расчета:

Состав запроектированной конструкции наружной стены

	Материал слоя	Толщина, м
1	Цементно-песчаный раствор, 1800	0,02
2	Блоки из пенобетона, 600	0,30
3	Пенополистирол ПСБ-С25Ф (ТУ 2244-051-04001232-99)	0,06
4	Цементно-песчаный раствор, 1800	0,02

2.1. Определение температуры в толще наружной стены

Температура на внутренней поверхности наружной стены определяется по формуле:

$$\tau_{\text{int}} = t_{\text{int}} - \frac{t_{\text{int}} - t_{\text{ext}}}{R_0} \cdot \left(\frac{1}{\alpha_{\text{int}}} \right).$$

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

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

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

Конструкцию наружной стены делим на участки и на границах рассматриваемы участках, а также на поверхностях наружной стены определяем расчетом значения температур.

Схема конструкции представлена на рис. 3.1.

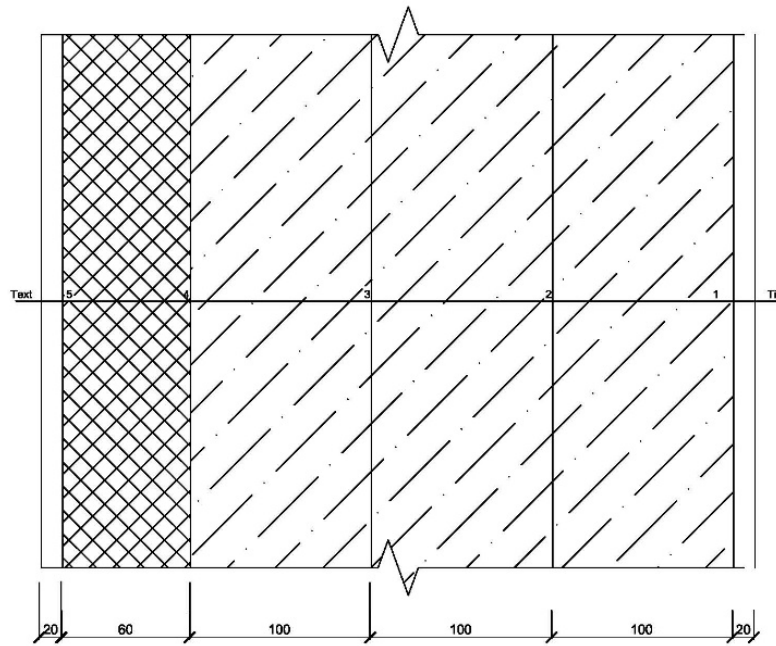


Рис. 3.1. Схема расположения сечений

Исходные параметры для выполнения данного расчета приведены в предыдущем расчете, тогда

$$\tau_{\text{int}} = 20 - \frac{20 - (-29)}{3,51} \cdot \left(\frac{1}{8,7} \right) = 18,39^{\circ}\text{C};$$

$$\tau_1 = 20 - \frac{20 - (-29)}{3,51} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} \right) = 18,02^{\circ}\text{C};$$

$$\tau_2 = 20 - \frac{20 - (-29)}{3,51} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,10}{0,22} \right) = 11,76^{\circ}\text{C};$$

$$\tau_3 = 20 - \frac{20 - (-29)}{3,51} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,20}{0,22} \right) = 5,35;$$

$$\tau_4 = 20 - \frac{20 - (-29)}{3,51} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,30}{0,22} \right) = -1,03^{\circ}\text{C};$$

$$\tau_5 = 20 - \frac{20 - (-29)}{3,51} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,30}{0,22} + \frac{0,06}{0,031} \right) = -27,88^{\circ}\text{C};$$

$$\tau_{\text{ext}} = 20 - \frac{20 - (-29)}{3,51} \cdot \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,30}{0,22} + \frac{0,06}{0,031} + \frac{0,02}{0,76} \right) = -28,25^{\circ}\text{C}.$$

По полученным результатам строим график распределения температур (рис. 3.2).

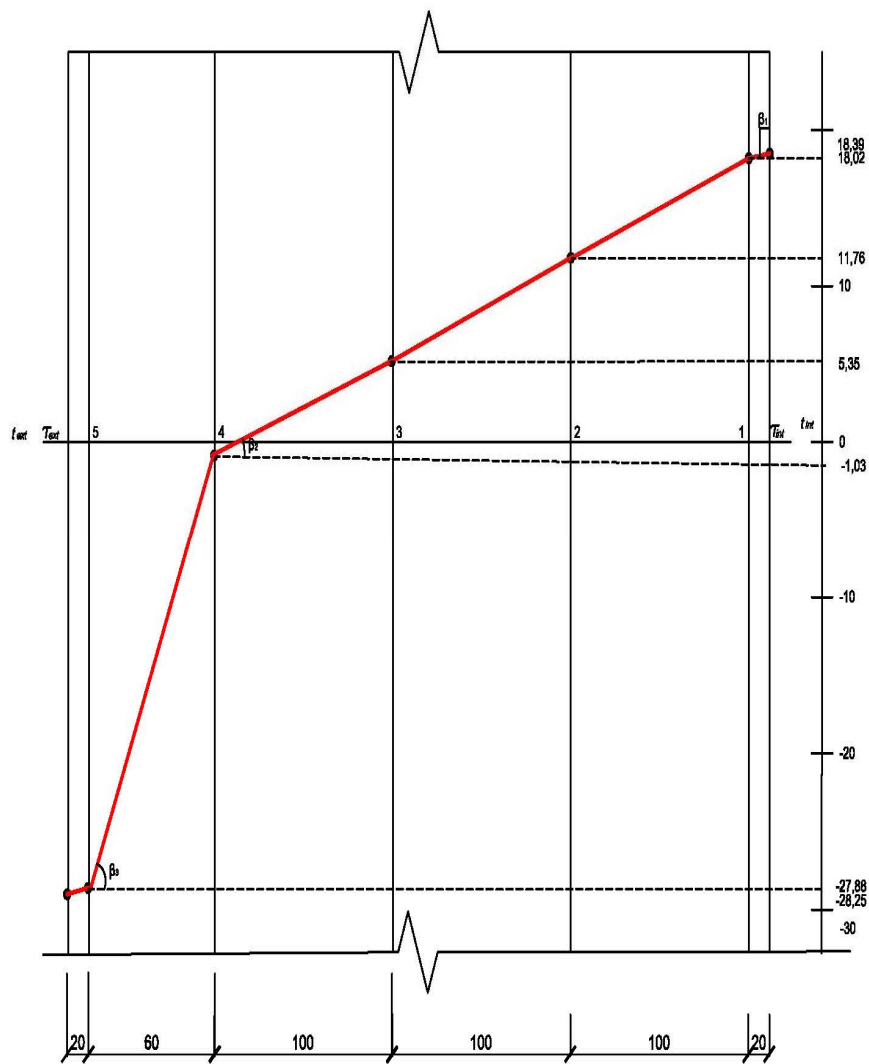


Рис. 3.2. График распределения температур в толще стены и на поверхностях наружной конструкции

В ы в о д :

В слоистой конструкции температура в толще каждого конструктивного слоя изменяется по линейному закону;

Угол наклона линий температур к горизонту зависит от теплозащитных свойств материала слоя, а именно, от коэффициента теплопроводности материала: чем меньше коэффициент теплопроводности материала, тем больше угол наклона линий температур к горизонту;

В слоистой конструкции с наружным расположением утепляющего слоя, основная часть наружной стены находится в зоне положительных температур, поэтому при таком конструктивном решении наружной стены значительно уменьшаются затраты на отопление здания.

Упражнение 3

Исследовать конструкцию наружной стены на влажностное состояние, определить возможность образования конденсата на внутренней поверхности конструкции и в ее толще; сделать вывод.

Решение.

Пример расчета:

3.1. Состав запроектированной конструкции наружной стены

	Материал слоя	Толщина, м
1	Цементно-песчаный раствор, 1800	0,02
2	Блоки из пенобетона, 600	0,30
3	Пенополистирол ПСБ-С25Ф (ТУ 2244-051-04001232-99)	0,06
4	Цементно-песчаный раствор, 1800	0,02

Схема конструкции представлена на рис. 1.

Дополнительные исходные данные:

- расчетная температура внутреннего воздуха $t_{\text{int}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- расчетная температура наружного воздуха $t_{\text{ext}} = -29 \text{ }^\circ\text{C}$;
- расчетная влажность внутреннего воздуха $\varphi_{\text{в}} = 55\%$;
- расчетная влажность наружного воздуха, принимается для города строительство по [2, табл. 1] $\varphi_{\text{н}} = 84\%$;
- г. Пенза [4, прил. В] *зона сухая*

3.2. Определяемые и рассчитываемые параметры:

- влажностный режим помещения [4, табл. 1] *нормальный*;
- коэффициент паропроницаемости цементно-песчаного раствора [1, прил. 3*] или [5, прил. Д] $\mu_1 = 0,012 \text{ г}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{мм}\cdot\text{рт}\cdot\text{ст})$;
- расчетный коэффициент паропроницаемости легкого бетона [1, прил. 3*] или [5, прил. Д] $\mu_2 = 0,014 \text{ г}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{мм}\cdot\text{рт}\cdot\text{ст})$;
- расчетный коэффициент паропроницаемости пенополистирола [1, прил. 3*] или [5, прил. Д] $\mu_3 = 0,055 \text{ г}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{мм}\cdot\text{рт}\cdot\text{ст})$.

3.3. Определение сопротивления паропроницаемости ограждающей конструкции

- $R_{\text{ВП}}$ сопротивление паропроницаемости внутренней поверхности стены и определяется по формуле

$$R_{\text{ВП}} = k \left(1 - \varphi \frac{\phi_{\text{В}}}{100} \right) = 1 \left(1 - \frac{55}{100} \right) = 0,45 \text{ мм рт. ст. м}^2\text{ч/г}$$

- $R_{\text{нп}}$ сопротивление паропроницаемости наружной поверхности стены, определяется по формуле

$$R_{\text{нп}} = k \left(1 - \frac{\varphi_H}{100} \right) = 1 \left(1 - \frac{84}{100} \right) = 0,16 \text{ мм рт.ст.} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{ч/г}$$

Общее сопротивление паропроницаемости ограждающей конструкции составит:

$$\begin{aligned} R_{\text{оп}} &= R_{\text{вп}} + \sum \frac{\delta_i}{\mu_i} + R_{\text{нп}} = 0,45 + \frac{0,02}{0,012} + \frac{0,30}{0,014} + \frac{0,06}{0,055} + \frac{0,02}{0,012} + 0,16 = \\ &= 26,47 \text{ (мм рт.ст.} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{ч/г)}. \end{aligned}$$

3.4. Определение парциального давления в толще наружной стены с утеплением (слоистой)

Парциальные давления в толще наружной стены определяем по формуле

$$e_X = e_{\text{int}} - \frac{e_{\text{int}} - e_{\text{ext}}}{R_{\text{оп}}} \left(\sum_{n-1} (n-1)R_n + R_{\text{вп}} \right)$$

где e_{int} – парциальное давление внутри помещения;

e_{ext} – парциальное давление наружного воздуха.

Парциальные давления рассчитываются исходя из формулы

$$e_{\text{int}} = \frac{\varphi_{\text{int}} \cdot E_{\text{int}}}{100\%} = \frac{55 \cdot 17,54}{100} = 9,65 \text{ мм рт.ст.}$$

$$e_{\text{ext}} = \frac{\varphi_{\text{ext}} \cdot E_{\text{ext}}}{100\%} = \frac{84 \cdot 0,31}{100} = 0,26 \text{ мм рт.ст.}$$

E_i – максимальная упругость водяного пара, принимается в зависимости от температуры по прил. 1

$(\sum (n-1)R_n)$ – сумма сопротивлений паропроницанию предыдущих конструктивных слоев, мм рт.ст. · м² · ч/г.

$$e_{\text{в}} = e_{\text{int}} - \frac{e_{\text{int}} - e_{\text{ext}}}{R_{\text{оп}}} (R_{\text{вп}}) = 9,65 - \frac{9,65 - 0,26}{26,47} \cdot 0,45 = 9,5 \text{ мм рт.ст.}$$

$$\begin{aligned}
e_1 &= e_{\text{int}} - \frac{e_{\text{int}} - e_{\text{ext}}}{R_{\text{оп}}} \left(R_{BII} + \frac{\delta_1}{\mu_1} \right) = \\
&= 9,65 - \frac{9,65 - 0,26}{26,47} \cdot \left(0,45 + \frac{0,02}{0,012} \right) = 8,9 \text{ мм рт.ст.} \\
e_2 &= e_{\text{int}} - \frac{e_{\text{int}} - e_{\text{ext}}}{R_{\text{оп}}} \left(R_{BII} + \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} \right) = \\
&= 9,65 - \frac{9,65 - 0,26}{26,47} \cdot \left(0,45 + \frac{0,02}{0,012} + \frac{0,1}{0,014} \right) = 6,4 \text{ мм рт.ст.} \\
e_3 &= e_{\text{int}} - \frac{e_{\text{int}} - e_{\text{ext}}}{R_{\text{оп}}} \left(R_{BII} + \frac{\delta_1}{\mu_1} + 2 \frac{\delta_2}{\mu_2} \right) = \\
&= 9,65 - \frac{9,65 - 0,26}{26,47} \cdot \left(0,45 + \frac{0,02}{0,012} + \frac{0,2}{0,014} \right) = 3,9 \text{ мм рт.ст.} \\
e_4 &= e_{\text{int}} - \frac{e_{\text{int}} - e_{\text{ext}}}{R_{\text{оп}}} \left(R_{BII} + \frac{\delta_1}{\mu_1} + 3 \frac{\delta_2}{\mu_2} \right) = \\
&= 9,65 - \frac{9,65 - 0,26}{26,47} \cdot \left(0,45 + \frac{0,02}{0,012} + \frac{0,3}{0,014} \right) = 1,4 \text{ мм рт.ст.} \\
e_5 &= e_{\text{int}} - \frac{e_{\text{int}} - e_{\text{ext}}}{R_{\text{оп}}} \left(R_{BII} + \frac{\delta_1}{\mu_1} + 3 \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} \right) = \\
&= 9,65 - \frac{9,65 - 0,26}{26,47} \cdot \left(0,45 + \frac{0,02}{0,012} + \frac{0,3}{0,014} + \frac{0,06}{0,055} \right) = 1,0 \text{ мм рт.ст.} \\
e_{\text{н}} &= e_{\text{int}} - \frac{e_{\text{int}} - e_{\text{ext}}}{R_{\text{оп}}} \left(R_{BII} + 2 \frac{\delta_1}{\mu_1} + 3 \frac{\delta_2}{\mu_2} + \frac{\delta_3}{\mu_3} \right) = \\
&= 9,65 - \frac{9,65 - 0,26}{26,47} \cdot \left(0,45 + \frac{0,04}{0,012} + \frac{0,3}{0,014} + \frac{0,06}{0,055} \right) = 0,76 \text{ мм рт.ст.}
\end{aligned}$$

По полученным результатам строим графики распределения парциального давления и максимальной упругости водяного пара.

Для построения графика распределения максимальной упругости водяного пара в толще ограждающей конструкции, необходимо для рассчитанных ранее значений температур по прил. 1,2 определить значения максимальной упругости водяного пара.

$$E_{\text{int}} = 15,87 \text{ мм рт.ст.}$$

$$E_1 = 15,48 \text{ мм рт.ст.}$$

$$E_2 = 10,38 \text{ мм рт.ст.}$$

$$E_3 = 6,38 \text{ мм рт.ст.}$$

$$E_4 = 4,228 \text{ мм рт.ст.}$$

$$E_5 = 0,348 \text{ мм рт.ст.}$$

$$E_{\text{ext}} = 0,32 \text{ мм рт.ст.}$$

3.5. Определение возможности образования конденсата в толще наружной стены

Оценка возможности образования конденсата в толще наружной стены определяется графо-аналитическим способом. По рассчитанным значениям парциальных давлений и максимальной упругости водяного пара строим графики. Если построенные кривые пересекаются, то это свидетельствует о возможности образования конденсата в толще конструкции. Зона конденсации находится между кривой парциальных давлений и касательных, построенных в точках пересечения графиков к линии максимальной упругости водяного пара.

Если построенные кривые не пересекаются, то это свидетельствует о невозможности образования конденсата в толще конструкции.

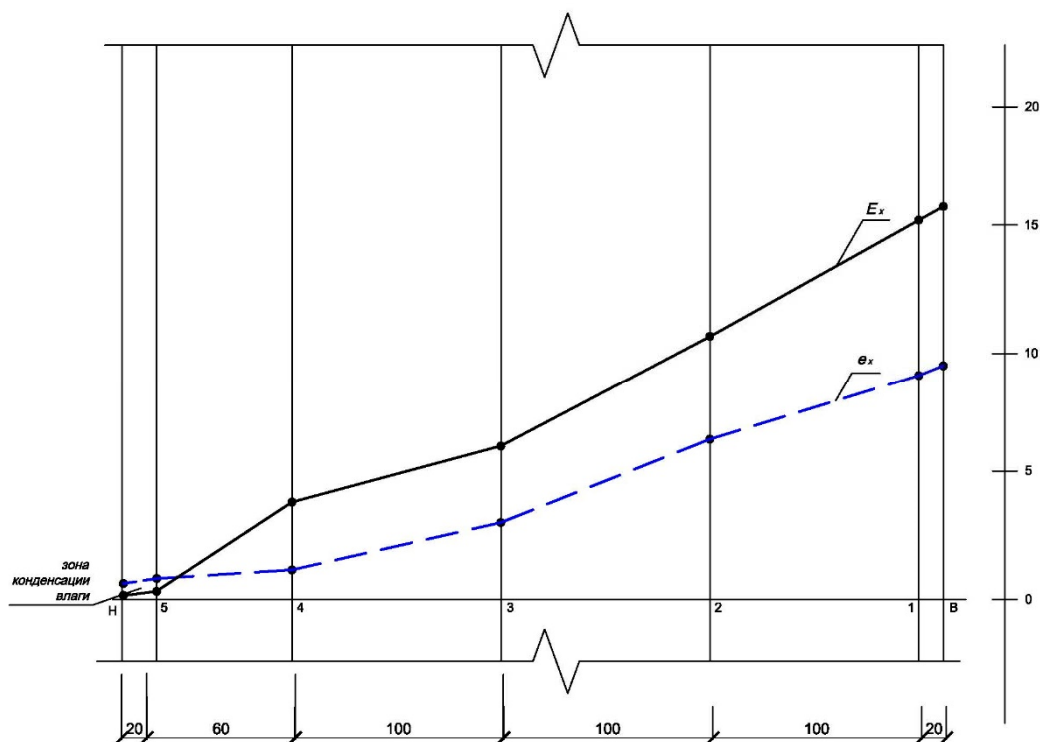


Рис. 3.3. Графики распределения парциальных давлений

Вывод. График распределения парциальных давлений пересекается с графиком максимальной упругости водяного пара, что говорит о возможности образования конденсата между слоем утеплителя и отделочного слоя штукатурки наружной стены. В процессе эксплуатации возможно отслоение слоя штукатурки и ее разрушение, но это не затрагивает основного несущего конструктивного слоя стены, там конденсат не образуется.

Упражнение 4

Выполнить акустический расчет концертного зала вместимостью $N = 325$ мест.

Решение.

В соответствии с принятой методикой проектирование зала ведется в несколько этапов.

Определение базовых размеров зала

Оптимальный объем воздуха на одного зрителя принимается $V_T = 8 \text{ м}^3$;

Требуемый объем зала

$$V = V_T \cdot N = 8 \cdot 325 = 2600 \text{ м}^3.$$

Расчет основных размеров зала производится через модуль «золотого сечения» линейных размеров, который определяется по формуле

$$X = \frac{\sqrt[3]{2600}}{4,94} = 2,78 \text{ м.}$$

Средние размеры зала могут быть назначены в соответствии с пропорцией 3:5:8 (высота 8 м, ширина 14 м, глубина 23 м).

Построение профиля размещения зрительских мест

Задача решается одним из двух предлагаемых вариантов: по отрезкам ломаной линии либо по кривой наименьшего подъема [15].

В первом приближении форму зала (по продольному разрезу) можно принять за правильный параллелепипед (рис. 35), что в дальнейшем дает возможность вносить изменения отдельно для стен, потолка с целью выбора оптимального варианта.

Рекомендации, изложенные в [15], позволяют рассчитывать параметры зрительного зала.

Зал оборудуется сценой типа С-1 (согласно табл. 14); расчетная точка (р.т.), видимая зрителями как первого, так и последнего рядов, находится в двух метрах от края стены на высоте 1,5 м. Эта точка будет одновременно служить началом координатной плоскости $X-Y$.

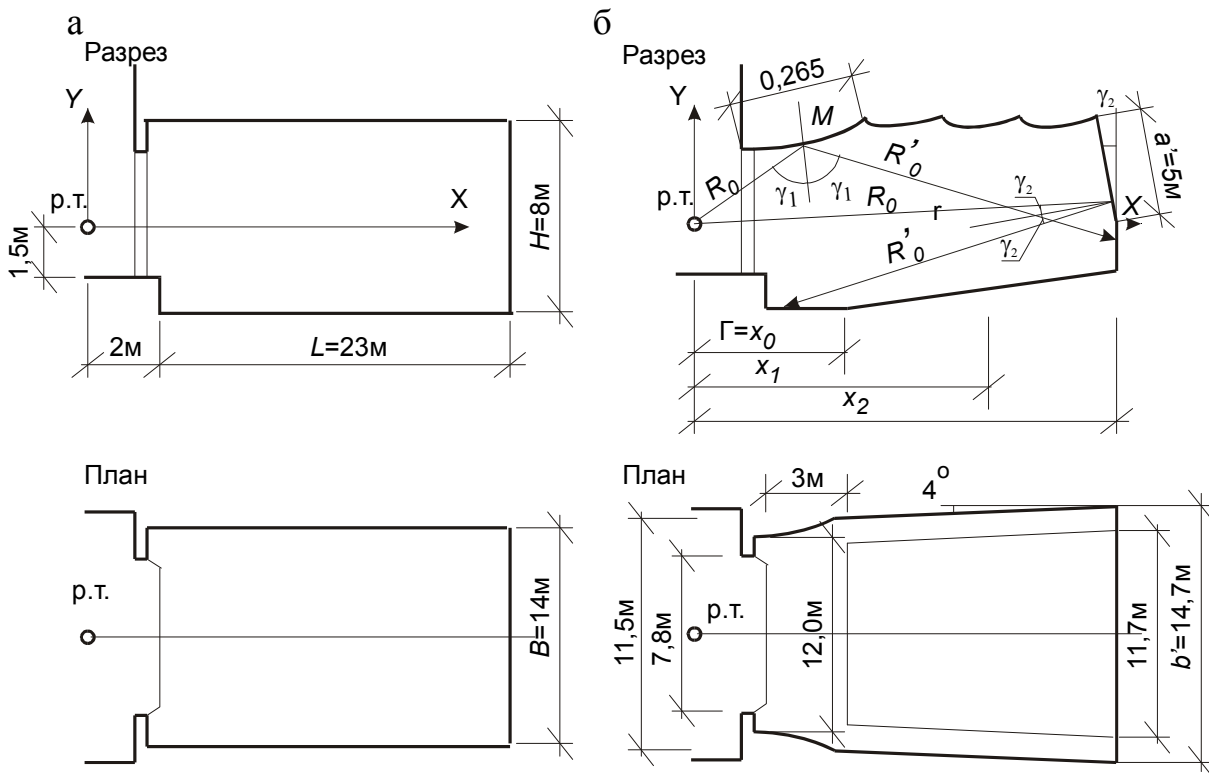


Рис. 3.4. Этапы проектирования зрительного зала:
а – определение базовых размеров зала;
б – уточнение размеров и формы поверхностей зала

Превышение луча зрения, направленного на расчетную точку наблюдения над уровнем глаз впереди сидящего зрителя, следует принять $C = 0,14$ м, глубину ряда $d = 0,95$ м, расстояние до первого ряда зрительских мест от обреза сцены – 3 м.

Общая высота

$$H_1 = (y_2 - y_1) + (y_1 - y_0) = y_2 - y_0 = 1,878 \text{ м.}$$

Высота подступёнок первого ряда:

- на первом отрезке

$$r_1 = \frac{-0,596 + 1,3}{9} = 0,078 \text{ м;}$$

- на втором отрезке

$$r_2 = \frac{1,282 + 0,596}{11} = 0,171 \text{ м.}$$

Форму и размеры ступеней в боковых проходах можно принять равными r_1 и r_2 при $d = 0,95$, что согласуется с нормальными условиями движения по наклонной вверх и вниз.

Расчет мест в зрительном зале выполняют согласно [14, 15], предусматривая два эвакуационных прохода по 1,5 м шириной вдоль

продольной оси зала. Ширину и глубину кресел назначают равными соответственно 0,65 и 0,5 м.

В целях улучшения акустических качеств зала можно отклонить продольные стены на 4° от параллельной линии [1]; задней торцовой стене придать наклон в сторону зала $\gamma_1 = 26,5^\circ$ (см. рис. 3.4).

Таким образом, окончательно принимают: размеры зала у задней стены – 14,7 м; у портала 11,45 м (осредненная ширина – 13,078 м); высоту – 7,36 м; глубину зала – 23 м.

Осредненное количество кресел в ряду принимают

$$m = \frac{11,7 + 7,8}{2 \cdot 0,65} = 15 \text{ мест.}$$

Тогда общее количество кресел в зале

$$N = 21 \cdot 15 = 315 \text{ мест.}$$

При назначении средних размеров зала объем воздуха на одного зрителя составит:

$$V_1 = \frac{23 \cdot 13,078 \cdot 7,36}{325} = 6,81 \text{ м}^3.$$

Назначенные размеры зала удовлетворяют требованиям [12], а разница количества мест устраняется путем устройства дополнительного нулевого ряда из 10 кресел.

Проверка допустимости применения геометрических отражений для построения лучевых эскизов

Радиус кривизны покрытия над сценой более чем в два раза превосходит принимаемую для расчета и графического построения длину звуковой волны $\lambda = 1$ м, наименьшая его сторона $2a' = 5,3$ м значительно превышает λ , что свидетельствует о корректности подхода.

Исходные данные (см. рис. 3.4):

$$R_p = 7 \text{ м}; R = 14,3 \text{ м}; \gamma_1 = 43^\circ; a = 2,65 \text{ м}; b' = 5,7 \text{ м}; \lambda = 1 \text{ м.}$$

Расчетные значения u и w определяют по формулам:

$$u = 2,65 \cdot 0,729 \cdot \sqrt{2 \cdot \left(\frac{1}{7} + \frac{1}{43} \right)} = 1,26;$$

$$w = 12 \cdot \sqrt{\frac{2}{1} \cdot \left(\frac{1}{7} + \frac{1}{43} \right)} = 6,71.$$

Отклонение геометрического отражения в т. M составит по формуле

$$\Delta L = 4,4 \cdot \left(\frac{1}{1,26} + \frac{1}{6,71} \right) = 3,49 \text{ дБ.}$$

Аналогично для наклонного участка потолка:

$$R_0 = 23,1 \text{ м; } R_0' = 5,2 \text{ м; } \gamma_2 = 19,6^\circ; a' = 5,0 \text{ м; } b' = 14,7 \text{ м.}$$

$$u = 5,0 \cdot 0,942 \cdot \sqrt{2 \cdot \left(\frac{1}{23,1} + \frac{1}{5,2} \right)} = 3,23;$$

$$w = 14,7 \cdot \sqrt{\frac{2}{1} \cdot \left(\frac{1}{23,1} + \frac{1}{5,2} \right)} = 10,08;$$

$$\Delta L = 4,4 \cdot \left(\frac{1}{3,23} + \frac{1}{10,08} \right) = 1,8 \text{ дБ.}$$

Таким образом, для отражателя над сценой и для наклонного участка потолка Δl не превышает 5 дБ и применение метода геометрических отражений допустимо.

Подсчет площадей внутренних поверхностей зала

Площадь задней стены – 108,2 м².

Площадь боковых стен – 338,56 м².

Площадь пола – 300,7 м².

Площадь пола, не занятого креслами, – 81,3 м².

Площадь поверхности потолка – 340 м².

Площадь открытого проема сцены – 71 м².

Расчет времени реверберации

Рекомендуемое время реверберации для концертного зала объемом 2210,35 м³ составляет на частотах 500–1000 Гц $T_p = 1,25$ с; на частоте 125 Гц допускается увеличение времени реверберации на 20 % [1] и принимается $T_p = 1,5$ с.

Для частот 125, 500, 2000 Гц рассчитываем средний коэффициент звукопоглощения $\bar{\alpha}$ и общую эквивалентную площадь звукопоглощения (ЭПЗ) зала:

– на частоте 125 Гц

$$\varphi(\bar{\alpha}) = 0,226; \bar{\alpha} = 0,203; A_{\text{общ}} = 190,64 \text{ м}^2;$$

– на частоте 500 Гц

$$\varphi(\bar{\alpha}) = 0,3; \bar{\alpha} = 0,26; A_{\text{общ}} = 244,17 \text{ м}^2;$$

– на частоте 2000 Гц

$$\varphi(\bar{\alpha}) = 0,284 \quad \bar{\alpha} = 0,245; A_{\text{общ}} = 230 \text{ м}^2.$$

Таким образом, ЭПЗ зала при 70 % заполнения и предполагаемой отделке незначительно, в пределах 10 %, отличается от рекомендуемой, а поэтому может быть принята в качестве базового варианта (табл. 3.1).

Определение времени реверберации на расчетных частотах:

– на частоте 125 Гц

$$\bar{\alpha} = 0,22; \varphi(\bar{\alpha}) = 0,25; T = 1,53 \text{ с};$$

– на частоте 250 Гц

$$\bar{\alpha} = 0,272; \varphi(\bar{\alpha}) = 0,325; T = 1,18 \text{ с};$$

– на частоте 500 Гц

$$\bar{\alpha} = 0,289; \varphi(\bar{\alpha}) = 0,341; T = 1,13 \text{ с};$$

– на частоте 1000 Гц

$$\bar{\alpha} = 0,29; \varphi(\bar{\alpha}) = 0,34; T = 1,128 \text{ с};$$

– на частоте 2000 Гц

$$\bar{\alpha} = 0,26; \varphi(\bar{\alpha}) = 0,3; T = 1,2 \text{ с};$$

– на частоте 4000 Гц

$$\bar{\alpha} = 0,23; \varphi(\bar{\alpha}) = 0,26; T = 1,36 \text{ с}.$$

Для анализа полученных данных строим графики, на которых заштрихованная область – зона допустимых отклонений расчетных значений от оптимального времени реверберации

Расчетные значения времени реверберации существенно отличаются от рекомендуемых значений. Для исправления необходима корректировка п. 3 табл. 3.2 в соотношении звукоотражающих – звукопоглощающих материалов интерьера. В соответствии с этим вносятся изменения величин эквивалентной площади звукопоглощения (пп. 7, 9, 11 табл. 3.2).

При 70 % заполнения зала время реверберации имеет значения 1,51 с, 1,238 с, 1,38 с на частотах 125, 250, 500 Гц (рис. 15, пунктирная линия). На частоте 500 Гц (рис. 3.6, пунктирная линия) время реверберации при 50 и 100 % заполнения зала зрителями составит соответственно 1,3 с и 1,0 с.

Таблица 3.1

№ п/п	Наименование поверхностей	S, м ²	125 Гц		250 Гц		500 Гц		1000 Гц		2000Гц		4000 Гц	
			α	α×S	α	α×S	α	α×S	α	α×S	α	α×S	α	α×S
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Подвесной потолок (штукатурка)	340,0	0,04	13,6	0,05	17,0	0,06	20,4	0,08	27,2	0,04	13,6	0,06	20,4
2	Стены оштукатурены	338,56,9	0,01	3,4	0,01	3,4	0,02	6,8	0,02	6,8	0,02	6,8	0,02	6,8
3	Стены «Мелодия»	108,2	0,25	27,1	0,50	54,1	0,60	64,9	0,45	48,7	0,3	32,5	0,30	32,46
4	Пол паркетный	81,3	0,04	3,25	0,04	3,32	0,07	5,69	0,06	4,88	0,06	4,88	0,07	5,69
5	Проем сцены	71,0	0,2	14,2	0,30	21,3	0,30	21,3	0,3	21,3	0,3	21,3	0,30	21,3
6	Добавочное звуко-поглощение	939,1	0,09	84,5	0,09	84,5	0,05	46,95	0,05	46,95	0,05	46,95	0,022	20,66
7	Зрители в полумягких креслах, (70 %)	228,0	0,25	57,0	0,3	68,4	0,4	91,2	0,45	102,6	0,45	102,6	0,4	91,2
8	Свободные полумягкие кресла	97,0	0,08	7,76	0,1	9,7	0,15	14,55	0,15	14,55	0,2	19,4	0,2	19,4
	Аобл (70 %)			210,81		261,7		271,79		272,98		248,03		217,9
9	Зрители в полумягких креслах (50 %)	163	0,25	47,5	0,3	48,9	0,4	65,2	0,45	73,35	0,45	73,35	0,4	65,2
	Аобл (50 %)							255,69						
10	Зрители в полумягких креслах (100 %)	335	0,25	83,75	0,3	100,5	0,4	134	0,45	150,75	0,45	150,75	0,4	134,0
	Аобл (100 %)							300						

Таблица 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Стены, закрытые ПА/Д гладкими с воздушной прослойкой 100 мм	108,2	0,25	27,05	0,4	43,28	0,2	21,53
	$A_{\text{общ}}$, м ² при 70 % заполнении			210,81		250,88		228,53
	$A_{\text{общ}}$, м ² при 50 % заполнении					234,07		
	$A_{\text{общ}}$, м ² при 100 % заполнении					278,42		

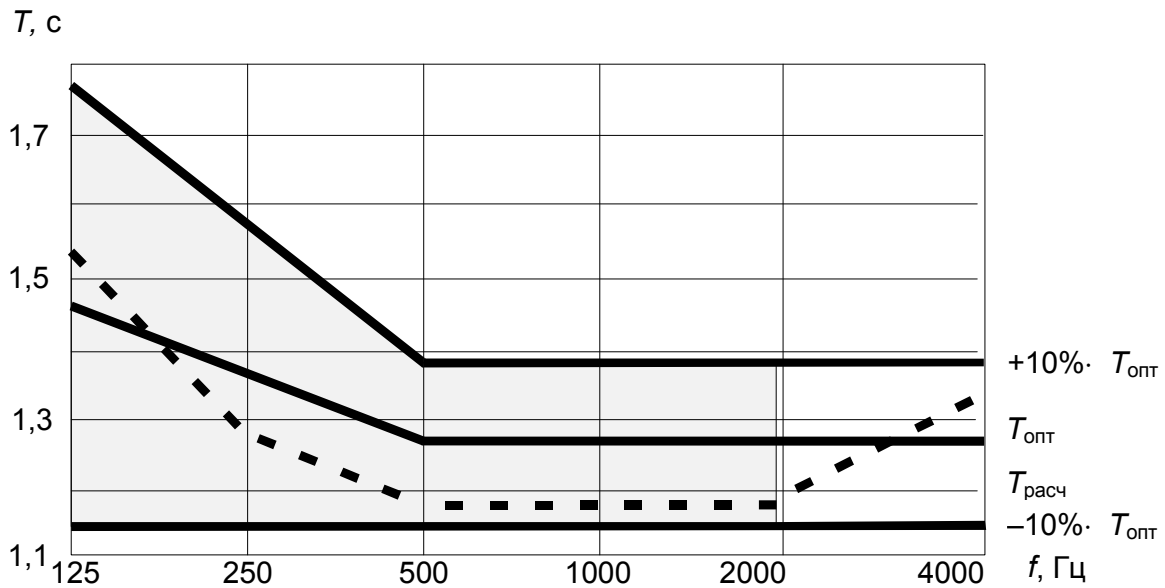


Рис. 3.5. График зависимости времени реверберации от частоты

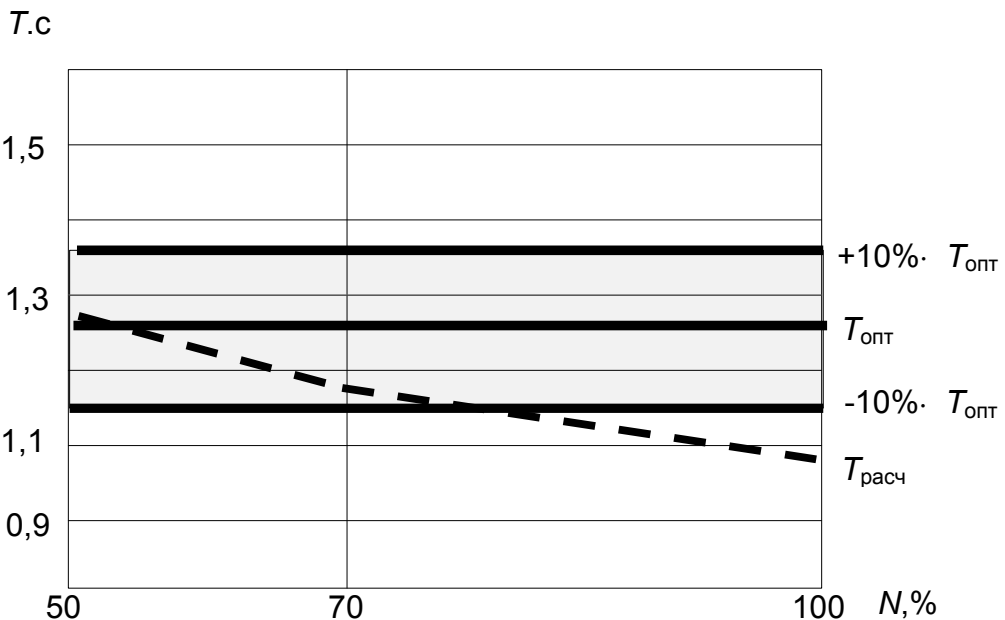


Рис. 3.6. График зависимости времени реверберации от заполнения зала

Таким образом, результаты сравнения расчетных и нормативных значений времени реверберации указывают на правильный выбор материалов интерьера, формы зала и отдельных конструкций.

4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ

1. Запроектировать наружную стену жилого здания и определить возможность выпадения конденсата в ее толще.

2. Запроектировать слоистую конструкцию наружной стены и определить общее сопротивление теплопередаче для нее для заданных климатических условий.

3. Запроектировать два варианта наружной стены (однослойную и слоистую) для зимней температуры -29°C , построить графики распределения температур в толще и сделать вывод.

4. Построить «розу ветров» для зимнего и летнего периодов года, выбрав город в РФ самостоятельно.

5. Определить индекс изоляции воздушного шума ограждающей конструкции с известной частотной характеристикой.

6. Определить кратность воздухообмена в помещении ($6 \times 12 \times 3,3$) при площади «живого сечения» $F=0,3\text{ м}^2$ и скорости воздушного потока 2 м/с .

7. Подобрать отделочные материалы с учетом их коэффициента звукопоглощения для учебной аудитории размером $9 \times 15\text{ м}$ и $h=4,8\text{ м}$.

8. Назначить мероприятия по повышению звукоизоляции в помещении для размещения инженерного оборудования, расположенного в многоэтажном жилом доме.

9. Выполнить предварительный расчет естественного освещения помещений с размерами в плане $9 \times 12\text{ м}$ и $h=3,6\text{ м}$, расположенном на первом этаже жилого здания в г. Пензе.

10. Проверить инсоляцию – в точке, расположенной на наружной стене здания на высоте $0,8\text{ м}$. Здание имеет меридиональную ориентацию. Соседнее здание высотой 25 м , шириной – 15 м , длиной 72 м расположено параллельно исследуемому на расстоянии 30 м .

5. ТВОРЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

1. Подобрать тип жилой секции для заданной ориентации по сторонам горизонта.
2. Запроектировать конструкцию наружной стены жилого дома для заданных климатических условий, исходя из требований энергосбережения.
3. Подобрать материал утеплителя наружной стены, учитывая вариант наружного отделочного слоя.
4. Расположить на участке 3-секционный 10-этажный жилой дом с учетом заданного преобладающего направления ветра.
5. Определить условия эксплуатации при заданном варианте наружной стены для определения теплотехнических характеристик материалов, из которых она выполнена.
6. Определить значение E (максимальной уругости водяного пара) в зависимости от известного значения τ (температуры в толще наружного ограждения).
7. Запроектировать конструкцию междуэтажного перекрытия с учетом требований звукоизоляции.
8. Запроектировать варианты перегородок: межкомнатной и межквартирной.
9. Запроектировать наружную стену жилого здания для климатических условий с температурой наиболее холодной пятидневки -30°C ($t_{\text{оп}} = -5^{\circ}\text{C}$; $z_{\text{оп}} = 208$ сут.).
10. Проверить инсоляцию заданного помещения с помощью инсографика Дунаева.

6. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Задания по самостоятельной работе выполняются на листах формата А-4 рукописным шрифтом с графическим выполнением схем и графиков.

Каждое задание должно содержать исходные данные и определяемые параметры со ссылкой на нормативные источники, по которым определялся каждый параметр.

Каждый параметр используемой формулы должен иметь пояснение.

Схемы и графики должны выполняться с соблюдением масштабов. Масштаб выбирается студентом самостоятельно, но должен быть достаточным для хорошего и ясного просмотра рисунка.

Текст работы должен излагаться доступным языком, с использованием нормативной терминологии и символов. В конце каждого задания делаются выводы и даются рекомендации.

7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ

Задания по самостоятельной работе должны быть выполнены строго по заявленному заданию.

Выполненные задания оцениваются по четырехбалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

К общим критериям оценки самостоятельно выполненных заданий относят:

– творческий подход и самостоятельность в анализе, обобщениях и выводах;

– уровень овладения методикой расчета;

– правильность выполнения, практическая направленность;

– соблюдение всех требований к оформлению заданий работы и сроков выполнения.

На **«отлично»** может быть оценена выполненное задание при:

– соответствии содержания заявленному заданию;

– глубоком и полном раскрытии вопросов теоретической и практической части работы;

– отсутствии ошибок, неточностей, несоответствий в изложении теоретических и практических разделов;

– глубоком и полном анализе результатов работы, постановке верных выводов, указании их практического применения;

– высоком качестве оформления;

– представлении задания в указанные руководителем сроки;

– уверенной защите выполненного задания.

На **«хорошо»** может быть оценено задание при:

– соответствии содержания заявленному заданию;

– наличии небольших неточностей в изложении вопросов теоретической или практического разделов, исправленных самим студентом в ходе защиты;

– отсутствии ошибок, неточностей, несоответствий в изложении теоретических и практических разделов;

– глубоком и полном анализе результатов, постановке верных выводов, указании их практического применения;

– хорошем качестве оформления задания;

– представлении выполненного задания в указанные руководителем сроки.

На **«удовлетворительно»** может быть оценено выполненное задание при:

– соответствии содержания заявленному заданию;

– недостаточно полном раскрытии вопросов теоретической или практической части;

– наличии ошибок и неточностей в изложении теоретического или практического разделов задания, исправленных самим обучающимся в ходе защиты;

- недостаточно глубоком и полном анализе результатов;
- небрежном оформлении задания;
- представлении выполненного задания в поздние сроки;
- обнаружении ошибок и неточностей в ходе защиты задания.

На **«неудовлетворительно»** может быть оценено выполненное задание при:

– несоответствии содержания заявленному заданию;

– нераскрытии вопросов теоретической или практической части;

– наличии грубых ошибок в изложении теоретического и практического разделов;

- отсутствии анализа результатов выполненного задания;
- низком качестве оформления задания;
- представлении выполненного задания в поздние сроки;
- обнаружении грубых ошибок в ходе защиты задания.

8. СИСТЕМА ТРЕНИНГА И САМОПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ

Тестовые задания по строительной физике

1. Что является критерием оценки естественной освещенности в помещении:

- а) освещенность поверхности;
- б) яркость поверхности;
- в) коэффициент естественной освещенности*.

2. Основные законы естественного света:

- а) законы отражения и рассеивания света;
- б) законы проекции телесного угла и светотехнического подобия*;
- в) законы яркости свечения источника света и яркости световой среды.

3. Основные характеристики звука, имеющие между собой определенную зависимость:

- а) длина волны, период колебаний, температура;
- б) скорость, температура, давление;
- в) частота колебаний, скорость, длина волны *.

4. Чем характеризуется процесс звукопоглощения:

- а) поглощением поверхностью звуковой энергии*;
- б) отражением поверхностью звуковой энергии;
- в) рассеиванием звуковой энергии.

5. Когда различается эхо в помещении:

- а) если разница во времени прихода прямого и отраженного звуков составляет более 0,05 с*;
- б) если разница во времени прихода прямого и отраженного звуков составляет более 0,5 с;
- в) если разница во времени прихода прямого и отраженного звуков составляет более 0,17 с;

6. Какими конструктивными приемами пользуются для устранения эха в зрительном зале:

- а) увеличение длины зала;
- б) увеличение ширины зала;
- в) устройство скошенных потолков и стен*.

7. По какому критерию оценивают качество акустики в зрительном зале:

- а) по слоговой артикуляции;
- б) по диффузности звукового поля;
- в) по времени реверберации*.

8. От чего зависит время реверберации:
а) от качества и вида отделки помещения;
б) от формы подвесного потолка;
в) от объема помещения и звукопоглощающей способности поверхностей*.

9. Единица измерения звукового давления:

- а) Па (Паскаль);
- б) дБ (децибелл)*;
- в) Гц (Герц).

10. Средний уровень звукового давления в залах и помещениях:

- а) 60*;
- б) 70;
- в) 50.

11. Частоты, на которых выполняют расчет по определению времени реверберации в помещении:

- а) 125, 250, 500 и 2000 Гц;
- б) 125, 500, 2000 и 4000 Гц*;
- в) 125, 250, 500 и 1000 Гц.

12. При подсчете эквивалентной площади звукопоглощения в зрительных залах учитывают:

- а) звукопоглощение всеми поверхностями, всеми людьми, при этом добавочное звукопоглощение не вводится;
- б) звукопоглощение поверхностями, людьми, свободными креслами, при этом учитывается добавочное звукопоглощение; *
- в) звукопоглощение поверхностями, людьми, свободными креслами, при этом не учитывается добавочное звукопоглощение.

13. Звучание в помещении будет чрезмерно громким, если расчетный график времени реверберации будет располагаться:

- а) ниже диапазона нормального звучания;
- б) попадать в диапазон нормального звучания;
- в) выше диапазона нормального звучания*.

14. Какие виды шумов различают в строительной физике:

- а) уличные, бытовые, от инженерного оборудования;
- б) городские, внутриквартирные, от инженерного оборудования;
- в) воздушные, ударные, структурные*.

15. Как определить индекс изоляции воздушного шума R_w однослойной массивной ограждающей конструкции с известной частотной характеристикой:

а) путем сравнения частотной характеристики изоляции воздушного шума ограждающей конструкции с оценочной кривой, при этом сумма неблагоприятных отклонений должна составлять 32 дБ, но не превышать эту величину*;

б) путем сравнения частотной характеристики изоляции воздушного шума ограждающей конструкции с оценочной кривой, при этом сумма неблагоприятных отклонений должна составлять более 32 дБ;

в) путем сравнения частотной характеристики изоляции воздушного шума ограждающей конструкции с оценочной кривой, при этом сумма неблагоприятных отклонений не учитывается;

16. Где находится зона неблагоприятных отклонений изоляции воздушного шума однослойной массивной ограждающей конструкции:

а) вниз от частотной характеристики изоляции воздушного шума ограждающей конструкции;

б) вверх от оценочной кривой изоляции воздушного шума;

в) вниз от оценочной кривой изоляции воздушного шума*.

17. Координаты какой точки кривой АВСД нужно вычислить при построении частотной характеристики изоляции воздушного шума однослойной массивной ограждающей конструкции

а) А;

б) С;

в) В*

18. Какие поверхности обладают лучшим звуко рассеивающим свойством:

а) выпуклые*;

б) плоские;

в) вогнутые.

19. Ограждающая конструкция удовлетворяет требованиям звукоизоляции, если выполняются условия:

а) $R_w^H < R_w^{расч}$; $L_w^H \geq L_w^{расч}$;

б) $R_w^H \geq R_w^{расч}$; $L_w^H \leq L_w^{расч}$;

в) $R_w^H = R_w^{расч}$; $L_w^H = L_w^{расч}$.

20. Частота, на которой определяются индексы звукоизоляции:

а) 250 Гц;

б) 500 Гц*;

в) 1000 Гц.

21 Нормируемые параметры звукоизоляции:

- а) коэффициент звукопоглощения и время реверберации;
- б) индекс изоляции воздушного шума и индекс приведенного уровня ударного шума*;
- в) частотная характеристика ограждающей конструкции.

22. Основные октавные частоты:

- а) 100; 200; 400; 800; 1600; 3200 Гц.
- б) 100; 125; 160; 200; 250; 320; 400 Гц.
- в) 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц*.

23. Оптимальная звукоизолирующая способность стены , расположенной между квартирами:

- а) 47 дБ;
- б) 52 дБ*;
- в) 60 дБ.

24. По каким характеристикам определяется индекс приведенного уровня ударного шума междуэтажного перекрытия с полами на упругом основании:

- а) по частоте собственных колебаний пола*;
- б) по динамическому модулю упругости звукоизоляционного материала;
- в) по величине относительного сжатия упругого основания под действием полезной нагрузки.

25. Оптимальный уровень ударного шума под междуэтажной плитой перекрытия в жилом помещении:

- а) 55 дБ;
- б) 60 дБ*;
- в) 65 дБ.

26. Параметры, характеризующие внутренний режим помещения:

- а) температура и абсолютная влажность воздуха;
- б) температура и относительная влажность воздуха*;
- в) относительная и абсолютная влажности воздуха.

27. Какая физическая величина характеризуется степенью насыщения воздуха водяным паром:

- а) абсолютная влажность;
- б) парциальное давление;
- в) относительная влажность воздуха*.

28. Какое давление соответствует полному насыщению воздуха водяным паром:

- а) парциальное давление;
- б) максимальная упругость водяного пара*;
- в) атмосферное давление.

29. Как называется температура, при которой наступает полное насыщение воздуха водяным паром:

- а) температурой насыщения;
- б) температурой точки росы*;
- в) температурой влагопроницания.

30. Определите правильную зависимость:

а) чем выше температура воздуха, тем выше предельное парциальное давление;*

б) по мере увеличения количества пара в воздухе, парциальное давление уменьшается;

в) чем выше максимальная упругость водяного пара в воздухе, тем выше его относительная влажность.

31. Условие образования конденсата на внутренней поверхности ограждающей конструкции:

а) $E \geq e$; $\varphi = 100\%$;

б) $E \leq e$; $\varphi = 100\%$;

в) $E = e$; $\varphi = 100\%$.

32. Какой температурный перепад, согласно санитарно-гигиенических норм, учитывают при определении тепловой защиты здания:

а) температурный перепад между температурой на внутренней и внешней поверхностях ограждающей конструкции;

б) температурный перепад между температурой внутри помещения и на внутренней поверхности ограждающей конструкции*;

в) температурный перепад между температурой на внешней поверхности ограждающей конструкции и температурой наружного воздуха.

33. Какая температура наружного воздуха закладывается в теплотехнический расчет:

а) температура наиболее холодных суток;

б) температура наиболее холодных трех суток;

в) температура наиболее холодных пяти суток с обеспеченностью 0,92*.

34. От теплотехнических качеств наружных ограждений зависят:

– теплотери зданиями в зимний период и температура на внутренней поверхности ограждающей конструкции *;

– морозостойкость ограждающих конструкций и внешний вид наружной стены;

– несущая способность здания и постоянство температуры внутри помещения.

35. Наиболее эффективный вариант утепления наружных стен 5-9 этажных жилых домов:

- а) утепление изнутри;
- б) утепление в толще конструкции;
- в) утепление наружное. *

36. Требуемое сопротивление теплопередаче по санитарно-гигиеническим нормам зависит от:

- а) климатических условий района строительства;
- б) зоны влажности района строительства;
- в) конструктивного решения наружного ограждения.

37. Термическое сопротивление ограждающей конструкции зависит:

- а) температуры наружного воздуха и объемного веса материала;
- б) толщины конструктивного слоя и коэффициента теплопроводности материала*;
- в) нормативного температурного перепада между температурой внутри помещения и на внутренней поверхности наружной стены;

38. Коэффициент теплопроводности материала зависит:

- а) объемного веса материала и влажностного состояния материала конструкции*;
- б) от количества температурных включений и температуры внутри помещения;
- в) температуры внутри помещения и объемного веса материала.

39. Градусосутки отопительного периода оказывают влияние на

- а) термическое сопротивление конструкции;
- б) общее сопротивление теплопередаче конструкции;
- в) нормируемое значение сопротивления теплопередаче*

40. Температура по толщине конструктивного слоя изменяется

- а) по линейному закону*;
- б) по кривой наименьшего подъема;
- в) по параболической зависимости.

41. Деталь стены, наиболее подверженная переохлаждению в зимнее время:

- а) рядовой простенок;
- б) парапет;
- в) угловой простенок*.

42. Какую температуру называют «температурой точки росы»:
а) температуру, при которой водяной пар, содержащийся в воздухе помещения, конденсируется на охлажденной поверхности *;
б) температуру, при которой вода превращается в пар;
в) температуру, при которой вода превращается в лед.

43. От чего зависит угол наклона кривой температур в толще конструктивного слоя:
а) от толщины конструктивного слоя материала;
б) от коэффициента теплопроводности материала конструктивного слоя*;
в) от температуры наружного воздуха с обеспеченностью 0,92.

44. Из каких сопротивлений складывается общее сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции:
а) из суммы термических сопротивлений конструктивных слоев;
б) из суммы сопротивлений теплопередачи на противоположных поверхностях стены;
в) из суммы сопротивлений теплопередачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, теплоотдачи наружной поверхности и термических сопротивлений конструктивных слоев*.

45. Какая зависимость существует между термическим сопротивлением конструктивного слоя и коэффициентом теплопроводности материала:
а) прямо-пропорциональная;
б) обратно-пропорциональная*;
в) не зависит.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Викторова, О.Л. Строительная физика [Текст]: метод. указания к самостоятельной работе студентов / О.Л. Викторова. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 16 с.
2. Викторова, О.Л. Строительная физика. Практические занятия. [Текст]: учеб. пособие к практическим занятиям / О.Л. Викторова. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 96 с.
3. Викторова, О.Л. Основы строительной физики [Текст]: курс лекций / О.Л. Викторова, О.В. Карпова. – Пенза: ПГУАС, 2005.
4. Гречишкин, А.В. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций зданий [Текст] / А.В. Гречишкин, О.Л. Викторова, С.В. Зворыгина. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 86 с.
5. Разживин, В.М. Проектирование залов с естественной акустикой. [Текст] / В.М. Разживин, О.Л. Викторова, Л.Н. Петрянина. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 75 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.....	5
2. ТЕКСТЫ ЗАДАНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ СТУДЕНТОВ И ПРИМЕРЫ ИХ ИСПОЛНЕНИЯ	7
3. УПРАЖНЕНИЯ ДЛЯ АУДИТОРНОЙ И ВНЕАУДИТОРНОЙ РАБОТЫ	21
4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ	38
5. ТВОРЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ.....	39
6. ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВЫПОЛНЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ РАБОТ	40
7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ	41
8. СИСТЕМА ТРЕНИНГА И САМОПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ	43
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	50

Учебное издание

Петрянина Любовь Николаевна

СТРОИТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

Методические указания

для самостоятельной работы по направлению 08.05.01

«Строительство уникальных зданий и сооружений»

В авторской редакции

Верстка Н.В. Кучина

Подписано в печать 26.02.16.

Формат 60x84/16.

Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.

Усл.печ.л. 3,0.

Уч.-изд.л. 3,25.

Тираж 80 экз.

Заказ № 158.

Издательство ПГУАС.

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