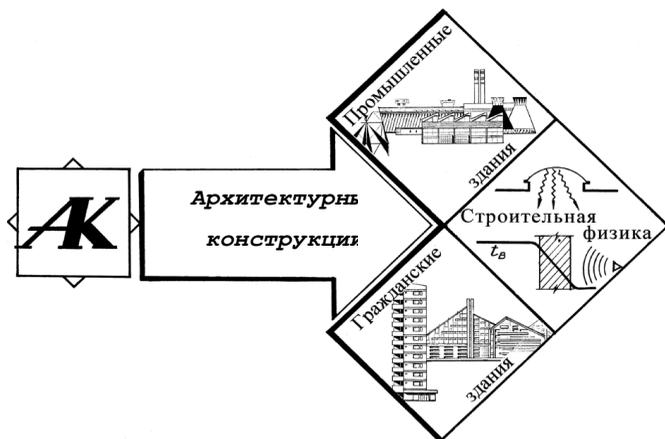


ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

Физико-технические основы проектирования

Методические указания
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Строительная физика» для студентов третьего курса
специальности 270114 – Проектирование зданий



Белгород
2007

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова

Утверждено
научно-методическим советом
университета

Физико-технические основы проектирования

Методические указания
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Строительная физика» для студентов третьего курса
специальности 270114 – Проектирование зданий

Белгород

2007

УДК 69:53(07)
ББК 38.113я7
Ф50

Составители: канд. техн. наук, доц. В.Н. Тарасенко
канд. техн. наук, проф. И.А. Дегтев
канд. техн. наук Т.В. Аниканова

Рецензент канд. техн. наук, доц. Р.В. Лесовик

Физико-технические основы проектирования: Методические указания к выполнению лабораторных работ
Ф50 по дисциплине «Строительная физика» для студентов третьего курса специальности 270114 – Проектирование зданий / сост.: В.Н. Тарасенко, И.А. Дегтев, Т.В. Аниканова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2007. – 51 с.

Методические указания содержат общие сведения об основных разделах дисциплины «Строительная физика», принципы и последовательность тепло-технического расчета, расчета естественной освещенности, даны комментарии к отдельным разделам лекционного курса.

Издание позволяет студентам в рамках курса получить навыки работы с приборами (психрометром, барометром, электронным термометром с термощупом и термодатчиком, крыльчатым и чашечным анемометром, люксметром), а также закрепить знания, полученные ранее в рамках лекционного и практического курсов.

Методические указания предназначены для студентов третьего курса специальности 270114 – Проектирование зданий.

Издание публикуется в авторской редакции.

УДК 69:53(07)
ББК 38.113я7

© Белгородский государственный
технологический университет
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2007

Введение

Основной задачей строительной физики является научное обоснование применения в строительстве материалов и конструкций, а также выбора таких размеров и формы помещений, которые обеспечили бы температурно-влажностные, акустические и светотехнические условия в помещениях, соответствующие их функциональному назначению.

Курс дисциплины «Строительная физика» для студентов специальности 270114 «Проектирование зданий» 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.

Придание ограждающим конструкциям теплозащитных свойств в целях обеспечения заданного температурно-влажностного режима помещений и долговечности самих конструкций рассматривается в строительной теплотехнике.

Определение комфортности микроклиматических условий в лаборатории включает в себя проверку абсолютной и относительной влажности, распределение температуры внутреннего воздуха в помещении, измерение скорости перемещения воздуха 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 литературе.

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

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 и их взаимосвязи;
- 2) ознакомление с основными приборами, используемыми для измерения температуры и влажности воздуха;
- 3) получение практических навыков по определению температуры и влажности воздушной среды психрометрическим методом.

Приборы и оборудование:

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

Теоретические предпосылки:

Наиболее простым способом измерения температуры является использование физического свойства тел менять первоначальный объем с изменением температуры. Большинство веществ с повышением температуры увеличивается в объеме, а с понижением – уменьшается. На этом принципе основано действие жидкостных термометров. Объем резервуара и измерительного капилляра может быть заполнен ртутью, подкрашенной спиртом, толуолом и другими веществами. Помимо жидкостных термометров для измерения температуры могут быть использованы:

- биметаллические датчики, принцип действия которых основан на различной степени удлинения двух разнородных металлов;
- термопары, действие которых основано на возникновении электродвижущей силы на противоположных концах спаев двух разнородных металлов, помещенных в среды с различной температурой. Величина электродвижущей силы пропорциональна разности температур на противоположных спаях и изменяется по линейному закону;
- термометры сопротивления, в которых в интервале от -50 до $+180$ °С используется свойство проводников изменять электрическое сопротивление с изменением температуры. Сопротивление увеличивается с повышением температуры по линейному закону;

- термисторы (полупроводниковые датчики температуры), изменяющие электрическое сопротивление при изменении температуры по логарифмическому закону. При повышении температуры электрическое сопротивление полупроводника уменьшается.

Измерение влажности воздуха производят на основе психрометрического эффекта, состоящего в том, что увлажненный термодатчик показывает более низкую температуру по сравнению с сухим, так как на испарение некоторого количества влаги G с поверхности увлажненного термодатчика расходуется некоторое количество тепла Q , поглощаемого из воздуха. Разность этих температур тем больше, чем ниже влажность воздуха и, следовательно, чем интенсивнее протекает процесс испарения:

$$Q = A(t - t_m),$$

где A – коэффициент пропорциональности; t и t_m – температуры соответственно по сухому и увлажненному термодатчикам;

$$G = B(E_{вл} - e_e),$$

где B – коэффициент пропорциональности; $E_{вл}$ и e_e – упругость водяного пара соответственно в воздухе непосредственно над поверхностью увлажненного термодатчика и в помещении;

$$G = \frac{Q}{r},$$

где r – теплота парообразования.

Из приведенных выше уравнений следует:

$$e_e = E_{вл} - D(t - t_m),$$

где $D = A/(Br)$ – эмпирический коэффициент, зависящий в основном от подвижности воздуха v . Следовательно, $e_e = f(t; t_m)$.

Существуют более простые датчики влажности. Принцип действия одного из них основан на свойстве обезжиренного волоса изменять длину в зависимости от влажности воздуха. Приборы, работа которых основана на этом принципе, требуют периодической проверки психрометрическим методом.

Описание приборов:

Работа выполняется психрометрическим методом 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 с помощью психрометра Августа или Ассмана. В психрометре Августа для измерения влажности используется волосяная нить, в психрометре Ассмана – два термометра, один из которых обернут влажной тканью.

Аспирационный психрометр Ассмана (рисунок 1.1) 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.

а)



б)

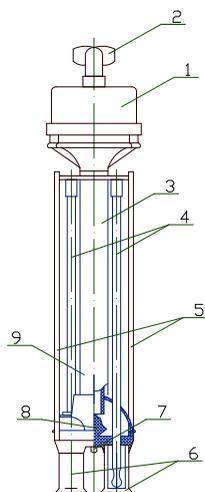


Рисунок 1.1 – Аспирационный психрометр Ассмана: *а* – общий вид психрометра; *б* – разрез; 1 – аспирационная головка; 2 – ключ механического привода; 3 – корпус; 4 – ртутные метеорологические термометры («сухой» и «влажный»); 5 – защита всасывающих трубок; 6 – всасывающие трубки; 7 – батист; 8 – термозащита; 9 – воздухопроводная трубка

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

Выпускаются две модификации аспирационных 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 – anerоида. Результаты занести в таблицу 1.1.

2. Определить влажность воздуха. Для этого ознакомиться с принципом работы и устройством аспирационного психрометра Ассмана. За четыре минуты до начала работы смочить батист на резервуаре влажного термометра. Для этого берут пипетку с резиновой грушей, заранее наполненную дистиллированной водой, и легким нажимом на грушу доводят уровень воды в стеклянной трубке до риски. Если риска отсутствует, то уровень воды доводят не ближе, чем на 1 см до края. 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. Через последующие четыре минуты производят отсчеты по термометрам психрометра с точностью до 0,2 °С.

4. Замеры производить при установившемся режиме в центре помещения три раза с промежутком в 10...15 минут и результаты занести в таблицу 1.1. 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 можно определять по психрометрическому графику (рисунок А.1 приложения А) 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.

Упругость водяного пара e , Па, определяют согласно таблице А.2 приложения А по формуле:

$$e = \frac{E \cdot \varphi}{100}$$

где e – упругость водяного пара в исследуемом помещении, Па (мм. рт. ст.); E – максимальная упругость водяного пара, Па (мм. рт. ст.) при температуре сухого термометра t .

5. Результаты измерений необходимо занести в таблицу 1.1.

6. По результатам расчета сделать обобщающий вывод.

Контрольные вопросы:

1. Дать определения: абсолютной влажности воздуха и характеристики единиц ее измерения; 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.

Таблица 1.1 – Результаты измерений относительной влажности с использованием психрометра Ассмана

№ замера	Дата проведения измерения	Барометрическое давление мм. рт. ст.	Показания психрометра Ассмана, °С		Психрометрическая разность «сухого» и «влажного» термометров, °С	Относительная влажность воздуха, φ , % (по таблице А.1)	Упругость водяного пара, E , мм рт. ст., (по таблице А.2)
			«сухого» термометра	«влажного» термометра			
1							
2							
3							
среднее							

Лабораторная работа № 2

Определение относительной влажности воздуха в помещении психрометрическим методом

Цель работы:

- 1) измерить температуру в различных точках помещения и по полученным данным рассчитать характеристики температурно-влажностного режима воздушной среды;
- 2) ознакомиться с основными приборами, используемыми для измерения температуры и влажности воздуха;
- 3) получить практические навыки по определению температуры и влажности воздуха психрометрическим методом.

Приборы и оборудование:

1. Комплект психрометров Ассмана.
2. Таблицы (приложение А).
3. Штативы-держатели для установки психрометров.

Теоретические предпосылки:

Одним из важных факторов создания комфортных условий для деятельности человека является оптимальный микроклимат помещения. Любое изменение температуры вызывает изменение влажности в помещении и наоборот. Поэтому для объективной оценки физического состояния воздушной среды температуру и влажность следует рассматривать совместно.

Нормирование основных характеристик микроклимата помещения осуществляется с учетом санитарно-гигиенических требований к данному помещению и климатических условий местности.

Соответствие действительных параметров воздушной среды требуемым обеспечивается надлежащим выбором защитных качеств ограждающих конструкций здания, работой отопительно-вентиляционных устройств и т.п.

В отапливаемых помещениях жилых и общественных зданий температура воздуха в зоне, прилегающей к полу, обычно ниже температуры под потолком. Это объясняется тем, что нагретый воздух перемещается в верхнюю зону помещения, а в нижнюю поступает (инфильтруется) через ограждающие конструкции наружный, холодный. Однако, падение температуры (градиент по вертикали и по горизонта-

ли) обычно невелико.

В производственных зданиях имеет место большой градиент перепада температуры. Это связано с большим притоком воздуха, особенно зимой, в нижнюю часть здания через специальные проемы и вытяжкой теплого воздуха через аспирационные фонари, а также с интенсивным тепловыделением отдельных агрегатов производства.

Для расчетов диффузии через ограждающие конструкции пользуются не абсолютной влажностью, а величиной парциального давления водяного пара, иногда называемого упругостью водяного пара.

Абсолютная влажность воздуха связана с величиной парциального давления пара и вычисляется по формуле:

$$\varphi = \frac{1,058 \cdot e}{1 + \frac{t}{273}}$$

где φ – абсолютная влажность; e - парциальное давление, мм. рт. ст.; t - температура воздуха, °С.

Парциальное давление при постоянной температуре возрастает по мере увеличения количества влаги в воздухе до состояния его насыщения водяными парами. С дальнейшим увеличением количества пара в воздухе, при других постоянных параметрах, парциальное давление не повышается, а избыток влаги выпадает в виде конденсата.

Температура, при которой находящийся в воздухе водяной пар достигает состояния насыщения при неизменном давлении, называется точкой росы τ_p , °С.

Степень насыщения воздуха водяными парами определяет его относительную влажность φ , %:

$$\varphi = \frac{\varphi'}{\varphi'_{max}} \cdot 100 = \frac{e}{E} \cdot 100,$$

где φ' – абсолютная влажность воздуха при определенной температуре в помещении; φ'_{max} – абсолютная влажность насыщенного воздуха при той же температуре; e – упругость водяного пара при определенной температуре; E – максимальная упругость водяного пара при той же температуре.

Зависимость между максимальной упругостью водяного пара E и абсолютной влажностью воздуха φ приведена в приложении А.

Влажность воздуха в строительной теплотехнике измеряется психометрическим методом, а также с помощью волосяных гигрометров.

Психометрическим методом влажность воздуха определяется на основании показаний двух одинаковых термометров, резервуар одного из которых обернут смоченной тканью. С поверхности резервуара «смоченного» термометра происходит испарение воды, интенсивность которого зависит от влажности окружающего воздуха. Так как на испарение расходуется тепло, то показания «смоченного» термометра оказываются ниже показаний «сухого».

Относительная влажность определяется на основании одновременного показания «сухого» и «смоченного» термометров и их (психометрической) разности с помощью специальных психометрических таблиц (приложение А).

Методика выполнения работы:

1. Изучить рекомендованную литературу, ознакомиться с устройством психометра Ассмана, изучить правила пользования таблицами, графиками.

2. Проверить исправность прибора, правильность его установки (контрольные психометры Ассмана устанавливаются в определенных точках помещения – по периметру и в центре), подготовить прибор к работе.

Для этого необходимо резервуар термометра, обернутый батином, смочить дистиллированной водой при помощи пипетки. Через несколько минут после смачивания четырьмя полными оборотами ключа завести механизм аспиратора.

Отсчет показаний термометров производится при работающем аспираторе через 4-5 минут после его включения. Подходить к прибору для снятия замеров надо с подветренной стороны или со стороны механизма аспиратора при горизонтальной его положении. Первый из замеров должен производиться под непосредственным наблюдением преподавателя или лаборанта. Все измерения должны быть выполнены дважды; в начале и конце первого академического часа занятий.

3. Выполнить замеры и заполнить таблицу измерений по следующему образцу (см. таблицу 2.1).

Таблица 2.1 – Результаты измерений температуры «сухого» и «влажного» термометров с помощью психрометра Ассмана

Дата и время проведения измерений	№ замера	Показания термометров психрометра Ассмана, °С		Психрометрическая разность, °С	Относительная влажность воздуха φ , %	Максимальная упругость водяного пара E , мм рт.ст.	Действительная упругость водяного пара в помещении, мм рт.ст.	Точка росы τ_p , °С
		«сухого»	«влажного»					
По периоду	1							
	2							
	3							
	4							
В центре	5							
среднее								

4. Определить психрометрическую разницу показаний «сухого» и «влажного» термометров:

$$\Delta t = t_{\text{сухого}} - t_{\text{влажного}}$$

С помощью таблиц определить значения относительной влажности воздуха (приложение А, таблица А.1).

Максимальная упругости водяного пара определяется по таблице А.2, данные записывают в соответствующие графы таблицы 2.1.

Максимальную упругость водяного пара E , мм. рт. ст., определяют в соответствии с приложением А, таблица А.1.

Определить упругость водяного пара при данной температуре, e , мм. рт. ст., можно по формуле:

$$\varphi = \frac{e}{E} \cdot 100\%, \text{ тогда } e = \frac{\varphi \cdot E}{100}.$$

Определить абсолютную влажность воздуха следует с помощью формулы:

$$\varphi = \frac{1,058 \cdot e}{1 + \frac{t_{\text{сухого}}}{273}}$$

Определить точку росы необходимо исходя из следующих предпосылок: $\psi = \psi_{\text{max}}$; $e = E$.

По приложению А, таблица А.1, подставить вместо значения E величину e , найти точку росы τ_p .

Данные записать в соответствующие графы таблицы.

5. На основании проведенной работы составить отчет и сделать выводы.

Контрольные вопросы:

1. Что называется температурой точки росы.
2. При каких условиях возможна конденсация паров воды.
3. Как изменится относительная влажность воздуха при изменении влагосодержания и постоянной температуре.

Лабораторная работа № 3

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.

Приборы и оборудование:

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

Теоретические предпосылки:

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 помощью которых 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 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 3.1.

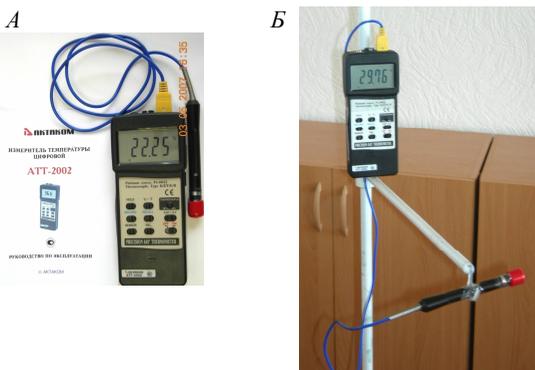


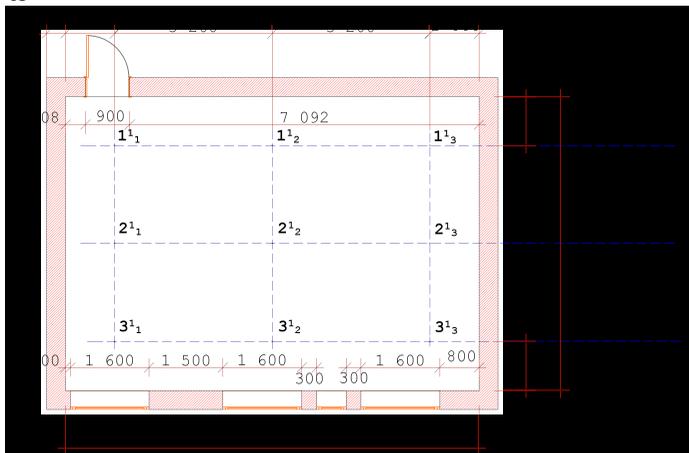
Рисунок 3.1 – Оборудование, необходимое для выполнения лабораторной работы: А – цифровой измеритель температуры типа АТТ-2002; Б – правильная установка термометра

Методика выполнения работы:

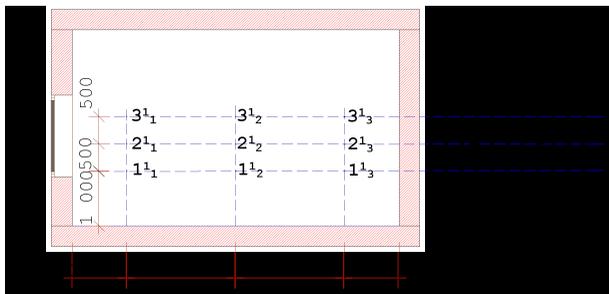
1. Ознакомится с теоретическими данными и последовательностью выполнения лабораторной работы.

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 3.2.

A



B



B

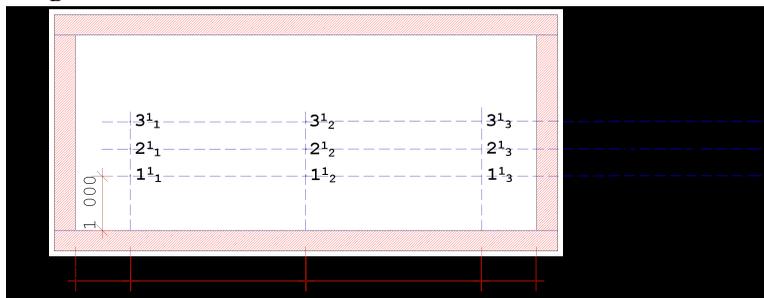


Рисунок 3.2 – Схема плана и разрезв помещения лаборатории ГК 530:

A – схема плана; Б – разрез поперечный; В – разрез продольный

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 и в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты измерений температуры в помещении

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

4. Построить графики температурного поля на соответствующих разрезах и в плане, как показано на рисунке 3.3, и приложить к отчету.

5. Посчитать температурный перепад в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Сравнить с имеющимися данными для комфортных условий в общественном здании. Сделать выводы.

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. Где температурный перепад больше: по ширине, длине или высоте помещения. Почему.

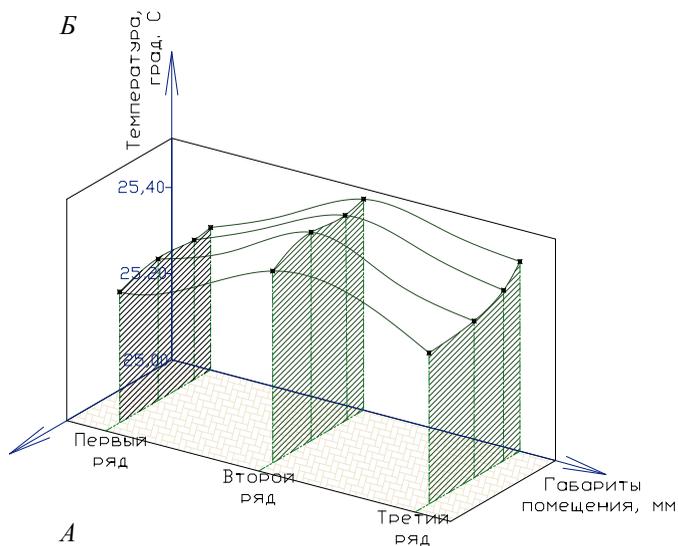
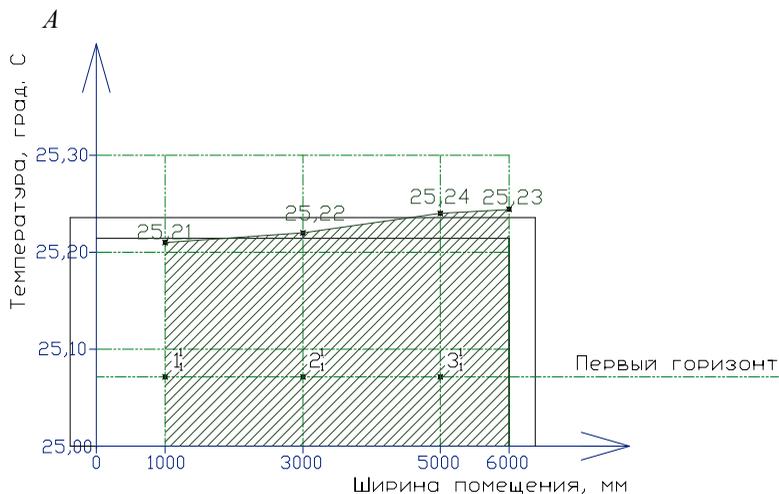


Рисунок 3.3 – Температурное поле в помещении лаборатории (пример выполнения): **А** – двухмерная модель температурного поля (выполняется для каждого горизонта); **Б** – трехмерная модель температурного поля.

Лабораторная работа № 4

Исследование распределения температуры в толще наружной ограждающей конструкции стены

Цель работы:

- 1) измерить температуру в различных точках ограждения с помощью термощупа;
- 2) рассчитать термическое сопротивление ограждения и сопоставить полученные результаты с экспериментальными данными.

Приборы и оборудование:

1. Блок термопар.
2. Измерительный прибор.
3. Таблицы и расчетные схемы.

Методика выполнения работы:

Работа состоит из двух частей: в первой части необходимо выполнить расчет сопротивления теплопередаче для имеющейся конструкции, во второй части необходимо осуществить замеры температуры на поверхности и в толще ограждения. Затем необходимо построить графики и сравнить полученные при расчете и замерах результаты, и сделать соответствующие выводы.

1. Ознакомиться с теоретическими данными и последовательностью выполнения лабораторной работы.
2. Заготовить схему разреза стены, как показано на рисунке 4.1.

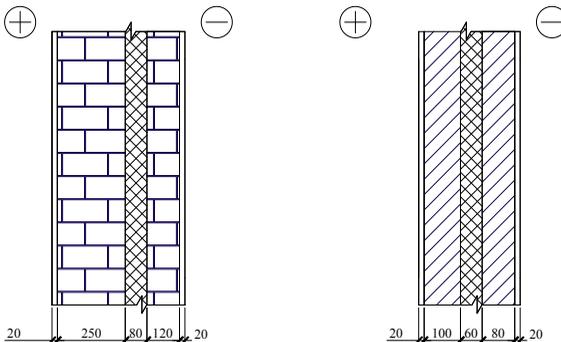


Рисунок 4.1 – Пример выполнения схемы стены

3. Провести расчет сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции стены в соответствии с требованиями [6, 7].

Кратко последовательность расчета изложена в СП 23-101-2000 «Проектирование тепловой защиты зданий» и в методических указаниях № 1427 «Физико-технические основы проектирования. Тепловая защита зданий».

Сначала следует рассчитать *приведенное сопротивление теплопередаче* R_0 многослойной ограждающей конструкции с однородными слоями по формуле:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{int}} + R_k + \frac{1}{\alpha_{ext}}$$

где α_{int} – коэффициент теплопередачи внутренней поверхности ограждающей конструкции; R_k – термическое сопротивление ограждающей конструкции; α_{ext} – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода года.

Термическое сопротивление ограждающей конструкции R_k , $\text{м}^2 \times \text{°C}/\text{Вт}$, с последовательно расположенными однородными слоями определяют, как сумму термических сопротивлений отдельных слоев:

$$R_k = \sum_{i=1}^n R_i = R_1 + R_2 + \dots + R_n,$$

где R_1, R_2, \dots, R_n – термические сопротивления отдельных конструктивных слоев.

Термическое сопротивление R , $\text{м}^2 \times \text{°C}/\text{Вт}$, однородного слоя рассчитывают по формуле

$$R = \frac{\delta}{\lambda},$$

где δ – толщина слоя, м; λ – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, $\text{Вт}/(\text{м} \text{ °C})$, определяемый с учетом условий эксплуатации ограждающих конструкций.

Таким образом, приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции можно рассчитать по формуле:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{int}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{\text{ext}}}$$

4. Рассчитать распределение температуры в толще ограждения.

Расчет произвести следующим образом.

Принять температуру внутреннего воздуха равной $t_{\text{int}} = +20^{\circ}\text{C}$, а температуру наружного воздуха измерить термоматчиком, например, для 24 сентября 2007 года она составит $t_{\text{ext}} = +12^{\circ}\text{C}$.

Общий перепад температуры Δt в конструкции составит $\Delta t = 20 - 12 = 8^{\circ}\text{C}$.

Поскольку температурный перепад в каждом слое ограждения пропорционален его термическому сопротивлению R_i , разность температур распределяется пропорционально термическому сопротивлению слоев:

$$R_{\text{int}} = \frac{1}{8,7} = 0,115 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Вт} \quad 1,37^{\circ}\text{C}$$

$$R_1 = \frac{0,02}{0,93} = 0,022 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Вт} \quad 0,26^{\circ}\text{C}$$

$$R_2 = \frac{0,38}{0,81} = 0,469 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Вт} \quad 5,58^{\circ}\text{C}$$

$$R_3 = \frac{0,02}{0,87} = 0,023 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Вт} \quad 0,27^{\circ}\text{C}$$

$$R_{\text{ext}} = \frac{1}{23} = 0,043 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Вт} \quad 0,52^{\circ}\text{C}$$

$$R_0 = \sum R_i = 0,672 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Вт} \quad 8^{\circ}\text{C}$$

Расчет проводят, используя пропорцию, например, такую:

$$R_0 = \sum R_i = 0,672 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Вт} \quad - 8^{\circ}\text{C}$$

$$R_s = 0,115 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C} / \text{Вт} \quad - x^{\circ}\text{C}$$

Температура внутренней поверхности ограждения составит:

$$\tau_{int} = t_{int} - \left(\frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0} \right) \cdot R_{int}$$

Для данных расчетов τ_{int} составит:

$$\tau_{int} = t_{int} - \left(\frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0} \right) \cdot R_{int} = 20 - \frac{(20 - 8)}{0.672} \cdot 0.115 = 17.95^\circ$$

Температура любого слоя ограждения может быть рассчитана следующим образом:

$$\tau_n = t_n - \left(\frac{t_n - t_n}{R_0} \right) \cdot \left(R_n + \sum_{i=1}^{n-1} R_i \right)$$

где $\left(\sum_{i=1}^{n-1} R_i \right)$ – сумма сопротивлений теплопередаче предыдущих слоев конструкции.

5. Замерить температуры внутренней и наружной поверхностей ограждения, разместив термощуп сначала на поверхности конструкции, затем последовательно на глубине 100 мм, 200 мм.

Замеры выполнить последовательно для расчетных точек с интервалом в 10 – 15 минут.

Результаты измерений записать в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты измерений температуры термощупом

Дата и время проведения измерений	Вид ограждения	Номер измерения	Температура, °С, для следующих расчетных точек				
			1	2	3	4	5
	Наружная стена	1					
		2					
		3					
		среднее					

6. Построить графики распределения температуры в толще ограждающей конструкции стены. При этом необходимо привести две кривые: распределение температур в соответствии с измерениями и распределение температур в соответствии с расчетами. Пример выполнения графиков показан на рисунке 4.2.

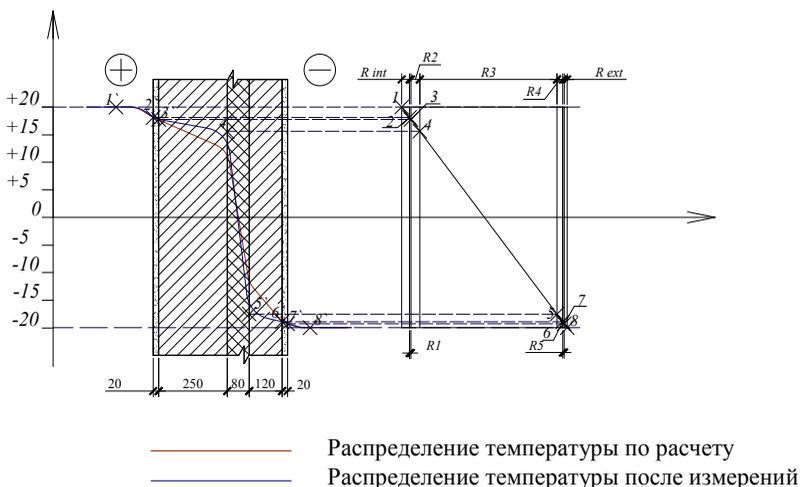


Рисунок 4.2 – Пример выполнения изотермы распределения температуры в толще ограждающей конструкции

7. Оценить полученные результаты расчетов и измерений, сравнить их и сделать выводы.

Контрольные вопросы:

1. Что такое точка росы. Где она должна находиться в ограждающей конструкции, почему.
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. Для чего измеряют температуру в толще ограждающей конструкции.

Лабораторная работа № 5

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 или чашечного анемометра;
- 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.

Теоретические предпосылки:

Необходимо знать, что свойство строительных материалов и ограждающих конструкций из них 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 м^2 ограждающей конструкции будет равен 1 кг/ч .

Для городской застройки характерны уменьшение ветрового давления у поверхности земли и значительное повышение его на верхних этажах.

Количество воздуха V , $\text{м}^3/\text{ч}$, проходящего через открытый проем площадью F , м^2 , при скорости воздушного потока в этом проеме v , м/с , составляет:

$$V = F \cdot v.$$

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

$$n = \frac{3600 \cdot V}{W}, (\text{с}^{-1}).$$

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 своим телом 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 или чашечный, как показано на рисунке 5.1.

А



Б



Рисунок 5.1 – Анемометр механический чашечный (А), крыльчатый (Б)

Анемометр ручной крыльчатый АСО-3 (рисунок 5.1) 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 охранять от ударов и сильных сотрясений. Во избежание деформации и поломок 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 вхолостую. 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 5.2) определяется средняя скорость движения воздуха, м/с.

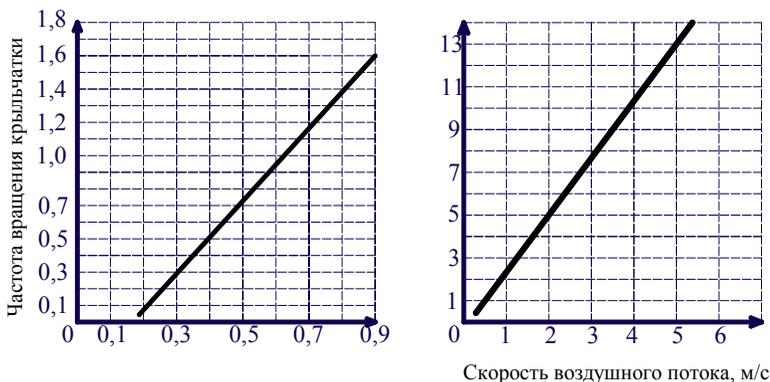


Рисунок 5.2 – Графики для определения скорости воздушного потока

Методика выполнения работы:

1. Ознакомится 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 так же 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 5.1.
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 - 2 минуты.

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 ветра устанавливают по этим данным с помощью рисунка 5.2. 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.

Контрольные вопросы:

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

Таблица 5.1 – 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 , с	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 № 6

Определение коэффициента естественной освещенности боковым светом в натуральных условиях

Цель работы:

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

Приборы и оборудование:

1. Люксметр, набор тарированных светофильтров.
2. Рулетка.
3. План и поперечный разрез помещения, выполненные на кальке (или другой прозрачной основе), схематично, в М 1:400.
4. Транспортир.
5. Графики Данилюка I и II.
6. 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, в масштабе 1:400, на прозрачной основе (кальке). Нанести оконные проемы и условную рабочую поверхность (поверхность, на которой выполняется максимальное число трудовых операций; для лаборатории это 0,8 м). Полученные план и разрез должны быть выполнены с размерами, как показано на рисунке б.1.

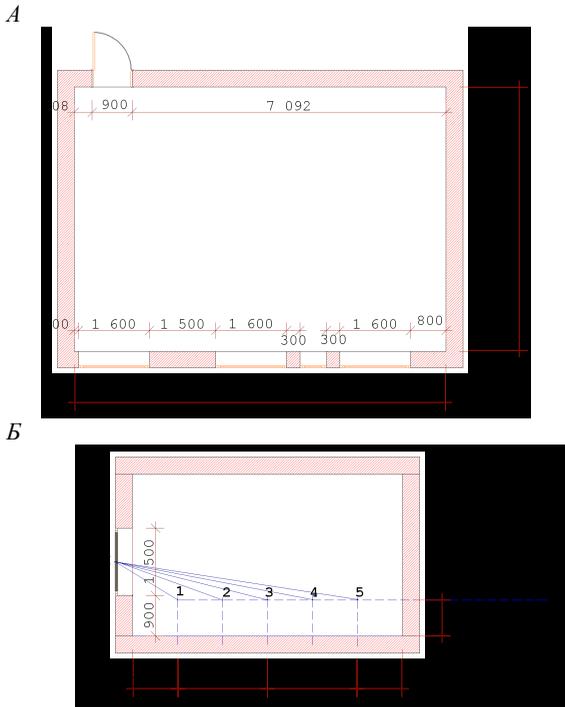


Рисунок 6.1 – Пример выполнения схем плана (А) и поперечного разреза (Б) помещения на прозрачной основе

4. Нанести расчетные точки (минимум пять). Выставить их номера на плане и разрезе. Обозначить и подписать плоскость оконных проемов на плане.

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. таблицу 6.1); N – номер группы административного района по ресурсам светового климата (уточняют по карте светоклиматического районирования, [3]).

6. Выполнить расчет коэффициента естественной освещенности для выбранных расчетных точек.

Результаты расчета представить в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Ведомость расчетных характеристик

Номер расчетной точки	n_1	a	n_2	ε_p^{δ}	q	β_{α}	r_0	τ_0	K_z	e_p^{δ}
1										
2										
3										
4										
5										

где n_1 – число лучей по графику Данилюка I, проходящих от неба через световые проемы в расчетную точку на поперечном разрезе помещения; n_2 – число лучей по графику Данилюка II, проходящих от неба через световые проемы в расчетную точку на плане помещения;

ε_p^{δ} – геометрический коэффициент естественной освещенности, учитывающий прямой свет неба в какой - либо точке помещения при боковом освещении. Он может быть рассчитан по следующей формуле:

$$\varepsilon_p^{\delta} = 0,01 \cdot n_1 \cdot n_2$$

q – коэффициент неравномерной яркости неба для обычных условий. Обычно параметры q приводятся в нормативной и справочной литературе в табличной форме (таблица 6.2) или в виде графика;

β_{α} – коэффициент ориентации световых проемов, учитывающий ресурсы естественного света по кругу горизонта, определяемый по таблице 6.3;

τ_0 – общий коэффициент светопропускания светопроема, который находят по формуле:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2,$$

τ_1 – коэффициент светопропускания остекления (можно принять

$\tau_1 = 0,9$ – для обычного стекла; $0,75$ – для стеклоблоков; $0,81$ – для однокамерных стеклопакетов; $0,64$ – для двухкамерных стеклопакетов);

τ_2 – коэффициент светопропускания переплетов (можно принять $\tau_2 = 0,8$ – для деревянных; $0,9$ – для металлических переплетов).

Таблица 6.2 – Значения коэффициента q , учитывающего неравномерную яркость облачного неба МКО

Угловая высота середины светопроема над рабочей поверхностью, град	q	Угловая высота середины светопроема над рабочей поверхностью, град	q
2	0,46	46	1,04
6	0,52	50	1,08
10	0,58	54	1,12
14	0,64	58	1,16
18	0,69	62	1,18
22	0,75	66	1,21
26	0,8	70	1,23
30	0,86	74	1,25
34	0,91	78	1,27
38	0,96	82	1,28
42	1,00	86	1,28
		90	1,29

Примечание – При промежуточных значениях угловой высоты значения коэффициента q находят линейной интерполяцией.

Таблица 6.3 – Значения коэффициента β_α в зависимости от ориентации светового проема и плотности застройки (Н/Р)

Отношение высоты здания к расстоянию между ними, Н/Р	Ориентация окон по сторонам горизонта				
	Ю	ЮВ, ЮЗ	В, З	СВ, СЗ	С
0	1,34	1,32	1,24	1,09	1,00
0,176	1,33	1,31	1,23	1,08	1,00
0,364	1,32	1,28	1,18	1,06	1,00
0,577	1,28	1,24	1,11	1,01	1,00
0,833	1,23	1,16	1,05	1,00	1,00
1,192	1,16	1,08	1,02	1,00	1,00
1,732	1,08	1,03	1,00	1,00	1,00
2,747	1,02	1,00	1,00	1,00	1,00

r_0 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя при открытом горизонте, определяемый по [3];

K_3 – коэффициент запаса (выбирают из СНиП с учетом разряда зрительных работ);

e_p^{δ} – КЕО расчетный боковой следует найти по формуле:

$$e_p^{\delta} = \varepsilon_p^{\delta} q \beta_a r_0 \frac{\tau_0}{K_3}$$

7. Полученные в результате расчетов данные необходимо представить в виде графика, как показано на рисунке 6.3, в удобном масштабе. На график расчетного КЕО нанести нормативный.

8. Сравнить полученные в результате расчетов данные и сделать вывод.

9. Выполнить замеры естественной освещенности в расчетных точках люксметром.

10. Сравнить полученные величины освещенности с расчётными. Объяснить полученные в результате измерений и расчетов расхождения.

Контрольные вопросы:

1. Что такое КЕО. Единицы измерения.
2. Каким прибором измеряют освещенность в помещении. Единицы измерения. Точность измерений и от чего она зависит.
3. Учитывается ли геометрия проемов при расчете естественного освещения.
4. Что такое коэффициент запаса и от чего он зависит.
5. Принцип расчета и последовательность пользования графиками Данилюка.

Лабораторная работа №7

Определение коэффициента светопропускания одинарного и двойного остекления 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) набор тарированных светофильтров;
- 3) рулетка;
- 4) план помещения;
- 5) данные СНиП по нормированию освещенности

Теоретические предпосылки:

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;

τ_3 - коэффициент светопропускания, учитывающий потери света от непрозрачных элементов конструкций заполнения проема (переплетов, швов и т.д.);

τ_4 - коэффициент светопропускания, учитывающий светопотери в несущих конструкциях (балки, фермы и т.д.);

τ_5 - коэффициент светопропускания, учитывающих потери света в солнцезащитных устройствах (балконы, лоджии, жалюзи и т.д.).

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 7.1.



Рисунок 7.1 – 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 7.2.

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 наружного стекла – для определения величины освещенности после преодоления светом наружного стекла;

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

Прикладывать фотоэлемент надо таким образом, чтобы все места приложения находились в одном створе.

Расположение фотометрической головки прибора должно быть параллельно плоскости измеряемого объекта. Необходимо обратить внимание на то, чтобы тень от оператора, производящего измерения, не падала на окно фотоприемника. В случае появления на индикаторе символа «I», означающего перегрузку по входному сигналу, необходимо переключить прибор на 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: $\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2$.

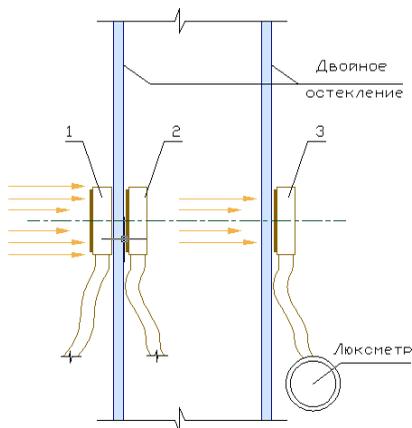


Рисунок 7.2 – Пример проведения замеров люксметром в створе остекленного проема. *Примечание:* положения фотоэлемента при измерении светопропускания через окно с двойным остеклением: 1 – измерение падающего на стекло света; 2 – измерение света, прошедшего через одинарное стекло; 3 – измерение света, прошедшего через двойное остекление

4. Результаты измерений заносят в таблицу 7.1. В таблице, в графе «примечания» отмечается характеристика погоды (облачность), ориентация светопроема, материал и тип переплета, цвет и состояние окраски.

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

6. В отчете привести план помещения и обозначить проемы, в которых проводились измерения освещенности.

Контрольные вопросы:

1. От чего зависит способность материала поглощать или отражать свет.

2. Методика измерения коэффициента отражения поверхностей в натуральных условиях. С помощью каких приборов определяют коэффициент отражения для различных материалов.

3. Как влияет толщина и фактура стекла на его светопропускание.

Таблица 7.1 – Результаты измерений светопропускания одинарного и двойного остекления

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 первым стеклом n_1	за вторым стеклом n_2	при одинарном остеклении $n_1 / n_{\text{наружн.}}$	при двойном остеклении $n_2 / n_{\text{наружн.}}$	
	1						
	2						
	3						
	среднее						

Лабораторная работа №8

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 стен в натуральных условиях (обои, доска);
- 4) сравнить полученные результаты с нормативными.

Приборы и оборудование:

- 1) люксметр;
- 2) набор тарированных светофильтров;
- 3) линейка.

Теоретические предпосылки:

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

При проектировании жилых, общественных и промышленных зданий используют светотражение стен и потолков в соответствии с назначением помещений и особенностями технологических процессов. Для этого подбираются соответствующие по цвету и фактуре отделочные материалы, а так же 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 $\frac{F_{\text{отражен.}}}{F_{\text{падающ.}}}$ приближенно заменяют отношением освещенностей $\frac{E_{\text{отражен.}}}{E_{\text{падающ.}}}$; причем $E_{\text{падающ.}}$ замеряют 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 от оператора, производящего измерения не падала на окно фотоприемника. В случае появления на индикаторе сигнала «I», означающего перегрузку по входному сигналу, необходимо переключить прибор на следующий диапазон измерений.

4. Результаты замеров величин прямого и отраженного светового потока повторяют трижды и фиксируют в таблице 8.1.

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

Таблица 8.1 – 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 $E_{\text{отражен.}}$		
	стена	1				
		2				
		3				
		среднее				
	доска	1				
		2				
		3				
		среднее				

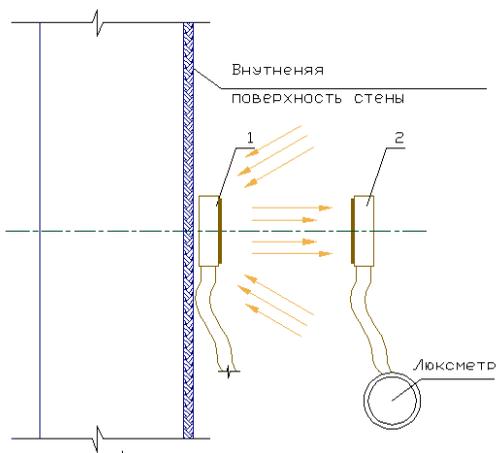


Рисунок 8.1 – Пример проведения замеров отраженного света люксметром.

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 учебнике для ВУЗов «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 разница, °С	Относительная влажность воздуха ϕ , (%), при температуре сухого термометра, °С								
	+16	+18	+20	+22	+24	+26	+28	+30	+32
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
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

Таблица А.2 – Значения максимальной упругости водяного пара E , мм рт. ст.

Температура в помещении, °С	Разность температур сухого и смоченного термометров ($t - t_m$), °С									
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
16	13,63	13,72	13,81	13,90	13,99	14,08	14,17	14,26	14,35	14,44
17	14,53	14,62	14,72	14,81	14,90	15,00	15,09	15,19	15,28	15,38
18	15,48	15,58	15,67	15,77	15,87	18,97	16,07	16,17	16,27	16,37
19	16,48	16,58	16,69	16,79	16,89	17,00	17,11	17,21	17,32	17,43
20	17,54	17,64	17,75	17,86	17,97	18,09	18,20	18,31	18,42	18,54
21	18,65	18,77	18,88	19,00	19,11	19,23	19,35	19,47	19,59	19,71
22	19,83	19,95	20,07	20,19	20,32	20,44	20,57	20,69	20,82	20,94
23	21,07	21,20	21,32	21,45	21,58	21,71	21,85	21,98	22,11	22,24
24	22,38	22,51	22,65	22,79	22,92	23,06	23,20	23,34	23,48	23,62
25	23,76	23,90	24,04	24,18	24,33	24,47	24,62	24,76	24,91	25,06
26	25,21	25,36	25,51	25,66	25,81	25,96	26,12	26,27	26,42	26,58
27	26,74	26,90	27,06	27,21	27,37	27,54	27,71	27,86	28,02	28,19
28	28,35	28,51	28,68	28,85	29,02	29,18	29,35	29,53	29,70	29,87
29	30,04	30,22	30,39	30,57	30,75	30,92	31,10	31,28	31,46	31,64
30	31,82	32,01	32,19	32,38	32,56	32,75	32,93	33,12	33,31	33,50
31	33,70	33,89	34,08	34,28	34,47	34,67	34,86	35,06	35,26	35,46

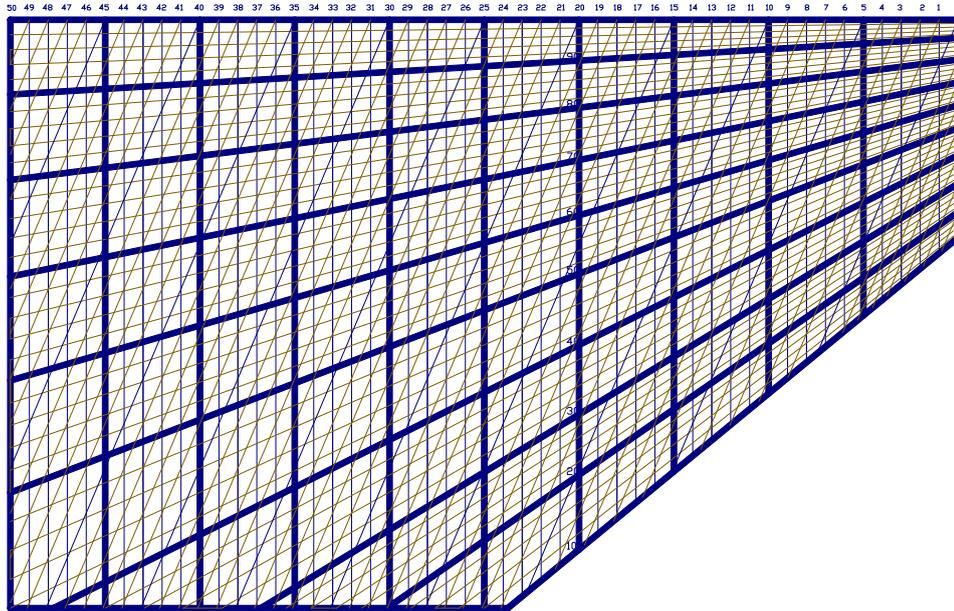


Рисунок А.1 – Психрометрический график для определения относительной влажности по показаниям психрометра Ассмана

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. СНиП 23–01–99. Строительная климатология.– М.: Госстрой России, 2000.
5. СНиП 2.01.01–82. Строительная климатология и геофизика.– М.: Госстрой России, 1982.
6. СНиП 23–02–2003. Тепловая защита зданий.– М.: Госстрой России, 2004.
7. СП 23–101–2000. Проектирование тепловой защиты здания.– М.: Госстрой России, 2003.
8. СНиП II–3–79*. Строительная теплотехника.– М: Госстрой России, 1998.
9. СНиП 23–05–95 «Естественное и искусственное освещение». – М: Госстрой России, 1995.
10. Физико-технические основы проектирования. Тепловая защита зданий: методические указания / сост.: Э.И. Борисов, В.Н. Тарасенко, Н.Д. Черныш. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. – 50 с.
11. Естественное освещение: методические указания / сост.: Д.Д. Гордица, Э.И. Борисов, В.Н. Тарасенко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2005. – 48 с.

Содержание

Введение	3
Лабораторная работа № 1	
Определение температуры и влажности воздуха в помещении с помощью психрометра Ассмана	4
Лабораторная работа № 2	
Определение относительной влажности воздуха в помещении психрометрическим способом	10
Лабораторная работа № 3	
Распределение температуры воздуха в помещении и построение температурного поля	15
Лабораторная работа № 4	
Исследование распределения температуры в толще наружной ограждающей конструкции стены	20
Лабораторная работа № 5	
Измерение скорости воздушных потоков и определение кратности воздухообмена в помещении	25
Лабораторная работа № 6	
Определение коэффициента естественной освещенности боковым светом в натуральных условиях	31
Лабораторная работа № 7	
Определение коэффициента светопропускания одинарного и двойного остекления в натуральных условиях	36
Лабораторная работа № 8	
Определение коэффициента светоотражения различных поверхностей стен в натуральных условиях	41
ПРИЛОЖЕНИЕ А	45
Данные для определения относительной влажности воздуха с помощью психрометра Ассмана	45
Значения максимальной упругости водяного пара E , мм рт. ст.	47
Психрометрический график	48
Библиографический список	49

Учебное издание

Методические указания
к проведению лабораторных работ по дисциплине
«Строительная физика» для студентов третьего курса
специальности 270114 – Проектирование зданий

Составители: Тарасенко Виктория Николаевна
Дегтев Илья Алексеевич
Аниканова Татьяна Викторовна

Подписано в печать 16.10.07 Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 3,0. Уч-изд. л. 3,2.
Тираж 65 экз. Заказ Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете
им. В.Г. Шухова
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46