

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Пермский государственный аграрно-технологический университет
имени академика Д.Н. Прянишникова»

А.Н. Шихов

**ФИЗИКА СРЕДЫ
И ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ**

Лабораторный практикум

Пермь
ИТЦ «Прокростъ»
2018

УДК 624.04
ББК 38.42
Ш 653

Рецензенты:

В.Н. Зекин, профессор кафедры строительного производства и материаловедения, канд. техн. наук, доцент (ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ);

Л.М. Яковлева, главный архитектор ООО «МБА-проект», член Союза архитекторов РФ, Почетный архитектор России

Ш 653 Шихов, А.Н.

Физика среды и ограждающих конструкций : лабораторный практикум / А.Н. Шихов; М-во с.-х. РФ, федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высшего образов. «Пермский гос. аграрно-технологический университет им. акад. Д.Н. Прянишникова». – Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2018. – 70 с.

ISBN 978-5-94279-394-4

В лабораторном практикуме представлены современные методики выполнения лабораторных работ по тепловой защите зданий, оптимальному световому режиму и звукоизоляции межкомнатных перегородок и междуэтажных перекрытий. Изложены теоретические основы и порядок выполнения и оформления лабораторных работ. Практикум предназначен для выполнения лабораторных работ студентами очной и заочной форм обучения направления 08.03.01 Строительство по дисциплине «Физика среды и ограждающих конструкций».

УДК 624.04
ББК 38.42

Лабораторный практикум рекомендован к изданию методической комиссией архитектурно-строительного факультета ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ (протокол № 6 от 20 февраля 2018 г.).

ISBN 978-5-94279-394-4

© ИПЦ «Прокрость», 2018
© Шихов А.Н., 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	7
РАЗДЕЛ 2. СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОФИЗИКА.....	8
<i>Лабораторная работа 1.</i> Исследование температурно–влажностного режима помещений.....	9
<i>Лабораторная работа 2.</i> Исследование теплозащитных качеств стеновой ограждающей конструкции.....	14
РАЗДЕЛ 3. СТРОИТЕЛЬНАЯ СВЕТОТЕХНИКА.....	20
<i>Лабораторная работа 3.</i> Исследование естественной освещенности в натуральных условиях учебной аудитории.....	23
<i>Лабораторная работа 4.</i> Определение коэффициентов светопропускания различных типов остекления.....	25
<i>Лабораторная работа 5.</i> Определение коэффициентов естественной освещенности от типов остекления на модели промышленного здания с помощью «искусственного небосвода».....	28
<i>Лабораторная работа 6.</i> Исследование влияния окраски стен и потолка на коэффициент естественной освещенности на модели комнаты с помощью «искусственного небосвода».....	32
<i>Лабораторная работа 7.</i> Изучение равномерной освещенности на плоскости от точечного источника света.....	35
РАЗДЕЛ 4. ИНСОЛЯЦИЯ И СОЛНЦЕЗАЩИТА В АРХИТЕКТУРЕ.....	38
<i>Лабораторная работа 8.</i> Определение времени инсоляции фасадов здания и территории с помощью инсолятора.....	38
<i>Лабораторная работа 9.</i> Определение времени инсоляции с помощью инсографика.....	44
РАЗДЕЛ 5. АРХИТЕКТУРНАЯ АКУСТИКА.....	48
<i>Лабораторная работа 10.</i> Исследование распространения звуковых волн на моделях зрительных залов.....	48
<i>Лабораторная работа 11.</i> Определение времени реверберации звука в лекционной аудитории.....	52
<i>Лабораторная работа 12.</i> Определение артикуляции речи в лекционной аудитории.....	57
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	61
<i>Приложение 1.</i> Схематическая карта зон влажности.....	62
<i>Приложение 2.</i> Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции.....	62
<i>Приложение 3.</i> Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции.....	62
<i>Приложение 4.</i> Условия эксплуатации ограждающих конструкций.....	63
<i>Приложение 5.</i> Нормируемый температурный перепад между температурой внутри воздуха и температурой внутри поверхности ограждающей конструкции.....	63
<i>Приложение 6.</i> Фрагмент таблицы значений парциального давления насыщенного водяного пара E, Pa для температуры от плюс 5 до 25 °С (над водой).....	64

<i>Приложение 7.</i> Температуры точки росы.....	65
<i>Приложение 8.</i> Значения коэффициента светового климата.....	66
<i>Приложение 9.</i> Группы административных районов по ресурсам светового климата.....	66
<i>Приложение 10.</i> Фрагмент таблицы ормированных значений естественного и искусственного освещения для производственных зданий.....	67
<i>Приложение 11.</i> Фрагмент таблицы нормированных значений естественного и искусственного освещения для жилых, общественных и административно-бытовых зданий.....	68
<i>Приложение 12.</i> Географические широты городов Российской Федерации	68
<i>Приложение 13.</i> Коэффициенты звукопоглощения некоторых материалов и конструкций.....	69
<i>Приложение 14.</i> Эквивалентная площадь звукопоглощения слушателей и кресел.....	69
<i>Приложение 15.</i> Значения функции $\varphi(\alpha_{cp}) = -\ln(1 - \alpha_{cp})$ для расчета времени реверберации.....	70
<i>Приложение 16.</i> Фрагмент таблицы значений коэффициента (m) для учета поглощения звука в воздухе при температуре 20.°С.....	70

ВВЕДЕНИЕ

При изучении дисциплины «Физика среды и ограждающих конструкций» большое внимание уделяется вопросам обеспечения оптимальной среды обитания и жизнедеятельности людей. Это относится к параметрам внутренней среды помещений, техническому состоянию ограждающих конструкций, светотехническому и звукоизоляционному режиму помещений.

Параметры внутренней среды и техническое состояние ограждающих конструкций зависят от климатических воздействий, к которым относятся: солнечная радиация, высокие и низкие температуры, влажностное состояние атмосферы, осадки, ветер, агрессивное состояние внешней среды. Помимо внешних воздействий на параметры внутренней среды и техническое состояние ограждающих конструкций большое воздействие оказывают эксплуатационные нагрузки: шум, вибрация, тепловые выделения, агрессия внутренней среды и др.

Вопросами обеспечения оптимального температурно-влажностного режима в помещениях занимается строительная теплотехника, которая с помощью соответствующих расчетов обеспечивает тепловую защиту зданий, защиту от переувлажнения и оптимальную воздухопроницаемость ограждающих конструкций, теплоустойчивость ограждающих конструкций в теплый период года, ограничение минимальной температуры и недопущения конденсации влаги на внутренней поверхности ограждающих конструкций в холодный период года.

Оптимальная среда обитания зависит от акустического режима помещений, который обеспечивается соответствующими внутренними и наружными ограждающими конструк-

циями, способными защищать помещения от воздействия внутренних и наружных шумов. Этими вопросами занимается строительная звукоизоляция, которая с помощью специальных расчетов позволяет подобрать ограждающие конструкции с необходимыми звукоизолирующими качествами.

Вопросами обеспечения оптимальной слышимости и видимости в зрительных залах занимается архитектурная акустика, с помощью которой рассчитывается соответствующий объем и конфигурация зрительного зала и отделка его внутренних поверхностей.

Оптимальный режим помещений зависит также от освещения, который обеспечивается естественным и искусственным светом. Вопросами создания в помещениях оптимального светового режима занимается строительная светотехника, которая позволяет определить нормативную площадь остекления в помещениях и обеспечить тепловую защиту помещений в зимний период года и защитить помещения от перегрева в летний период.

При изучении перечисленных выше вопросов наряду с теоретическими методами лекционного курса большое значение имеют экспериментальные методы, которые позволяют с помощью специального лабораторного оборудования и приборов определить тепло-влажностное состояние воздушной среды помещений и наружной ограждающей конструкции, инсоляционный режим жилой застройки, светотехнический режим помещений и акустический режим зрительных залов.

Все эти вопросы в той или иной полноте рассматриваются в период выполнения лабораторных занятий в специализированной лаборатории кафедры архитектурного проектирования с использованием соответствующих лабораторных установок и необходимой аппаратуры.

РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Для успешного выполнения лабораторных работ важное значение имеет правильная организация проведения лабораторных работ. Для этого на первом лабораторном занятии преподаватель разъясняет вопросы техники безопасности, которые необходимо выполнять при проведении лабораторных занятий. Все это фиксируется в специальном журнале и подписывается студентами. Не прошедшие технику безопасности студенты не допускаются до выполнения лабораторных занятий.

Помимо вопросов техники безопасности на первом занятии преподаватель сообщает студентам содержание и цели занятий, а также правила выполнения лабораторных работ.

Перед очередным занятием студент должен изучить рекомендуемую литературу и подготовить ответы на контрольные вопросы по теме лабораторной работы.

После получения задания от преподавателя студент должен проверить комплектность и исправность приборов и лабораторной установки, выполнить экспериментальную часть работы, привести в порядок рабочее место, оформить отчет о проделанной работе и показать его преподавателю.

Составление отчета по каждой работе студент может выполнять дома, но перед выполнением следующей лабораторной работы должен показать его преподавателю.

Формы выполнения лабораторных работ, записи экспериментальных исследований, результаты их обработки и полученные на их основе выводы содержатся в настоящем учебном пособии.

РАЗДЕЛ 2. СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОФИЗИКА

Для создания комфортных тепловлажностных условий в помещениях необходимо постоянно поддерживаться оптимальные санитарно-гигиенические условия, которые достигаются с помощью конструктивных, объемно-планировочных и градостроительных средств. Для достижения указанных процессов в настоящее время используются теоретические и экспериментальные методы.

С помощью теоретических методов на основе соответствующих теплофизических расчетов производится конструктивное решение наружных ограждающих конструкций, а на основе экспериментальных исследований проверка теплофизических расчетов.

На основе экспериментальных исследований осуществляется широкий круг проверки таких теплофизических характеристик, как температура и влажность внутреннего воздуха, температура в сечениях наружной стены и на ее внутренней поверхности, определение теплозащитных качеств ограждающих конструкций и др.

Целью лабораторных работ по теплофизике является ознакомление с экспериментальными методами исследований и приобретение практических навыков при проектировании ограждающих конструкций зданий различного функционального назначения.

Лабораторная работа 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ПОМЕЩЕНИЙ

Цель работы: знакомство с основными параметрами микроклимата помещений, способами их определения и методикой оценки санитарно-гигиенических условий, исходя из нормативных требований.

Приборы и оборудование: вертикальные стойки, ртутные термометры, психрометр Ассмана, передвижная стремянка.

Методические указания

В процессе выполнения работы необходимо произвести измерения температуры и влажности в 9 точках объема помещения, определить средние их значения и установить соответствие полученных данных с санитарными нормами.

Измерения температуры производится ртутными термометрами, а влажности – психрометрами Ассмана. Схема установки психрометров в помещении приведена на рис.1.

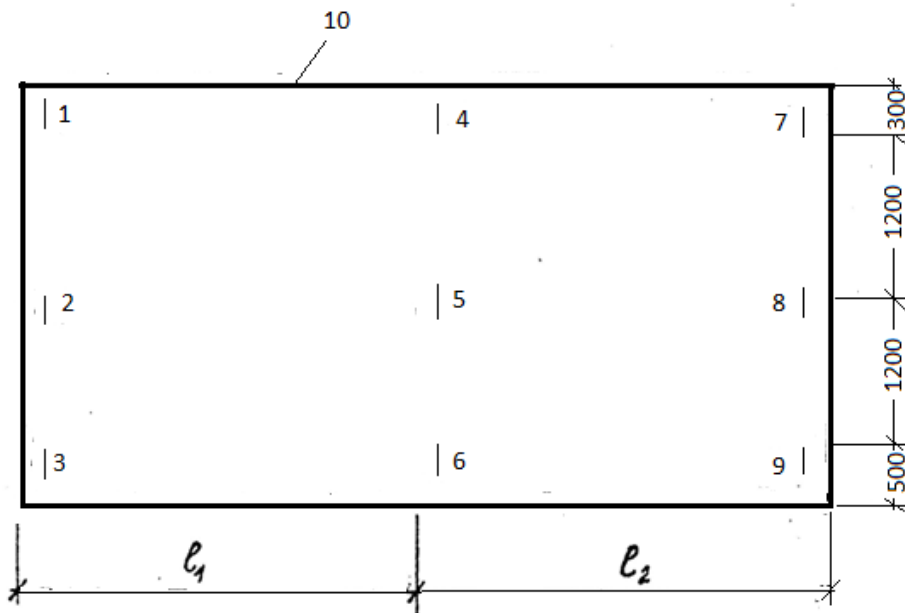


Рис.1. Схема установки психрометров в помещении

Результаты измерений заносятся в табл.1. Затем по результатам «сухого» и «мокрого» термометров с помощью психрометрического графика определяется относительная влажность воздуха.

Далее по результатам измерений температур и влажности в вертикальной плоскости строятся графики распределения температуры и влажности по продольному разрезу помещения (рис.1).

Устанавливают разности температур в помещении по горизонтали и вертикали и делают вывод о степени равномерности распределения температур в помещении. Согласно санитарным нормам разности температур по объему помещения не должны превышать 2,5 °С.

Аналогичная работа проводится с относительной влажностью в объеме помещения.

На основании табличных данных вычисляются средние значения температуры и влажности в помещении. Затем по приложению (6) на основании среднего значения температуры устанавливается максимальная упругость водяного пара (E), Па, и рассчитывается действительная упругость водяного пара (e), Па, внутреннего воздуха помещения по формуле (1):

$$e_{\text{в}} = \frac{\varphi_{\text{в}} \cdot E_{\text{в}}}{100} \quad (1)$$

где $\varphi_{\text{в}}$ - относительная влажность внутреннего воздуха помещения, %;

$E_{\text{в}}$ - максимальная упругость внутреннего воздуха помещения при температуре 20 °С и относительной влажности 100 %.

Рабочая таблица для фиксации показаний психрометров
относительной влажности внутреннего воздуха

№ Психрометра	Показания температуры сухого и влажного психрометров, °С		Разность температур °С	Относительная влажность воздуха, %
	сухого	влажного		
1				
2				
3				
4....				
8				
9				
	$t_{cp}^{сух}$	$t_{в}$	Δt	

По средним значениям температуры и действительной упругости водяного пара влажности по приложению (7) устанавливается температура точки росы (t_p), °С, которая сравнивается с температурой на внутренней поверхности наружной стены помещения ($\tau_{в}$) и делается вывод о наличии или отсутствии конденсата на стене.

Температура на внутренней поверхности наружной стены определяется по формуле (2):

$$\tau_{в} = t_{в} - \frac{t_{в} - t_{н}}{R_0} R_{в} \quad (2)$$

где $t_{в}$ - температура внутреннего воздуха помещения, °С;

$t_{н}$ - расчетная температура наружного воздуха, °С;

R_0 - общее сопротивление теплопередаче ограждения, ($\text{м}^2 \text{°С/Вт}$);

$R_{в}$ - сопротивление теплоотдачи внутренней поверхности ограждения, ($\text{м}^2 \text{°С/Вт}$).

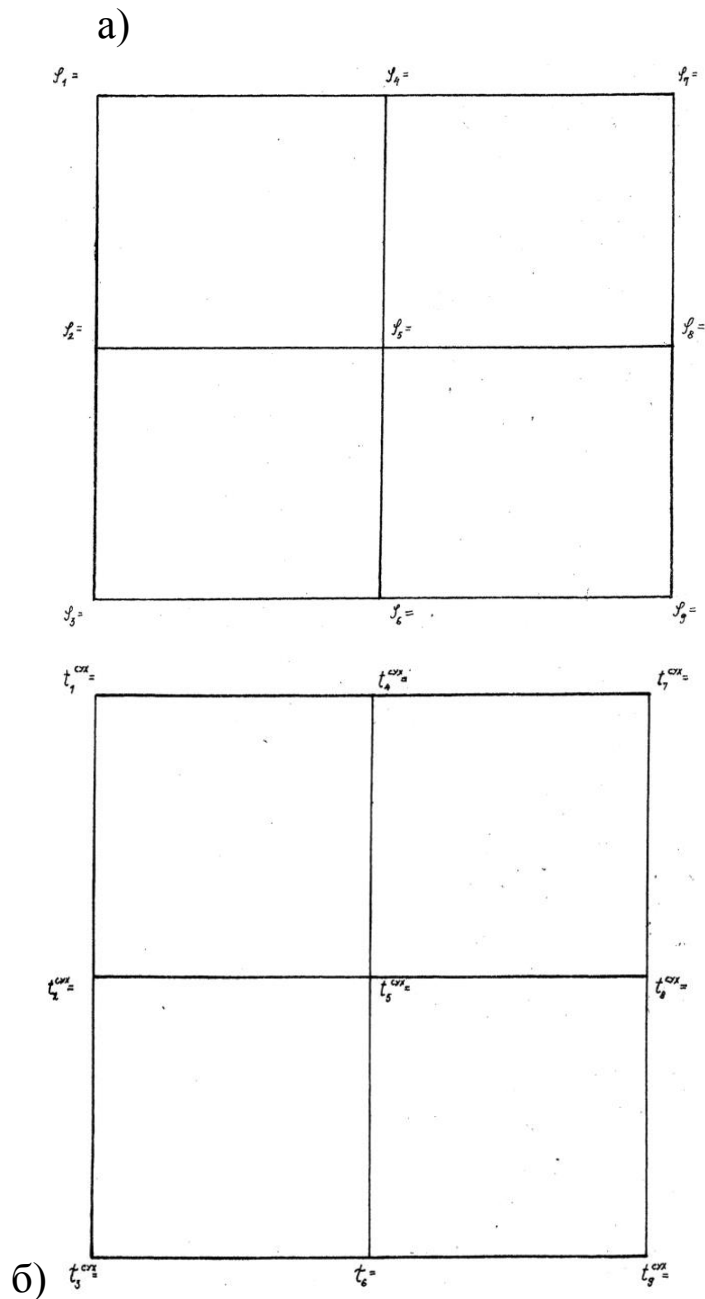


Рис. 2. Графики распределения температуры (а) и влажности (б) воздуха внутри помещения

При отсутствии конденсации влаги на внутренней поверхности ограждения устанавливается расчетный температурный перепад (Δt) между температурой воздуха в помещении (t_b) и температурой внутренней поверхности ограждения (τ_B) по формуле (3):

$$\Delta t = t_g - \tau_g \quad (3)$$

Расчетный температурный перепад (Δt), °С, сравнивается по приложению (5) с нормативными и делается вывод по выполнению санитарно-гигиенических требований к рассматриваемому стеновому ограждению.

Выводы:

Контрольные вопросы

1. Характеристика микроклимата помещения.
2. Санитарно-гигиенические требования к температурно-влажностному режиму помещения.
3. Абсолютная и относительная влажность воздуха, действительная и максимальная упругость водяных паров.
4. Взаимосвязь показателей влажности и температуры воздуха.
5. Температура точки росы, порядок ее определения и значение для ограждающих конструкций.
6. Приборы для измерения температуры и относительной влажности воздуха.
7. Психрометрический метод определения влажности воздуха.
8. Влияние температурно-влажностного режима помещения на работу ограждающих конструкций.

Лабораторная работа 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ КАЧЕСТВ СТЕНОВОЙ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ

Цель работы: знакомство с экспериментальными методами исследования теплозащитных качеств ограждения и принципами анализа основных параметров, характеризующих эти качества.

Приборы и оборудование: фрагмент многослойного стенового ограждения, термоэлектрический термометр ТЭТ-2.

Методические указания

Основной характеристикой теплозащитных качеств ограждений является приведенное сопротивление теплопередаче (R_o^{np}), ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$). При проектировании необходимо обеспечить условия, при которых приведенное сопротивление теплопередаче (R_o^{np}) будет не менее требуемого сопротивления ($R_o^{тр}$) т.е.

$$R_o^{np} \geq R_o^{тр}, (m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}), \quad (4)$$

где R_o^{np} – приведенное сопротивление теплопередаче ограждения, ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$);

$R_o^{тр}$ – требуемое сопротивление теплопередаче ограждения, ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$).

Согласно своду правил СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» требуемое сопротивление теплопередаче ($R_o^{тр}$) определяется через величину градусо-суток отопительного периода (ГСОП) по формуле (5):

$$\text{ГСОП} = (t_{в} - t_{от}) \cdot z_{от}, \quad (5)$$

где $t_{в}$ – температура внутреннего воздуха помещения, $^\circ\text{C}$;

$t_{от}$, $z_{от}$ – соответственно расчетная температура и продолжительность отопительного режима, принимаемые по своду

правил СП 131.13330.2011, (табл.3.1) «Строительная климатология» для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8°С.

Значение требуемого сопротивления теплопередаче стены здания определяется по формуле (6):

$$R_o^{TP} = a \cdot \text{ГСОП} + b, \quad (6)$$

где a и b - коэффициенты, принимаемые по своду правил СП 50.13300.2012, (табл.3) «Тепловая защита зданий». Для стен:

$$a = 0,00035; b = 1,4.$$

$$R_o^{TP} = 0,00035 \cdot 5737,5 + 1,4 = 3,408 \text{ (м}^2\text{°С/Вт)}.$$

При экспериментальных исследованиях для оценки теплозащитных качеств необходимо знать распределение температур на поверхности и в толще конструкции. При равенстве входящего и выходящего из конструкции теплового потока (7):

$$\frac{t_g - \tau_x}{R_g + R_x} = \frac{t_g - t_n}{R_o} \quad (7)$$

следует, что падение температуры прямо пропорционально изменению термического сопротивления в ограждении. Это позволяет использовать простой графический способ для установления взаимосвязи между термическими сопротивлениями и температурами в ограждении.

Сущность графического способа заключается в том, что сначала выполняются два схематических разреза ограждающей конструкции: один в масштабе термических сопротивлений отдельных слоев конструкции (рис.3, а), а второй - в линейном масштабе (рис.3, б). С левой стороны от первого схематического разреза (рис.3, а) задаются шкалой температур, размещая их по вертикали.

Для построения первого схематического разреза на горизонтальной оси откладывают последовательно в некотором масштабе все термические сопротивления, начиная с (R_g) и заканчивая (R_n). Сумма всех отрезков дает общую величину сопротивления теплопередаче ограждения (R_o).

Через полученные точки проводят вертикальные линии и на крайних из них отмечают в масштабе отрезки, соответствующие собой расчетным значениям температур внутреннего и наружного воздуха, которые затем соединяют наклонной прямой А-В.

В качестве температуры наружного воздуха ($t_{н}$) принимают согласно свода правил СП 131.13330, (табл. 5.1) среднюю температуру периода месяцев с отрицательными температурами для района строительства. Это связано с тем, что процесс диффузии водяного пара протекает значительно медленнее процессов теплопередаче и для наступления условий влагонасыщения в ограждении требуется более продолжительное время.

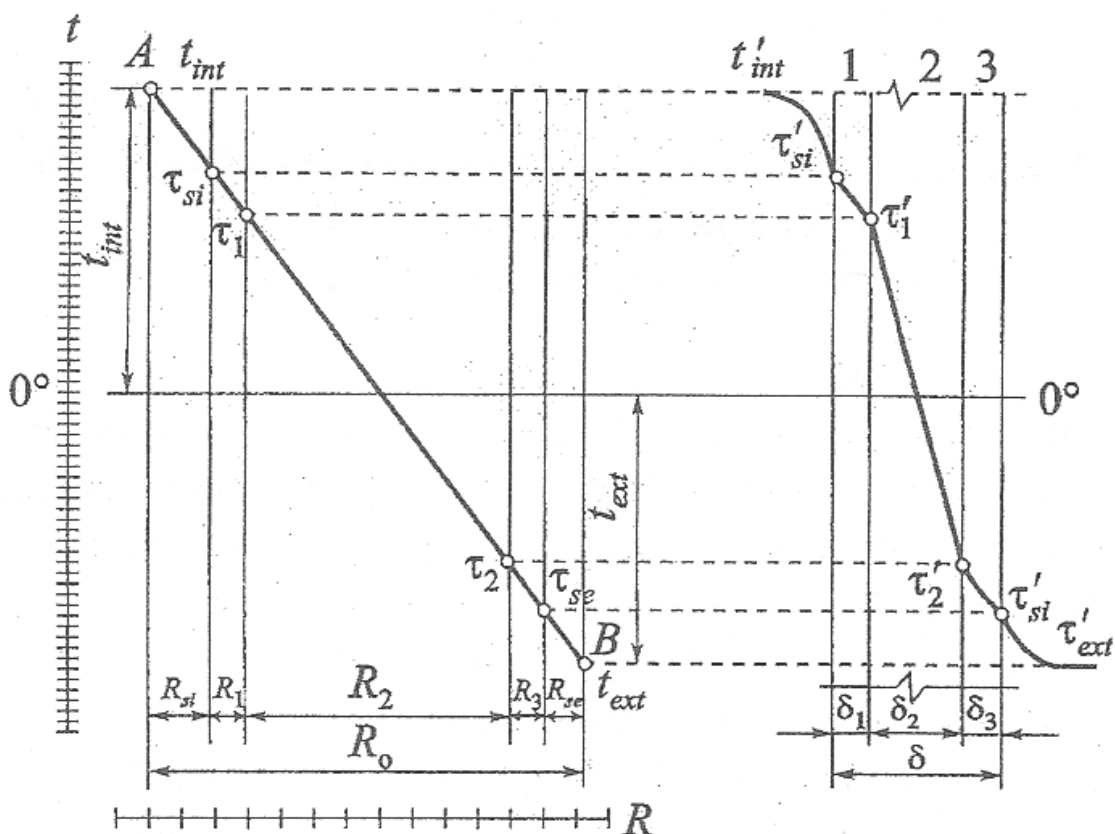


Рис.3. Графики распределения температуры внутри ограждающих конструкций: а) на схематическом разрезе конструкции, выполненной в масштабе термических сопротивлений; б) – то же, выполненной в линейном масштабе

Точки пересечения наклонной прямой (А - В) с вертикальными линиями дают отрезки, выражающие величины

температур на границах слоев ограждения. При этом температуры и термические сопротивления в любом сечении ограждения определяют по формуле (8):

$$\frac{t_{\text{в}} - t_{x+1}}{t_{\text{в}} + t_{\text{н}}} = \frac{R_x - (x + 1)}{R_0} \quad 8$$

где t_x и t_{x+1} - температуры на границах слоя, для которого определяется сопротивление $R_x - (X + 1)$.

Таким образом, если известно распределение температур по слоям конструкций и общее сопротивление теплопередаче ограждения (R_0), пользуясь соотношением (8), возможно определить термическое сопротивление каждого слоя конструкции из соотношения (9):

$$R_{x-(x+1)} = \frac{t_x - t_{x+1}}{t_{\text{в}} + t_{\text{н}}} = R_0 \quad (9)$$

и, наоборот, по известным значениям термических сопротивлений можно рассчитать температуру для любого сечения ограждающей конструкции.

Общее сопротивление теплопередаче (R_0) с достаточной точностью можно установить из выражения (10), приняв значения температур $t_{\text{в}}$, $t_{\text{н}}$ и $\tau_{\text{в}}$ по данным измерений, а значение коэффициента тепловосприятости $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$ - по приложению (2).

$$\tau_{\text{в}} = t_{\text{в}} - \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}{R_0^{\text{ф}} \cdot \alpha_{\text{в}}}, \quad (10)$$

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. На многослойном ограждении, характеристики которого приведены в табл. 2, определяют температуры на грани-

цах и в толще ограждающей конструкции при помощи термосенсоров.

2. На графике распределения температур (рис.3, б) на границах слоев ограждения устанавливают точки, по которым строится график распределения температур по сечению ограждения.

3. По данным измерений температур (t_e , t_n и τ_e) и значению коэффициента теплоотдачи внутренней поверхности ограждения (a_B) определяется величина общего сопротивления теплопередаче (R_o).

4. В соответствии с формулой (8), используя данные измерения температур, определяют термические сопротивления отдельных слоев конструкции.

5. Из условия равенства ($R_o=R_o^{TP}$) по формуле (11) устанавливается минимальная расчетная температура ($t_{мин}$) наружного воздуха, при которой ограждение может обеспечить требуемые санитарно-гигиенические условия.

$$t_{мин} = t_e - R_o \cdot a_e \cdot \Delta t_n / n, \quad (11)$$

где Δt_n - нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждения, принимаемый по приложению (5);

n - коэффициент, учитывающий зависимость положения наружной поверхности ограждения по отношению к наружному воздуху, который принимается равным 1, если ограждение непосредственно соприкасается с наружным воздухом.

6. Все результаты измерений и расчетов сводят в табл. 3.

7. По полученным результатам делают выводы о теплозащитных свойствах ограждения и о возможности использования его в качестве наружного ограждения.

Таблица 2

Характеристики исследуемого ограждения

Материал слоя	Толщина слоя, мм	λ , Вт/м °С
Внутренняя штукатурка	20	0,93
Кладка из полнотелого кирпича	640	0,81

Таблица 3

Измеренные в ограждении температуры
при помощи терморезисторов, °С

Толщина слоя, мм	Измеренные в ограждении температуры, °С	R
		R_0
-	$\tau_{в1} =$	R_1
100	$\tau_{в2} =$	R_2
200	$\tau_{в3}$	R_3
300	$\tau_{в4}$	R_4
400	$\tau_{в5}$	R_5
500	$\tau_{в6}$	R_6
640	$\tau_{в7}$	R_7
		R_n
		R_o

Выводы:**Контрольные вопросы**

1. Стационарные и нестационарные условия передачи тепла через ограждения.
2. Коэффициенты теплопередачи на внутренней и наружной поверхностях ограждения и факторы, влияющие на них.
3. Методика определения теплозащитных качеств ограждения в натуральных условиях.
4. Приборы и оборудование для измерения температур в ограждениях.
5. Требуемое и фактическое сопротивления теплопередаче ограждения.
6. Факторы, учитываемые при назначении требуемого сопротивления теплопередаче.

РАЗДЕЛ 3. СТРОИТЕЛЬНАЯ СВЕТОТЕХНИКА

Свет является важнейшей составляющей жизненной средой живых организмов и растений. Он играет значительную роль в жизнедеятельности человека. Источником естественного света является лучистая энергия солнца, которая образует световой поток, мощность которого в светотехнике оценивается по производимому ею на нормальный глаз человека световому ощущению.

За единицу светового потока принят люмен (лм), - световой поток, излучаемый в телесном угле, равном 1 ср (стерадиану), равномерным точечным источником света силой в 1 кд (канделу). Для оценки условий освещения, создаваемых источником света, пользуются понятием освещенности, представляющей собой отношение величины падающего светового потока (Φ) к площади освещаемой поверхности (S). Освещенность (E) при равномерном распределении на поверхности определяется по формуле (12):

$$E = \frac{\Phi}{S} \quad (12)$$

За единицу освещенности принимают люкс (лк), равный освещенности, создаваемой световым потоком 1 лм, равномерно распределенным на поверхности площадки 1 м². В связи с тем, что практически не представляется установить минимальные значения освещенности внутри помещения в люксах, из-за непостоянства природных условий освещения под открытым небом, освещенность, в помещениях выражают не в абсолютных, а в относительных единицах в виде коэффициента естественной освещенности (e). Коэффициент естественной освещенности (e) выражает отношение естественной освещенности (E_e), создаваемый в некоторой точке внутри помещения (M), види-

мым участком небосвода через световой проем, к значению наружной горизонтальной освещенности (E_H), создаваемой в это же время светом всего небосвода. Коэффициент естественной освещенности (e) выражают в процентах. Математически это выражается формулой (13):

$$e = \frac{E_B}{E_H} \cdot 100\% \quad (13)$$

где E_B - освещенность в точке внутри помещения, лк; E_H - освещенность под открытым небосводом в тот же момент времени, лк. Освещение помещений обеспечивается естественным, искусственным и комбинированным светом. Использование естественного дневного света для освещения помещений и рабочих мест зданий является одним из важнейших факторов улучшения санитарно-гигиенических условий проживания и жизнедеятельности людей. Степень и равномерность освещения помещений зависит главным образом от формы, размеров и расположения световых проемов. Основным методом определения освещенности является светотехнический метод, который учитывает интенсивность освещения, позволяет обеспечить необходимые уровни освещения в различных точках помещения, так как базируется на нормативных показателях освещенности. Необходимое количество и качество естественного освещения в помещениях определяется их функциональным назначением, характером зрительной работы и системой освещения. В качестве нормируемых показателей естественного освещения в помещениях являются: коэффициент естественной освещенности (КЕО) и неравномерность естественного освещения. Для помещений промышленных предприятий нормативную освещенность выбирают в зависимости от характера зрительной работы, которая классифицируется по величине объекта различения на 8 разрядов от работы повышенной точности до работы, требующей общего наблюдения за ходом производственного процесса. Для жилых, общественных и админи-

стративно-бытовых зданий нормативные значения КЕО,%, принимают в зависимости от разряда зрительной работы (А, Б, В, Г, Д, Е, Ж и З), наименьшего эквивалентного размера различения и относительной продолжительности зрительной работы. Нормативные значения КЕО следует принимать по табл. 1 и 2 СП 52.13330.2011. «Естественное и искусственное освещение» Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*, соответственно, для производственных, жилых, общественных и административно-бытовых зданий. Фрагменты этих таблиц приведены в приложениях (10 и 11). При расчете естественного освещения нормируемое значение КЕО для помещений (e_N) устанавливается с учетом административного района строительства и определяется по формуле (14):

$$e_N = e_H \cdot m_N \quad (14)$$

где e_H - нормативное значение КЕО, принимаемое в зависимости от функционального назначения помещения;

m_N - коэффициент светового климата, принимаемый по приложению (8) с учетом административного района по ресурсам светового климата; N - номер группы административных районов по ресурсам обеспеченности естественным светом, принимаемый по приложению (9).



Рис.4. Внешний вид люксметра

Измерение величины естественной освещенности при проведении исследований выполняется специальным прибором – люксметром, внешний вид которого представлен на рис. 4.

Лабораторная работа 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ В НАТУРНЫХ УСЛОВИЯХ УЧЕБНОЙ АУДИТОРИИ

Цель работы: знакомство с методикой и приборами, используемые при исследовании естественной освещенности помещений. Приборы и оборудование: люксметр, рулетка.

Методические указания

Освещение помещений естественным светом характеризуется коэффициентом естественной освещенности ряда точек, расположенных в пересечении двух плоскостей: вертикальной плоскости характерного разреза помещения (обычно посередине помещения по оси световых проемов или между ними) и горизонтальной плоскости, принимаемой за условную рабочую плоскость помещения. Полученные значения сравниваются с нормативными и вычисленными по формуле (14). В задачу настоящей лабораторной работы входит определение естественной освещенности ряда точек при боковом освещении помещения и сравнения его с нормативными требованиями.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. В масштабе вычерчивают план и два разреза исследуемого помещения, на которых намечают расчетные точки. Крайние точки (1 и 5) следует принимать на расстоянии 1 м от поверхности стен, 3-ю точку намечают на середине помещения, а точки 2 и 4 делят расстояния между точками 1 - 3 и 2 - 5 пополам.

2. С помощью люксметра измеряют освещенность под открытым небом и во всех точках помещения.

3. Результаты измерения заносят в табл.4.
4. По результатам измерения на разрезе помещения в намеченных точках в масштабе строят кривые КЕО.
5. Определяется минимальное значение КЕО.
6. Проводится сравнение фактической освещенности с нормативной по приложению (11) и дается ее оценка

Таблица 4

Результаты измерений освещенности и расчета КЕО

Разрез	Точки измерения	Освещенность в помещении, E_B , лк			Наружная освещенность, E_H в лк			КЕО, %	
		замер		E_B^{cp}	замер		E_H^{cp}	$e = \frac{E_B}{E_H} \cdot 100\%$	
1	2	1	2		1	2			
1-1	1								
	2								
	3								
	4								
	5								

Выводы:

Контрольные вопросы

1. Светотехнические величины и единицы измерения в светотехнике.
2. Техничко-экономические и гигиенические значения естественного освещения помещений.
3. Освещенность и КЕО. Порядок их экспериментального определения и расчета.
4. Нормирование освещенности помещений.
5. Факторы, влияющие на КЕО помещений.
6. Рациональные приемы размещения световых проемов и принципы определения их размеров на стадии проектирования зданий

Лабораторная работа 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ СВЕТОПРОПУСКАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ОСТЕКЛЕНИЯ

Цель работы: знакомство с приближенной методикой оценки влияния некоторых факторов на светопропускание остекления световых проемов.

Приборы и оборудование: люксметр; модельная установка для определения коэффициентов светопропускания; набор испытуемых образцов светопрозрачных материалов

Методические указания

При прохождении светового потока через светопрозрачное ограждение теряется часть световой энергии, которое необходимо учитывать при определении общего коэффициента светопропускания (τ_o) окон, определяемый по формуле (15):

$$\tau_o = \tau_1 \tau_2, \quad (15)$$

где τ_1 - коэффициент светопропускания материала, учитывающий потери света при прохождении светового потока через слой светопрозрачного материала;

τ_2 - коэффициент, учитывающий потери света в переплетах.

В лабораторных условиях значение коэффициента светопропускания (τ_1) определяют на специальной установке, приведенной на рис.5. Лабораторная установка представляет собой прямоугольную камеру, в которой внутренние поверхности окрашены в черный цвет.

С левой стороны камеры вмонтирована электролампа, которая имитирует световой поток. На расстоянии 300 мм от источника света установлено матовое стекло, создающее

равномерный световой поток (белый свет). За матовым стеклом имеется специальный карман, в который вставляются исследуемые образцы стекол. С правой стороны камеры устанавливается люксметр, с помощью которого производят замеры пройденного через исследуемое стекло светового потока.

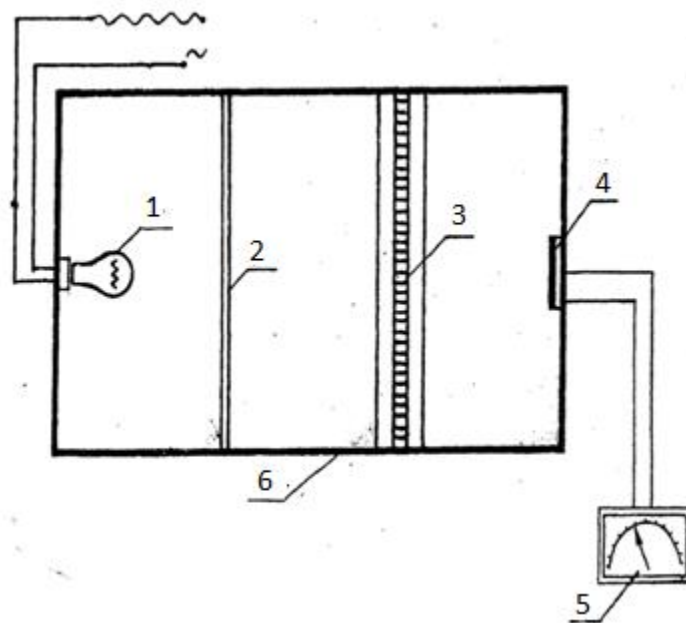


Рис.5. Установка по определению коэффициентов светопропускания стекол 1- источник света; 2 - матовое стекло; 3 - исследуемое стекло; 4 – фотоэлемент; 5 – люксметр; 6 – разрез установки

В данной лабораторной работе необходимо определить коэффициенты светопропускания (τ_1) для различных светопрозрачных материалов.

Порядок выполнения и обработка результатов измерений

1. При закрытой верхней крышке камеры включается источник света (электролампа) и с помощью люксметра определяется величина освещенности (E_n) через матовое стекло без установки исследуемого образца стекла.

2. Далее устанавливается образец стекла, закрывается верхняя крышка камеры, включается электролампа и замеря-

ется с помощью люксметра величина освещенности, прошедшего через исследуемый образец стекла (E_{np}).

3. Определяется значение коэффициента светопропускания (τ_1) по формуле (16):

$$\tau_1 = \frac{E_{np}}{E_n}, \quad (16)$$

где E_n - освещенность падающего светового потока, лм;

E_{np} - освещенность прошедшего через стекло светового потока, лм.

4. Полученные измерения заносят в табл.5

Таблица 5

№ п/п	Вид исследуемого стекла	Показания люксметра,		Коэффициент ветопрорус кания стекла,
		без стекла	со стеклом	
1	обычное			
2	загрязненное			
3	рифленное			
4	армированное			
5	стеклоблок			
6	органическое			

Выводы:

Контрольные вопросы

1. Коэффициенты светопропускания, методика их определения.
2. Факторы влияющие на светопропускание и световог проема в целом.
3. Техничко-экономическое значение увеличения светопропускания остекления.

Лабораторная работа 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ ОТ ТИПОВ ОСТЕКЛЕНИЯ НА МОДЕЛИ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ С ПОМОЩЬЮ «ИСКУССТВЕННОГО НЕБОСВОДА»

Цель работы: знакомство с методикой определения коэффициента естественной освещенности на моделях с помощью «искусственного небосвода» и определение зависимости коэффициента естественной освещенности от вида остекления.

Приборы и оборудование: люксметр; установка «искусственный небосвод»; макет промышленного здания; два варианта остекления – ленточное и остекление с простенками.

Методические указания

Основным методом определения освещенности является светотехнический метод, который учитывает интенсивность освещения, позволяет обеспечить необходимые уровни освещения в различных точках освещения, так как базируется на нормативных показателях освещенности.

Наряду со светотехническим методом расчета существует макетный способ определения коэффициента естественной освещенности в расчетных точках помещения. Этот метод базируется на законе светотехнического подобия, практическое значение которого заключается в том, что освещенность внутри помещений можно оценивать на моделях, выполненных в масштабе не менее чем 1/20, при соблюдении всех геометрических и светотехнических (отделка) параметров интерьера. Эти работы выполняются на специальных установках, называемых «искусственным небосводом», приведенным на рис.6.

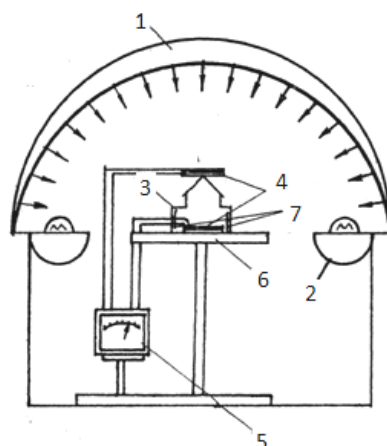


Рис.6.Установка «Искусственный небосвод»
 1-установка «Искусственный небосвод»; 2-электросветильники;
 3-модель цеха; 4-фотоэлемент; 5-люксметр;
 6-стол дляустановки моделей; 7-варианты остекления

Порядок выполнения и обработка результатов измерений

1. На предметный стол устанавливается макет производственного здания, внутри которого по оси симметрии нанесены расчетные точки в количестве 5 штук. Первая и пятая точки отстоят от наружных стен на расстоянии 1 м, третья точка находится на середине здания, а вторая и четвертая делят расстояния между первой и третьей и третьей и пятой пополам.

2. В боковые стены макета производственного здания устанавливают первый вид остекления: окна с простенками.

3. Поочередно на расчетные точки макета здания устанавливают фотоэлемент люксметра и замеряют освещенность в каждой точке.

4. После замера освещенности в расчетных точках внутри помещения фотоэлемент люксметра помещается на крышу макета производственного здания и замеряется освещенность «искусственного небосвода».

5. На макете производственного здания производится замена первого вида остекления на второй: в виде леточного остекления.

6. Производят замеры освещенности в расчетных точках, как и для первого вида остекления.

7. Для каждой точки рассчитывают коэффициенты естественного освещения по формуле (17), которые заносят в табл.6.

$$e = \frac{E_B}{E_H} \cdot 100\% \quad (17)$$

где E_B - освещенность в расчетной точке;

E_H - освещенность «искусственного небосвода».

8. На основании полученных данных строят два графика зависимости КЕО от вида остекления.

Таблица 6

№ п/п	Вид остекления	Показания люксметра,		Коэффициент естественного освещения, e , %
		в точке замера, E_m	под открытым небом, E_H	
	Окна с простенками			
1				
...				
5				
	Ленточное остекление			
1				
...				
5				

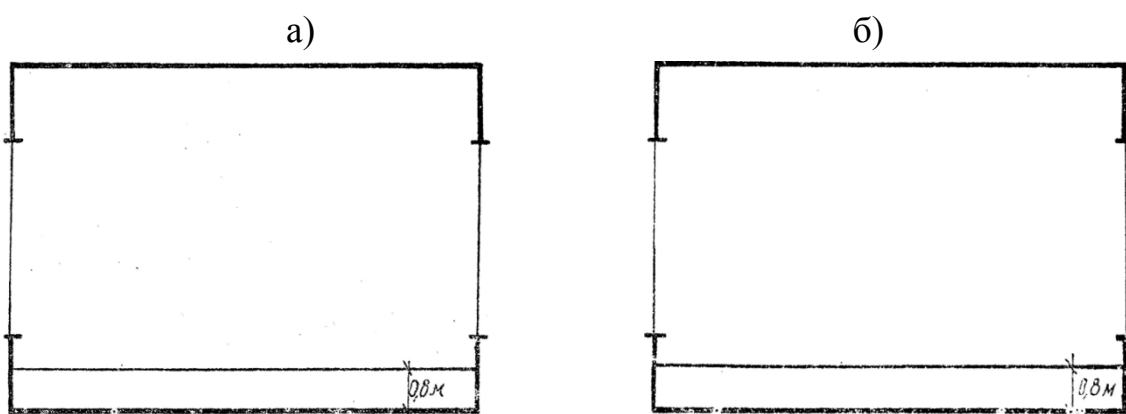


Рис. 7. Графики зависимости КЕО от вида остекления
 а) при ленточном остеклении; б) при остеклении с простенками

Выводы:

Контрольные вопросы

1. Коэффициент естественной освещенности, для чего он нужен.
2. Методика определения КЕО.
3. Закон светотехнического подобия, его практическое применение.
4. В каком порядке намечаются расчетные точки в зданиях при определении КЕО.
5. От чего зависят нормы освещения производственных зданий.
6. Виды остекления. В каких случаях они применяются.

Лабораторная работа 6

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОКРАСКИ СТЕН И ПОТОЛКА НА КОЭФФИЦИЕНТ ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ НА МОДЕЛИ КОМНАТЫ С ПОМОЩЬЮ «ИСКУССТВЕННОГО НЕБОСВОДА»

Цель работы: знакомство с методикой исследования влияния окраски стен и потолка на коэффициент естественной освещенности на моделях с помощью «искусственного небосвода».

Приборы и оборудование: люксметр; установка «искусственный небосвод»; макет комнаты гражданского здания; образцы колеров стен.

Методические указания

Общая комфортность освещения в помещениях достигается не только размерами и расположением оконных проемов, но в значительной мере цветовым оформлением стен и потолков помещения. Исследования влияния окраски стен и потолка на коэффициент естественной освещенности в помещениях осуществляется с помощью «искусственного небосвода» на специальных моделях, выполненных в масштабе 1:20 (рис.8).

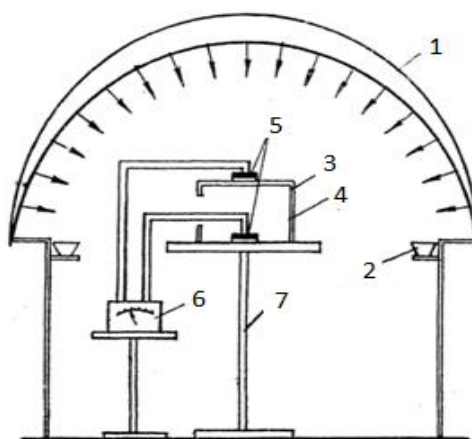


Рис.8. Установка «Искусственный небосвод»

1-установка «Искусственный небосвод»; 2-электросветильники;
3-модель помещения; 4- образцы колеров стен и потолка; 5-фото-элемент; 6-люксметр; 7-стол для установки модели помещения

Порядок выполнения и обработка результатов измерений

1. На предметный стол устанавливается макет помещения, внутри которого по оси симметрии нанесены расчетные точки в количестве 5 штук.

2. На боковые стены макета помещения устанавливается первый вид окраски стен.

3. Поочередно на расчетные точки макета здания устанавливают фотоэлемент люксметра и замеряют освещенность в каждой точке.

4. После замера освещенности в расчетных точках внутри помещения фотоэлемент люксметра помещается на крышу макета помещения и замеряется освещенность «искусственного небосвода».

5. На макете помещения осуществляют замену первого вида окраски на следующий и вновь выполняют замеры освещенности в расчетных точках.

6. Аналогичную работу производят еще с двумя окрасками стен.

7. Для каждой окраски стен замеры проводят три раза.

8. Для каждой точки рассчитывают коэффициенты естественного освещения по формуле (18), которые заносят в табл.7.

$$e = \frac{E_B}{E_H} \cdot 100\% \quad (18)$$

где E_B - освещенность в расчетной точке, %;

E_H - освещенность «искусственного небосвода», %.

9. На основании полученных данных строят графики зависимости КЕО от окраски стен (рис. 9).

Таблица 7

№ п/п	Вид окраски стнен	Показания люксметра			E_{cp}	$e = \frac{E_B}{E_H} \%$
		под «открытым небом» E_H				
		в точке замера				
		E_1	E_2	E_3		
1	белая					
2	светло-желтая					
3	светло-розовая					
4	светло-голубая					
5	светло-зеленая					

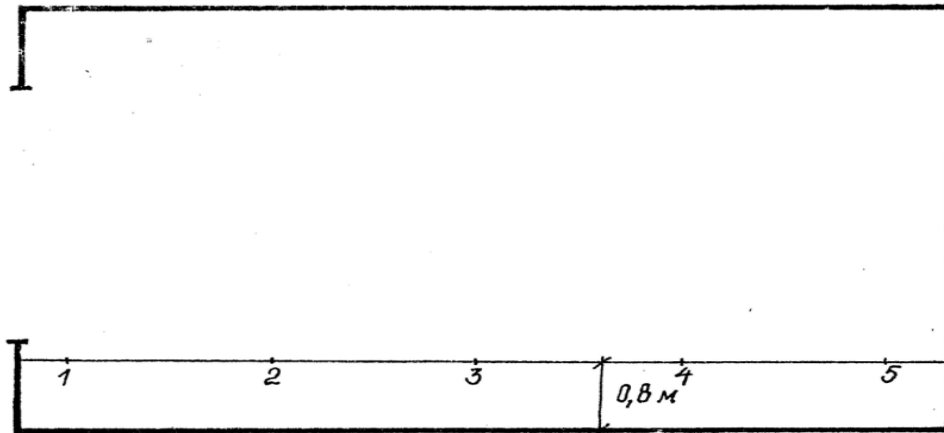


Рис. 9. Графики зависимости КЕО от окраски стен

Выводы:

Контрольные вопросы

1. Коэффициент естественной освещенности, для чего он нужен. Методика определения КЕО.
2. Закон светотехнического подобия, его практическое применение.
3. В каком порядке намечаются расчетные точки в зданиях при определении КЕО.
4. Как распределяются окраски стен в зависимости от КЕО.

Лабораторная работа 7

ИЗУЧЕНИЕ РАВНОМЕРНОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ НА ПЛОСКОСТИ ОТ ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА СВЕТА

Цель работы: знакомство с методикой изучения равномерности распространения света от точечного светильника.

Приборы и оборудование: рабочая плоскость; точечный светильник; фотоэлемент; люксметр.

Методические указания

Использование искусственного света следует рассматривать как один из способов, с помощью которого можно компенсировать отсутствие или недостаток естественного освещения и создавать благоприятный визуальный микроклимат в интерьере помещения. Искусственное освещение осуществляется при помощи электрических светильников различного типа с лампами накаливания или с газоразрядными лампами (люминосиликатные, ртутные и др.), которые отличаются светотехническими, цветовыми и экономическими характеристиками, разнообразием мощности и размерами колб.

Количественные требования к искусственному освещению определяются нормируемой освещенностью на рабочей поверхности с учетом коэффициента на снижение светового потока вследствие запыления и старения ламп и светильников.

В качестве нормируемых показателей искусственного освещения в помещениях являются КЕО и неравномерность естественного освещения. Неравномерность освещенности при искусственном освещении, характеризуется отношением максимального или среднего уровня освещенности к минимальному его значению (E_{max}/E_{min}). Неравномерность

естественного освещения производственных и общественных зданий не должна превышать 3:1.

Основным методом определения освещенности является светотехнический метод, который учитывает интенсивность освещения, позволяет обеспечить необходимые уровни освещения в различных точках освещения, так как базируется на нормативных показателях освещенности. Для определения неравномерности освещенности используется также лабораторный метод, основанный на исследовании равномерности распространения света на рабочей плоскости от точечного светильника с помощью фотоэлемента люксметра (рис.10).

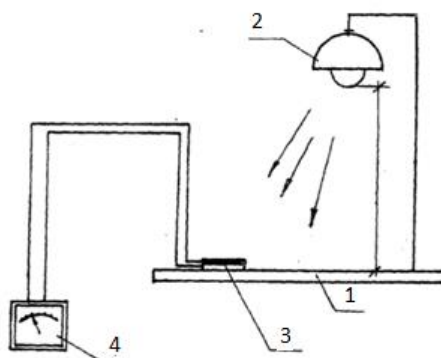


Рис. 10. Установка для определения неравномерности освещения: 1- рабочая плоскость; 2 – светильник; 3 – фотоэлемент; 4 - люксметр

Порядок выполнения и обработка результатов измерений

1. На предметный стол укладывают рабочую плоскость, на которой нанесены квадраты с сеткой координат.
2. В центр рабочей плоскости устанавливают точечный светильник, у которого включается электролампа.
3. Поочередно на пересечении квадратов рабочей плоскости устанавливают фотоэлемент люксметра и замеряют освещенность в каждом пересечении квадратов.
4. Полученные измерения заносят в табл.8.
5. На чистом листе бумаги отображают рабочую плоскость с той же сеткой координат.

6. Данные табл. 8 наносят на бумажную рабочую плоскость и равные освещенности соединяют плавными концентрическими окружностями.

7. Из таблицы (8) отбирают минимальное и максимальное значения освещенности и, поделив максимальное значение на минимальное, определяют неравномерность освещения рабочей плоскости.

8. Строят графики освещенности по двум взаимно перпендикулярным направлениям (по Г-Г и по 4-4), приведенным на рис. 11 .

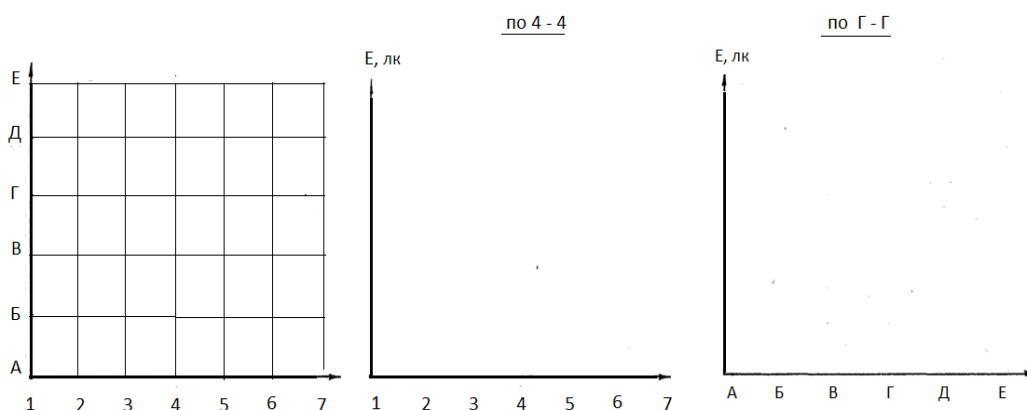


Рис. 11. Графики освещенности рабочей плоскости и попо двум взаимно перпендикулярным направлениям (по Г-Г и по 4-4)

Таблица 8

Обозначение квадратов по вертикали	Показания освещенности квадратов по люксметру, лк						
	Обозначение квадратов по горизонтпали						
	1	2	3	4	5	6	7
А							
Б							
В							
Г							
Д							
Е							

Выводы:

Контрольные вопросы

1. В каких случаях применяется искусственное освещение.
2. Какие лампы применяются при искусственном освещении.
3. За счет чего обеспечивается равномерность освещения.

РАЗДЕЛ 4. ИНСОЛЯЦИЯ И СОЛНЦЕЗАЩИТА В АРХИТЕКТУРЕ

Лабораторная работа 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ИНСОЛЯЦИИ ФАСАДОВ ЗДАНИЯ И ТЕРРИТОРИИ С ПОМОЩЬЮ ИНСОЛЯТОРА

Цель работы: знакомство с требованиями к инсоляции отдельных зданий и внутриквартальных территорий, а также методами определения оптимальной ориентации с помощью инсолятора.

Приборы и оборудование: инсолятор, макеты зданий, прожектор – «искусственное солнце».

Методические указания

Инсоляция – облучение прямыми солнечными лучами какой-либо поверхности. В области архитектурно-строительного проектирования термин «инсоляция помещений» означает облучение их солнечными лучами через световые проемы.

Воздействие инсоляции на человека и окружающую среду носит двойственный характер: с одной стороны оно благоприятно и экономически выгодно, поэтому необходимо обеспечить доступ солнечного света на территории городской застройки и интерьеры зданий; с другой стороны оно вызывает перегрев помещений и создает световой дискомфорт и перерасход электроэнергии на регулирование микроклимата в зданиях.

Требования норм инсоляции достигаются соответствующим размещением и ориентацией зданий, а также их объемно-планировочными решениями.

Эффект солнечного облучения зависит от длительности процесса, поэтому инсоляцию измеряют в часах.

Согласно СП 42.13330.2011. «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89* нормируемая продолжительность непрерывной инсоляции жилых помещений и территорий (за исключением детских дошкольных учреждений, общеобразовательных школ и школ-интернатов) должна составлять:

- для северной зоны (севернее 58° с.ш.) - не менее 3 часов в день с 22 апреля по 22 августа;

- для 58° с.ш. и южнее - не менее 2,5 часов в день на период с 22 марта по 22 сентября.

Продолжительность инсоляции в жилых зданиях должна быть обеспечена не менее чем в одной комнате 1 - 3-комнатных квартир и не менее чем в двух комнатах 4 и более -комнатных квартир.

В условиях многоэтажной застройки, когда территория или здания частично облучаются с одноразовым перерывом, нормами предусмотрено увеличение суммарной инсоляции на 0,5 ч, а в условиях плотной и исторически ценной застройки максимальную продолжительность инсоляции допускается сократить, но не более чем на 0,5 ч в течение дня для каждой зоны. В центральной части и исторических зонах города в жилой застройке должна обеспечиваться 1,5-часовая инсоляция территории и не менее чем одной комнаты, независимо от числа комнат в квартире, на период с 22 апреля по 22 августа. Оценка условий инсоляции зданий и территорий городской застройки, а также для решения вопросов инсоляции при проектировании населенных мест и отдельных зданий осуществляется с помощью инсографиков, светопланометров, климаграмм, ЭВМ или с помощью установки моделирования инсоляции - «Инсолятор» (рис.12).

чается характер инсоляции в дни весенне-осеннего равноденствия 21 марта и 21 сентября, а также в день летнего солнцестояния - 21 июня. Данные по инсоляции регистрируются для двух продольных фасадов здания.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. В соответствии с заданным городом по шкале 1 устанавливается согласно приложению (12) географическая широта местности.

2. Макет здания (тип секции выдается преподавателем) устанавливается на круге (шкала 4) сначала в меридиональной, а затем в широтной ориентации.

3. По шкале (3) устанавливают весенне-осенний период солнцестояния и по шкале (2) определяют часы начала и конца инсоляции для каждого фасада. Для этого необходимо вращением поворотного круга по шкале (2) установить макет так, чтобы лучи "солнца" падали параллельно плоскости исследуемого фасада, а затем, учитывая, что световой угол окна составляет 140° , повернуть еще дополнительно круг на 20° . При этом указатель шкалы (2) зафиксирует время начала инсоляции помещений.

4. Время окончания инсоляции фасада определяется моментом, когда последний солнечный луч скользит по плоскости фасада. Установив макет в таком положении, следует повернуть круг в обратном направлении на 20° . Указатель шкалы (2) зафиксирует время окончания инсоляции помещений.

5. Полученное время начала и конца инсоляции и ее продолжительность заносят в табл. (9). Определение инсоляции выполняют для двух продольных фасадов здания с учетом меридиональной и широтной ориентации здания.

6. По шкале (3) устанавливают период летнего солнцестояния и таким же образом определяют часы начала, конца и продолжительности инсоляции каждого фасада, а результаты заносят в табл. 9.

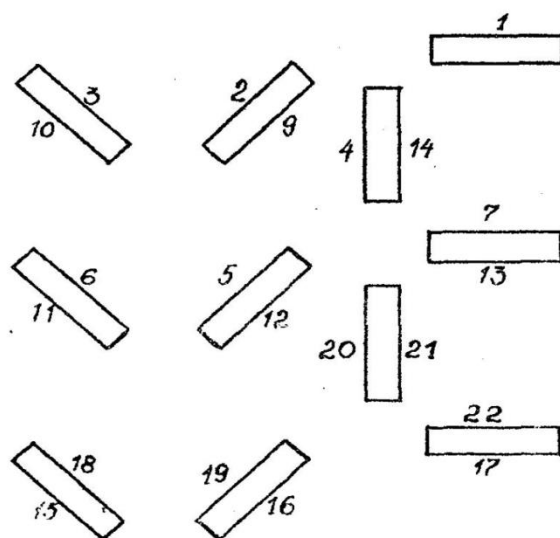
8. По полученным результатам оценивают время инсоляции, которую сравнивают с нормативной.

Таблица 9

Продолжительность инсоляции зданий

Фасад здания	Весна-осень			Лето		
	Начало инсоляции	Конец инсоляции	Продолжительность инсоляции	Начало инсоляции	Конец инсоляции	Продолжительность инсоляции
	Меридиональное положение здания					
А						
Б						
	Широтное положение здания					
А						
Б						

Квартал застройки



Выводы:

Контрольные вопросы

1. Инсоляция и ее роль и значение в проектировании зданий.
2. Нормирование инсоляции.
3. Меры борьбы с излишней инсоляцией.
4. Характеристика солнечного климата района строительства.
5. Методы исследования инсоляции.
6. Устройство инсолятора

Лабораторная работа 9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ИНСОЛЯЦИИ С ПОМОЩЬЮ ИНСОГРОАФИКА

Цель работы: знакомство с требованиями к инсоляции отдельных зданий и внутриквартальных территорий, а также методами определения оптимальной ориентации с помощью инсографиков.

Приборы и оборудование: инсографик, планировка квартала застройки зданий.

Методические указания

Инсографик представляет собой горизонтальную проекцию наклонной плоскости сектора небосвода. Параллельные линии на графике являются горизонталями этой плоскости, превышение которых отсчитываются от нулевой горизонтали, проходящей через расчетную точку (О). Сходящиеся в этой точке азимутальные линии представляют собой проекции секторальных углов наклонной плоскости (рис.13).

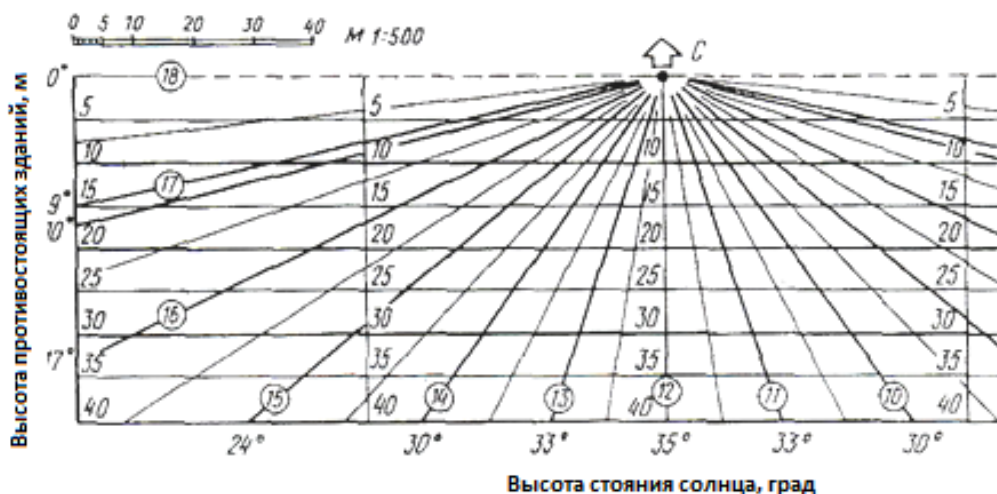


Рис. 13. Инсоляционный график для расчета продолжительности инсоляции и построения теней

Построение инсографика для дня равноденствия производится следующим образом (рис. 14, а). Проводят две взаимно

перпендикулярные линии (mn) и (kl) и вокруг точки их пересечения (O) вычерчивают полуокружности радиусом 6-10 см. Через точку (O) проводится прямая линия (AS) под углом (φ) (географическая широта, град) к прямой (mn). Из точки (A) пересечения прямой (AS) с полуокружностью опускается перпендикуляр (AB) на прямую (kl) и из точки (O) вычерчивается четверть окружности (BM) с радиусом (OB).

На четверти окружности (kNn) наносится шкала секторальных углов с градацией через 5° . На отрезках радиальных прямых, заключенных между дугами (kNn) и (BMc), строят прямоугольные треугольники вида (MNR).

Вертикальные катеты треугольников проводят из точек внешней дуги (kNn), а горизонтальные - из точек внутренней дуги (BMc). Через вершины прямых углов треугольников и точку (O) проводят азимутальные линии графика.

На линии (mn), начиная от точки (O), наносится метрическая шкала превышений горизонталей наклонной плоскости, с градацией через 1 см. Шкалу необходимо спроектировать на прямую (OS) и через полученные на ней засечки параллельно линии (mn) провести горизонталы графика.

Цена делений горизонталей назначается в соответствии с масштабом чертежа генплана.

Правая часть графика будет симметрична построенной. График следует скопировать на кальку или какой-либо иной прозрачный материал (рис. 14, б).

А. Исходные данные:

- одно затеняющее здание;
- два затеняющих здания из трех;
- превышение затеняющего здания (его карниза) над заданной точкой составляет 25 м.

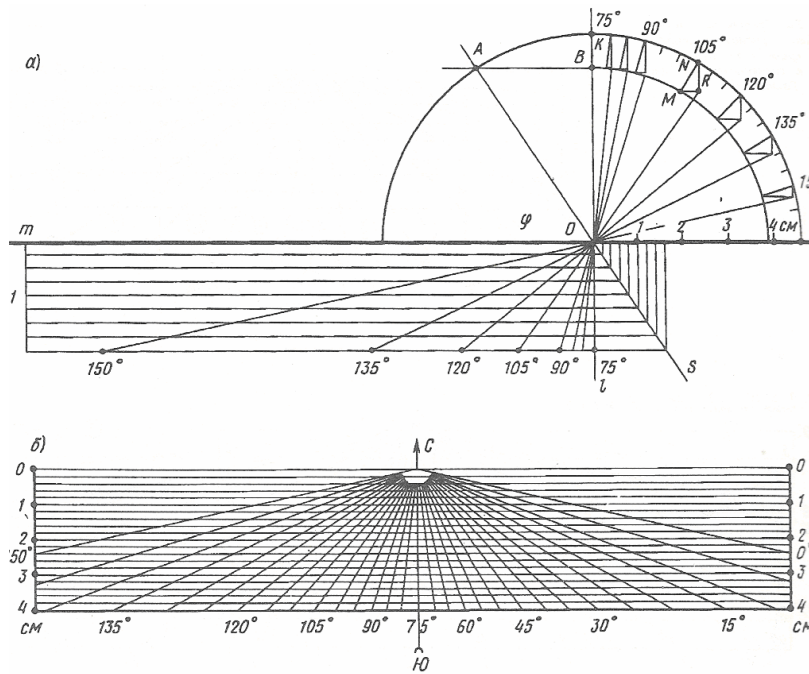


Рис. 14. Построение инсографика (а) и вид графика (б)

Порядок работы и обработка результатов измерений

1. Согласно заданию вычерчивается здание в определенном масштабе.

2. Строится инсографик на светопрозрачной бумаге (кальке), цена делений горизонталей которого назначается в соответствии с масштабом чертежа здания.

3. При построении инсографика прямая (AS) проводится через точку (O) под углом (φ), который характеризует географическую широту заданного города.

4. Точка (O) графика совмещается с заданной точкой на здании, а сам график ориентируется по направлению север-юг.

5. На графике отмечается горизонталь, соответствующая высоте этого здания, в выбранном масштабе чертежа и графика.

6. Устанавливается продолжительность инсоляции точки (O) на горизонтальной поверхности инсографика. Затенение заданной точки (O) всегда происходит только от той

части здания, которая находится между горизонталью и этой точкой (на схеме заштрихована) - рис. 15.

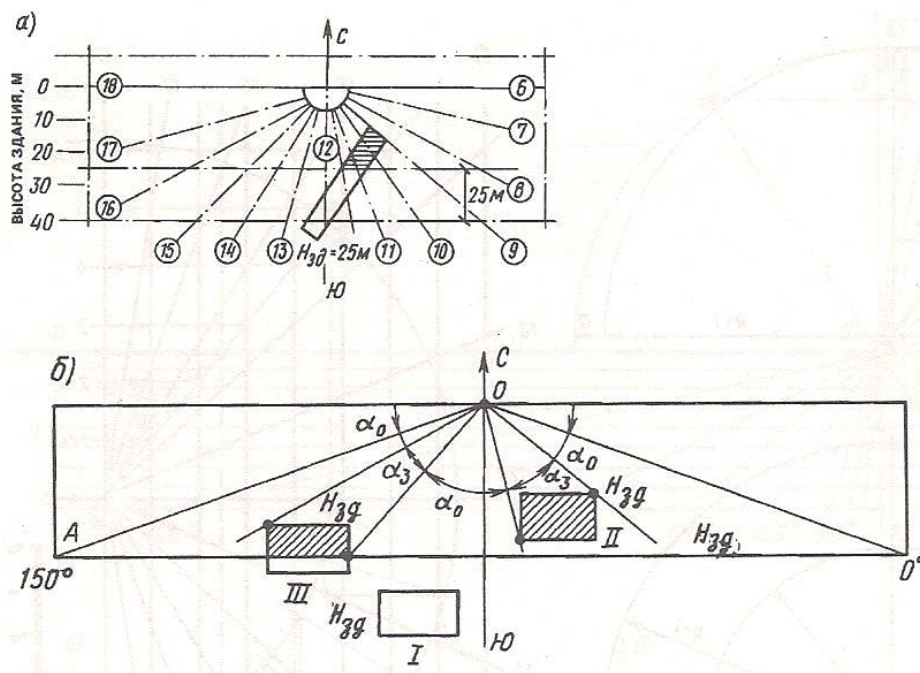


Рис.15. Расположение зданий относительно затененной точки и линии ограничения, соответствующей превышению их над расчетной точкой

В том случае, когда необходимо установить продолжительность инсоляции точки (О) здания, расположенного в окружении двух затеняющих зданий, на инсографик накладывают три здания и инсоляция точки (О) осуществляется трижды в течение дня в пределах углов (α_0), так как соседствующие дома оказывают на нее затеняющее действие в пределах углов (α_3) рис.15, б.

Выводы:

Контрольные вопросы

1. Что такое инсоляция
2. Нормы инсоляции
3. Метод построения инсографика
4. Какие шкалы на инсографике
5. Порядок работы на инсографике

РАЗДЕЛ 5.АРХИТЕКТУРНАЯ АКУСТИКА

Лабораторная работа 10

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗВУКОВЫХ ВОЛН НА МОДЕЛЯХ ЗРИТЕЛЬНЫХ ЗАЛОВ

Цель работы: знакомство с методикой оценки акустических свойств помещений на различных моделях зрительных залов.

Приборы и оборудование: плоская ванна снаполненной водой и стелянным дном; набор моделей планов и разрезов зрительных залов; возбудитель колебаний в виде сосуда с водой и капельником; источник света.

Методические указания

При выполнении лабораторной работыпроводят исследования формирования звуковых волн в помещениях и выявляют акустические недостатки геометрической формы зрительных залов

Качественные явления распространения и отражения звуковых волн в помещениях могут быть проанилизированы методами геометрической акустики на двухмерных моделях разрезов и планов помещений в водяной ванне (рис.16). Это объясняется тем, что отражение и рассеяние волн в воде соответствует качественной картине распространения звуковой энергии в натуральных условиях помещений, что позволяет в ряде случаев установить достоинства и недостатки форм проектируемых помещений и внести в них соответствующие изменения.

При исследовании необходимо учитывать, что условия подобия объекта модели соблюдаются в том случае, если масштаб моделирования одинаков как для геометрических размеров помещения модели, так и для длин волн, возбужда-

емых в них. Наиболее удобным является масштаб моделирования 1:50. Важно помнить, что для выполнения хорошей акустики в аудиториях и залах необходимо:

- обеспечить на всех местах достаточный уровень звуковой энергии;

- создать условия для диффузного распределения звуковой энергии по помещению и исключить возможность образования эха и фокусирования энергии;

- обеспечить оптимальное время реверберации звука.

Для выполнения этих требований необходимо правильно выбрать объем зала, его геометрическую форму и очертания внутренних поверхностей. Основные размеры помещения должны соответствовать существующим нормам проектирования зрительных залов. Очертание потолка должны способствовать хорошему отражению от него звука, направляя большую часть отраженных волн удаленным от источника звука места слушателей.

Для повышения диффузности звукового поля необходимо, чтобы значительная часть поверхностей помещения создавала рассеянный звук. Повышению диффузности звукового поля и обогащению структуры ранних отражений способствует система вертикальных стенок в зоне слушательских мест.

Требование высокой диффузности звукового поля особенно важно для музыкальных залов, для которых обусловлено сильное членение поверхностей, обеспечивающее рассеяние отраженного звука.

Это достигается расчленением поверхностей балконами, пилястрами, нишами и другими неровностями. В помещениях не должно быть вогнутых поверхностей, обладающих способностью концентрировать звуковую энергию на отдельные участки помещения.

Необходимо располагать отражающие поверхности таким образом, чтобы временная разность прихода на места слушателей прямого звука и ранних отражений не превышала допустимой величины.

Соблюдение перечисленных требований обеспечивает равномерное распределение звуковой энергии и создает звуковое поле, исключая возможность возникновения вредных акустических факторов.

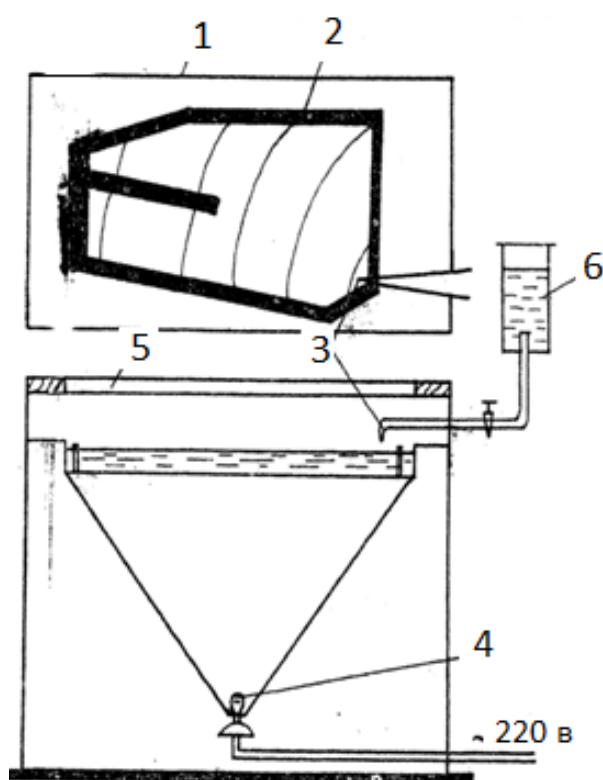


Рис. 16. Схема акустической ванны:

1- ванна, наполненная водой; 2- модель помещения; 3-возбудитель колебания; 4-источник света; 5- матовое стекло для наблюдения за распространением волн; 6- сосуд с водой для питания каплепитателя

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерения

1. В ванну, заполненную водой, помещается контурная модель плана или разреза зрительного зала так, чтобы край

модели возвышался над поверхностью воды на несколько миллиметров.

2. Модель размещается таким образом, чтобы источник колебания находился в середине сцены зрительного зала.

3. Приводится в действие источник колебания и создается теневое изображение волновых процессов в помещении.

4. В масштабе вычерчиваются план и разрез зрительного зала, на которых фиксируют изображения волновых процессов в помещении.

5. Анализируется картина распространения волновых процессов и дается общая характеристика распространения звуковых волн в зрительном зале.

6. Указываются возможные меры по улучшению акустических качеств помещения.

Выводы:

Контрольные вопросы

1. Влияние формы помещения на распространение в нем звуковой энергии.

2. Меры борьбы с фокусированием звуковой энергии.

3. В каких помещениях возникают «стоячие волны».

4. За счет чего достигается диффузность звукового поля.

Лабораторная работа 11

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ РЕВЕРБЕРАЦИИ В ЛЕКЦИОННОЙ АУДИТОРИИ

Цель работы: знакомство с методикой определения времени реверберации лекционного зала.

Приборы и оборудование: план и материалы отделки и окраски внутренних поверхностей лекционного зала.

Методические указания

Одним из важнейших показателей, характеризующих акустические качества помещений, является реверберация, сущность которой заключается в спадении плотности звуковой энергии в помещении после прекращения звучания основного звука. Реверберация является следствием многократных отражений звуковых волн от внутренних поверхностей (стен, потолка, кресел и т.п.) помещения. Единицей реверберации является время, выраженное в секундах. Промежуток времени, в течение которого после прекращения работы источника звука до момента, когда его уровень звукового давления уменьшится на 60 дБ, называется временем стандартной реверберации. Слишком продолжительная реверберация делает помещения гулкими, слишком короткая - глухими.

Время реверберации зависит от объема помещения, общего звукопоглощения его ограждений и объектов, находящихся в нем. На рис. 17 показаны изменения плотности звуковой энергии в процессе нарастания и спадания звука и реверберации.

Звуковое давление, дБ

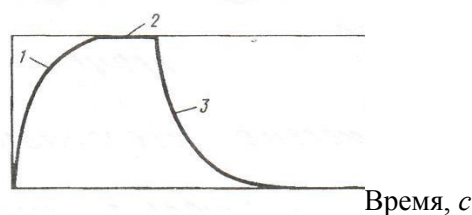


Рис.17. Нарастание звука и реверберация в закрытом помещении:
1-период нарастания звука; 2-период стабилизации звука;
3-период реверберации

Оптимальное время реверберации на средних частотах от 500 до 1000 Гц для залов различного назначения в зависимости от объема, приведено на рис. 18.

Допустимое отклонение от приведенных на рис.18 величин от плюс до минус 10%. Кроме того, в октавной полосе 125 Гц допускается превышение величин времени реверберации, но не более 20%. Расчет времени реверберации позволяет установить, требуется ли для обеспечения оптимума реверберации в проектируемом зале изменить его объем или отделку.

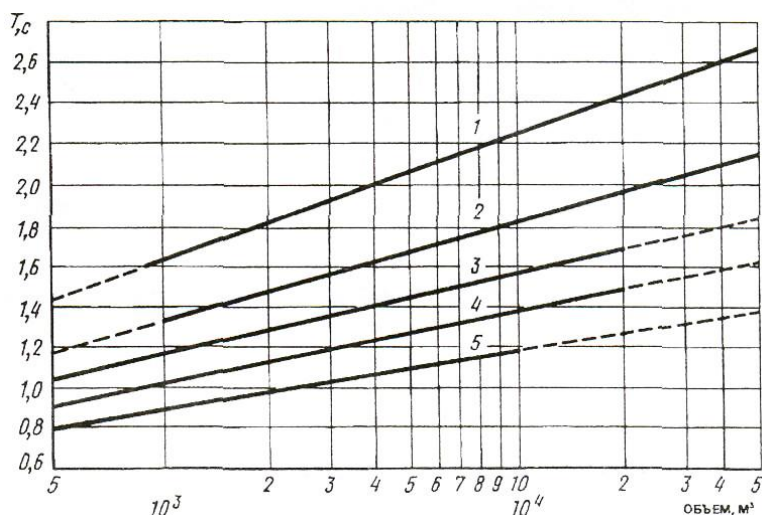


Рис. 18. Зависимость оптимального времени реверберации на средних частотах (500 - 1000 Гц) для залов различного назначения от их объема: 1-залы для ораторий и органной музыки; 2-залы для исполнения симфонической музыки; 3-залы для исполнения камерной музыки, залы для оперных театров; 4-залы много целевого назначения, залы музыкально-драматических театров, спортивные залы; 5-лекционные залы, залы заседаний, залы драматических театров, кинозалы

Для концертных и оперных залов расчет времени реверберации производится на частотах 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Гц. В остальных случаях достаточно определить время реверберации для частот 125, 500 и 2000 Гц.

Для расчета времени реверберации зала необходимо предварительно установить его объем (V), м^3 , общую площадь внутренних поверхностей ($S_{\text{общ}}$), м^2 , и общую эквивалентную площадь звукопоглощения ($A_{\text{общ}}$), м^2 . Общая эквивалентная площадь звукопоглощения на частоте, для которой ведется расчет, определяется по формуле (19):

$$A_{\text{общ}} = \sum \alpha_i S_i + \sum A + \alpha_{\text{доб}} S_{\text{общ}}, \quad (19)$$

где $\sum \alpha_i S_i$ - сумма произведений площадей отдельных поверхностей (S), м^2 , на их коэффициент звукопоглощения (α) для данной частоты, принимаемый по приложению (13);

$\sum A$ - сумма эквивалентных площадей звукопоглощения (ЭПЗ), м^2 , слушателей и кресел, принимаемая по приложению (14); $\alpha_{\text{доб}}$ - коэффициент, учитывающий добавочное звукопоглощение, вызываемое проникновением звуковых волн в различные щели и отверстия, а также поглощение звука осветительной аппаратурой и оборудованием зала.

Коэффициент добавочного звукопоглощения принимается равным 0,08-0,09 на частоте 125 Гц и 0,04-0,05 на частотах 500 и 2000 Гц. После определения ($A_{\text{общ}}$) рассчитывается средний коэффициент звукопоглощения внутренних поверхностей зала - ($\alpha_{\text{ср}}$) на данной частоте по формуле (20):

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{A_{\text{общ}}}{S_{\text{общ}}}, \quad (20)$$

Согласно СП 51.13330.2011 «Защита от шума» время реверберации зала (T), в секундах, на частотах до 1000 Гц определяется по формуле Эйринга (21):

$$T = 0.163 \frac{V}{S_{\text{общ}} \cdot \varphi(\alpha_{\text{ср}})}, \quad (21)$$

где $\varphi(\alpha_{\text{ср}}) = -\ln(1 - \alpha_{\text{ср}})$ - функция среднего коэффициента звукопоглощения ($\alpha_{\text{ср}}$), значения которого приведены в приложении (15).

На частотах выше 1000 Гц время реверберации вычисляется по формуле (22):

$$T = \frac{0,163V}{(S_{\text{общ}} \cdot \varphi(\alpha_{\text{ср}}) + mV)}, \quad (22)$$

где m – коэффициент, м^{-1} , учитывающий поглощение звука в воздухе и зависящий от температуры и относительной влажности, принимаемый по приложению (16). Расчет времени реверберации помещения проводится с учетом заполнения его зрителями на 70%. Установлено, что при заполнении слушателями мест сверх 70% общая эквивалентная площадь звукопоглощения ($A_{\text{общ}}$), м^2 , не возрастает. Для залов, где вероятное заполнение слушателями мест менее 70%, расчетное заполнение в процентах следует соответственно уменьшать. Если расчетное время реверберации окажется меньше рекомендуемого, то следует увеличить объем зала, если больше – уменьшить по возможности объем зала и увеличить его звукопоглощение путем облицовки части внутренних поверхностей специальными звукопоглощающими материалами и конструкциями.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерения

1. Для выполнения лабораторной работы согласно табл.10 задаются размеры и материалы отделки и окраски внутренних поверхностей, количество и размеры окон и дверей лекционного зала.

2. Указывается наличие в зале вентиляционных решеток, а также осветительной аппаратуры.

3. Для расчета времени реверберации зала предварительно определяются:

- объем зала V , м^3 ;
- общая площадь внутренних поверхностей $S_{\text{общ}}$, м^2 ;

- общая эквивалентная площадь звукопоглощения (ЭПЗ)
 $A_{общ}$, м².

4. Подсчитывается средний коэффициент звукопоглощения внутренних поверхностей зала (α_{cp}) и рассчитывается время реверберации на заданных частотах.

5. Производится сравнения расчетного времени реверберации с нормируемым.

Таблица 10

№ Варианта	Размеры зала			Отделка поверхностей зала		
	длина, м	ширина, м	высота, м	стены	пол	потолок
1	20	6	3,0	Оштукатуренные, окрашенные клеевой краской	Пол паркетный	Плиты гипсовые перфорированные без воздушной подушки
2	30	8	4,2	То же, окрашенные масляной краской	Пол дощатый на лагах	Плиты «Акмигрант» без воздушной прослойки
3	40	10	6,0	Оштукатуренные по металлической сетке с воздушной прослойкой позади	Линолеум на твердой основе	То же, с воздушной прослойкой 50 мм

Выводы:

Контрольные вопросы

1. Что понимается под реверберацией звука.
2. От чего зависит время реверберации звука.
3. В каких случаях зал является гулким и глухим.
4. При каком количестве заполнении зрителей производится акустический расчет зрительного зала.
5. На каких частотах и в каких размерах учитывается коэффициент добавочного звукопоглощения.
6. Сущность расчета геометрических отражений.

Лабораторная работа 12

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АРТИКУЛЯЦИИ РЕЧИ В ЛЕКЦИОННОЙ АУДИТОРИИ

Цель работы: знакомство с методикой определения артикуляции речилекционного зала.

Приборы и оборудование: план и материалы отделки и окраски внутренних поверхностей лекционного зала.

Методические указания

Основным показателем акустического качества залов речевых программ является разборчивость речи, под которой понимается обеспечение слушательских мест интенсивным прямым звуком и интенсивным мало запаздывающим отражением при небольшом времени реверберации.

Критерием разборчивости речи является слоговая артикуляция, для определения которой применяются так называемые артикуляционные испытания, позволяющие получить процент разборчивости речи. В ходе испытаний в помещениях с помощью диктофона или фонограммы передается специальный текст, состоящий из слогов, а слушатели, находящиеся в помещении, записывают количество воспринятых слогов. Отношение правильно записанных слогов к общему количеству переданных и определяет процент разборчивости речи.

Разборчивость считается отличной при 96% правильно воспринимаемых слогов, хорошей - при 95-85%, удовлетворительной - при 84-75%, трудно разборчивой - при 74-65% и неудовлетворительной - при 65% и ниже.

Слоговая артикуляция зависит от уровня громкости речи, времени реверберации, уровня шума в окружающем пространстве (шумовой фон) и формы помещения.

Для определения речевой артикуляции (PA) используют формулу (23):

$$PA = 0,96 K_1 K_2 K_3 K_4 \quad (23)$$

где K_1 – коэффициент учитывающий влияние уровня громкости на разборчивость речи;

K_2 – коэффициент, учитывающий влияние времени реверберации;

K_3 – коэффициент, учитывающий помехи вследствие шумового фона;

K_4 – коэффициент, учитывающий влияние на разборчивость речи формы помещения.

При оптимальной диффузности звукового поля в лекционном зале значение $K_4 = 1$.

В больших залах при наличии вогнутых стен и потолка значение

$K_4 = 0,9$, а в малых помещениях при звукоотражающей их отделке $K_4 = 1,06$.

Если в лекционных залах уровень громкости речи составляет 50 дБ, а уровень шумового фона 35 дБ и в залах обеспечена оптимальная диффузность звукового поля, то в зависимости от времени реверберации можно принимать значения коэффициентов K_1, K_2, K_3 , а также процент речевой артикуляции, приведенные в табл. 11.

Таблица 11

Значения K_1, K_2, K_3 и $PA, \%$

Время реверберации	Значения коэффициентов			Процент речевой артикуляции ($PA, \%$)	
	K_1	K_2	K_3	При $K_4 = 1$	При $K_4 = 1,06$
1,0	0,95	0,96	0,83	72,5	77
1,5	0,85	0,94	0,83	71,0	75
2,0	0,95	0,90	0,83	68,0	72
2,5	0,95	0,86	0,83	65,0	69

Установлено, что процент артикуляции речи увеличивается с повышением уровня громкости звука до 70 дБ и значительно уменьшается при нарастании времени реверберации.

При проектировании небольших лекционных залов (до 200 мест) хорошая разборчивость речи обеспечивается прямоугольной формой плана и плоским горизонтальным потолком.

В более крупных лекционных залах устройство плоского горизонтального потолка нецелесообразно, так как отражения от передней части такого потолка попадают в первые ряды слушателей, для которых достаточная разборчивость речи обеспечивается прямым звуком. Кроме того, в больших лекционных залах ряды мест круто поднимаются к задней стене, в результате чего при горизонтальном потолке высота в передней части зала, а следовательно и отражение звука от потолка доходят до слушателей передних рядов с запаздыванием. Существенным недостатком таких залов является то, что задняя часть горизонтального потолка вместе с вертикальной задней стеной служат причиной неблагоприятного запаздывающего обратного отражения звука к источнику.

Распределение звука, отраженного передней частью горизонтального потолка, можно улучшить путем устройства скоса или специального звукоотражателя, подвешенного под потолком, а отраженного от задней части потолка – путем наклона участка задней стены (рис. 19, а.).

С целью улучшения разборчивости речи в лекционных залах большой вместимостью рекомендуется участки боковых стен в передней зоне скашивать, как это показано на рис.(19, б), чтобы отражения от каждого из них в противоположный дальний угол зала. Оставшимся участкам боковых стен также целесообразно придавать небольшой скос в пределах $10 - 12^\circ$, что позволяет увеличить долю отраженного звука на удаленные от источника места и ослабить эффект «порхающего эха».

Практикой установлено, что вместимость лекционных залов не должна превышать 400 мест, а его длина - 20 м. При максимальном объеме на одно место 5 м^3 общий объем зала должен составлять 2000 м^3 .

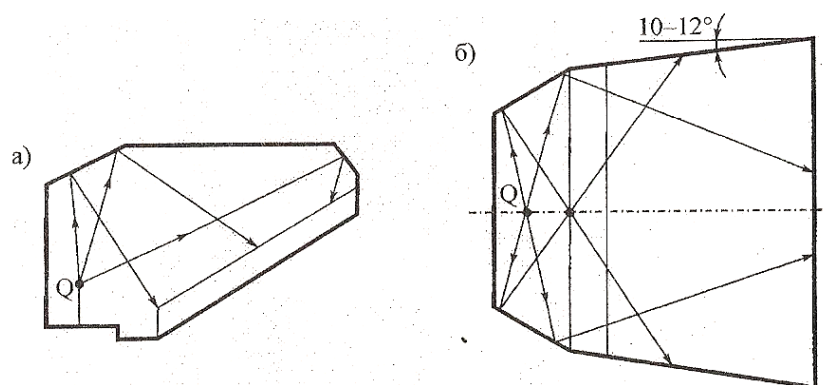


Рис.19. Рекомендуемая форма лекционного зала большой вместимости: а – продольный разрез; б – план

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерения

1. Лабораторная работа выполняется на полученных результатах определения времени реверберации в лабораторной работе 11.

2. Принимается, что в лекционной аудитории уровень громкости речи составляет 50 дБ, а уровень шумового фона 35 дБ и в зале обеспечена оптимальная диффузность звукового поля.

3. Для расчета артикуляции речи используют формулу (23).

4. Производится анализ полученного результата артикуляции речи и присваивается соответствующий уровень.

Выводы:

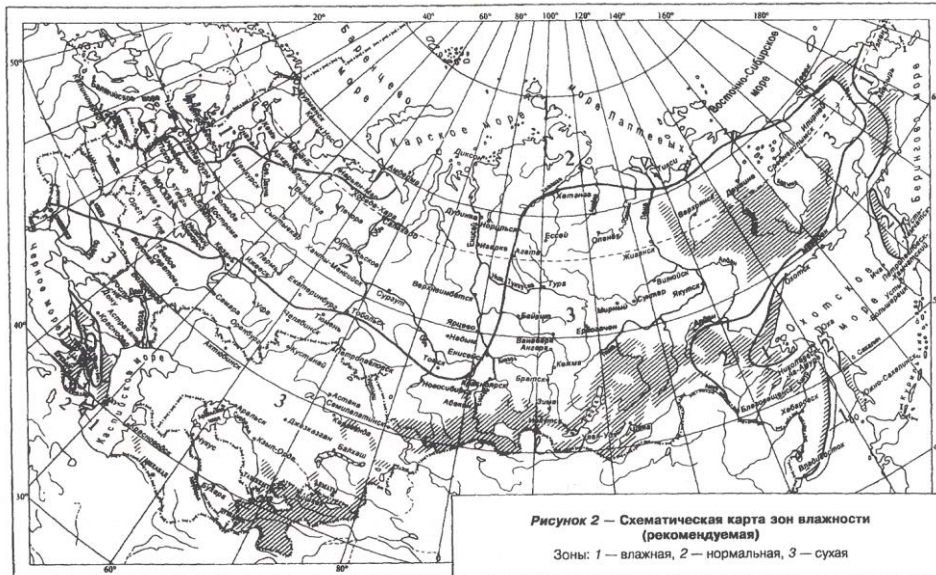
Контрольные вопросы

1. Что понимается под артикуляцией речи.
2. Как определяется артикуляция речи
3. Какие уровни существуют для артикуляция речи
4. Мероприятия по планировке зала для повышения артикулякии речи
5. Оптимальные размеры для речевых залов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архитектура гражданских и промышленных зданий : учебник для студентов вузов : в пяти томах / Л. Б. Великовский [и др.] ; ред. В. М. Предтеченский. – М. : Интеграл, 2013. – 215с.
2. Архитектурное проектирование жилых зданий : учебное пособие / М. В. Лисициан [и др.] ; ред. М. В. Лисициан. - М. : Интеграл, 2013.– 488с.
3. Дятков С.В., Михеев А.П. Архитектура промышленных зданий.: учебник.– 4-е изд., перераб, и доп. М. : Интеграл, 2013. - 550 с.
4. Шихов А.Н. Архитектурная и строительная физика: учеб.пособие ; 2-е изд./ А.Н. Шихов, Д.А. Шихов; ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. - Пермь: Изд-во: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2013. – 372 с.
5. СП 23-102-2003. Естественное освещение жилых и общественных зданий. - М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2005.- 82 с.
6. СП 23-103-2003. Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий. - М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2004. – 34 с.
7. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий». ОАО «ЦПП» - Минрегион России. – 2004. – 141 с.
8. СП 42.13330.2011. «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01.-89» . ОАО «ЦПП» - Минрегион России. – 2011. – 114 с.
9. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. - М.: ФАУ «ФЦС», 2012.- 96с.
10. СП 51.13330.2011 «Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003». ОАО «ЦПП» - Минрегион России. – 2011. – 46 с.
12. СП 52.13330.2011.Естественное и искусственное освещение Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.- М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2011.-35 с.
13. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная версия СНиП 23-01-99*. - М.: Минрегион России, 2012.-109с.
14. Шихов А.Н. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций гражданских и промышленных зданий: учеб.-метод. пособие /А.Н. Шихов; ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, - Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2013.- 104 с.
15. Шихов А.Н. Звукоизоляционный расчет ограждающих конструкций: учеб.-метод. пособие /А.Н. Шихов, Д.А. Шихов - Пермь: издательство ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2008.- 37 с.
16. Шихов А.Н. Примеры расчета и задания для самостоятельной работы бакалавров по дисциплине «Физика среды и ограждающих конструкций» [Текст]: учеб.-метод. пособ. / А.Н. Шихов, ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, - Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2013.- 124 с.
17. Шихов А.Н. Светотехнический расчет производственных и гражданских зданий [Текст]: учеб.-метод. пособ. / А.Н. Шихов, ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, - Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2013.- 79 с.

Схематическая карта зон влажности



Приложение 2

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности
ограждающей конструкции

Внутренняя поверхность ограждения	Коэффициент тепловосприимчивости a_6 , Вт/(м ² ·°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

Приложение 3

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности
ограждающей конструкции

Наружная поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи для зимних условий a_n , Вт/(м ² ·°С)
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	23
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной-климатической зоне	17
3. Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	6

Приложение 4

Условия эксплуатации ограждающих конструкций

Влажностный режим помещений здания	Условия эксплуатации А и Б в зоне влажности района строительства		
	сухой	нормальный	влажный
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный или мокрый	Б	Б	Б

Приложение 5

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

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад Δt_n , °С, для:			
	наружных стен	покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами, подвалами и подпольями	зенитных фонарей
1. Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты	4,0	3,0	2,0	$t_e - t_p$
2. Общественные, кроме указанных в поз. 1, административные и бытовые, за исключением помещений с влажным или мокрым режимом	4,5	4,0	2,5	$t_e - t_p$
3. Производственные с сухим и нормальным режимами	$(t_e - t_p)$, но не более 7	$0,8(t_e - t_p)$, но не более 6	2,5	$t_e - t_p$
4. Производственные и другие помещения с влажным или мокрым режимом	$t_e - t_p$	$0,8(t_e - t_p)$	2,5	—
5. Производственные здания со значительными избытками явной теплоты (более 23 Вт/м ³) и расчетной относительной влажностью внутреннего воздуха более 50 %	12	12	2,5	$t_e - t_p$

Приложение 6

Фрагмент таблицы значений парциального давления насыщенного водяного пара E , Па, для температуры от плюс 5 до 25 °С
(над водой)

$t, ^\circ\text{C}$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
5	872	879	885	891	897	904	909	916	923	929
6	935	941	948	956	961	968	975	981	988	995
7	1001	1009	1016	1023	1029	1037	1044	1051	1059	1065
8	1072	1080	1088	1095	1103	1109	1117	1125	1132	1140
9	1148	1156	1164	1172	1180	1188	1196	1204	1212	1220
10	1228	1236	1244	1253	1261	1269	1279	1287	1285	1304
11	1312	1321	1331	1339	1348	1355	1365	1375	1384	1323
12	1403	1412	1421	1431	1440	1449	1459	1468	1479	1488
13	1497	1508	1517	1527	1537	1547	1557	1568	1577	1588
14	1599	1609	1619	1629	1640	1651	1661	1672	1683	1695
15	1705	1716	1727	1739	1749	1761	1772	1784	1795	1807
16	1817	1829	1841	1853	1865	1877	1889	1901	1913	1925
17	1937	1949	1962	1974	1986	2000	2012	2025	2037	2050
18	2064	2077	2089	2102	2115	2129	2142	2156	2169	2182
19	2197	2210	2225	2238	2252	2266	2281	2294	2309	2324
20	2338	2352	2366	2381	2396	2412	2426	2441	2456	2471
21	2488	2502	2517	2538	2542	2564	2580	2596	2612	2628
22	2644	2660	2676	2691	2709	2725	2742	2758	2776	2792
23	2809	2876	2842	2860	2877	2894	2913	2930	2948	2965
24	2984	3001	3020	3038	3056	3074	3093	3112	3130	3149
25	3168	3186	3205	3224	3244	3262	3282	3301	3321	3341

Приложение 7

Температуры точки росы (t_p), °С, для значений температур (t_e) от плюс 5 до 25 °С и относительной влажности (φ_e), воздуха от 40 до 95 %

t_{int} , °С	t_e , °С, при φ_e , %											
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
5	-6,66	-5,26	-4,03	-2,91	-1,87	-0,92	-0,01	0,94	1,83	2,68	3,49	4,26
6	-5,81	-4,45	-3,22	-2,08	-1,04	-0,08	0,94	1,89	2,8	3,68	4,48	5,25
7	-5,01	-3,64	-2,39	-1,25	-0,21	0,87	1,9	2,85	3,77	4,66	5,47	6,25
8	-4,21	-2,83	-1,56	-0,42	-0,72	1,82	2,86	3,85	4,77	5,64	6,46	7,24
9	-3,41	-2,02	-0,78	0,46	1,66	2,77	3,82	4,81	5,74	6,62	7,45	8,24
10	-2,62	-1,22	0,08	1,39	2,6	3,72	4,78	5,77	6,71	7,6	8,44	9,23
11	-1,83	-0,42	0,98	1,32	3,54	4,68	5,74	6,74	7,68	8,58	9,43	10,23
12	-1,04	0,44	1,9	3,25	4,48	5,63	6,7	7,71	8,65	9,56	10,42	11,22
13	-0,25	1,35	2,82	4,18	5,42	6,58	7,66	8,68	9,62	10,54	11,41	12,21
14	0,63	2,26	3,76	5,11	6,36	7,53	8,62	9,64	10,59	11,52	12,4	13,21
15	1,51	3,17	4,68	6,04	7,3	8,48	9,58	10,6	11,59	12,5	13,38	14,21
16	2,41	4,08	5,6	6,97	8,24	9,43	10,54	11,57	12,56	13,48	14,36	15,2
17	3,31	4,99	6,52	7,9	9,18	10,37	11,5	12,54	13,53	14,46	15,36	16,19
18	4,2	5,9	7,44	8,83	10,12	11,32	12,46	13,51	14,5	15,44	16,34	17,19
19	5,09	6,81	8,36	9,76	11,06	12,27	13,42	14,48	15,47	16,42	17,32	18,19
20	6,0	7,72	9,28	10,69	12,0	13,22	14,38	15,44	16,44	17,4	18,32	19,18
21	6,9	8,62	10,2	11,62	12,94	14,17	15,33	16,4	17,41	18,38	19,3	20,18
22	7,69	9,52	11,12	12,56	13,88	15,12	16,28	17,37	18,38	19,36	20,3	21,6
23	8,68	10,43	12,03	13,48	14,82	16,07	17,23	18,34	19,38	20,34	21,28	22,15
24	9,57	11,34	12,94	14,41	15,76	17,02	18,19	19,3	20,35	21,32	22,26	23,15
25	10,46	12,75	13,86	15,34	16,7	17,97	19,15	20,26	21,32	22,3	23,24	24,14

Приложение 8

Значения коэффициента светового климата (m_N)

Световые проемы	Ориентация световых проемов по сторонам горизонта	Коэффициент светового климата m по номерам групп административных районов				
		1	2	3	4	5
В наружных стенах зданий	С	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	СВ, СЗ	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	З,В	1	0,9	1,1	1,1	0,8
	ЮВ, ЮЗ	1	0,85	1,0	1,1	0,8
	Ю		0,85	1,0	1,1	0,75
В прямоугольных и трапециевидных фонарях	С-Ю	1	0,9	1,1	1,2	0,75
	СВ-ЮЗ	1	0,9	1,2	1,2	0,7
	ЮВ-СЗ					
	В-З	1	0,9	1,1	1,2	0,7
В фонарях типа «Шед»	С	1	0,9	1,2	1,2	0,7
В зенитных фонарях	-	1	0,9	1,2	1,2	0,75

Приложение 9

Группы административных районов по ресурсам светового климата

Номер группы	Административный район
1	Московская, Смоленская, Владимирская, Калужская, Тульская, Рязанская, Нижегородская, Свердловская, Пермская, Челябинская, Курганская, Новосибирская, Кемеровская области, Республика Мордовия, Чувашская Республика, Удмуртская Республика, Республика Башкортостан, Республика Татарстан, Красноярский край(севернее 63°с.ш.), Республика Саха (Якутия) (севернее 63°с.ш.), Чукотский автон. округ, Хабаровский край (севернее 55°с.ш.).
2	Брянская, Курская, Орловская, Белгородская, Воронежская, Липецкая, Тамбовская, Пензенская, Самарская, Ульяновская, Оренбургская, Саратовская, Волгоградская области, Республика Коми, Кабардино-Балкарская Республика, Республика Северная Осетия-Алания, Чеченская Республика, Республика Ингушетия, Ханты- Мансийский автон. округ, Республика Алтай, Красноярский край(южнее 63°с.ш.), Республика Саха (Якутия)(южнее 63°с.ш.), Республика Тува, Республика Бурятия, Читинская область, Хабаровский край (южнее 55°с.ш.), Магаданская область, Сахалинская область
3	Калининградская, Псковская, Новгородская, Тверская, Ярославская, Ивановская, Ленинградская, Вологодская, Костромская, Кировская области, Республика Карелии, Ямало-Ненецкий автон. округ, Ненецкий автон. округ.
4	Архангельская, Мурманские области.
5	Республика Калмыкия, Ростовская, Астраханская области, Ставропольский край, Республика Дагестан, Амурская область, Приморский край, Краснодарский край

Приложение 10

Фрагмент таблицы нормированных значений естественного и искусственного освещения для производственных зданий

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение	Совмещенное освещение		
						Освещенность, лк			Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации		КЕО, е _н , %			
						при системе комбинированного освещения		при системе общего освещения	при верхнем или комбинированном освещении		при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении		при боковом освещении
						всего	в том числе от общего		P	K _п , %				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	5000	500	—	20	10	—	—	6,0	2,0
						4500	500	—	10	10				
			б	Малый Средний	Средний Темный	4000	400	1250	20	10				
						3500	400	1000	10	10				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2500	300	750	20	10				
2000	200	600				10	10							
г	Средний Большой «	Светлый « Средний	1500	200	400	20	10							
					1250	200	300	10	10					
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	а	Малый	Темный	4000	400	—	20	10	—	—	4,2	1,5
						3500	400	—	10	10				
			б	Малый Средний	Средний Темный	3000	300	750	20	10				
2500	300	600				10	10							
в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2000	200	500	20	10							
			1500	200	400	10	10							

Приложение 11

Фрагмент таблицы нормированных значений естественного и искусственного освещения для жилых, общественных и административно-бытовых зданий

Характеристика зрительной работы	Наименьший эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Под-разряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %	Искусственное освещение				Естественное освещение	
					освещенность на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк	цилиндрическая освещенность, лк	показатель дискомфорта M	коэффициент пульсации освещенности, $K_{пв}$, %	КЕО, $e_{нв}$, %, при	
									верхнем или боковом	боковом
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Различение объектов при фиксированной и нефиксированной линии зрения: очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	А	1	Не менее 70	500	150*	40	10	4,0	1,5
			2	Менее 70	400	100*	40	10	3,5	1,2
высокой точности	От 0,30 до 0,50	Б	1	Не менее 70	300	100*	40	15	3,0	1,0
			2	Менее 70	200	75*	60	20	2,5	0,7
средней точности	Более 0,5	В	1	Не менее 70	150	50*	60	20	2,0	0,5
			2	Менее 70	100	Не регламентируется	60	20	2,0	0,5

Приложение 12

Географические широты городов Российской Федерации

Город	Широта	Город	Широта
Астрахань	47	Москва	53
Архангельск	66	Мурманск	68
Владивосток	43	Новосибирск	55
Волгоград	48	Пермь	56
Екатеринбург	57	Санкт-Петербург	60
Иркутск	52	Симферополь	45
Красноярск	56	Чита	52

Приложение 13

Коэффициенты звукопоглощения
некоторых материалов и конструкций

Материалы и конструкции	Коэффициент звукопоглощения для частоты, Гц					
	125	250	500	1000	2000	4000
Обычные материалы и конструкции						
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
11. Переплеты оконные застекленные	0,3	0,2	0,15	0,1	0,06	0,04
Пол паркетный	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Пол дощатый на лагах	0,1	0,1	0,1	0,08	0,08	0,09
13. Линолеум на твердой основе	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Специальные звукопоглощающие материалы и конструкции						
18. Плиты пористые акустические "Акмигран", размер 300х300х20 мм:						
без воздушной прослойки	0,05	0,15	0,5	0,65	0,65	0,7
с воздушной прослойкой, мм						
50	0,15	0,55	0,55	0,65	0,65	0,7
100	0,25	0,55	0,55	0,65	0,65	0,7
200	0,35	0,6	0,6	0,65	0,7	0,75

Приложение 14

Эквивалентная площадь звукопоглощения слушателей и кресла

Слушатели и кресла	Эквивалентная площадь звукопоглощения, м ² , на частоте, Гц					
	125	250	500	1000	2000	4000
Слушатель в кресле:						
мягком и полумягком	0,25	0,3	0,4	0,45	0,45	0,4
жестком	0,2	0,25	0,3	0,35	0,35	0,35
Кресло:						
мягкое с пористым наполнителем	0,15	0,2	0,2	0,25	0,3	0,3
сиденья и спинка, обитое воздухопроницаемой тканью	0,08	0,1	0,15	0,15	0,2	0,2
полумягкое, обитое искусственной кожей	0,08	0,1	0,12	0,1	0,1	0,08
жесткое, с фанерной спинкой и сидением	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05

Приложение 15

Значения функции $\varphi(\alpha_{cp}) = -\ln(1 - \alpha_{cp})$ для расчета времени реверберации

α_{cp}	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0,1	0.10	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.19	0.20	0.21
0,2	0.22	0.24	0.25	0.26	0.27	0.29	0.30	0.32	0.33	0.34
0,3	0.36	0.37	0.39	0.40	0.42	0.43	0.45	0.46	0.48	0.49
0,4	0.51	0.53	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62	0.64	0.65	0.67
0,5	0.69	0.71	0.73	0.76	0.78	0.80	0.82	0.84	0.87	0.89
0,6	0.92	0.94	0.97	0.99	1.02	1.05	1.08	1.11	1.14	1.17
0,7	1.20	1.20	1.24	1.27	1.31	1.35	1.39	1.43	1.51	1.56
0,8	1.61	1.66	1.72	1.77	1.83	1.90	1.97	2.04	2.12	2.21

Пример: Для $\alpha_{cp} = 0,37$ находим из таблицы $\varphi(\alpha_{cp}) = 0,46$.

Приложение 16

Фрагмент таблицы значений коэффициента m, m^{-1} , для учета поглощения звука в воздухе при температуре 20°C

Относительная влажность воздуха, %	m при частоте, Гц	
	2000	4000
50	0,0024	0,0061
60	0,0022	0,0056
70	0,0021	0,0053
80	0,0020	0,0051
90	0,0020	0,0050

Учебное издание
Шихов Александр Николаевич
ФИЗИКА СРЕДЫ
И ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Лабораторный практикум

Подписано в печать 03.05.18
Формат 60*84 ¹/₁₆. Усл. печ. л. 4,38

Тираж 50 экз. Заказ № 71

ИПЦ "Прокрость"

Пермского государственного аграрно-технологического университета
имени академика Д.Н. Прянишникова,
614990, Россия, г. Пермь, ул. Петропавловская, 23
тел. (342) 217-95-42