

Введение

Основной задачей строительной физики является обоснование применения в строительстве материалов и конструкций, а также выбора таких размеров и формы помещений, которые обеспечили бы комфортные условия пребывания в помещениях с учетом их функционального назначения.

Курс дисциплины «Строительная физика» для студентов специальности 270115 – Экспертиза и управление недвижимостью включает в себя теоретические основы, практическую часть и лабораторные исследования.

Лабораторные работы базируются на изученном теоретическом материале, служат его продолжением, позволяют закрепить полученные в рамках лекционного и практического курсов знания на практике.

Определение комфортности микроклиматических условий в лабораторных условиях включает в себя проверку абсолютной и относительной влажности, распределение температуры внутреннего воздуха в помещении, измерение скорости перемещения воздуха и кратности воздухообмена в помещении.

Задачей архитектурной светотехники является исследование условий, определяющих создание оптимального светового режима в помещениях, и разработка соответствующих архитектурных и конструктивных решений зданий.

Освоение расчета естественной освещенности позволяет выполнить такой расчет для помещения лаборатории и подтвердить его замерами освещенности в контрольных точках на практике.

Возможность самостоятельно уточнить коэффициенты светоотражения и светопропускания различных поверхностей в лабораторных условиях позволяет получить данные и сравнить их с приведенными в нормативной литературе.

Лабораторный практикум позволяет студентам в рамках курса получить навыки работы с приборами (психрометром, барометром, электронным термометром с термощупом и термодатчиком, крыльчатый и чашечный анемометром, люксметром), а также закрепить знания, полученные в рамках лекционного и практического курсов.

Для выполнения лабораторных работ группа делится на бригады. Каждая бригада под руководством преподавателя выполняет лабораторную работу в соответствии с графиком учебного процесса, приведенным в таблице А.2.

Лабораторная работа № 1

Определение температуры и влажности воздуха в помещении с помощью психрометра Ассмана

Цель работы:

- 1) закрепление теоретических знаний об основных параметрах, характеризующих температурно-влажностный режим воздушной среды в помещении исходя из условий комфортности;
- 2) ознакомление с основными приборами, используемыми для измерения температуры и влажности воздуха в помещении;
- 3) получение практических навыков по определению влажности воздушной среды психрометрическим методом.

Приборы и оборудование:

1. Комплект психрометров Ассмана.
2. Таблицы приложения А.

Основные понятия

Параметры микроклимата в помещениях жилых, общественных, административных и бытовых зданий на сегодняшний день устанавливаются в соответствии с ГОСТ 30494-96 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещении» [4]. Стандарт устанавливает общие требования к оптимальным и допустимым показателям микроклимата и методы их контроля.

Микроклимат помещения - состояние внутренней среды помещения, оказывающее воздействие на человека, характеризуемое показателями температуры воздуха и ограждающих конструкций, влажностью и подвижностью воздуха.

Оптимальные параметры микроклимата - сочетание значений показателей температуры, влажности и подвижности воздуха, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают нормальное тепловое состояние организма при минимальном напряжении механизмов терморегуляции и ощущение комфорта не менее чем у 80 % людей, находящихся в помещении.

Допустимые параметры микроклимата - сочетания значений показателей микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать общее и локальное ощущение дискомфорта, ухудшение самочувствия и понижение работоспо-

способности при усиленном напряжении механизмов терморегуляции и не вызывают повреждений или ухудшения состояния здоровья.

Условно принято разделять помещения жилых и общественных зданий на категории в соответствии с условиями пребывания человека.

Таблица 1.1 – Классификация помещений в соответствии с условиями пребывания человека

Категория	Характер пребывания в помещении
1	Помещения, в которых люди в положении лежа или сидя находятся в состоянии покоя и отдыха
2	Помещения, в которых люди заняты умственным трудом, учебной
3а	Помещения с массовым пребыванием людей, где люди находятся преимущественно в положении сидя без уличной одежды
3б	Помещения с массовым пребыванием людей, где люди находятся преимущественно в положении сидя в уличной одежде
3в	Помещения с массовым пребыванием людей, где люди находятся преимущественно в положении стоя без уличной одежды
4	Помещения для занятий подвижными видами спорта
5	Помещения, в которых люди находятся в полураздетом виде (раздевалки, процедурные кабинеты, кабинеты врачей и т. п.)
6	Помещения с временным пребыванием людей (вестибюли, гардеробные, коридоры, лестницы, санузлы, курительные, кладовые)

В соответствии с разделением на категории, приведенном в таблице 1.1, основные параметры комфортности пребывания человека нормируются следующим образом (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Основные параметры комфортности пребывания в помещениях общественных зданий

Период года	Категория помещения	Температура воздуха, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более	оптимальная, не более	допустимая, не более
Холодный	1	20-22	18-24	45-30	60	0,2	0,3
	2	19-21	18-23	45-30	60	0,2	0,3
	3а	20-21	19-23	45-30	60	0,2	0,3
	3б	14-16	12-17	45-30	60	0,2	0,3
	3в	18-20	16-22	45-30	60	0,2	0,3
	4	17-19	15-21	45-30	60	0,2	0,3
	5	20-22	20-24	45-30	60	0,15	0,2
	6	16-18	14-20	-	-	-	-
Теплый	1	23-25	18-28	60-30	65	0,3	0,5
	2						
	3						

Влажность воздуха внутри помещения и её нормируемые величины представляют одну из наиболее спорных позиций с точки зрения оценки параметров комфортности микроклимата и температурно - влажностного режима ограждающих конструкций. Биоклиматический график зон комфортности (по В. Олгею) представлен на рисунке 1.1. Биоклиматический график комфорта, на котором для жителей, адаптированных к климату США, нанесены характеристики температуры, позволяющие найти взаимосвязь между температурой и влажностью для комфортных условий пребывания человека в помещении.

При анализе влажностного режима помещения и ограждающих конструкций необходимо различать понятия *абсолютной* и *относительной* влажности.

Под *абсолютной* влажностью внутреннего воздуха помещения e_B понимается парциальное давление водяного пара, содержащегося в воздухе помещения, и измеряемое в мм рт. ст. или гПа.

Под *относительной* влажностью внутреннего воздуха помещения φ_B понимается отношение абсолютной влажности воздуха в данный момент времени к максимально возможному значению абсолютной влажности воздуха при данной температуре.

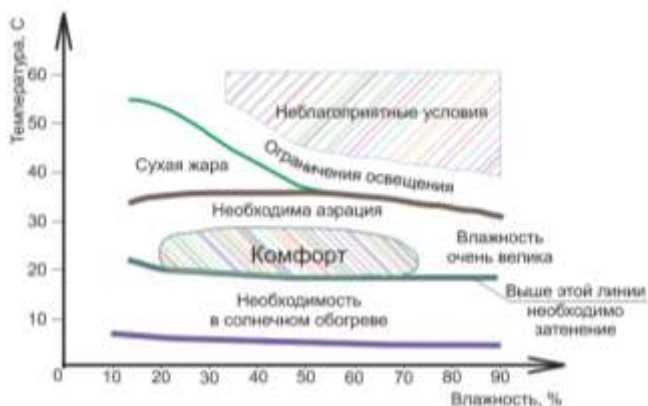


Рисунок 1.1 – Биоклиматический график зон комфортности по В. Оглею

Описание приборов

Измерение влажности воздуха производят на основе психрометрического метода. Работа выполняется с помощью психрометра Ассмана на основании показаний двух термометров, резервуар одного из которых обернут батистом, смоченным дистиллированной водой.

Относительная влажность воздуха определяется на основании одновременных показаний сухого и влажного термометров по их разности с помощью специальных таблиц (таблица А.1, приложение А).

Работа может быть выполнена и с помощью психрометра Августа. Принцип действия прибора основан на свойстве обезжиренного волоса изменять длину в зависимости от влажности воздуха. Приборы, работа которых основана на этом принципе, требуют периодической проверки психрометрическим методом.

Аспирационный психрометр Ассмана (рисунок 1.2) дает более точные и устойчивые показания, так как оба термометра (сухой и влажный) обдуваются воздухом с постоянной скоростью, защищены от лучистого тепла и влияния внешних потоков воздуха.

Прибор состоит из двух одинаковых метеорологических ртутных термометров 4, закрепленных в специальной оправе 5. Резервуар правого термометра обернут батистом 7 в один слой и перед работой смачивается дистиллированной водой при помощи пипетки.

Резервуары термометров вставлены во всасывающие трубки 6, защищенные от лучистого нагрева. В верхней части всасывающие трубки объединены воздухопроводной трубкой, которая крепится к

аспирационной головке 1. В аспириционной головке размещен вентилятор с приводом, который протягивает воздух около резервуаров термометров со скоростью около 2 м/с.

а)



б)

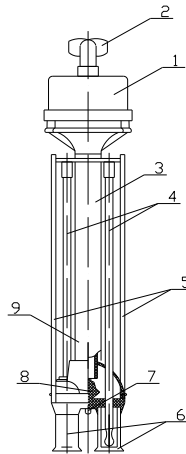


Рисунок 1.2 – Аспириционный психрометр Ассмана: *а* – общий вид психрометра; *б* – разрез; 1 – аспириционная головка; 2 – ключ механического привода; 3 – корпус; 4 – ртутные метеорологические термометры («сухой» и «влажный»); 5 – защита всасывающих трубок; 6 – всасывающие трубки; 7 – батист; 8 – термозащита; 9 – воздухопроводная трубка

Выпускаются две модификации аспириционных психрометров Ассмана: с механическим и электрическим приводами. В лабораторных условиях наиболее удобен психрометр с электрическим приводом, так как скорость воздушного потока в нем поддерживается постоянной в течение всего замера. В психрометрах с механическим приводом скорость воздушного потока на шестой минуте снижается с 2 до 1,7 м/с. Однако при исследовании параметров воздушной среды в натуральных условиях, психрометр с механическим приводом обеспечивает большую свободу выбора точек для замеров.

От механических повреждений и лучистого нагрева термометры защищены термозащитой, а от влияния внешних потоков воздуха – ветровой защитой.

Методика выполнения работы

1. Определить барометрическое давление с помощью барометра – анероида. Результаты занести в таблицу 1.1.



Рисунок 1.3 – Барометр анероид М67

Диапазон измерений атмосферного давления таким барометром от 610 до 790 мм рт. ст. (от 80 до 120 кПа). Пределы допускаемой погрешности измерений $\pm 0,8$ мм рт. ст.

Барометр предназначен для измерения атмосферного давления и температуры воздуха внутри помещения при температуре воздуха от $+10$ до $+50$ °С и относительной влажности воздуха до 80 %.

Таблица 1.3– Результаты измерений относительной влажности с использованием психрометра Ассмана

№ расчетной точки	№ замера	Барометрическое давление, мм рт. ст.	Показания психрометра Ассмана, °С		Психрометрическая разность «сухого» и «влажного» термометров, °С	Относительная влажность воздуха, φ % (по таблице А.1 или рисунку 1.3)
			«сухого» термометра	«влажного» термометра		
1	1					
	2					
	3					
	среднее					
2	1					
	2					
	3					
	среднее					

2. Определить влажность воздуха. Для этого ознакомиться с принципом работы и устройством аспирационного психрометра Ассмана.

Чтобы смочить батист на резервуаре влажного термометра, берут пипетку с резиновой грушей, заранее наполненную дистиллированной водой, и легким нажимом на грушу доводят уровень воды в стеклянной трубке до риски. Через 2...3 с, не вынимая пипетки из трубки, разжимают зажим, вбирая излишнюю воду в грушу, и вынимают пипетку. По прошествии четырех минут после смачивания заводится механизм аспиратора ключом.

3. После того, как механизм аспиратора останавливается, ожидают 30 с и снимают показания термометров с точностью до 0,2 °С.

4. Замеры производить при установившемся режиме в центре и четырех точках по периметру помещения, три раза в каждой точке с интервалом в 10...15 минут и результаты занести в таблицу 1.3. Перед замерами проверять батист, смачивать его по необходимости.

Относительную влажность воздуха φ , (%), определяют по таблице А. 1 приложения А в зависимости от показаний сухого термометра и разности показаний сухого и влажного термометров.

Относительную влажность по показаниям психрометра Ассмана также можно определять по психрометрическому графику (рисунок 1.3) в следующем порядке: по вертикальным линиям отмечают показания сухого термометра, а по наклонным – влажного. На пересечении этих линий получают значения относительной влажности φ , (%), обозначенные на кривых линиях графика цифрами.

5. Результаты измерений необходимо занести в таблицу 1.3.

6. По результатам расчета сделать обобщающий вывод. В выводе необходимо привести анализ существующих нормативов комфортности пребывания в помещении лаборатории и выполненных замеров.

Контрольные вопросы

1. Дать определения: абсолютной влажности; давления насыщенного пара и зависимости его от температуры; относительной влажности воздуха и ее значения для характеристики влажностного режима в помещении.

2. Приборы для измерения температуры и влажности воздуха, их достоинства и недостатки.

3. Порядок вычисления относительной и абсолютной влажности воздуха по данным, полученным с помощью психрометров Ассмана и Августа.

4. Привести данные нормативов по температуре и влажности воздуха для обеспечения комфортности пребывания в жилых и общественных зданиях.

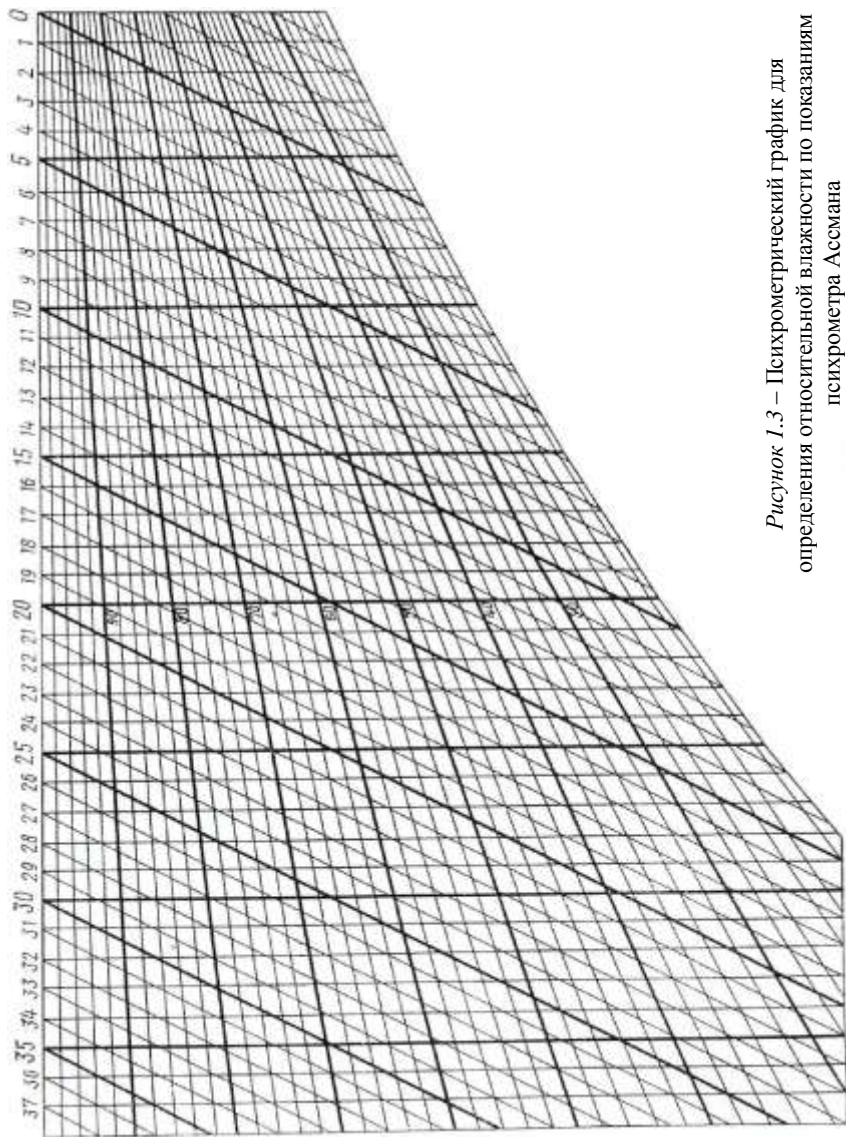


Рисунок 1.3 – Психрометрический график для определения относительной влажности по показаниям психрометра Ассмана

Лабораторная работа № 2

Распределение температуры воздуха в помещении и построение температурного поля

Цель работы:

- 1) ознакомиться с устройством и действием цифрового термометра АТТ-2002; уточнить класс точности прибора;
- 2) измерить температуру в различных точках помещения и по полученным данным рассчитать характеристики температурно - влажностного режима воздушной среды помещения;
- 3) рассчитать характеристики температурного поля и построить графики распределения температуры в помещении;
- 4) сравнить полученные данные с нормативными и сделать вывод о комфортности пребывания в помещении лабораторий.

Приборы и оборудование:

1. Термометр цифровой типа АТТ-2002.
2. Штативы-держатели с кронштейнами.
3. Схема установки штативов, номер ряда и номер горизонта измерений (необходимо согласовать с преподавателем).

Основные понятия

Одна из основных характеристик микроклимата помещения - температура воздуха. Ее распределение в помещении зависит от многих факторов: от отопительно-вентиляционных систем, теплозащитных качеств ограждений, воздухопроницаемости окон и стен, расположения помещений по высоте в многоэтажных зданиях, режима работы различных механизмов в помещении и т.п.

Перепад температур Δt в помещении не должен превышать по горизонтали 2 градуса, по вертикали - 3 градуса.

Многообразие и изменчивость факторов затрудняет установление аналитической зависимости температуры воздуха в отдельных точках помещения от внешних причин. В связи с этим важное значение имеют данные натурных исследований, с их помощью можно объективно оценить характер различных факторов, воздействующих на распределение температуры в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Для измерения температуры воздуха в строительной теплотехнике применяют деформационные, электрические и термоэлектрические

ские термометры. Из деформационных термометров наибольшее распространение получили жидкостные - ртутные и спиртовые в стеклянной оболочке, а также биметаллические.

К электрическим приборам относят термометры сопротивления, которые основаны на изменении сопротивления электрическому току, меняющемуся при изменении температуры. Термоэлектрические термометры (термоэлементы) основаны на принципе изменения электродвижущей силы (э.д.с.), возникающей в цепи, образованной из двух разнородных проводников при наличии разности температур в точках спаев проводников. В настоящей работе для измерения температуры предусмотрены электрические термометры, как показано на рисунке 2.1.

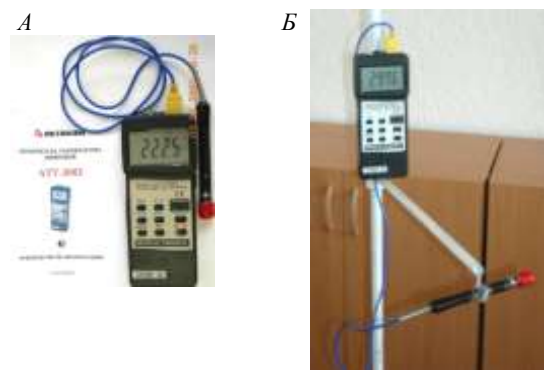


Рисунок 2.1 – Оборудование, необходимое для выполнения лабораторной работы: А – цифровой измеритель температуры типа АТТ-2002; Б – правильная установка термометра

Методика выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими данными и последовательностью выполнения лабораторной работы.

2. Заготовить схемы плана и разрезов помещения в М 1:100 на писчей или миллиметровой бумаге. Номер разреза уточняет преподаватель. Пример выполнения плана и разрезов лаборатории приведен на рисунке 2.2.

3. Произвести измерения во всех указанных точках (первый горизонт – 1 м над уровнем чистого пола, второй горизонт – 1,5 м и третий горизонт – 2,0 м).

При измерении температуры передвижной кронштейн развернуть в противоположную от исследователя сторону.

Результаты измерений записать непосредственно на схемах разрезов или в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты измерений температуры в помещении

Дата и время проведения измерений	№ ряда	№ горизонта	Температура, °С, для следующих расчетных точек		
			1 ¹	2 ¹	3 ¹
		1			
		2			
		3			

4. Построить графики температурного поля на соответствующих разрезах и в плане, как показано на рисунке 2.3, и приложить к отчету.

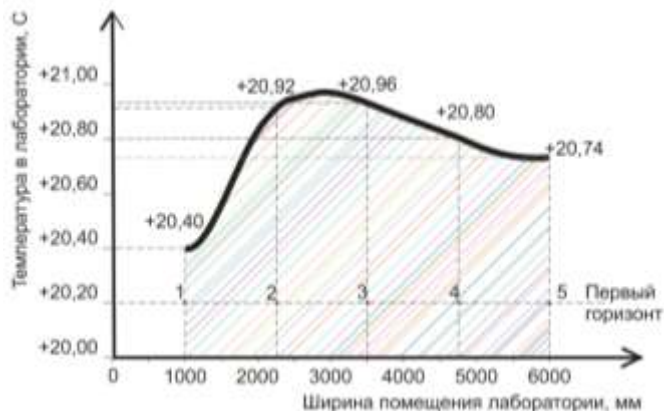
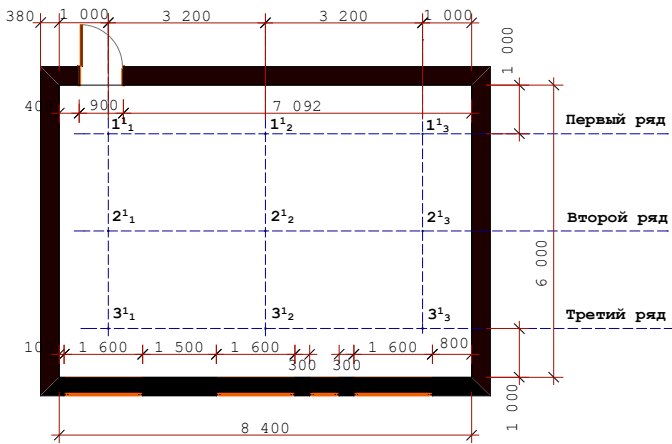


Рисунок 2.3 – Температурное поле в помещении лаборатории (пример выполнения для одного горизонта)

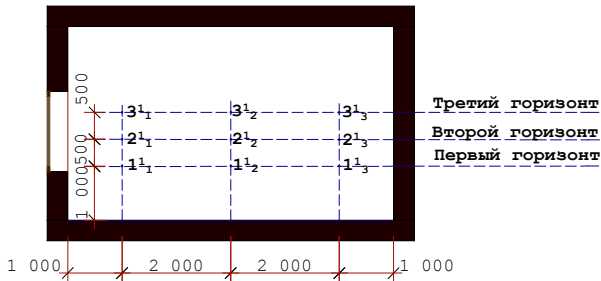
5. Посчитать температурный перепад в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

6. Сравнить результаты расчетов с имеющимися данными для комфортных условий пребывания в общественном здании [4]. Сделать выводы.

А



Б



В

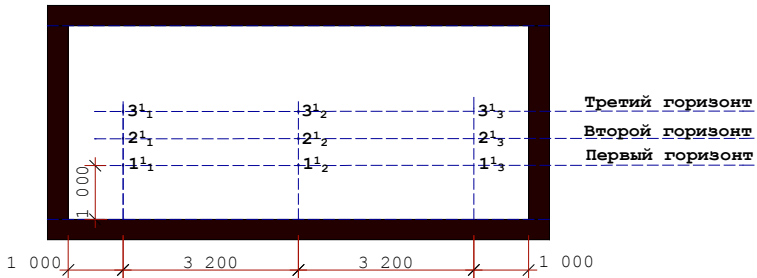


Рисунок 2.2 – Схема плана и разрезов помещения лаборатории ГК 530:
 А – схема плана; Б – разрез поперечный; В – разрез продольный

Контрольные вопросы

1. Факторы, влияющие на неравномерное распределение температуры и влажности воздуха в промышленных зданиях, в помещениях жилых и общественных зданий.
2. Точность приборов, предназначенных для измерения температуры в помещении.
3. Где больше температурный перепад, в верхнем или нижнем горизонте? Обоснуйте ответ.
4. Какую температуру и влажность следует считать комфортной для жилых и общественных зданий? Нормируются ли эти показатели.
5. Как классифицируют помещения общественных зданий по категории комфортности пребывания?

Лабораторная работа № 3

Исследование распределения температуры в толще наружной ограждающей конструкции стены

Цель работы:

- 1) измерить температуру в различных точках ограждения с помощью термощупа;
- 2) по полученным данным построить температурный перепад в толще ограждения. Указать местоположение точки росы.

Приборы и оборудование:

1. Блок термопар.
2. Измерительный прибор.
3. Нормативная литература для определения точки росы [8].

Методика выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими данными и особенностями работы прибора АТТ с термощупом. Выбрать точки для проведения замеров температуры в толще ограждения.
2. На миллиметровой бумаге в удобном масштабе выполнить схему разреза ограждающей конструкции стены и указать на ней расположение точек для замеров температуры, как показано на рисунке 3.1.

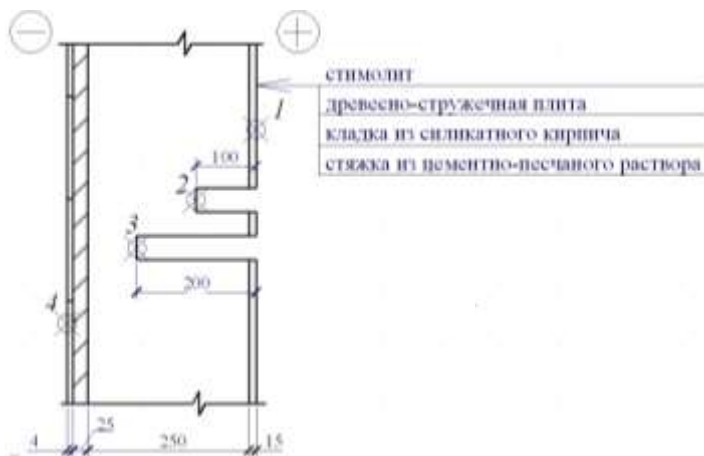


Рисунок 3.1 – Пример размещения контрольных точек для замеров температуры в толще ограждения (схема приведена для стены лаборатории)

3. Замерить температуры внутренней и наружной поверхностей ограждения, разместив термощуп сначала на поверхности конструкции, затем последовательно в точках 2, 3 (на расстоянии 100 мм, 200 мм от внутренней поверхности).

Результаты измерений записать непосредственно на схеме разреза стены или в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты измерений температуры в толще ограждающей конструкции стены

Дата и время проведения измерений	Температура воздуха, °С, внутри помещения	Температура воздуха, °С, снаружи	Номер замера	Температура, °С, для следующих расчетных точек			
				1	2	3	4
			1				
			2				
			3				
			среднее				

4. Построить график распределения температуры в толще ограждающей конструкции стены. Пример выполнения графика показан на рисунке 3.2.

5. По нормативной литературе [8] уточнить температуру точки росы и нанести ее на график распределения температуры в толще ограждающей конструкции стены.

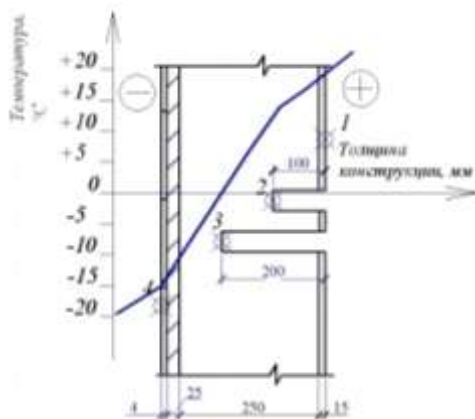


Рисунок 3.2 – Пример выполнения изотермы распределения температуры в толще ограждающей конструкции

Контрольные вопросы

1. Что такое точка росы? Ее местоположение в исследуемой конструкции?
2. От чего зависит термическое сопротивление теплопередаче конструкции? Можно ли его изменить конструктивными приемами.
3. Какой метод оценки распределения температур в толще ограждающей конструкции точнее: эмпирический или практический и почему?
4. Зависит ли температура точки росы от влажности и температуры в помещении? Подтвердите ответ данными из нормативной литературы.

Лабораторная работа № 4

Измерение скорости воздушных потоков и определение кратности воздухообмена в помещении

Цель работы:

- 1) освоить технику измерения скорости воздушных потоков в помещении с помощью анемометра;
- 2) измерить скорость воздушных потоков в помещении при помощи крыльчатого и чашечного анемометра; установить пригодность приборов для выполнения данного вида работ;
- 3) научиться определять кратность воздухообмена в помещении и сопоставить полученные результаты с нормативными данными.

Приборы и оборудование:

1. Анемометр чашечный типа МС-13 или крыльчатый механический типа АСО-3.
2. Секундомер.
3. Тарировочные графики анемометра, служащие для перевода показаний счетчика прибора в значения скорости.
4. Рулетка и габаритные размеры помещения (план) для расчета объема помещения.

Основные понятия

Необходимо знать, что свойство строительных материалов и ограждающих конструкций пропускать воздух называется *воздухопроницаемостью*.

Под действием ветра, теплового напора, возникающего при разности температур внутреннего и наружного воздуха, изменяются теплозащитные свойства ограждения. Сопротивление, оказываемое фильтрации воздуха ограждающей конструкцией, называют *сопротивлением воздухопроницаемости ограждения R*. Оно показывает разность давлений, при которой поток воздуха через 1 м² ограждающей конструкции будет равен 1 кг/ч.

Количество воздуха V , м³/с, проходящего через открытый проем площадью F , м², при скорости воздушного потока в этом проеме ν , м/с, составляет:

$$V = F \cdot \nu.$$

Кратность воздухообмена в помещений, n , с^{-1} , имеющем объем W , при расходе воздуха V , находится по формуле:

$$n = \frac{V}{W}, (\text{с}^{-1}).$$

Из приведенных формул следует, что для определения кратности воздухообмена в натуральных условиях необходимо измерить площадь «живого» сечения проема, среднюю скорость воздушного потока в нем и объем помещения.

Измерения нужно производить отдельно в приточных и вытяжных проемах. Равенство расхода воздуха по притоку и вытяжке является свидетельством правильности проведенных измерений.

Работа выполняется в натуральных условиях в помещениях, где может быть создан достаточно интенсивный организованный воздухообмен. В качестве приточных отверстий используются нижние створки оконных проемов или двери, ведущие в смежные помещения с более низкой температурой воздуха, чем в исследуемом помещении.

Вытяжные отверстия должны размещаться в верхних частях оконных проемов. В небольших отверстиях (форточка) скорости движения воздушных потоков измеряются в центре отверстия. Замеры скорости движения воздушных потоков в больших отверстиях (дверных или оконных) производятся в центрах трех равных участков, на которые условно разбивается по высоте весь проем, после чего данные замеров усредняются. Если направление движения воздуха в верхней части большого проема окажется противоположным движению в нижней части, то соответствующие участки этих проемов относятся отдельно к приточным или вытяжным отверстиям. Во время измерений экспериментатор не должен загораживать проем.

Содержание работы заключается в выполнении замеров скорости воздушных потоков. По результатам измерений выполняется расчет кратности воздухообмена. Расчетное значение кратности воздухообмена сравнивается с нормативным и делается вывод.

Описание приборов

Для измерения скорости движения воздуха в помещении используют анемометры крыльчатый и чашечный, как показано на рисунке 4.1.

А



Б



Рисунок 4.1 – Анемометр механический чашечный (А), крыльчатый (Б)

Анемометр ручной крыльчатый АСО-3 (рисунок 4.1) предназначен для измерений скорости направленного воздушного потока от 0,1 до 5 м/с, что практически достаточно для выполнения замеров внутри помещений. Приемной частью прибора служит легкая крыльчатка, насаженная на горизонтальную ось, связанную передаточным механизмом со счетчиком оборотов, укрепленным на тыльной стороне прибора. Счетчик оборотов снабжен рычажками, позволяющими проводить его мгновенное включение и выключение, которые выполняются одновременно с пуском или остановкой секундомера.

Прибор необходимо беречь от ударов и сильных сотрясений. Во избежание деформации и поломки лопастей крыльчатым анемометром не следует измерять воздушный поток скоростью свыше 5 м/с.

Перед началом наблюдений записываются показания по шкалам прибора, а затем анемометр размещается в плоскости проема таким образом, чтобы крыльчатка располагалась навстречу воздушному потоку. Для преодоления инерционного сопротивления анемометр должен около 30 с вращаться холостую. После этого производится одновременное включение счетчика и секундомера. Замер должен продолжаться 1-2 минуты, после чего одновременно отключают счетчик, останавливают секундомер и записывают показания по шкалам прибора. По разности второго и первого показаний счетчика, разделенной на длительность замера в секундах, выявляется среднее число делений шкалы, пройденное стрелкой за 1 с, на основании которого по тарифовочному графику (рисунок 4.2) определяется средняя скорость движения воздуха, м/с.

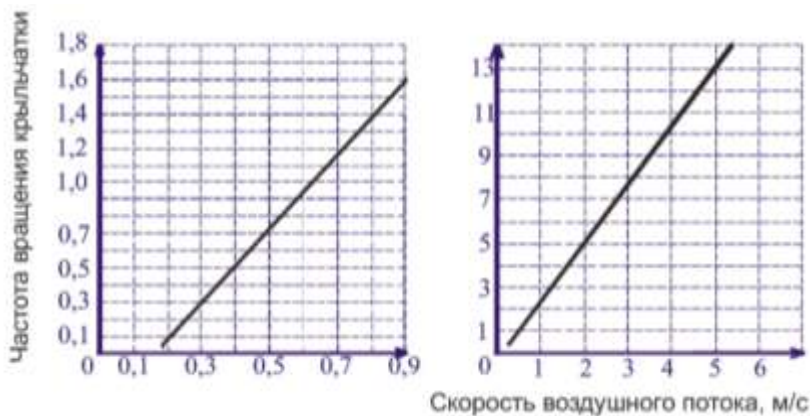


Рисунок 4.2 – Графики для определения скорости воздушного потока

Методика выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими предпосылками и последовательностью выполнения лабораторной работы.
2. Выполнить обмеры помещения и вычислить его объем.
3. Определить «живое сечение» оконного и дверного проемов, а также форточки, в которых будут производиться измерения.
4. Ознакомиться с особенностями работы анемометра. Выбрать для выполнения замеров чашечный или крыльчатый анемометр, подготовить его к работе.
5. Подготовить таблицы для записи результатов измерений, как показано в таблице 4.1.
6. Измерить скорость движения воздуха в оконном проеме, форточке, дверном проеме.

Перед началом наблюдений, выключив передаточный механизм, записать исходные показания стрелок прибора. После этого установить анемометр в плоскости проема таким образом, чтобы крыльчатка располагалась навстречу воздушному потоку.

Для преодоления инерционного сопротивления анемометру дать некоторое время (не менее 30 с) вращаться вхолостую, после чего включить одновременно механизм прибора и секундомер. Определение скорости воздушного потока производить 1 минуту.

После этого механизм и секундомер одновременно выключить и записать конечные показания стрелок анемометра и секундомера. По разности показаний счетчика анемометра до и после наблюдения

определить, сколько оборотов сделала крыльчатка. Отношение количества оборотов крыльчатки к длительности измерения определяет частоту вращения.

Скорость перемещения воздуха устанавливают по этим данным с помощью рисунка 4.2. По частоте вращения крыльчатки (вертикальная ось графика) вычисляют скорость воздушного потока, м/с.

7. При измерении в качестве приточных отверстий следует использовать нижние створки оконных проемов или дверей, ведущих в смежные помещения с более низкой температурой воздуха, чем в исследуемом помещении. Вытяжные отверстия должны размещаться в верхних частях оконных проемов.

В форточках скорость движения воздушных потоков необходимо измерять в центре проема; в дверях, окнах – в центрах трех равных участков, на которые условно разбивают по высоте весь проем, после чего данные измерений усредняют.

8. Рассчитать расход воздуха через проем V , м³/ч, по формуле:

$$V = v \cdot F \cdot 3600$$

9. Обмерить помещение и вычислить кратность воздухообмена по формуле:

$$n = \frac{V}{W}$$

10. В отчете необходимо привести заполненную таблицу с результатами измерений и расчетов, а также дать схематический чертеж помещения с указанием мест размещения приточных и вытяжных проемов и номеров точек, в которых производились измерения.

11. Сопоставить полученные данные по скорости перемещения воздушных потоков в помещении с нормативными и сделать вывод о комфортности пребывания в лаборатории.

Контрольные вопросы

1. Что такое кратность воздухообмена?
2. Какая скорость движения воздуха в помещении считается комфортной и зачем ее следует ограничивать?
3. Какие приборы для измерения скорости перемещения воздуха следует использовать в помещении, а какие на улице?

Таблица 4.1 – Результаты измерений скорости воздушных потоков в помещении

Дата и время проведения измерений, номер помещения	Место измерения	№ замера	Показания анемометра		Разность показаний анемометра Δn	Продолжительность замера, Z	Число делений прибора за одну секунду, $\frac{\Delta n}{Z}$	Скорость движения воздуха, U, м/с	Площадь проема, F, м ²	Расход воздуха, м ³ /с	Кратность воздухообмена, с ⁻¹
			n_1	n_2							
	Дверной проем	1									
		2									
		3									
		среднее									
	Оконный проем	1									
		2									
		3									
		среднее									

Лабораторная работа № 5

Определение освещенности естественным боковым светом в натуральных условиях

Цель работы:

- 1) ознакомиться с действием и устройством люксметра;
- 2) произвести замеры естественной освещенности боковым светом в лаборатории;
- 3) уточнить нормативные данные в соответствии со СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»;
- 4) сравнить полученные результаты с приведенными в нормативной литературе значениями и сделать вывод.

Приборы и оборудование:

1. Люксметр.
2. Рулетка.
3. План и поперечный разрез помещения, выполненные на кальке (или другой прозрачной основе).
4. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» для определения нормативных показателей естественной освещенности боковым светом в лаборатории.

Методика выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими данными и последовательностью выполнения лабораторной работы.
2. Выполнить обмеры помещения рулеткой.
3. Выполнить план и поперечный разрез помещения лаборатории схематично, на прозрачной основе (кальке). Нанести оконные проемы и условную рабочую поверхность (поверхность, на которой выполняется максимальное число трудовых операций; для лаборатории это значение совпадает с высотой поверхности стола). Полученные план и разрез должны быть выполнены с размерами, как показано на рисунке 5.1.
4. Нанести расчетные точки (минимум пять). Выставить их номера на плане и разрезе. Обозначить и подписать плоскость оконных проемов на плане.

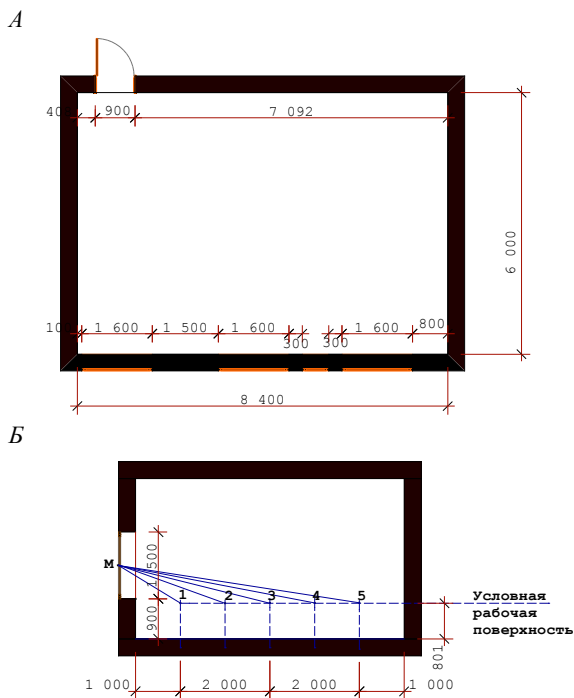


Рисунок 5.1 – Пример выполнения схем плана (А) и поперечного разреза (Б) помещения на прозрачной основе

5. Рассчитать нормируемое значение КЕО по следующей формуле:

$$e_N = e_H \cdot m_N,$$

где e_H – значение КЕО для соответствующего вида освещения и разряда зрительных работ; m_N – коэффициент светового климата (см. карту светового климата [3]); N – номер группы административного района по ресурсам светового климата.

6. Полученные в результате измерений данные необходимо представить в виде графика. На график измеренного значения освещенности нанести нормативное значение, сопоставить их и сделать вывод.

Контрольные вопросы

1. Каким прибором измеряют освещенность в помещении? Единицы измерения. Точность измерений и от чего она зависит.
2. Как учитывается геометрия проемов, их площадь, расположение относительно сторон света при расчете естественного освещения?

Лабораторная работа №6

Определение коэффициента светопропускания в натуральных условиях

Цель работы:

- 1) ознакомиться с действием и устройством люксметра;
- 2) измерить коэффициенты светопропускания остекления в натуральных условиях;
- 3) уточнить нормативные данные в соответствии со СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»;
- 4) сравнить полученные результаты с нормативными.

Приборы и оборудование:

1. Люксметр.
2. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» для определения нормативных показателей светопропускания стеклопакетов, установленных в лаборатории.

Основные понятия

Степень светопрозрачности остекления оказывает большое влияние на освещенность помещений естественным светом. Снижение прозрачности остекления в ходе эксплуатации помещений приводит к снижению освещенности рабочих мест, повышает затраты электроэнергии в связи с необходимостью раньше включать и позднее выключать искусственный свет.

Через светопроемы помещения проникает только некоторая часть светового потока, падающего на наружное ограждение. Общий коэффициент светопропускания проемов в стенах при практических расчетах освещенности определяют по формуле:

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

где τ_1 - коэффициент светопропускания, учитывающий светопотери при прохождении потока света через стекло, зависящий от толщины, состава, обработки и состояния поверхности стекла;

τ_2 - коэффициент светопропускания, учитывающий светопотери вследствие оседания на поверхности стекла пыли, влаги, дыма и других загрязнений;

Численные значения этих коэффициентов уточняют по таблицам СНиП «Естественное и искусственное освещение».

Значения произведения $\tau_1 \cdot \tau_2$ могут быть приближенно определены экспериментальным путем в натуральных условиях с помощью люксметра.

Описание приборов

Для измерения освещенности в помещении обычно используют люксметр. На сегодняшний день применяются различные модификации. В лаборатории представлены в основном переносные типа «ТКА-Люкс» и «Аргус». Внешний вид одного из приборов представлен на рисунке 6.1.



Рисунок 6.1 – Люксметр типа «ТКА-Люкс»

Принцип работы прибора заключается в преобразовании фотоприемным устройством излучения в электрический сигнал с последующей цифровой идентификацией числовых значений освещенности в люксы.

Конструктивно прибор состоит из фотометрической головки и блока обработки сигналов, связанных между собой многожильным гибким кабелем.

Органы управления режимами работы и жидкокристаллический индикатор расположены на блоке обработки сигналов. Отсчетным устройством прибора является жидкокристаллический индикатор, на табло которого при измерениях идентифицируется число от 0 до 1999 люкс.

Методика выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими данными и последовательностью выполнения лабораторной работы.

2. Измерить коэффициент светопропускания остекления с учетом фактического загрязнения поверхности. Замеры производятся в заданном светопроеме с двойным остеклением, как показано на рисунке 6.2.

С этой целью фотоэлемент прибора последовательно прикладывается рабочей поверхностью наружу:

а) к внешней поверхности наружного стекла – для определения величины освещенности, создаваемой падающим снаружи световым потоком;

б) к внутренней поверхности второго стекла – для определения величины освещенности светом, прошедшим через двойное остекление;

в) закрывают жалюзи и размещают прибор на некотором расстоянии от жалюзи – для определения величины освещенности после преодоления светом светозащитного устройства.

Размещать фотоэлемент надо таким образом, чтобы все точки находились на одной плоскости.

Необходимо обратить внимание на то, чтобы тень производящего измерения не падала на окно фотоприемника.

В случае появления на индикаторе символа «I», означающего перегрузку по входному сигналу, необходимо переключить прибор в следующий диапазон измерений.

3. Так как освещенность небосвода меняется, измерения должны достаточно быстро следовать друг за другом. Измерения коэффициента светопропускания необходимо проводить при отсутствии прямых солнечных лучей и предпочтительно при облачном небе. Измерения проводятся трижды. При наличии сильной освещенности применяются защитные фильтры.

При исследовании естественного освещения односторонним боковым светом общий коэффициент светопропускания можно найти по формуле: $\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2$.

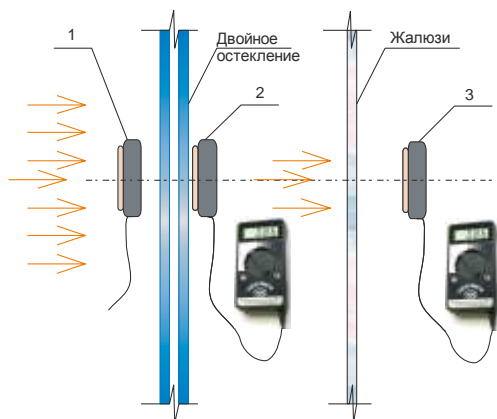


Рисунок 6.2 – Пример проведения замеров люксметром в створе остекленного проема. *Примечание:* положения фотоэлемента при измерении светопропускания через окно с двойным остеклением: 1 – измерение падающего на стекло света; 2 – измерение света, прошедшего через стеклопакет; 3 – измерение света, прошедшего через жалюзи

4. Результаты измерений заносят в таблицу 6.1. В таблице, в графе «примечания» отмечается характеристика погоды (облачность), ориентация светопроема, материал и тип переплета, цвет и состояние поверхности стеклопакета.

5. Результаты измерений необходимо сопоставить с нормативными и сделать вывод.

Контрольные вопросы

1. От чего зависит способность материала поглощать или отражать свет?
2. Методика измерения коэффициента светопропускания в натуральных условиях.
3. Основные факторы, влияющие на светопропускание.

Таблица 6.1 – Результаты измерений светопропускания

Дата и время проведения измерений, номер помещения	№ замера	Показания люксметра при положении фотоэлемента			Коэффициент светопропускания остекления		Примечание
		с наружной стороны стекла $n_{\text{наружн}}$	за вторым стеклом n_1	за жалюзи n_2	при двойном остеклении $n_1 / n_{\text{наружн}}$	при использовании жалюзи $n_2 / n_{\text{наружн}}$	
	1						
	2						
	3						
	среднее						

Лабораторная работа №7

Определение коэффициента светотражения различных поверхностей стен в натуральных условиях

Цель работы:

- 1) ознакомиться с теоретическими аспектами и методикой выполнения работы;
- 2) ознакомиться с действием и устройством люксметра;
- 3) измерить коэффициенты светотражения различных по фактуре и цвету поверхностей в натуральных условиях (обои, доска);
- 4) сравнить полученные результаты с нормативными данными.

Приборы и оборудование:

1. Люксметр.
2. Линейка.

Основные предпосылки

Светотражение поверхности оказывает большое влияние на освещенность помещения. Правильное использование светотражения поверхности дает возможность в целом повысить освещенность в помещении без увеличения площади светопроемов.

При проектировании жилых, общественных и промышленных зданий учитывают светотражение стен и потолков в соответствии с назначением помещений и особенностями технологических процессов. Для этого подбираются соответствующие по цвету и фактуре отделочные материалы, а также виды окраски или отделки. Характеристикой светотражающих свойств поверхностей является коэффициент отражения, который можно найти по формуле:

$$\rho = \frac{F_{\text{отражен}}}{F_{\text{падающ}}},$$

где $F_{\text{отражен}}$ – величина отраженного светового потока; $F_{\text{падающ}}$ – величина падающего светового потока, лк.

При определении коэффициента светопропускания в натуральных условиях отношение величин отраженного и падающего светового потока $\frac{E_{\text{отражен}}}{E_{\text{падающ}}}$ приближенно заменяют отношением освещенностей

$\frac{E_{\text{отражен}}}{E_{\text{падающ}}}$; причем $E_{\text{падающ}}$ измеряют на самой поверхности, а $E_{\text{отражен}}$ – на расстоянии 25 сантиметров от поверхности стены, в параллельной ей плоскости.

Методика выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическими данными и последовательностью выполнения лабораторной работы.

2. Выбрать для исследовательской работы в помещении различные по фактуре, обработке и цвету поверхности стен, размером не менее 2×2 метра (например, доска и стена с обоями).

3. На каждом участке поочередно измерить величины падающего и отраженного потоков света. Для этого фотоэлемент прикладывают сначала тыльной стороной к середине исследуемого участка, а затем поворачивают фотоэлемент к стене так, чтобы он оказался от нее на расстоянии примерно 25 см. Располагать фотоэлемент надо таким образом, чтобы все места измерения находились в одном створе.

Расположение фотометрической головки прибора должно быть параллельно плоскости измеряемого объекта. Необходимо обратить внимание на то, чтобы тень производящего измерения не падала на окно фотоприемника. В случае появления на индикаторе сигнала «I», означающего перегрузку по входному сигналу, необходимо переключить прибор в следующий диапазон измерений.

4. Результаты замеров величин прямого и отраженного светового потока повторяют трижды и фиксируют в таблице 7.1.

В таблице, в графе «примечания», отмечают цвет и фактуру исследуемой поверхности, состояние окраски, а также освещенность поверхности.

Таблица 7.1 – Результаты измерения коэффициента светотражения

Дата и время проведения измерений, номер помещения	Вид поверхности	№ замера	Показания люксметра, лк, при положении фотоэлемента		Коэффициент светотражения поверхности $\rho = \frac{E_{\text{отражен}}}{E_{\text{падающ}}}$	Примечание
			на поверхности $E_{\text{падающ}}$	против поверхности на расстоянии 25 см $E_{\text{отражен}}$		
		1				
		2				
		3				
		среднее				
		1				
		2				
		3				
		среднее				

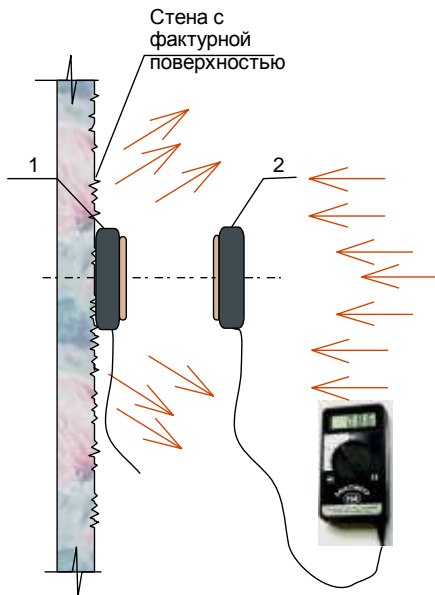


Рисунок 7.1 – Пример проведения замеров отраженного света люксметром.
 Примечание: положения фотоэлемента при измерении светоотражения различных по фактуре поверхностей стен: 1 – измерение падающего на поверхность стены света; 2 – измерение света, отраженного от поверхности стены

5. Результаты измерений светоотражения необходимо сопоставить с данными, приведенными в книге «Архитектурная физика» под редакцией Н.В. Оболенского [3].

6. В отчете привести план помещения и обозначить участки стен, для которых производились замеры светоотражения поверхности. Также на плане необходимо написать, как обработаны поверхности стен и их коэффициент светоотражения.

Контрольные вопросы

1. Какие приборы применяют для измерения освещенности?
2. Как проводить измерения КЕО в ясную погоду?
3. От чего зависит величина нормируемого КЕО в помещении?

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Данные для определения относительной влажности воздуха с помощью психрометра Ассмана

Психрометрическая разность, °С	Относительная влажность воздуха ϕ , (%), при температуре сухого термометра, °С								
	+16	+18	+20	+22	+24	+26	+28	+30	+32
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
0,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0,1	99	99	99	99	99	99	99	99	100
0,2	99	99	99	99	99	99	99	99	99
0,3	98	98	98	98	98	98	98	98	98
0,4	97	97	97	97	97	97	97	97	97
0,5	96	96	96	96	96	96	96	96	96
0,6	95	95	95	95	95	95	95	95	95
0,7	94	94	94	94	94	94	94	94	94
0,8	93	93	93	93	94	94	94	94	94
0,9	92	92	92	92	93	93	93	93	94
1,0	91	91	91	91	92	92	93	93	93
1,1	90	90	90	90	91	91	92	92	92
1,2	89	89	90	90	91	91	91	91	91
1,3	88	88	89	89	90	90	90	90	90
1,4	87	87	88	88	89	89	89	89	89
1,5	86	86	87	87	88	88	88	89	89
1,6	85	85	86	86	87	87	87	88	89
1,7	84	84	85	85	86	86	87	88	88
1,8	83	83	84	85	85	85	86	87	87
1,9	82	82	83	84	85	85	85	86	87
2,0	81	81	82	83	84	84	85	86	86
2,1	80	81	82	82	83	83	84	85	85
2,2	79	80	81	81	82	82	83	84	85
2,3	78	79	80	80	81	82	83	84	84
2,4	77	78	80	80	81	81	82	83	84
2,5	77	78	79	79	80	81	82	83	82
2,6	76	77	78	79	80	80	81	82	82
2,7	75	76	77	78	79	80	81	82	83

Окончание табл. А.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
2,8	74	75	76	77	78	78	79	80	81
2,9	73	74	75	76	77	78	79	80	81
3,0	72	73	74	75	76	77	78	79	80
3,1	71	72	73	73	75	76	77	78	79
3,2	70	72	72	74	74	75	76	78	79
3,3	69	71	71	73	74	75	76	77	78
3,4	68	70	70	72	73	74	75	76	77
3,5	67	69	70	71	72	73	74	75	76
3,6	66	68	69	71	71	72	73	75	76
3,7	65	67	68	70	71	72	73	74	75
3,8	64	66	68	69	70	71	72	74	75
3,9	63	65	67	68	69	70	71	73	74
4,0	62	64	66	68	69	70	71	72	74
4,2	61	62	64	66	68	69	70	71	73
4,4	58	60	63	65	66	67	68	69	71
4,6	57	59	61	63	65	66	67	68	70
4,8	55	58	60	62	63	65	66	67	69
5,0	54	56	58	60	62	64	65	66	68
5,2	52	54	56	59	61	62	63	65	66
5,4	50	52	54	58	59	61	62	64	65
5,6	48	50	53	56	58	60	61	63	64
5,8	47	49	52	55	57	59	60	62	63
6,0	46	48	51	54	56	58	59	61	62
6,2	44	47	49	52	54	56	58	60	61
6,4	42	45	47	51	53	55	56	58	60
6,6	41	44	46	49	51	53	55	57	59
6,8	40	43	45	48	50	52	54	56	58
7,0	38	41	44	46	49	51	53	55	57
7,2	36	39	42	45	47	50	52	54	56
7,4	34	37	40	44	46	49	51	53	55

Таблица А.2 – График учебного процесса

№ бригады	№ учебной недели							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	3	5	7	Защита лабораторных работ	Теплотехнический расчет стены	Теплотехнический расчет потолка	Зачетное занятие
2	3	1	7	5				
3	2	4	6	1				
4	4	2	1	6				
5	6	5	2	4				
6	5	6	3	2				

Библиографический список

1. Блази, В. Справочник проектировщика. Строительная физика / В. Блази. – М.: Техносфера, 2005. – 536 с.
2. Обьедков, В.А. Лабораторный практикум по строительной физике: учеб. пособие для студентов вузов / В.А. Обьедков, А.К. Соловьев, А.Н. Кондратенков и др. – М.: Высш. шк., 1979. – 221 с.
3. Оболенский, Н.В. Архитектурная физика: учеб. для вузов / Н.В. Оболенский, В.К. Лицкевич, Л.И. Макриненко и др. – М.: Стройиздат, 2001. – 448 с.
4. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – М.: Госстрой России, 1999.
5. СНиП 23–02–2003. Тепловая защита зданий. – М.: Госстрой России, 2004.
6. СП 23–101–2004. Проектирование тепловой защиты зданий. – М.: Госстрой России, 2003.
7. СНиП 23–05–95 «Естественное и искусственное освещение». – М.: Госстрой России, 1995.

Содержание

Введение	3
Лабораторная работа № 1	
Определение температуры и влажности воздуха в помещении с помощью психрометра Ассмана	4
Лабораторная работа № 2	
Распределение температуры воздуха в помещении и построение температурного поля	12
Лабораторная работа № 3	
Исследование распределения температуры в толще наружной ограждающей конструкции стены	16
Лабораторная работа № 4	
Измерение скорости воздушных потоков и определение кратности воздухообмена в помещении	19
Лабораторная работа № 5	
Определение освещенности естественным боковым светом в натуральных условиях	25
Лабораторная работа № 6	
Определение коэффициента светопропускания в натуральных условиях	27
Лабораторная работа № 7	
Определение коэффициента светоотражения различных поверхностей стен в натуральных условиях	32
ПРИЛОЖЕНИЕ А	36
Данные для определения относительной влажности воздуха с помощью психрометра Ассмана	36
График учебного процесса	38
Библиографический список	38

Учебное издание

Физико-технические основы проектирования

Методические указания
к проведению лабораторных работ по дисциплине
«Строительная физика» для студентов третьего курса
специальности 270115 – Экспертиза и управление
недвижимостью

Составители: Тарасенко Виктория Николаевна
Черныш Надежда Дмитриевна

Подписано в печать 16.06.10. Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 2,3. Уч-изд. л. 2,5.

Тираж 65 экз. Заказ Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете

им. В.Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46