



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

**СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра жилищно-коммунального комплекса

## ОРГАНИЗАЦИЯ, ПЛАНИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ЗДАНИЙ

Методические указания к лабораторным работам  
для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство

Составитель Г.А. Афанасьев

© Национальный исследовательский  
Московский государственный  
строительный университет, 2020

Москва  
Издательство МИСИ – МГСУ  
2020

СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 332.8  
ББК 65.44  
О-64

*Рецензент* — доктор технических наук, профессор *В.И. Римшин*,  
профессор кафедры жилищно-коммунального комплекса НИУ МГСУ

О-64     **Организация, планирование и управление технической эксплуатацией зданий**  
[Электронный ресурс] : методические указания к лабораторным работам для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство / сост. Г.А. Афанасьев ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра жилищно-коммунального комплекса. – Электрон. дан. и прог. (0,85 Мб). – Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2020. – Режим доступа: <http://lib.mgsu.ru/>. – Загл. с титул. экрана.

Данные методические указания содержат лабораторные работы по: определению прочности бетона с помощью ультразвука; исследованию естественной освещенности в натуральных условиях и влияния отражающих свойств поверхностей на освещенность помещений; измерению влажности воздуха. В результате студенты приобретут навыки проведения детальных исследований и навыки владения измерительными приборами.

Для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, профиль «Техническая эксплуатация объектов жилищно-коммунального хозяйства и городской инфраструктуры».

*Учебное электронное издание*

© Национальный исследовательский  
Московский государственный  
строительный университет, 2020

Редактор, корректор *М.Л. Манзюк*  
Компьютерная верстка *А.Г. Сиволобовой*  
Дизайн первого титульного экрана *Д.Л. Разумного*

*Для создания электронного издания использовано:*  
Microsoft Word 2013, Adobe InDesign CS6, ПО Adobe Acrobat.

Подписано к использованию 31.03.2020. Объем данных 0,85 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский  
Московский государственный строительный университет»  
129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ – МГСУ.  
Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95.  
E-mail: [ric@mgsu.ru](mailto:ric@mgsu.ru), [rio@mgsu.ru](mailto:rio@mgsu.ru)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
СОСТАВЛЕНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ .....	6
ЗАЩИТА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ .....	6
ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ .....	6
Лабораторная работа № 1.	
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИИ КОНСТРУКЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПРИБОРА «БЕТОН-22» .....	6
1.1. Цель лабораторной работы .....	6
1.2. Принцип действия прибора «Бетон-22» .....	7
1.3. Методика выполнения лабораторной работы .....	8
1.4. Вычисление скорости распространения ультразвука в бетоне .....	8
1.5. Учебные исследования и их результаты .....	9
1.6. Методика установления градуировочных зависимостей .....	9
1.7. Контрольные вопросы .....	10
Лабораторная работа № 2.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ ПОМЕЩЕНИЙ КАК ПАРАМЕТРА КАЧЕСТВА СРЕДЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ .....	10
2.1. Цель работы и некоторые теоретические данные .....	10
2.2. Методические указания .....	12
2.3. Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений .....	12
2.4. Контрольные вопросы .....	13
Лабораторная работа № 3.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТРАЖАЮЩИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ОСВЕЩЕННОСТЬ ПОМЕЩЕНИЙ .....	13
3.1. Цель лабораторной работы .....	13
3.2. Методические указания .....	13
3.3. Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений .....	14
3.4. Контрольные вопросы .....	15
Лабораторная работа № 4.	
ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА КАК ПАРАМЕТРА КАЧЕСТВА СРЕДЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ .....	15
4.1. Цель и теоретические замечания .....	15
4.2. Методы измерения влажности воздуха .....	16
4.3. Вывод психрометрической формулы .....	17
4.4. Измерение абсолютной и относительной влажности воздуха .....	17
4.5. Обработка результатов измерений .....	18
4.6. Контрольные вопросы .....	18
Библиографический список .....	18
Приложение .....	19

## ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы направлены на закрепление знаний, полученных в процессе изучения дисциплины «Организация, планирование и управление технической эксплуатацией зданий». Основная их цель — развитие у обучающихся навыков проведения инструментального контроля параметров, характеризующих качество эксплуатации конструкций и систем зданий.

Каждое здание или сооружение характеризуется определенными эксплуатационными качествами, обеспечивающими нормальные условия для технологической эксплуатации здания. Эксплуатационные качества здания — совокупность технических, объемно-планировочных, санитарно-гигиенических, экономических и эстетических характеристик здания. Контроль характеристик эксплуатационной пригодности здания осуществляется посредством общих и частичных (плановых) и внеочередных осмотров, проводимых по плану технического обслуживания.

Инструментальный контроль параметров, характеризующих эксплуатационную пригодность зданий, проводится с помощью инструментов по утвержденным методикам.

### ***Параметры внутреннего микроклимата:***

- температура внутреннего воздуха;
- влажность воздуха в помещениях;
- газовый состав воздуха в помещениях;
- химический состав агрессивных жидкостей на поверхности конструкций;
- скорость движения воздуха;
- освещенность;
- теплофизические свойства ограждающих конструкций;
- температура нагрева конструкций и оборудования;
- воздухопроницаемость ограждающих конструкций;
- уровень шума в помещении и др.

### ***Параметры технического состояния:***

- прочность материалов железобетонных и каменных конструкций;
- прочность и твердость металлических конструкций;
- ширина и глубина раскрытия трещин в каменных и железобетонных конструкциях;
- прогибы конструкций;
- отклонения конструкций;
- осадки и перемещения грунтов основания;
- толщина защитного слоя в железобетонных конструкциях;
- состояние антикоррозионных покрытий;
- качество сварных швов и др.

В таблице приведены обобщенные группы параметров (I и II группы), определяющих эксплуатационную пригодность зданий.

### **Параметры, характеризующие эксплуатационные качества зданий и сооружений**

I группа	II группа
Параметры, характеризующие физическую долговечность или величину физического износа	Параметры, характеризующие моральную долговечность или степень морального износа
Прочность конструкций	Степень соответствия современному технологическому назначению
Деформативность конструкций	
Герметичность конструкций	Степень соответствия современному инженерному оборудованию
Звукоизоляция конструкций	
Теплозащита конструкций	Степень соответствия современным архитектурным требованиям
Морозостойкость конструкций	
На практике физический износ определяется в процентах по соответствующим таблицам	На практике чаще всего определяется индивидуально

## СОСТАВЛЕНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Отчет о выполненной лабораторной работе должен содержать в обязательном порядке следующие разделы:

- постановка задачи;
- способы решения;
- полученные результаты.

Отчет предоставлять на листах формата А4 с титульным листом, содержанием и перечисленными разделами.

## ЗАЩИТА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Защита лабораторных работ происходит в устной форме с предоставлением отчетов о выполнении лабораторных работ. Защита проводится с использованием фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации, вопросов для защиты лабораторных работ из рабочей программы по дисциплине и вопросов из данных методических указаний.

## ТРЕБОВАНИЯ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Работа с некоторыми приборами и механизмами при проведении испытаний конструкций и материалов требует знания и соблюдения определенных правил техники безопасности:

- студенты приступают к выполнению лабораторных работ только под руководством преподавателя или лаборанта, предварительно ознакомившись с методикой их проведения, применяемыми приборами и механизмами, принципами их работы;
- перед включением приборов, питающихся от сети переменного тока, необходимо обязательно проверить их надежное заземление и готовность к работе;
- в случае возникновения любой неисправности не делать попытки к ее устранению, а сообщить преподавателю;
- при исчезновении напряжения в сети необходимо привести приборы в исходное состояние, выключить все тумблеры и выключатели и сообщить о случившемся преподавателю.

При нахождении в лаборатории все студенты должны соблюдать строгую дисциплину, следовать указаниям ведущего преподавателя, который заранее готовится к испытаниям.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.

### ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИИ КОНСТРУКЦИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПРИБОРА «БЕТОН-22»

**Приборы и оборудование:** прибор ультразвуковой «Бетон-22». Смазка контактная (солидол, технический вазелин и др.). Кисть для нанесения смазки.

#### 1.1. Цель лабораторной работы

Одна из важнейших задач, решаемых в процессе планово-предупредительных ремонтов при эксплуатации зданий, — оценка прочности конструкций, прежде всего бетонных. Основным контролируемым параметром для бетона является прочность на сжатие  $R_{сж}$ . Прочность — свойство материала сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, вызванных внешними силами или другими факторами (стесненная усадка, неравномерное нагревание и т.п.). Существует несколько методов испытания бетонов на прочность. В современном строительстве широко применяют метод неразрушающего контроля (НК). В лабораторной работе используется ультразвуковой метод НК, основанный на регистрации скорости прохождения ультразвуковых волн. По технике проведения испытаний можно выделить сквозное прозвучивание УЗ, когда датчики располагаются с разных сторон тестируемого участка (образца). Прибор «Бетон-22», используемый в лабораторной работе, относится к этому типу. Заметим, что метод сквозного прозвучивания позволяет, в отличие

от всех остальных методов НК прочности, контролировать не только прочность в приповерхностных слоях бетона, но и прочность тела бетона конструкции, что весьма важно при ППР зданий.

Основная особенность метода НК состоит в том, что при его использовании непосредственно измеряемой величиной является не прочность, а какой-либо физический показатель, связанный с измеряемой величиной корреляцией или градуировочной зависимостью.

Для ультразвукового метода эта измеряемая величина — скорость  $V$  распространения ультразвука для заданной базы прозвучивания. Чтобы определить прочность бетона по измеряемой величине, предварительно устанавливают градуировочную (тарированную) зависимость между прочностью бетона  $R_{сж}$  и измеряемой характеристикой  $V$ .

Градуировочную зависимость устанавливают по результатам ультразвуковых измерений в бетонных образцах — кубах и механических испытаний тех же образцов. Механические испытания проводят непосредственно после ультразвуковых измерений.

Таблица градуировочной зависимости приведена на рис. 1.1.

Таким образом, на первом шаге лабораторной работы для выбранного образца с помощью прибора «Бетон-22» оценивают скорость распространения ультразвука  $V$ , а затем с помощью графика на рис. 1.1 получают оценку для  $R_{сж}$ . Необходимо сделать несколько экспериментов и подвергнуть результаты статистической обработке.

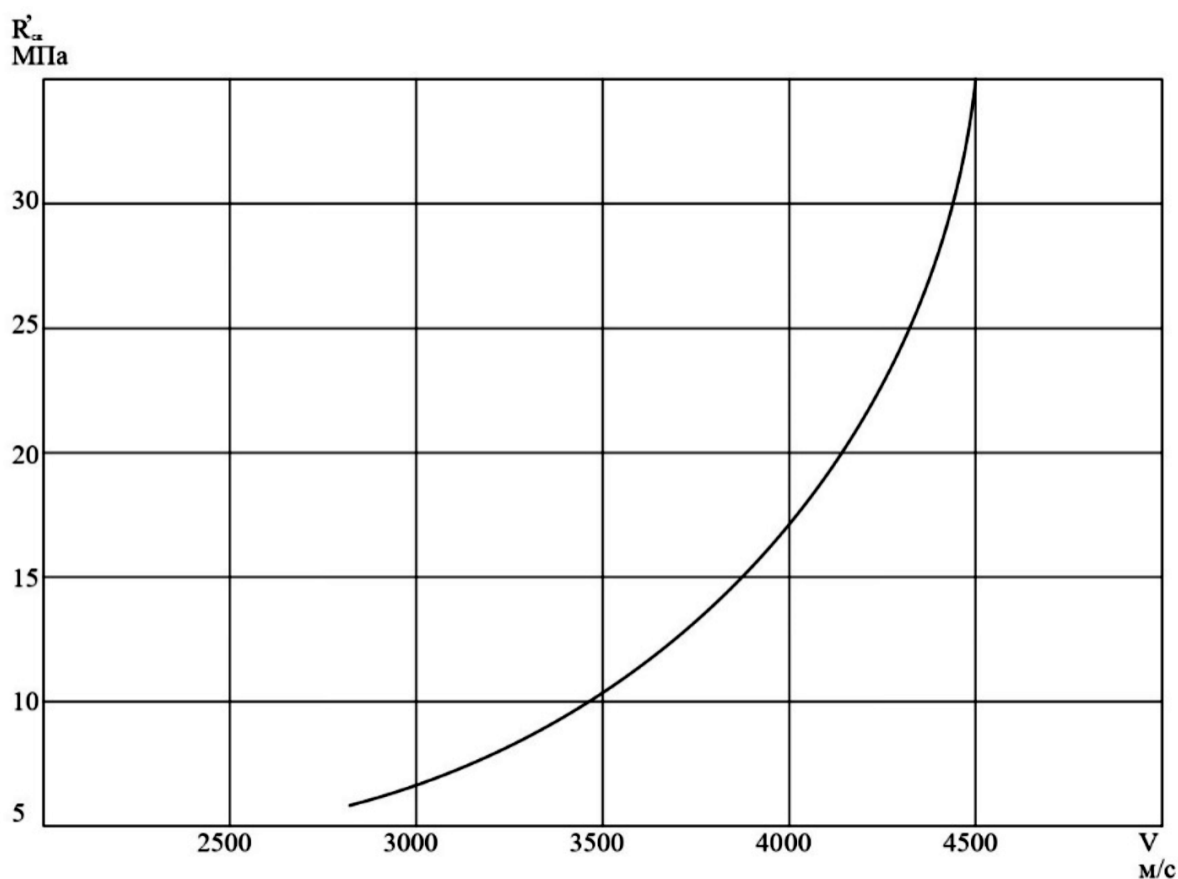


Рис. 1.1. Зависимость  $V - R'_{сж}$

Цель работы — изучить принцип действия и порядок работы с прибором «Бетон-22» и методику определения прочности бетонного образца с помощью этого прибора.

## 1.2. Принцип действия прибора «Бетон-22»

Блок-схема прибора представлена на рис. 1.2.

Прибор состоит из электронного блока, излучающего пьезообразователя и приемного преобразователя и представляет собой измеритель времени прохождения ультразвуковых (УЗ) колебаний через испытуемый участок материала. Измерение ведется как при сквозном, так и при поверхностном прозвучивании.

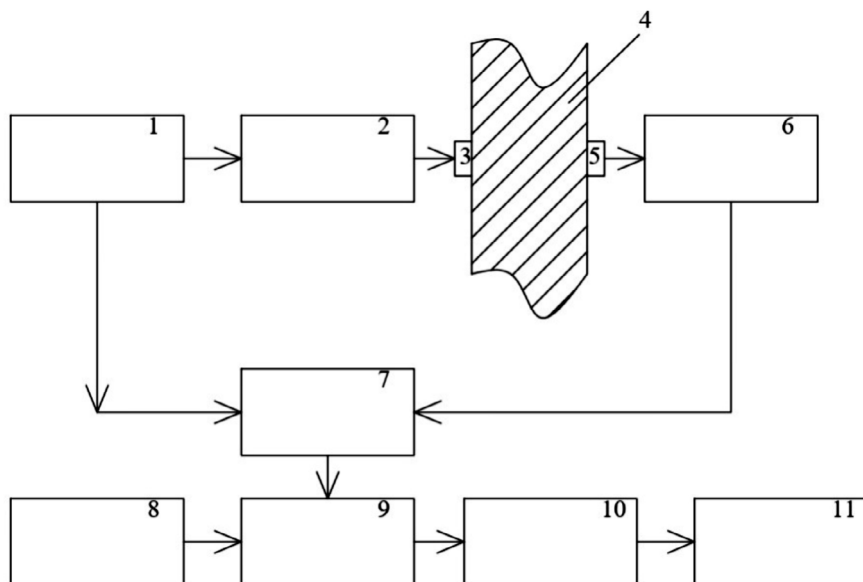


Рис. 1.2. Блок-схема ультразвукового импульсного прибора:

1 — синхронизатор; 2 — генератор зондирующих импульсов; 3 — излучающий пьезопреобразователь; 4 — испытуемый материал; 5 — приемный преобразователь; 6 — усилитель; 7 — триггер ворот; 8 — генератор меток времени; 9 — временной селектор; 10 — счетчик; 11 — цифровой индикатор

### 1.3. Методика выполнения лабораторной работы

Перед измерениями с преобразователями необходимо нанести на рабочую поверхность УЗ-преобразователей или на контролируемые участки образца или изделия тонкий слой контактной смазки, в качестве которой можно использовать технический вазелин и т.п.

Прижать рабочие поверхности преобразователей к поверхности контролируемого участка образца или изделия (совершить вращение преобразователей на 30–40°).

Включить прибор и произвести считывание результатов.

После окончания измерений необходимо удалить остатки контактной смазки с поверхности ультразвуковых преобразователей.

Порядок работы прибора с приспособлением для поверхностного прозвучивания.

1. Установить приспособление для поверхностного прозвучивания на контролируемый участок образца или изделия и прижать к контролируемому изделию.

2. Произвести считывание результатов измерения времени по показаниям прибора. Произвести два измерения и вычислить среднее.

### 1.4. Вычисление скорости распространения ультразвука в бетоне

После определения времени распространения УЗК в той или иной точке измеряют базу прозвучивания с погрешностью до ±0,5 % в миллиметрах.

Скорость распространения ультразвука определяют по формуле

$$V = \frac{L}{t} 10^3, \quad (1.1)$$

где  $L$  — база прозвучивания, мм;  $t$  — время распространения УЗК, мкс.

Полученные результаты заносят в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Номер точки прозвучивания	База прозвучивания, мм, $L$	Время распространения УЗК, мкс ( $10^{-6}$ с), $t$	$V$ , м/с	$V_{\text{ср}}$ , м/с	$R'_{\text{сж}}$ , м/с
1					
2					



Величину определяем по кривой зависимости (см. рис. 1.1).

По данным нескольких прозвучиваний (8–10) устанавливается значение для каждого случая отдельно (по графику) и среднее для всей серии. Истинное значение прочности бетонного кубика устанавливается при испытании его на прессе. При этом возможны определенные расхождения.

### 1.5. Учебные исследования и их результаты

Рекомендуется сопоставление данных по определению  $R_{сж}$  при его определении для различных образцов. Для проведения лабораторной работы предполагается использование образцов бетона разных классов и образцов бетона с наличием внутри арматуры.

В результате исследований учащиеся определяют, каким классам бетона принадлежат образцы, как арматура влияет на прочность образца, как качество эксплуатации влияет на изменение технических характеристик.

### 1.6. Методика установления градуировочных зависимостей

Градуировочные зависимости устанавливают в виде графика (или таблицы), построенного по уравнению, которое принимают:

1) линейного вида

$$R_H = a_0 + a_1 x \quad (1.2)$$

при  $R_{\max} - R_{\min} \leq 2\bar{R}_\Phi (60 - \bar{R}_\Phi) / 100$ ;

2) экспоненциального вида

$$R_H = b_0 e^{b_1 x}, \quad (1.3)$$

где  $x$  — скорость (время) распространения ультразвука;  $R_H$  — прочность, определенная по уравнениям (1.2) или (1.3).

$$a_0 = \bar{R}_\Phi - a_1 \bar{x}; \quad (1.4)$$

$$a_1 = \left( \sum_{j=1}^N (R_{j\Phi} - \bar{R}_\Phi)(\bar{x} - x_j) \right) / \left( \sum_{j=1}^N (\bar{x} - x_j)^2 \right); \quad (1.5)$$

$$b_1 = \left( \sum_{j=1}^N (\bar{x} - x_j)(\ln R_{j\Phi} - \ln \bar{R}_\Phi) \right) / \left( \sum_{j=1}^N (\bar{x} - x_j)^2 \right); \quad (1.6)$$

$$b_0 = e^{\ln \bar{R}_\Phi - b_1 \bar{x}}; \quad (1.7)$$

$$\bar{R}_\Phi = \sum_{j=1}^N R_{j\Phi} / N; \quad (1.8)$$

$$\bar{x} = \sum_{j=1}^N x_j / N; \quad (1.9)$$

$$\ln \bar{R}_\Phi = \sum_{j=1}^N \frac{R_{j\Phi}}{N}, \quad (1.10)$$

где  $\bar{R}_\Phi$  — средняя прочность бетонов, испытанных при установлении градуировочной зависимости, МПа;  $N$  — число серий образцов, испытанных при установлении градуировочной зависимости;  $R_{j\Phi}$ ,  $x_j$  — единичные значения прочности и скорости (времени) распространения ультразвука для  $j$ -й серии образцов;  $R_{\max}$ ,  $R_{\min}$  — максимальное и минимальное значения прочности по испытанным сериям образцов, МПа.

Корректировку установленной зависимости проводят путем отбраковки единичных результатов испытаний, не удовлетворяющих условию

$$\frac{R_{jн} - R_{jф}}{S} \leq 2, \quad (1.11)$$

где  $S$  — остаточное среднее квадратическое отклонение, определяемое по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (R_{jф} - R_{jн})^2}{N - 2}}, \quad (1.12)$$

где  $R_{jн}$  — прочность бетона в  $j$ -й серии образцов, определенная по градуировочной зависимости вида (1.2) или (1.3).

После отбраковки градуировочную зависимость устанавливают заново по оставшимся результатам испытаний.

Корректировку проводят до тех пор, пока все единичные результаты испытаний не будут удовлетворять условию (1.11).

Погрешность определения прочности бетона по установленным градуировочным зависимостям вычисляют по формуле

$$S = \sqrt{S^2 + q^2 S_k^2}, \quad (1.13)$$

где  $S_k^2$  — среднеквадратическое отклонение коэффициента перехода от скорости ультразвука при поверхностном прозвучивании к скорости при сквозном прозвучивании  $K$ , если коэффициент перехода не используют, то  $S_k = 0$ .

$$q = \begin{cases} \bar{R}_ф - a_0 & \text{для зависимости (1.2);} \\ \bar{R}_ф \ln \frac{\bar{R}_ф}{b_0} & \text{для зависимости (1.3).} \end{cases} \quad (1.14)$$

Если  $(S_k / \bar{R}_ф) 100 \% > 12 \%$ , то определение прочности бетона по настоящему стандарту не допускается.

## 1.7. Контрольные вопросы

1. В чем заключаются теоретические основы ультразвукового метода?
2. К какому виду колебаний относится ультразвук (магнитным, механическим и т.п.)?
3. Как оценивается прочность бетона по измеренной в нем скорости ультразвука?
4. В чем заключается принцип работы ультразвукового прибора для испытаний строительных материалов?
5. Что такое градуировочная зависимость?
6. Принципы построения градуировочной зависимости.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ ПОМЕЩЕНИЙ КАК ПАРАМЕТРА КАЧЕСТВА СРЕДЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ

**Приборы и оборудование:** люксметр Ю-116, рулетка.

### 2.1. Цель работы и некоторые теоретические данные

Рациональная организация освещения производственных, общественных и жилых помещений является одним из важных направлений деятельности эксплуатационных компаний, поскольку свет является важным элементом среды жизнедеятельности человека, влияющим на качество жизни.

Свет создает зрительный и психологический комфорт для работы, отдыха, чтения и т.п. Активность человека в значительной степени зависит от освещенности.

Коэффициент естественной освещенности (КЕО)  $e_n$  указывает, какую долю от освещенности на открытом воздухе должна составлять освещенность в исследуемой точке. Это означает, что

$$e_n = \frac{E_b}{E_n} 100\%, \quad (2.1)$$

где  $E_b$  — значение естественной освещенности в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения, а  $E_n$  — одновременное значение наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода.

Таким образом, КЕО оценивает способность систем естественного освещения пропускать свет.

Свет, проникающий через боковые проемы, называется боковым освещением.

Свет, проникающий через верхние окна мансарды, называется верхним. Жилые помещения, освещаемые боковым светом, должны иметь  $e_n = 0,05$  %.

Комбинированное освещение — это совокупность бокового и верхнего освещения.

На значение КЕО в какой-либо точке помещения  $M$  влияют многие факторы. Значение КЕО в точке  $M$  в общем случае определяется по формуле

$$e = e_n + e_0 + e_3 + e_n, \quad (2.2)$$

где  $e_n$  — КЕО, создаваемый прямым рассеянным светом от участка неба, видимого из точки  $M$  через проемы, с учетом светопотерь при проходе светового потока через остекленный проем;  $e_0$  — КЕО, создаваемый отраженным светом от внутренних поверхностей помещений;  $e_3$  — КЕО, создаваемый отраженным светом от противоположных зданий (если они имеются);  $e_n$  — КЕО, создаваемый в помещении (со светлой окраской потолка) светом, отраженным от поверхности прилегающих к зданию территории.

При определении необходимой (нормальной) освещенности внутри помещения допускается пользоваться выражением

$$E = E_n k \tau_0 q, \quad (2.3)$$

где  $E_n$  — наружная освещенность;  $k$  — коэффициент меньше единицы, зависящий от размеров световых проемов и их положения относительно данной точки и небосвода;  $\tau_0$  — общий коэффициент светопропускания проема меньше 1;  $q$  — коэффициент, учитывающий неравномерную яркость неба по направлению от горизонта к зениту.

Численные значения всех коэффициентов, входящих в приведенные формулы, определены опытным путем и даны в СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95».

Приведенные результаты позволяют обучающимся при выполнении лабораторной работы сравнить фактическую освещенность с нормативной и дать ее оценку.

Приведем также основную идею и условия лабораторной работы. В обследуемом помещении намечается ряд характерных разрезов, перпендикулярно расположенных к продольной стене с оконными проемами. Каждый разрез помещения разбивается на отрезки рядом точек через 2–4 м.

Для измерения естественной освещенности следует считать дни с облачностью в 10 баллов. Оптимальное время для измерения с 11:00 до 14:00.

По измерениям вычисляются значения КЕО и производится сравнение с нормативной освещенностью.

**Цель работы:** знакомство с методикой и приборами, используемыми при исследовании естественной освещенности помещений.

Кроме того, в задачу настоящей лабораторной работы входит определение естественной освещенности помещения лаборатории при боковом освещении, выявление соответствия ее нормативным требованиям.

Заметим также, что проблема освещенности весьма важна при принятии некоторых решений в ЖКХ. Например, озеленение территорий или точечная застройка могут существенно повлиять на освещенность помещений, особенно на первых этажах.

## 2.2. Методические указания

Освещение помещений естественным светом характеризуется коэффициентом естественной освещенности (КЕО) ряда точек, расположенных в пересечении двух плоскостей: вертикальной плоскости характерного разреза помещения (обычно посередине помещения по оси световых проемов или между ними) и горизонтальной плоскости, принимаемой за условную рабочую плоскость помещения. Равномерность освещенности определяется кривыми освещенности, показывающими изменение КЕО в отдельных точках помещения. Построение кривых КЕО может быть выполнено по данным эксперимента или расчета графическим методом А.М. Данилюка.

Полученные значения сравниваются с нормативными, вычисляемыми по формуле

$$e_N = e_n m_N, \quad (2.4)$$

где  $N$  — номер группы административных районов по Приложению Д СП 52.13330.2016;  $e_n$  — нормированное значение КЕО по Приложению И СП 52.13330.2016;  $m_N$  — коэффициент светового климата, принимаемый по табл. 2.1.

Таблица 2.1

Коэффициент светового климата

Световые проемы	Ориентация световых проемов по сторонам горизонта	Коэффициент светового климата				
		Номер группы административного района				
		1	2	3	4	5
В наружных стенах зданий	С	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	СВ, СЗ	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	З, В	1	0,9	1,1	1,1	0,8
	ЮВ, ЮЗ	1	0,85	1	1,1	0,8
	Ю	1	0,85	1	1,1	0,75

*Примечание:* С — северная; СВ — северо-восточная; СЗ — северо-западная; В — восточная; З — западная; Ю — южная; ЮВ — юго-восточная; ЮЗ — юго-западная ориентация.

## 2.3. Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. В масштабе вычерчиваются план и два разреза помещения, в котором производится исследование освещенности. На плане и разрезах намечается система точек, в которых необходимо производить измерения (рис. 2.1). Крайние точки следует принимать на расстоянии 1 м от поверхности стен.

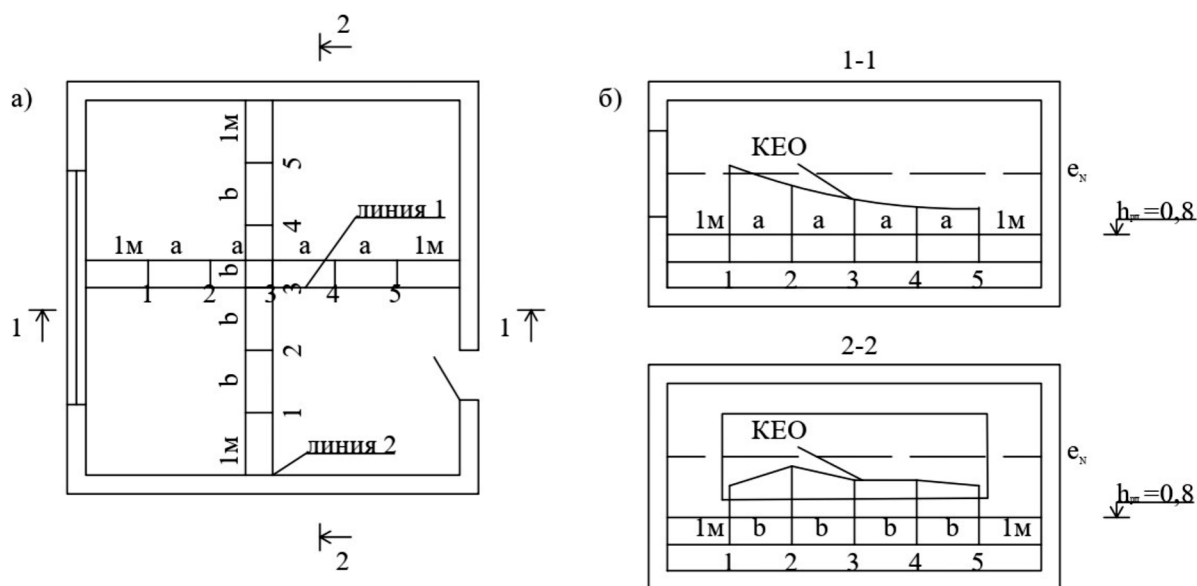


Рис. 2.1. Схема размещения точек измерения освещенности:  $a$  — на плане помещения;  $b$  — в разрезах помещения

2. С помощью люксметра измеряется освещенность под открытым небом и во всех намеченных точках помещения. Измерения выполняются дважды, причем во второй раз в обратной последовательности. Результаты измерений заносятся в табл. 2.2.

3. Вычисляются значения КЕО, на разрезах в масштабе строятся кривые КЕО помещения.

4. Производится сравнение фактической освещенности с нормативной и дается ее оценка.

5. По результатам выполненных исследований делается анализ зависимости условий освещения помещений от места расположения и площади световых проемов.

Таблица 2.2

Результаты измерений освещенности и расчета КЕО

Разрез	Точки измерения	Освещенность в помещении $E_{в}$ , лк		Наружная освещенность $E_{н}$ , лк		КЕО, %
		замер		замер		
		1	2	1	2	
1-1	1...					
	...5					
2-2	1...					
	...5					

## 2.4. Контрольные вопросы

1. Светотехнические величины и единицы, используемые в строительной светотехнике.
2. Техничко-экономическое и гигиеническое значение естественного освещения помещений.
3. Освещенность и КЕО. Принципы их экспериментального определения и расчета.
4. Нормирование освещенности помещений.
5. Факторы, влияющие на КЕО помещений.
6. Рациональные приемы размещения световых проемов и принципы определения их размеров на стадии проектирования зданий.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТРАЖАЮЩИХ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ОСВЕЩЕННОСТЬ ПОМЕЩЕНИЙ

**Приборы и оборудование:** люксметр Ю-116, модель помещения с набором различных по цвету образцов поверхностей.

### 3.1. Цель лабораторной работы

Исследование влияния цветовой окраски внутренних поверхностей на освещенность помещений.

### 3.2. Методические указания

На величину КЕО большое влияние оказывает свет, отраженный от внутренних поверхностей помещения. При применении светлой окраски поверхностей освещенность отдельных наименее освещенных точек в помещении может повышаться в 2–3 раза.

При расчетах КЕО влияние отраженного света учитывается введением в расчетные формулы коэффициентов  $r_1$  и  $r_2$ , принимаемых в зависимости от геометрических характеристик помещений и величины средневзвешенного коэффициента светоотражения поверхностей,

$$\rho = \frac{\rho_1 S_1 + \rho_2 S_2 + \rho_3 S_3}{S_1 + S_2 + S_3}, \quad (3.1)$$

где  $\rho_1, \rho_2, \rho_3$  — коэффициенты светоотражения соответственно стен, потолка и пола, принимаемые в зависимости от вида их цветовой отделки;  $S_1, S_2, S_3$  — площади соответственно стен, потолка и пола.

Коэффициент светоотражения поверхности определяется отношением величины отраженного светового потока  $\Phi_{отр}$  к величине падающего на эту поверхность светового потока  $\Phi_{пад}$ :

$$\rho = \Phi_{\text{отр}} / \Phi_{\text{пад}}$$

Величина  $\rho$  зависит от фактуры поверхности, ее цветовой отделки и чистоты. Значение коэффициента  $\rho$  некоторых поверхностей приведено в табл. 3.1.

Задачами настоящей лабораторной работы являются приближенное определение коэффициентов  $\rho$  в натуральных условиях и их сравнение с данными, приведенными в табл. 3.1, а также исследование на модели помещения степени влияния светлоты отделки поверхностей на освещенность помещений.

Следует отметить, что точные значения коэффициентов могут быть получены в лабораторных условиях на специальных установках типа шара Тейлора или при применении сравнительного метода.

Таблица 3.1

### Коэффициенты отражения внутренних поверхностей интерьера

Вид поверхности	Коэффициент отражения
Светлая побелка, белый мрамор	0,75...0,60
Желтая, голубая окраска, светлое дерево	0,45...0,40
Светлая клеевая покраска (лимонного, светло-серого, светло-зеленого цвета)	0,55...0,50
Натуральный дуб, бук	0,25...0,30
Паркет светлый	0,25...0,30
Линолеум светлый	0,30...0,40
Линолеум темный, темно-серый мрамор, синяя, темно-зеленая, красная покраска	0,20...0,15

При определении коэффициентов  $\rho$  в натуральных условиях отношение  $\Phi_{\text{отр}} / \Phi_{\text{пад}}$  можно приближенно заменить отношением освещенностей  $E_{\text{отр}} / E_{\text{пад}}$ . Освещенность  $E_{\text{пад}}$  замеряется на самой поверхности, а  $E_{\text{отр}}$  — на расстоянии 25 см от поверхности в плоскости, параллельной ей.

### 3.3. Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Определяется коэффициент  $\rho$  поверхности в натуральных условиях. Для этого измеряются поочередно величины  $E_{\text{пад}}$  и  $E_{\text{отр}}$ . При измерении  $E_{\text{пад}}$  фотоэлемент люксметра необходимо располагать в середине исследуемого участка рабочей плоскостью в сторону падающего светового потока, который должен равномерно освещать исследуемую поверхность. При измерении  $E_{\text{отр}}$  фотоэлемент располагается на расстоянии 25 см от исследуемой поверхности рабочей плоскостью в сторону последней. При этом необходимо, чтобы исследуемый участок во время опыта не затенялся. Измерения необходимо выполнять не менее трех раз.

2. По результатам измерений производится подсчет коэффициентов  $\rho$ . Результаты измерений и расчетов заносятся в табл. 3.2. Полученные значения коэффициентов  $\rho$  сравниваются с приведенными в табл. 3.1, и указываются величины расхождений.

Таблица 3.2

### Результаты измерений освещенности и расчета коэффициента светотражения $\rho$

Характер фактуры и цвет поверхности ограждения	№ отсчета	Отсчеты при положении фотоэлемента, лк		Коэффициент светопропускания $\rho = E_{\text{отр}} / E_{\text{пад}}$
		На поверхности $E_{\text{пад}}$	Против поверхности $E_{\text{отр}}$	
	1...3			

3. На модели помещения исследуется влияние светлоты отделки внутренних поверхностей на освещенность помещений. Для этого при постоянной освещенности снаружи модели определяется с помощью люксметра освещенность внутри объема модели при различной цветовой отделке и в зависимости от места расположения точек в модели (пол, потолок, стены) и вычисляются значения КЕО. Варианты цветовой отделки модели помещения назначаются преподавателем индивидуально. Результаты измерений и подсчетов заносятся в таблицу 3.3.

КЕО модели при различной цветовой отделке поверхностей

№ п/п	Характер цветовой отделки внутренних поверхностей помещения	Место расположения точек в модели	Наружная освещенность $E_n$ , лк	Освещенность внутри $E_m$ , лк	КЕО $e = E_m/E_n$

4. Производится анализ степени изменения освещенности в зависимости от светлоты окраски поверхностей помещения.

Указываются причины неодинакового изменения освещенности для различных точек помещения.

### 3.4. Контрольные вопросы

1. Влияние цветовой отделки внутренних поверхностей помещения на освещенность.
2. Коэффициент светоотражения и факторы, влияющие на него.
3. Принципы определения коэффициента светоотражения поверхностей помещения.
4. Принципы выбора цветовой окраски поверхностей помещений в зависимости от их назначения и ориентации по сторонам горизонта.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4. ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА КАК ПАРАМЕТРА КАЧЕСТВА СРЕДЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ

**Приборы и оборудование:** психрометр Ассмана.

### 4.1. Цель и теоретические замечания

Одна из задач эксплуатационной компании — обеспечение комфортности жизни в управляемых зданиях. Комфортность жизни существенно зависит от микроклимата среды. Температура и влажность — одни из основных параметров микроклимата. Они не постоянны, и их параметры необходимо постоянно контролировать.

Целью данной лабораторной работы является оценка параметров влажности воздуха в помещении лаборатории с помощью психрометра Ассмана, а также проведение его градуировки.

В атмосферном воздухе всегда содержится водяной пар, значение которого очень велико во многих природных и производственных процессах: атмосферные осадки, сельскохозяйственное производство и т.д. Поэтому влагосодержание можно рассматривать как один из специфических параметров состояния воздуха, подобно давлению и температуре, так как уровень влажности сильно влияет на самочувствие человека. В природе содержание влаги в воздухе зависит от климатических и погодных условий местности, в жилых и производственных помещениях — от санитарно-гигиенических условий их содержания.

Количественной характеристикой содержания водяного пара в воздухе является его влажность. Различают влажность абсолютную и относительную.

Абсолютная влажность показывает, какое количество водяного пара содержится в воздухе при данных условиях. Это количество может быть выражено:

а) массой водяного пара, содержащегося в одном кубическом метре воздуха, т.е. плотностью водяного пара  $\rho$ ;

б) парциальным давлением водяного пара в воздухе (эту величину также называют упругостью пара и обозначают  $e$ ).

Пар, который находится в динамическом равновесии со своей жидкостью, называется насыщенным. Упругостью насыщенного пара  $e$  называется его давление при максимальном содержании водяного пара в воздухе в данных условиях. Дальнейшее увеличение содержания пара становится невозможным, так как влага начинает конденсироваться на окружающих предметах и выпадать в виде росы.

Водяной пар в воздухе можно с достаточной степенью точности считать идеальным газом. Тогда упругость пара  $e$  будет связана с его плотностью  $\rho$  уравнением Менделеева — Клапейрона:

$$\rho = \frac{e\mu}{RT}, \quad (4.1)$$

где  $\mu$  — молярная масса водяного пара;  $R$  — универсальная газовая постоянная;  $T$  — абсолютная температура.

Самочувствие человека связано не столько с абсолютным содержанием влаги в воздухе, сколько с относительным. Поэтому наряду с абсолютной влажностью употребляется и другая его характеристика — относительная влажность. Это есть отношение, выраженное в процентах, фактической упругости пара к упругости насыщенного пара при той же температуре.

$$f = \frac{e}{E_0} 100\%. \quad (4.2)$$

Благоприятной для жизнедеятельности человека является влажность 40–60 %.

## 4.2. Методы измерения влажности воздуха

Абсорбционный метод основан на «жадном» поглощении паров воды некоторыми веществами (например, хлоридом кальция  $\text{CaCl}_2$ , фосфорным ангидридом  $\text{P}_2\text{O}_5$ ). Для этого пропускают определенный объем воздуха через трубку, содержащую такое вещество, и по увеличению ее массы судят о содержании водяного пара в прошедшем воздухе.

Работа конденсационного гигрометра основана на определении точки росы, т.е. температуры, при которой начинается конденсация водяного пара, содержащегося в воздухе, на охлаждаемой металлической поверхности прибора, для которой он становится насыщенным.

В данной работе для определения влажности воздуха в помещении лаборатории используется психрометр Ассмана.

Психрометр Ассмана состоит из двух одинаковых ртутных термометров 1 и 2 (рис. 4.1), закрепленных в специальной оправе 3. Резервуары термометров помещены в двойную трубчатую защиту с воздушной прослойкой. Каждый из термометров имеет шкалу с рабочей частью от  $-30$  до  $+50$  °С. Цена деления шкалы  $0,2$  °С. Двойная трубчатая защита резервуаров вместе с воздушной прослойкой предохраняет термометры от нагревания солнцем, для чего трубы никелируются и тщательно полируются. Трубки 5 соединены с трубкой главного воздухопровода 6, помещенной между термометрами и верхним концом сообщающейся с аспиратором 7. Аспиратор состоит из вентиляторного диска с часовым механизмом. Пружина заводится посредством ключа 8. Механизм аспиратора, закрытый колпаком 9, виден на рис. 4.2. Резервуар правого термометра обернут батистом и перед работой смачивается чистой дистиллированной водой при помощи пипетки, вводимой в трубку 4. В психрометре Ассмана вращением вентилятора в прибор засасывается воздух, который, обтекая резервуары термометров, проходит главным воздухопроводом к аспиратору и выбрасывается последним наружу через имеющиеся прорези. Скорость вращения вентилятора постоянна. Вода, которой смачивается резервуар обернутого батистом термометра, испаряется, в результате чего происходит охлаждение резервуара.

Степень испарения зависит от содержания влаги в воздухе, и, следовательно, чем влаги меньше, тем интенсивность испарения больше, тем ниже температура, показываемая смоченным термометром. По показаниям обоих термометров и по соответствующим психрометрическим таблицам можно определить абсолютную и относительную влажность воздуха. В этом состоит цель работы.

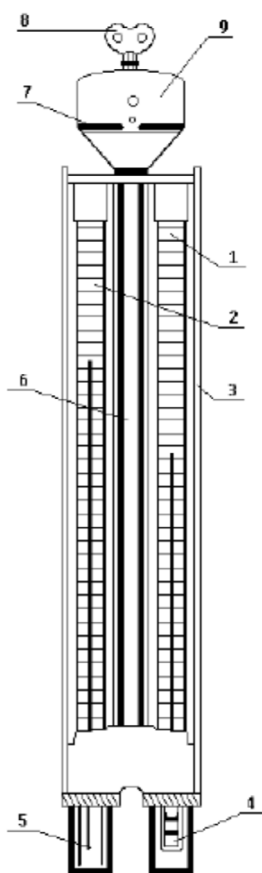


Рис. 4.1. Психрометр Ассмана



Рис. 4.2. Механизм аспиратора



### 4.3. Вывод психрометрической формулы

Пусть показания сухого термометра —  $t_0$ , влажного —  $t_1$ . Масса воды  $m$ , испаряющаяся в единицу времени с поверхности  $S$ , выражается формулой, предложенной Дальтоном:

$$m = k \frac{E_1 - e}{p} S, \quad (4.3)$$

где  $E_1$  — упругость насыщенного пара при температуре испаряющейся воды  $t_1$ , т.е. при температуре смоченного термометра;  $e$  — фактическая упругость водяного пара в воздухе (абсолютная влажность);  $p$  — атмосферное давление;  $k$  — коэффициент, зависящий от условий испарения воды, в частности от скорости движения воздуха около смоченного термометра. Чем интенсивнее обдувается смоченный термометр, тем больше масса испаряющейся воды, тем больше  $k$ .

Если удельная теплота парообразования  $r$ , то количество тепла, необходимое для испарения воды массой  $m$  со смоченного термометра,

$$Q = rm = rk \frac{E_1 - e}{p} S. \quad (4.4)$$

Так как температура смоченного термометра  $t_1$  ниже температуры окружающего воздуха  $t_0$ , которую показывает сухой термометр, то от более нагретого воздуха к менее нагретому телу термометра через ту же поверхность  $S$  подойдет следующее количество тепла:

$$Q_1 = \alpha(t_0 - t_1)S, \quad (4.5)$$

где  $\alpha$  — некоторая постоянная.

Отсчет температуры производится после установления стационарного процесса в системе, т.е. после того, как показания термометров установятся окончательно и перестанут изменяться. При этом условии все пришедшее тепло идет на испарение воды с поверхности смоченного термометра,

$$Q_1 = Q, \text{ так что } rk \frac{E_1 - e}{p} S = \alpha(t_0 - t_1)S, \text{ откуда } E_1 - e = \frac{\alpha}{rk}(t_0 - t_1)p.$$

Если обозначить  $\alpha/rk = A$ , то получается формула для определения упругости водяного пара  $e$  (абсолютной влажности) воздуха, которая носит название психрометрической формулы:

$$e = E_1 - A(t_0 - t_1)p. \quad (4.6)$$

Постоянная величина  $A$  наряду с табличной константой  $r$  содержит коэффициенты  $\alpha$  и  $k$ , зависящие от конкретного прибора, поэтому для каждого психрометра она определяется индивидуально. Такая операция называется градуировкой прибора. Она делается путем одновременного измерения влажности в одних и тех же условиях градуируемым психрометром и, например, абсорбционным методом или другим проградуированным ранее психрометром.

Для определения влажности воздуха по формуле (4.6) наряду с измерениями температуры необходима так называемая психрометрическая таблица, содержащая сведения о давлении (упругости) насыщенного пара при различной температуре.

### 4.4. Измерение абсолютной и относительной влажности воздуха

1. Запишите атмосферное давление  $p$  по показанию барометра.
2. Смочите водой марлевую оболочку термометра.
3. Заведите пружину аспиратора психрометра.
4. Наблюдая за показаниями термометров, дождитесь такого состояния, когда уровень ртути в них перестанет понижаться. Чтобы ваше дыхание не повлияло на результаты измерений, экранируйте термометры во время снятия показаний.
5. Запишите в табл. 4.1 показания сухого  $t_0$  и смоченного термометра  $t_1$ .
6. Повторите опыт 3–5 раз с интервалом 10–15 мин.

$A = 0,00066 \text{ K}^{-3}$			$p =$				
№ изм.	$t_0$	$t_1$	$E_0$	$E_1$	$e$	$\bar{e} - e_i$	$(\bar{e} - e_i)^2$

#### 4.5. Обработка результатов измерений

1. Из таблицы зависимости упругости насыщенного пара от температуры возьмите значения  $E_0$  и  $E_1$ , соответствующие температурам сухого и смоченного термометров (см. прил. в конце издания).

2. Рассчитайте по формуле (4.6) абсолютную влажность воздуха в помещении лаборатории, найдите ее среднее значение  $\bar{e}$ .

3. Определите погрешность результата по формуле Стьюдента как для прямых измерений при доверительной вероятности  $p = 0,95$ .

$$\Delta e = t_{p,n-1} \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (\bar{e} - e_i)^2}.$$

4. Запишите результат в стандартном виде:  $e = \bar{e} \pm \Delta e$  при  $p = 0,95$ .

5. Выразите абсолютную влажность воздуха в единицах плотности. Практичнее это сделать в  $\text{г/м}^3$ .

6. Определите относительную влажность воздуха по формуле (4.2).

#### 4.6. Контрольные вопросы

1. Какими величинами характеризуется содержание водяных паров в атмосфере?
2. Напишите соотношение между парциальным давлением (упругостью) водяного пара в атмосфере и его плотностью. Какие предположения при этом делаются?
3. Как зависит упругость насыщенного пара от температуры?
4. Выведите психрометрическую формулу (4.6).
5. Покажите, что константа  $A$  имеет размерность обратной температуры.
6. Сравните количество водяного пара в  $1 \text{ м}^3$  воздуха с плотностью воздуха в лаборатории. Какую часть массы воздуха составляет пар?

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 18105–2010. Бетоны. Правила контроля и оценки прочности. – Москва : Изд-во стандартов, 2012.
2. Диковский И.А. Механические свойства бетона / И.А. Диковский, А.И. Кравцов. – Оренбург, 1998.
3. Импульсный эхо-метод при контроле бетона. Помехи и пространственная селекция / А.В. Ковалев, В.Н. Козлов, А.А. Самокрутов, В.Г. Шевалдыкин, Н.Н. Яковлев // Дефектоскопия. – 1990. – № 2. – С. 29–41.
4. Пособие по обследованию строительных конструкций зданий. – Москва : ЦНИИПромзданий, 1997.
5. Архитектурная физика : учеб. для вузов / под ред. Н.В. Оболенского. – Москва : Стройиздат, 2003.
6. Дундич Е.И. Лабораторный практикум по строительной физике ограждающих конструкций зданий. – Харьков, 1962.
7. Гусев Н.М. Основы строительной физики. – Москва : Стройиздат, 1975.
8. СНиП 23-05–95. Естественное и искусственное освещение / Минстрой России. – Москва : ГУП ЦПП, 1998.
9. СП 23-102–2003. Естественное освещение жилых и общественных зданий. – Москва, 2005.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Значения упругости насыщенного пара  $E$ , Па, для температур от 0 до 24 °С

$t, ^\circ\text{C}$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8
0	611	620	628	637	647
1	657	666	676	685	695
2	705	716	727	737	747
3	757	768	780	791	802
4	813	825	836	848	860
5	872	885	897	909	922
6	935	948	961	975	988
7	1001	1016	1030	1044	1058
8	1072	1087	1102	1117	1132
9	1148	1164	1179	1195	1212
10	1228	1234	1261	1277	1295
11	1312	1330	1348	1366	1384
12	1403	1421	1440	1460	1477
13	1497	1517	1537	1557	1577
14	1598	1619	1640	1661	1683
15	1705	1727	1749	1772	1796
16	1817	1841	1865	1889	1913
17	1937	1961	1986	2013	2037
18	2064	2089	2116	2143	2169
19	2197	2224	2252	2280	2309
20	2338	2366	2395	2426	2456
21	2486	2517	2548	2580	2612
22	2644	2676	2709	2742	2776
23	2809	2842	2877	2913	2948
24	2984	3020	3056	3093	3130
25	3168	3205	3244	3283	3321