

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Балтийский государственный технический университет "Военмех"

# ЭКОЛОГИЯ

Лабораторный практикум

*Под редакцией Н.И. Иванова и Л.Ф. Дроздовой*

Санкт-Петербург  
2012

Авторы: *М.В. Буторина*, канд. техн. наук, доц. (лаб. раб. № 5); *Л.Ф. Дроздова*, канд. техн. наук, проф. (лаб. раб. №5); *Н.И. Иванов*, д-р техн. наук, проф. (лаб. раб. № 5); *В.В. Карманова*, асп. (лаб. раб. № 6); *Д.А. Куклин*, канд. техн. наук, доц. (лаб. раб. № 5); *А.А. Лубянченко*, асп. (лаб. раб. № 1); *С.Н. Молчанова*, доц. (лаб. раб. № 4); *С.К. Петров*, канд. техн. наук, проф. (лаб. раб. № 1, 6); *Н.В. Тюрина*, канд. техн. наук, доц. (лаб. раб. № 5); *А.В. Храмов*, д-р мед. наук, проф. (лаб. раб. №2); *А.Ю. Олейников*, канд. техн. наук, доц. (лаб. раб. №3)

УДК 504:628.51(076)  
Э40

**Экология:** лабораторный практикум / Под ред. Н.И. Иванова и Л.Ф. Дроздовой; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2012. – 76 с.

Практикум включает шесть лабораторных работ, каждая из которых содержит необходимые теоретические сведения, описание используемого оборудования, указания по технике безопасности, порядок выполнения, а также некоторые справочные материалы.

Предназначен для студентов всех специальностей дневного и вечернего отделений.

**УДК504:628.51(076)**

Рецензент д-р техн. наук, проф. БГТУ *В.А. Пинчук*

*Утверждено  
редакционно-издательским  
советом университета*

© БГТУ, 2012  
© Авторы, 2012

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЛУШИТЕЛЕЙ ШУМА

**Цель работы** – ознакомиться с основными типами и конструкциями глушителей шума, показать значение их эффективности, выполнить сравнительные испытания глушителей шума различных типов, изучить некоторые методы расчета эффективности глушителей.

### 1. Краткие сведения из теории

*Шум в окружающей среде* – нежелательный или вредный наружный шум, создаваемый в результате деятельности человека, в том числе шум, излучаемый подвижными (средства дорожного, рельсового, авиационного транспорта) и стационарными (потoki автодорожного транспорта, промышленные предприятия, энергетические и прочие объекты) источниками шума.

В практике борьбы с шумом под ним подразумевается случайное сочетание звуков различной интенсивности и частоты, мешающий, нежелательный звук. Воздействие шума на человека зависит от его характеристик. Основные характеристики шума:

- уровни звукового давления (УЗД), дБ;
- уровни звука (УЗ), дБА;
- частотный состав (спектр);
- продолжительность воздействия.

В прикладной акустике для измерений шума используют децибелы (дБ).

*Децибел* – логарифмическая величина, численно равная десятичному логарифму безразмерного отношения физической величины к одноименной физической величине, принимаемой за исходную, умноженному на десять:

$$A_{\text{дБ}} = 10 \lg \frac{A}{A_0},$$

где  $A_{\text{дБ}}$  – величина в децибелах;  $A$  – измеренная физическая величина;  $A_0$  – величина, принятая за базис.

Человек воспринимает шум в пределах от 0 дБ (*нулевой* порог) до приблизительно 130...140 дБ (*болевого* порог).

УЗД измеряют прибором с октавными фильтрами.

Влияние шума на человека разнообразно и часто взаимосвязано. Различные эффекты влияния шума на человека можно разделить на три категории:

- влияние на здоровье (как на органы слуха, так и на весь организм в целом);
- влияние на активность человека, включая нарушение сна;
- психологические эффекты или негативные реакции, вызванные сильным и длительным шумом.

Шум при длительном действии влияет не только на здоровье, но и на работоспособность человека. При действии шума замедляется скорость психических реакций, снижается темп работы, ухудшается качество переработки информации. Превышение шума на каждые 1...2 дБА снижает производительность труда приблизительно на 1%.

Глушители шума – едва ли не самый многочисленный класс систем шумозащиты. Они чрезвычайно разнообразны по размерам, конструктивному исполнению, применяемым материалам и в зависимости от назначения носят названия глушителей шума выпуска газов или сжатого воздуха, шума всасывания, шума аэродинамических потоков, шума воздухопроводов и пр.

При всем многообразии процессов шумообразования все механизмы можно свести к двум основным:

1. Звук, возникающий вне пределов глушителя и передаваемый на него через трубопроводы. Звук, передаваемый через глушитель, снижается на таких акустических принципах, как отражение, поглощение или интерференция звука.

2. Образование аэродинамического шума на срезе выпускного устройства при прохождении сжатого воздуха или потока отработанных газов. Снижение аэродинамического шума достигается воздействием на поток воздуха или газов, проходящих через глушитель, путем снижения их энергии. Снижение энергии потоков или струй достигается:

- организацией движения газового потока или струи путем внезапного расширения или сжатия

проходного сечения, осуществлением поворота потока, удлинением пути движения потока, разделением потока и т.п.;

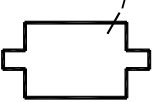

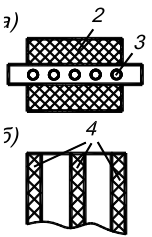
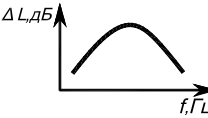
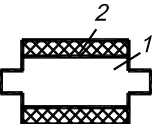

- совершением потоком (струей) работы;
- охлаждением газового потока;
- введением добавочного сопротивления, например, трения, при движении потока или струи.

Для уменьшения звуковой энергии движущейся среды в глушителях служат расширительные камеры, перфорированные трубки и перегородки, глухие перегородки, трубки Вентури, перфорированные обечайки и др. Устройства воздействуют на движущийся поток, уменьшают его скорость, температуру, сглаживают турбулентность и др. Применение таких элементов трудно рассчитать, и их выбирают путем экспериментов, с учетом имеющегося опыта.

Акустические принципы снижения шума и соответствующие типы глушителей приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Акустические принципы снижения шума глушителями

Принцип снижения шума	Тип глушителя	Схема	Обозначения на схеме	Характерный спектр эффективности
Отражение звука	Реактивный		1 – расширительная камера (фильтр); 2 – звукопоглощающий материал (ЗПМ); 3 – отверстия в трубе; 4 – пластина ЗПМ	
Поглощение звука	Абсорбционный			
Поглощение и отражение звука	Комбинированный			

Окончание табл. 1.1

Принцип снижения шума	Тип глушителя	Схема	Обозначения на схеме	Характерный спектр эффективности
Интерференция звука	Активный		5 – канал; 6 – микрофон; 7 – система преобразования звука; 8 – динамик	
Отражение звука на резонансных частотах	Реактивный-резонансный		9 – воздушовод; 10 – резонатор; 11 – горло резонатора	

Основой *реактивного глушителя* является расширительная камера. Принцип работы – отражение звука в местах расширения и сужения воздуховода при изменении импедансов в этих сечениях. Камера работает как акустический фильтр, снижая звук на определенных частотах. Реактивный глушитель в зависимости от длины и частоты имеет широкие полосы заглушения и узкие полосы полного прохождения звука. Реактивные глушители наиболее эффективны на низких частотах.

В *абсорбционных глушителях* снижение шума достигается путем перехода звуковой энергии в тепловую в звукопоглощающем элементе глушителя. Глушители эффективны в средне- и высокочастотном диапазонах. С увеличением толщины звукопоглощающего материала (ЗПМ) эффективность глушителей смещается по частотной шкале влево. Эффективность глушителя максимальна на частотах, где коэффициент звукопоглощения ЗПМ близок к единице.

*Активные глушители* работают на принципе интерференции: при наложении в противофазе двух звуковых волн с одинаковыми амплитудами в трубопроводе наблюдается снижение тонального звука на низких частотах.

По назначению и в зависимости от скорости потока воздуха или газовой струи в глушителе, а также температуры проходящих через глушитель газов, глушители можно подразделить на несколько принципиально отличных классов.

Глушители *воздуховодов* устанавливают, например, в системах вентиляции, они предназначены для работы с небольшими потоками воздуха (до 10...15 м/с), имеющими температуры, равные температурам окружающей среды, и представляют собой достаточно простые устройства, работающие на принципе поглощения звука проходящего по воздуховоду. Тип глушителей – абсорбционные. Эффективны в средне- и высокочастотном диапазонах.

Глушители *сжатого воздуха* устанавливают на различных пневмосистемах, например, пневмоинструменте. Струя воздуха имеет высокие скорости до 50...100 м/с, но небольшие температуры. Снижение шума достигается уменьшением скорости выбрасываемой струи воздуха, путем как расширения, так и обеспечения трения в пористых или волокнистых стенках глушителей. Такие глушители по принципу действия можно назвать фрикционными. Они эффективны в высокочастотном диапазоне.

Глушители *шума выпуска (реактивные) двигателей внутреннего сгорания* (ДВС) устанавливают на пути движения горячего газового потока с температурами 400...600 °С и скоростью 50...80 м/с. Вместе с потоком движется звук высоких уровней, возникающий в цилиндрах при сгорании топлива. Глушители как снижают звук, образующийся в камерах сгорания ДВС, так и влияют на параметры струи газов, изменяя ее давление, скорость и температуру. Эти глушители представляют собой набор камер со сложной организацией движения газового потока. Спектр эффективности – от низких до высоких частот.

*Механические* глушители совершают работу и тем самым снижают энергию струи газов, но они также представляют собой расширительную камеру, где реализуется принцип реактивного глушителя.

*Температурные* глушители снижают температуру струи и уменьшают излучаемую ею звуковую мощность.

В *абсорбционных* глушителях шума всасывание струи воздуха имеет небольшую скорость (10...15 м/с), а температура воздуха равна температуре окружающей среды, т.е. сравнительно невысока. Эффект шумоглушения комбинированный.

Глушители *шума реактивных струй* устанавливают на стендах испытания турбореактивных двигателей (ТРД). Через глушители проходит струя раскаленных газов скоростью до 300 м/с и температурой 1200...1500°С. Шум такой струи снижается путем погашения её энергии в больших камерах, где также располагаются элементы звукопоглощения. Эти глушители по принципу действия – комбинированные. Основной эффект достигается снижением скорости струи в десятки раз. Эффективность таких глушителей в основном в средне- и высокочастотном диапазонах.

## 2. Расчет эффективности некоторых глушителей

Эффективность глушителя – это соотношение, определяемое по формуле

$$\Delta L_{\text{гл}} = L_{\text{тр}} - L_{\text{гл}}, \quad (1.1)$$

где  $\Delta L_{\text{гл}}$  в дБ (дБА);  $L_{\text{тр}}$  – уровни звукового давления в 1/1 или 1/3 октавных полосах частот, измеренные у конца трубы, заменяющей глушитель (ее длина равна длине глушителя);  $L_{\text{гл}}$  – уровни звукового давления в 1/1 или 1/3 октавных полосах частот, измеренные у выхлопного патрубка глушителя. Схема измерений приведена на рис. 1.1.

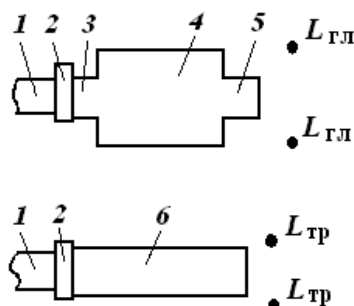


Рис. 1.1. Схема измерения эффективности глушителя: 1 – трубопровод (волновод); 2 – крепление глушителя (трубы); 3 – входной патрубок глушителя; 4 – глушитель; 5 – выходной патрубок глушителя; 6 – труба

Эффективность глушителя определяется в УЗД, дБ, в 1/1 или 1/3 октавных полосах частот и (или) в УЗ, дБА.

Ориентировочная эффективность камеры реактивного глушителя

$$\Delta L_{\text{гл}} = 10 \lg \left[ 1 + \frac{1}{4} \left( \frac{S_1 - S_2}{S_2 - S_1} \right)^2 \sin kl \right], \quad (1.2)$$

где  $\Delta L_{\text{гл}}$  в дБ;  $S_1$  и  $S_2$  – площади сечения входного патрубка и камеры глушителя соответственно (рис. 1.2, а);  $l$  – длина глушителя (камеры);  $k = 2\pi f / c$  – волновое число.

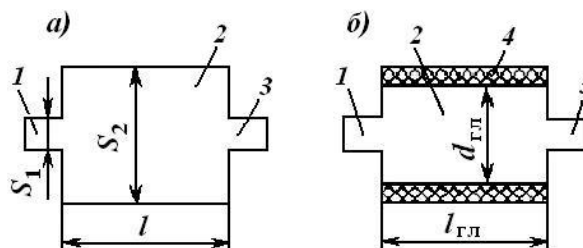


Рис. 1.2. Схемы расчета глушителей: а – реактивного; б – абсорбционного; 1 – входной патрубок; 2 – камера; 3 – выходной патрубок; 4 – звукопоглощение

Эффективность в дБ абсорбционного глушителя, приведенного на рис. 1.2, б, рассчитывают по приближенной формуле

$$\Delta L_{\text{гл}} = 4,4 f(\alpha) \frac{l_{\text{гл}}}{d_{\text{гл}}}, \quad (1.3)$$

где  $l_{\text{гл}}$  и  $d_{\text{гл}}$  – длина и диаметр глушителя соответственно;  $f(\alpha)$  – условный коэффициент звукопоглощения, который зависит от значений коэффициента звукопоглощения материала  $\alpha$  (табл. 1.2).

Таблица 1.2

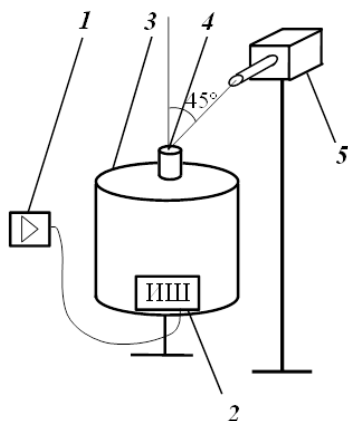
Значения коэффициента $f(\alpha)$								
$\alpha$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$f(\alpha)$	0,1	0,2	0,35	0,5	0,65	0,9	1,2	1,6

В качестве звукопоглощающих материалов в абсорбционных глушителях используют: супер-тонкое стеклянное или базальтовое волокно, минераловатные плиты и др.

### 3. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рис. 1.3) представляет собой камеру 3, в которой размещаются источник шума 2, камера имеет входное отверстие – излучатель 4, на которое устанавливаются образцы глушителей. Акустический сигнал подается от MP3-плеера 1 на источник шума 2. Переносной измерительный прибор 5 располагается на расстоянии 25 см от среза испытуемого глушителя (под углом 45° к оси глушителя).

Установка работает следующим образом. MP3-плеер подает сигнал на акустическую систему, которая излучает шум. Звук от источника, выходя через излучатель 4, проходит через исследуемый глушитель и поступает к микрофону прибора.



- Размеры испытываемых глушителей:
- диаметр трубопровода – 0,036 м;
  - диаметр камеры глушителя – 0,13 м;
  - длина глушителя – 0,3 м.

#### 4. Измерения прибором Октава-110А

##### 4.1. Меры предосторожности при работе с прибором

Рис. 1.3. Схема лабораторной установки

Прибор – сложное современное электронное устройство, требующее повышенной аккуратности при обращении. К наиболее уязвимым элементам прибора относятся: микрофонный капсюль, место соединения между корпусом прибора и предусилителем, а также стекло индикатора (см. рис. 1.5). Помимо хрупкости отдельных элементов конструкции, электрический прибор требует соблюдения ряда условий при его сборке и эксплуатации:

- для начала работы с прибором соединение индикаторного блока и предусилителя – микрофонного капсюля следует проводить в присутствии преподавателя (перед сборкой убедиться, что индикаторный блок отключен). Кнопку **ВКЛ** нажимать через 20...30 с после соединения;

- для завершения работы обязательно выключить питание клавишей **ВЫК** или подождать не менее 20...30 с, прежде чем приступить к разборке прибора. Если этого не сделать, то на микрофоне и в цепях предусилителя останется заряд поляризующего напряжения (200В), который при последующей сборке может повредить предусилитель. **Наворачивание или отворачивание (смена) микрофона (или его электрического эквивалента) при включенном питании прибора категорически запрещены!**

Кроме того, высокоточный прибор имеет ряд внутренних настроек, изменение которых повлечет некорректные результаты измерений. **Любые изменения внутренних настроек прибора без согласования с преподавателем запрещены!**

##### 4.2. Порядок проведения измерений

Общий вид прибора Октава-110А представлен на рис. 1.4.



Рис. 1.4. Прибор Октава-110А

Для проведения измерений необходимо соединить предусилитель с микрофонным капсюлем с входным разъемом прибора.

Включение прибора осуществляется удержанием клавиши **ВКЛ/ВЫКЛ** в течение примерно 1 с. Чтобы выключить прибор, удерживайте эту клавишу также примерно 1 с.

После включения на несколько секунд на индикаторе появляется надпись SELF TESTING, а затем – заставка (рис. 1.5).

Клавишами  $\uparrow\downarrow$  вы можете выбрать нужный язык. В первой строке под заставкой вы видите выбранный в данный момент русский язык.

Чуть ниже выводятся дата и время, установленные в приборе, а в последней строке – напряжение на аккумуляторной батарее.

Нажав клавишу **МЕНЮ**, вы перейдете в окно «ВЫБОР ПРИБОРА». В этом окне (рис. 1.6) вы увидите все режимы измерения, установленные в вашем приборе.

Следует выбрать режим «ЗВУК» и нажать клавишу «МЕНЮ».

На дисплее появится меню «НАСТРОЙКА» (рис. 1.7).



Рис. 1.5. Окно включения прибора Октава 110 А

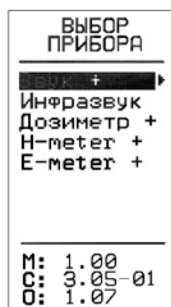


Рис. 1.6. Окно выбора прибора Октава 110 А



Рис. 1.7. Окно «настройка» прибора Октава 110 А

Без прим.  
Диапазон 2  
КК: +0.3  
Спектр ДА  
Калибровка  
Пол. ВЫКЛ.  
USB ВЫКЛ.  
OUT 1000k  
Контраст  
Подсветка  
12/03/12  
11:45:11  
4.49V

#### Перечень расшифрованных наименований меню «НАСТРОЙКА»

показывает примечание, сделанное к измерению установленный в данный момент диапазон измерений калибровочная поправка выбор типа представления данных (Таблица, Спектр ДА, Спектр НЕТ) переход в режим калибровки Вкл./Выкл. поляризации микрофона (Пол. ВКЛ.=200 В, Пол. ВЫКЛ.=0 В.) активировать/деактивировать USB выбор телеметрии по цифровому каналу регулировка контрастности индикатора включить/выключить подсветку дата время напряжение питания

После включения прибора необходимо выждать примерно 90 с, прежде чем запускать измерения или производить калибровку. В течение этого времени происходит стабилизация внутренних цепей прибора.

Клавиши  $\uparrow\downarrow$  позволяют перемещаться по меню «Настройка» вверх и вниз. Чтобы изменить значение нужной опции, необходимо сначала выделить ее (клавиши  $\uparrow\downarrow$ ). Если опция имеет переключаемые значения («Диапазон ...», «Спектр Да»/«Спектр НЕТ»/«Таблица», «Пол. Выкл» и др.), то клавиши  $\leftarrow$  и  $\rightarrow$  будут последовательно циклически перелистывать доступные значения. Выбрав нужное значение, переходите к следующему пункту меню (клавиши  $\uparrow\downarrow$ ).

Убедиться, что напряжение поляризации микрофона установлено 200 В.

Менять калибровочную поправку **запрещено**.

Установить в строке выбора типа представления данных «Спектр ДА».

Нажать клавишу «МЕНЮ» и перейти в режим измерений (рис. 1.8).

Для запуска процесса измерений нажать клавишу «СТАРТ».

Измерить уровень шума и остановить процесс измерений клавишей «СТОП».

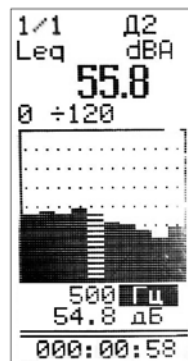


Рис. 1.8. Режим измерений прибора Октава 110 А



## 5. Требования безопасности

К работе допускаются студенты, ознакомившиеся с требованиями безопасности, конструкцией лабораторной установки и методикой выполнения работы.

1. Приступать к работе можно только после разрешения преподавателя.
2. Запрещается устранять неисправности измерительной аппаратуры: менять предохранители, вскрывать панели приборов, открывать капсюль микрофона или его разъём.
3. Необходимо соблюдать аккуратность, неторопливость при установке глушителей и проведении измерений.
4. По окончании работы выключить приборы и привести в порядок рабочее место.

## 6. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с методикой выполнения работы и изучить требования безопасности.
2. Получить допуск к работе, ответив на поставленные преподавателем вопросы.
3. Включить МРЗ-плеер и выбрать звуковую дорожку, указанную преподавателем.
4. Установить регулятор громкости акустической системы в среднее положение и не трогать его до окончания выполнения работы.
5. Поместить в выходное отверстие излучателя прямую трубу. Установить микрофон прибора на расстоянии 25 см от среза прямой.
6. Измерить уровень звукового давления (УЗД) во всех октавных полосах частот и уровень звука (УЗ). Полученные данные занести в табл. 1.3 отчета.
7. Аналогично п. 5 поместить поочередно в выходное отверстие излучателя абсорбционный глушитель, реактивный глушитель и комбинированный глушитель, произвести измерение УЗД и УЗ.
8. Выключить прибор и источник звука.
9. Занести в табл. 1.4 и отразить на графике (рис. 1.9) экспериментально полученную эффективность глушителей, рассчитав ее по формуле (1.1).
10. По формуле (1.2) рассчитать эффективность реактивного глушителя. Занести полученные значения эффективности в табл. 1.4 отчета.
11. Сделать выводы о проделанной работе. Сравнить экспериментально полученную эффективность различных конструкций глушителей, указать степень соответствия результатов расчета и измерений для реактивного глушителя.

## 7. Содержание отчета

Отчет о выполненной лабораторной работе должен содержать:

1. Цель работы.
2. Схему установки.
3. Измеренные значения УЗ и УЗД.

Таблица 1.3

Модель глушителя	УЗД, дБ, в октавных полосах частот, Гц								УЗ, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Прямая труба									
Абсорбционный глушитель									
Реактивный глушитель									
Комбинированный глушитель									

4. Графическое отображение результатов.

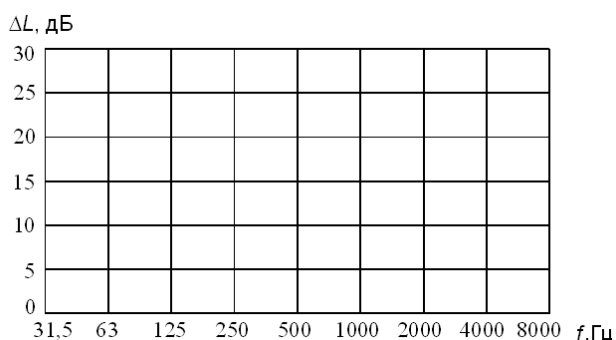


Рис. 1.9. Графическое изображение эффективности глушителей

## 5. Эффективность глушителей.

Таблица 1.4

Модель глушителя	Эффективность, дБ, в октавных полосах частот, Гц									Эффективность, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Абсорбционный глушитель										
Комбинированный глушитель										
Реактивный глушитель										
Реактивный глушитель (расчетный метод)										

## 6. Выводы.

Работу выполнил(и) студент(ы) гр. \_\_\_\_\_

Работу принял:

Преподаватель \_\_\_\_\_

1.

2.

3.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## Контрольные вопросы

1. Цель, достигаемая при проведении работы.
2. Что такое шум?
3. Что такое УЗ и УЗД?
4. В каких единицах измеряется уровень звука (УЗ) и уровень звукового давления (УЗД)?
5. Что такое децибел?
6. Какими параметрами характеризуется шум?
7. В чем измеряется эффективность глушителей шума?
8. Основные акустические принципы снижения шума глушителями.
9. Основные типы глушителей.
10. Основные классы глушителей.
11. Расчёт эффективности реактивного однокамерного глушителя.
12. Расчёт эффективности абсорбционного глушителя.

## Лабораторная работа №2

## ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

**Цель работы** – ознакомиться с основными нормативными документами и принципами защиты от электромагнитных полей частоты 50 Гц (промышленной частоты).

### 1. Краткие сведения из теории

*Электромагнитное поле* (ЭМП) можно рассматривать как особую форму материи. Оно предстает как совокупность *электрического* и *магнитного* полей, находящихся во взаимной зависимости.

ЭМП, возникающее в некоторой области пространства, не заполняет его мгновенно, а распространяется с конечной скоростью  $c$ , зависящей от свойств среды (для вакуума  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с). Периодические ЭМП имеют *волновой* характер распространения. Одними из основных параметров ЭМП является *частота*  $f$ , измеряемая в герцах (Гц), и *длина волны*  $\lambda$ , имеющая размерность метры. Для вакуума справедливо равенство

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{f}. \quad (2.1)$$

Для расстояний  $R$  от источника ЭМП до точки наблюдения, много меньших, чем длина волны

ЭМП ( $R \ll \lambda$ ), электрические и магнитные поля можно полагать несвязанными и рассматривать раздельно.

Частота электрического тока и напряжения  $f = 50$  Гц (ее иногда называют *промышленной частотой*) принята в нашей стране и в Европе в качестве основной для энергоснабжения. ЭМП промышленной частоты возникают вблизи любого технического устройства, вырабатывающего, передающего или потребляющего электрическую энергию и работающего на частоте 50 Гц. Для  $f = 50$  Гц длина волны  $\lambda = 6000$  км, и поэтому ЭМП вблизи электроустановок, работающих на частоте 50 Гц, можно рассматривать как состоящее из двух полей – электрического и магнитного. Также можно полагать, что электрическое поле возникает при наличии напряжения на токоведущих частях, а магнитное – при прохождении тока по этим частям.

В гигиенической практике интенсивность электрического поля частотой 50 Гц характеризуется *напряженностью электрического поля  $E$* , выражаемой в вольтах на метр (В/м) или в киловольтах на метр (кВ/м);  $1 \text{ кВ/м} = 1000 \text{ В/м}$ .

Интенсивность магнитного поля характеризуется *магнитной индукцией  $B$* , выраженной в тесла (Тл), а также в дольных единицах: миллитесла ( $1 \text{ мТл} = 10^{-3} \text{ Тл}$ ); микротесла ( $1 \text{ мкТл} = 10^{-6} \text{ Тл}$ ); нанотесла ( $1 \text{ нТл} = 10^{-9} \text{ Тл}$ ).

При систематическом воздействии сильные электрические поля промышленной частоты вызывают ухудшение здоровья населения: повышенную утомляемость, головные боли, боли в сердце, нарушение функционального состояния центральной нервной и сердечно-сосудистой систем и др. В научных публикациях последних лет активно обсуждается вопрос о канцерогенной опасности магнитных полей частотой 50 Гц. Основными источниками являются воздушные линии электропередачи (ВЛ), электрические сети жилых домов, бытовые электроприборы.

Различают следующие виды воздействия электрического поля:

- 1) непосредственное воздействие при пребывании в поле. Неблагоприятные для здоровья эффекты усиливаются при увеличении напряженности поля и времени пребывания в нем;
- 2) воздействие электрических разрядов, возникающих при прикосновении стоящего на земле человека к изолированным от земли конструкциям или при прикосновении человека, изолированного от земли, к заземленным конструкциям или проводам;
- 3) воздействие токов стекания, проходящих через человека, находящегося в контакте с металлическими конструкциями и проводами.

Кроме того, электрическое поле может стать причиной воспламенения или взрыва паров горючих материалов и смесей в результате возникновения электрических разрядов при соприкосновении предметов и людей с машинами и механизмами.

Предельно допустимые уровни (ПДУ) электрических и магнитных полей 50 Гц для населения содержатся в трех нормативных документах:

- Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты – СанПиН 2.2.4.1191-03, ГОСТ 12.1.051-90;
- Санитарные нормы допустимых уровней физических факторов при применении товаров народного потребления в бытовых условиях СанПиН 2.1.2.2645-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях».

Согласно этим документам, ПДУ напряженности электрического поля  $E_{\text{ПД}}$  для населения составляют:

- внутри жилых зданий  $E_{\text{ПД}} = 500 \text{ В/м} = 0,5 \text{ кВ/м}$ ;
- на территории жилой застройки  $E_{\text{ПД}} = 1000 \text{ В/м} = 1 \text{ кВ/м}$ ;
- в населенной местности вне территории жилой застройки, а также на территориях огородов и садов  $E_{\text{ПД}} = 5000 \text{ В/м} = 5 \text{ кВ/м}$ ;
- на участках пересечения высоковольтной линии с автомобильными дорогами 1 – 4 категории  $E_{\text{ПД}} = 10000 \text{ В/м} = 10 \text{ кВ/м}$ .

Основной метод защиты от электрического поля – защита расстоянием. В целях защиты населения от воздействия электрического поля ВЛ устанавливаются санитарно-защитные зоны. *Санитарно-защитной зоной ВЛ* является территория вдоль трассы ВЛ, в которой напряженность электрического поля превышает 1 кВ/м. В пределах санитарно-защитных зон запрещается размещать жилые и общественные здания и сооружения.

Для вновь проектируемых ВЛ, а также зданий и сооружений допускается принимать границы санитарно-защитных зон вдоль трассы ВЛ по обе стороны от нее на следующих расстояниях от проекции на землю крайних фазных проводов:

Линейное напряжение, кВ	Расстояние, м
330	20
500	30
750	40
1150	55

Распределение электромагнитного поля вблизи ВЛ имеет достаточно сложный характер, поэтому в работе используется измерительная процедура определения магнитной индукции  $B$ , а также упрощенный расчет напряженности электрического поля  $E$ .

## 2. Охранные зоны линий электропередачи

*Охранный зона вдоль воздушных линий электропередачи* устанавливается в виде воздушного пространства над землей, ограниченного параллельными вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии на расстоянии от крайних проводов по горизонтали, указанном в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Напряжение линии, кВ	Расстояние, м
До 20	10
От 20 до 35	15
–//– 35 –//– 110	20
–//– 110 –//– 220	25
–//– 220 –//– 500	30
–//– 500 –//– 750	40
–//– 750 –//– 1150	55

*Охранный зона воздушных линий электропередачи, проходящих через водоемы* (реки, каналы, озера и т.д.), устанавливается в виде воздушного пространства над водной поверхностью водоемов, ограниченного параллельными вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии на расстоянии по горизонтали от крайних проводов для судоходных водоемов – 100 м, для несудоходных водоемов – на расстоянии, указанном в табл. 2.1.

*Охранный зона вдоль подземных кабельных линий электропередачи* устанавливается в виде участка земли, ограниченного параллельными вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии на расстоянии по горизонтали 1 м от крайних кабелей.

*Охранный зона вдоль подводных кабельных линий электропередачи* устанавливается в виде участка водного пространства от водной поверхности до дна, заключенного между вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны линии на расстоянии 100 м по горизонтали от крайних кабелей.

Индукция магнитного поля промышленной частоты 50 Гц в жилых помещениях на расстоянии от 0,2 м от стен и окон и на высоте 0,5...1,5 м от пола не должна превышать 5 мкТл (4 А/м), а в зоне жилой застройки – 10 мкТл (8 А/м).

Электрическое и магнитное поля промышленной частоты 50 Гц в жилых помещениях оценивают при полностью отключенных изделиях бытовой техники, включая устройства местного освещения. Электрическое поле измеряют при полностью выключенном общем освещении, а магнитное поле – при полностью включенном общем освещении.

## 3. Описание лабораторной установки

Лабораторный стенд (рис. 2.1) состоит из розетки электропитания 1, электрического шнура 2, трансформаторного блока 3, макета трехфазной ВЛ 4 с горизонтальным расположением проводов над идеально проводящей поверхностью 5, нагрузочного блока 6.

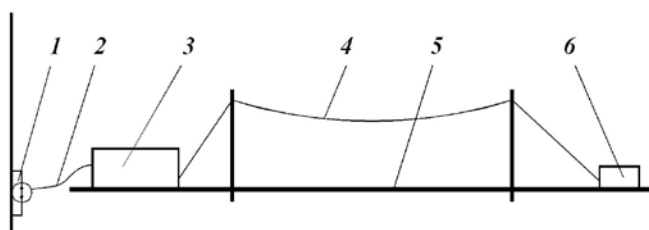


Рис. 2.1. Эскиз лабораторного стенда

Измерительный прибор **тесламетр** – прибор (*магнитометр*), служащий для измерения *магнитной* индукции  $B$  или напряжённости магнитного поля  $H=B/\mu_0\mu$  (А/м) в изотропной среде, где  $\mu_0$  – магнитная постоянная,  $\mu$  – относительная магнитная проницаемость среды. Измеритель «Нева-3» выявляет повышенный уровень магнитного поля в диапазоне частот 5 Гц ... 2 кГц не более (цена деления – 250 нТл) на расстоянии 50 см от датчика прибора.

Тесламетр «Нева-3» имеет два диапазона измерений: 0...10 мкТл и 0...100 мкТл. Для выполнения лабораторной работы используется диапазон **0...10 мкТл**.

Прибор имеет выключатель, кнопку переключения диапазонов, датчик и шкалу измерений.

**Порядок работы на тесламетре «Нева-3»:**

- включить прибор;
- установить диапазон 0...10 мкТл;
- установить датчик в необходимой точке;
- зарегистрировать показания прибора;
- повторить операцию трижды;
- вычислить среднее значение трех измерений.

#### 4. Требования безопасности

1. Стенд включать в сеть только после ознакомления с содержанием работы, в присутствии преподавателя.
2. Запрещается выносить измерительный прибор за пределы учебной лаборатории.
3. Во избежание поражения электрическим током запрещается нарушать изоляцию питающего шнура и проводов ВЛ.
4. При обнаружении неисправностей лабораторного стенда или измерительного прибора сообщить об этом преподавателю.
5. Запрещается самим разбирать стенд и измерительный прибор.
6. Необходимо строго соблюдать порядок выполнения работы.
7. По окончании работы отключить лабораторный стенд и сдать измерительный прибор преподавателю.

#### 5. Порядок выполнения работы

1. Изучить содержание лабораторной работы.
2. Изучить требования безопасности при выполнении работы.
3. Получить у преподавателя допуск к выполнению работы.
4. Получить в лаборантской комнате измеритель ЭМП.
5. Подготовить измеритель ЭМП к работе, для чего перевести выключатель на трансформаторном блоке 3 (рис. 2.1) из положения **Выкл** в положение **Вкл**.

**Самостоятельно прибор не разбирать!**

6. Включить стенд в сеть под контролем преподавателя. Перевести выключатель на трансформаторном блоке в верхнее положение; при этом должна загореться индикаторная лампочка.

7. Установить зависимость магнитной индукции от расстояния до высоковольтной линии (ВЛ).

*Измерительный прибор необходимо ориентировать датчиком в сторону интересующего источника ЭМП!*

Расположить датчик прибора на проводящей поверхности 5 (см. рис. 2.1) перпендикулярно проводам ВЛ под серединой пролета (рис. 2.2). Положение датчика прибора должно соответствовать точке  $X = 0$  (ноль на линейке).

Перемещая датчик по оси  $X$  произвести измерения магнитной индукции для положения датчика прибора по точкам с координатами  $X = 2; 4; 6; 8; 10; 12; 14; 16; 18$  см (всего 10 точек).

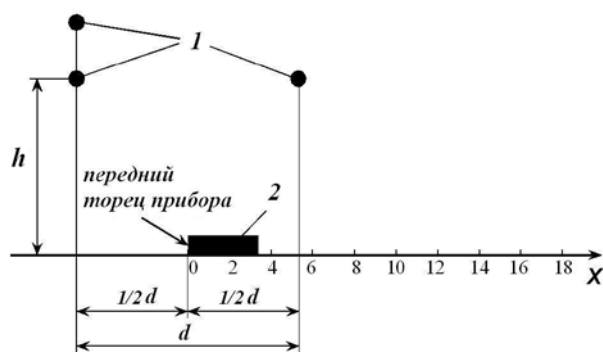


Рис. 2.2. Схема измерения магнитной индукции поля высоковольтной линии:  
 $h$  – высота подвеса проводов,  $d$  – расстояние между проводами; 1 – провода ВЛ; 2 – измеритель ЭМП

Результаты измерений занести в табл. 2.2 отчета. Построить графическую зависимость магнитной индукции  $B$  от расстояния  $X$  (см. рис. 2.4).

8. Вычислить коэффициент ослабления магнитного поля в зависимости от расстояния по формуле

$$K = B_{X=0} / B_{X=18} \quad (2.2)$$

9. Изучить асимметрию магнитного поля трансформатора в горизонтальной плоскости и оценить его экологическую безопасность.

Измерение магнитного поля трансформатора проводится в различных азимутальных направлениях (векторные углы  $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 150^\circ$  и  $180^\circ$ ) на расстоянии 10 и 25 см от корпуса (рис. 2.3).

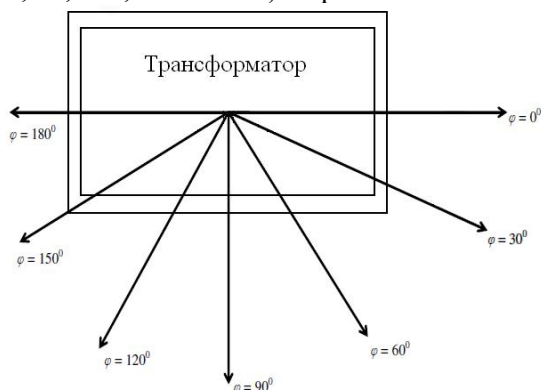


Рис. 2.3. Диаграмма выбора контрольных точек измерения магнитного поля трансформатора

Результаты вычислений занести в табл. 2.3 отчета.

10. Сравнить результаты с предельно допустимым значением магнитной индукции для зоны жилой застройки. Сделать выводы.

## 6. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Схема лабораторного стенда.
3. Магнитная индукция на разных расстояниях от центра высоковольтной линии (табл. 2.2).

Таблица 2.2										
Координата $X$ , см	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
Магнитная индукция $B$ , нТ										

4. Графическая зависимость  $B(X)$  (рис. 2.4) по данным табл. 2.2.

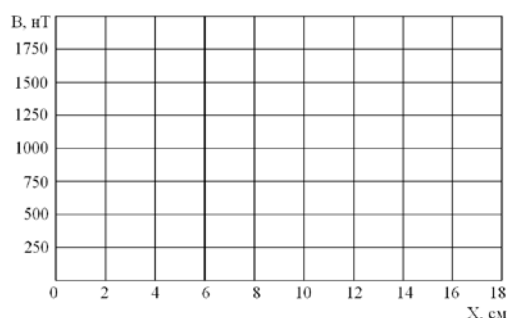


Рис. 2.4. Графическая зависимость магнитной индукции поля ВЛ от расстояния  $X$

5. Коэффициент ослабления магнитного поля, вычисленный по формуле (2.2).

Таблица 2.3

Уровень магнитной индукции  $B$ , нТ, в горизонтальной плоскости в различных азимутальных направлениях от трансформатора

Векторный угол, °	0	30	60	90	120	150	180
10 см от трансформатора							
25 см от трансформатора							

6. Выводы по работе

Работу выполнил(и) студент(ы) гр. \_\_\_\_\_

1.

2.

3.

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Работу принял:

Преподаватель \_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

### Контрольные вопросы

1. В каких единицах измеряется напряженность электрического поля?
2. В каких единицах измеряется магнитная индукция?
3. Какую частоту ЭМП называют промышленной?
4. Что называется санитарно-защитной зоной высоковольтной линии электропередачи?
5. Каков предельно допустимый уровень напряженности электрического поля внутри жилых помещений и в зоне жилой застройки?
6. Какова методика измерения магнитной индукции?
7. На какой высоте от земли или пола определяются значения напряженности магнитного поля для сравнения с предельно допустимыми уровнями?
8. При каком условии электрические и магнитные поля можно полагать несвязанными и рассматривать раздельно?

### Лабораторная работа №3

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ

**Цель работы** – изучить комплекс приборов и с их помощью научиться определять метеорологические параметры атмосферы, сравнить полученные результаты с нормируемыми значениями и сделать выводы о состоянии микроклимата лаборатории.

### 1. Краткие сведения из теории

#### Общие сведения

*Атмосфера* – газовая оболочка Земли, вращающаяся вместе с нею. Основные свойства атмосферы заключаются в ее способности перераспределять энергию Солнца, защищать планету от вредных доз космического излучения и обеспечивать кислородный обмен. Атмосфера имеет слоистое строение и состоит из нескольких сфер (тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера, экзосфера), между которыми располагаются переходные слои – паузы. Масса атмосферы составляет  $(5,1...5,3) \cdot 10^{18}$  кг. В сферах плотность воздуха и его температура изменяются.

Наиболее плотный слой воздуха, прилегающий к земной поверхности, носит название *тропосферы*. Толщина его в средних широтах составляет 10...12 км над уровнем моря, на полюсах – 7...10 км, а над экватором – 16...18 км. В тропосфере сосредоточено более 4/5 массы земной атмосферы. Из-за неравномерности нагрева земной поверхности в атмосфере образуются мощные вертикальные потоки воздуха, которые предопределяют неустойчивость температуры, относительной влажности, давления и т.п. Однако в среднем температура воздуха в тропосфере по высоте уменьшается на 0,6°C на каждые 100 м и колеблется от +40 до –50°C.

В приземных слоях тропосферы условно выделяют наружную воздушную среду, в которой большинство людей проводят меньшую часть времени (10...15%), внутреннюю производственную (в ней человек проводит 25...30% своего времени) и внутреннюю жилую, где люди пребывают большую часть времени (60...70%). Следует отметить, что состояние наружной воздушной среды в значительной мере предопределяет состояние как внутренней производственной, так и жилой воздушной среды.

Газовый состав атмосферы до высоты 100 км относительно постоянен и включает преимущественно азот (75,5% по массе), кислород (23,3% по массе), аргон (1,28% по массе), диоксид углерода (0,046 по массе), а также следы других газов. На высотах от 13 до 27 км наблюдается повышенная концентрация озона. Азот – важнейший биогенный элемент, участвующий в образовании белковых структур организмов; кислород обеспечивает процессы окисления, а такая модификация кислорода, как озон, задерживает ультрафиолетовую составляющую солнечного света, которая губительна для всего живого. Диоксид углерода является парниковым газом, задерживая до 10% теплоотдачи планеты.

Обычно в атмосферном воздухе присутствуют различные примеси, которые переносятся воздушными потоками, подвергаются физическим и химическим изменениям под воздействием природных и антропогенных факторов, а также влияют на прозрачность атмосферы, препятствуя прохождению солнечных лучей к поверхности Земли.

Влажность атмосферного воздуха определяется насыщением его водяными парами. Наиболее насыщен влагой нижний слой тропосферы (до высоты 1,5...2,0 км), где концентрируются примерно 50% всей влаги. Количество водяного пара, содержащегося в воздухе, зависит от его температуры, и чем выше температура, тем больше влаги может содержать воздух. Однако для каждой температуры существует определенный предел насыщения воздуха парами воды, который не достигает максимального, и разность между максимальным и данным насыщением носит название **дефицита влажности**, или недостатка насыщения. Дефицит влажности – важнейший экологический параметр, поскольку он характеризует сразу две величины: температуру и влажность. Чем выше дефицит влажности, тем суше и теплее, и наоборот.

Осадки являются результатом конденсации водяных паров в атмосфере, при этом они в значительной степени предопределяют круговорот воды на Земле. Прослеживается резкая неравномерность выпадения осадков на поверхность Земли, выделяют гумидные (влажные) и аридные (засушливые) зоны. Зоны с количеством осадков менее 250 мм/год считаются засушливыми. Осадки – своеобразные очистители атмосферы, режим осадков – важнейший экологический фактор, определяющий миграцию примесей в биосфере.

Кроме того, наличие примесей влияет на прозрачность атмосферы, препятствует прохождению солнечных лучей к земной поверхности.

Температура воздуха над поверхностью Земли предопределяется солнечными излучением и процессами, протекающими в атмосфере. Количество тепла, падающего на горизонтальную поверхность, прямо пропорционально синусу угла стояния Солнца над горизонтом, а это определяет суточные и сезонные колебания температуры в данных районах. Таким образом, чем выше широта местности (к северу или к югу от экватора), тем больше угол наклона, под которым солнечные лучи достигают земную поверхность, тем холоднее климат.

В атмосфере происходит постоянное движение воздушных масс, обусловленное перепадами давления и вращением Земли. В приземном слое ветер оказывает влияние на все метеорологические параметры, а также является основным фактором переноса и перераспределения примесей в



атмосферном воздухе.

В пределах земной атмосферы области высокого и низкого давления постоянны, при этом в одних и тех же точках наблюдаются сезонные и суточные минимумы и максимумы давления. Нормальными считаются стандартные физические условия, с которыми обычно соотносят свойства веществ (англ. *Standard temperature and pressure, STP*). Нормальные условия определены IUPAC (Международным союзом практической и прикладной химии) следующим образом:

- атмосферное давление 101325 Па = 760 мм рт. ст.
- температура воздуха 273,15 К = 0°C.

### ***Измерение температуры воздуха и определение относительной влажности и ее дефицита***

Для измерения температуры воздуха, как правило, используют ртутные или спиртовые термометры. Температуру воздуха также можно измерять с помощью термоанемометров и аспирационных психрометров.

*Абсолютной влажностью*  $\rho$  воздуха называют величину, численно равную массе водяного пара, содержащегося в 1 м<sup>3</sup> воздуха (т.е. плотность водяного пара в воздухе при данных условиях).

*Упругость* водяного пара  $p$  – это парциальное давление водяного пара, содержащегося в воздухе.

*Парциальное давление* – часть общего давления, относящаяся к одному из компонентов газовой смеси. Оно равно давлению, которое компонент оказывал бы в отсутствие всех других компонентов смеси, т. е. в том случае, когда масса данного компонента, содержащаяся в газовой смеси, одна занимала бы весь объём.

*Относительной влажностью* воздуха  $\varphi$  называют выраженное в процентах отношение абсолютной влажности к плотности  $\rho_0$  насыщенного пара при данной температуре (или отношение упругости водяного пара к давлению  $p_0$  насыщенного пара при данной температуре):

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%; \quad \varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%.$$

Воздух может быть как сухим, так и влажным. При одной и той же температуре воздуха содержание водяного пара может колебаться в широких пределах: от максимально возможного (состояние полного насыщения) до нуля (абсолютно сухой воздух). Относительная влажность и характеризует степень насыщения воздуха водяным паром. Выражается относительная влажность в процентах. Например, 100% – полное насыщение, 50% – насыщение наполовину и т.д. Относительная влажность, таким образом, не характеризует абсолютное содержание в воздухе водяного пара, которое в зависимости от температуры воздуха может быть значительным и при небольшой относительной влажности (например, в жару) и очень малым – при высокой относительной влажности (например, в сильные морозы).

В данной работе относительную влажность и дефицит влажности воздуха определяют с помощью аспирационного психрометра. Он состоит из двух одинаковых ртутных термометров, при этом ртутный резервуар одного из них обернут кусочком ткани, который смачивают водой. Этот термометр называют влажным (мокрым), а второй – сухим. Резервуары обоих термометров помещены в трубочки, через которые с помощью механического вентилятора, установленного в верхней части психрометра, прогоняется воздух с постоянной скоростью (около 2 м/с).

Принцип действия психрометра заключается в следующем. С поверхности мокрой ткани испаряется вода, и, следовательно, влажный термометр теряет больше тепла, чем сухой. Показания влажного термометра будут всегда ниже показаний сухого. Разность в показаниях сухого и мокрого термометров принято называть психрометрической разностью. Чем меньше влажность воздуха, тем интенсивнее испаряется вода с поверхности ткани и тем больше снижается температура влажного термометра. По разности показаний сухого и влажного термометров можно судить о степени влажности воздуха. Когда воздух при данной температуре имеет максимальную влажность, испарение влаги не происходит, психрометрическая разность равна нулю, и оба термометра покажут одну и ту же температуру.

Относительную влажность воздуха определяют по психрометрическим таблицам или расчетным путем по формуле

$$\varphi = \frac{100 \cdot p}{p_n} = \frac{100 \cdot [p_{\text{нас}} - A(t_c - t_b) p_6]}{p_n}, \quad (3.1)$$

где  $p$  – парциальное давление водяных паров в окружающем воздухе при температуре сухого термометра;  $p_{\text{нас}}$  – парциальное давление насыщенных паров при температуре влажного термометра;  $A$  – психрометрический коэффициент, изменяется в зависимости от скорости движения воздуха около баллончиков термометров психрометра, в данном случае  $A = 6,62 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ;  $t_c$ ,  $t_b$  – соответственно показания сухого и влажного термометров;  $p_6$  – барометрическое давление;  $p_n$  – парциальное давление насыщенных паров при температуре сухого термометра.

**Пример.** По аспирационному психрометру  $t_c = 17 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $t_b = 12 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Барометрическое давление  $p_6 = 102000 \text{ Па}$ .

Определить относительную влажность воздуха.

**Решение.** По табл.3.1 находим парциальное давление насыщенных паров: при  $t_b = 12 \text{ } ^\circ\text{C}$   $p_{\text{нас}} = 1400 \text{ Па}$ ; при  $t_c = 17 \text{ } ^\circ\text{C}$   $p_n = 1920 \text{ Па}$ ,

$$\varphi = \frac{100 \cdot [1400 - 0,000662 \cdot (17 - 12) \cdot 102000]}{1920} = 55,3\% .$$

Таблица 3.1

Парциальное давление насыщенных водяных паров при различных температурах

Температура, $^\circ\text{C}$	Парциальное давление, Па	Температура, $^\circ\text{C}$	Парциальное давление, Па
0	614	16	1807
5	873	17	1920
6	948	18	2050
7	1003	19	2182
8	1074	20	2322
9	1145	21	2529
10	1224	22	2624
11	1303	23	2789
12	1400	24	2962
13	1490	25	3144
14	1590	30	4212
15	1695	40	7330

Кроме того, определять относительную влажность по показаниям психрометра, но уже с меньшей точностью (без введения поправок на давление) можно по психрометрическому графику (рис. 3.1).

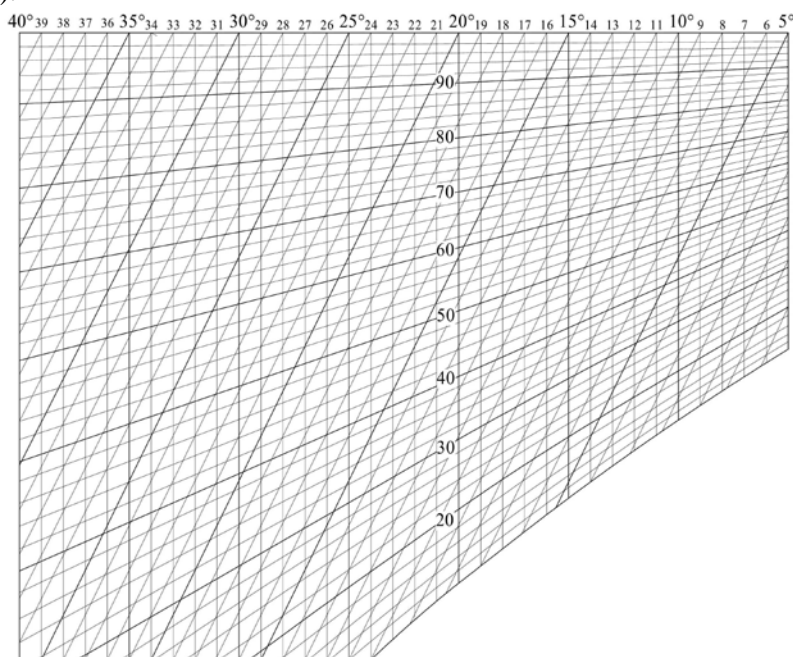


Рис. 3.1. Психрометрический график

Порядок определения относительной влажности по психрометрическому графику следующий:

по вертикальным линиям отмечают показания сухого термометра, по наклонным – показания смоченного термометра; на пересечении этих линий получают значения относительной влажности, выраженные в процентах. Линии, соответствующие десяткам процентов, обозначены на графике цифрами: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90.

**Пример.** Температура сухого термометра 21,7 °С; температура смоченного термометра 14,3 °С.

Определить относительную влажность воздуха.

*Решение.* На графике находим точку пересечения вертикальной и наклонной линии, соответствующую данным температурам: она находится выше 42, но ниже 44. Следовательно, относительная влажность будет приблизительно 43%.

Дефицит влажности воздуха  $B$  рассчитываем по формуле

$$B = \frac{P_n - P_{\text{нас}}}{P_n} \cdot 100\% . \quad (3.2)$$

$$\text{Для тех же условий } B = \frac{1920 - 1400}{1920} \cdot 100 = 27\% .$$

Для регистрации колебаний температуры и относительной влажности за длительный период времени используют автоматические приборы такие, как термографы и гигрографы, которые могут фиксировать параметры продолжительный период времени (сутки, неделю, месяц и т.д.)

### ***Измерение скорости ветра***

Скорость ветра измеряют с помощью анемометров и термоанемометров. Для измерения скорости ветра в пределах от 1 до 20 м/с наиболее часто применяют чашечные или крыльчатые анемометры. В данной работе для измерения скорости ветра в пределах от 1 до 5 м/с используется крыльчатый анемометр. Принцип его действия основан на том, что частота вращения крыльчатки тем больше, чем больше скорость ветра. Вращение крыльчатки передается на счетный механизм. Разница в показаниях до и после измерения, деленная на время наблюдения, показывает число делений в 1 с. Специальный тарифовочный график, прилагаемый к прибору, позволяет по частоте вращения определить скорость ветра. В случае, если прибор не механический, а электронный, показания считываются сразу с экрана прибора.

Скорость ветра с более низкими значениями измеряют термоанемометром, принцип действия которого основан на охлаждении движущимся воздушным потоком микротермометра сопротивления. Прибор позволяет измерять скорость воздуха в пределах от 0,1 до 0,5 м/с и одновременно его температуру в пределах от 0 до +50 °С.

### ***Измерение атмосферного давления***

Атмосферное давление при выполнении лабораторной работы измеряется барометром-анероидом, температура воздуха – термоанемометром либо психрометром (показания «сухого» термометра).

## **2. Описание лабораторной установки**

Лабораторная установка (рис.3.2) состоит из стола, колонки 1, на которой размещен осевой вентилятор 2. Для измерения скорости воздуха, создаваемого осевым вентилятором, используется анемометр 3, закрепленный на подставке. Атмосферное давление определяется с помощью барометра-анероида 6 в гектопаскалях. Измерение температуры, относительной влажности воздуха и ее дефицита производят аспирационным психрометром 4. Скорость движения воздуха до 5,0 м/с определяют с помощью термоанемометра 5.

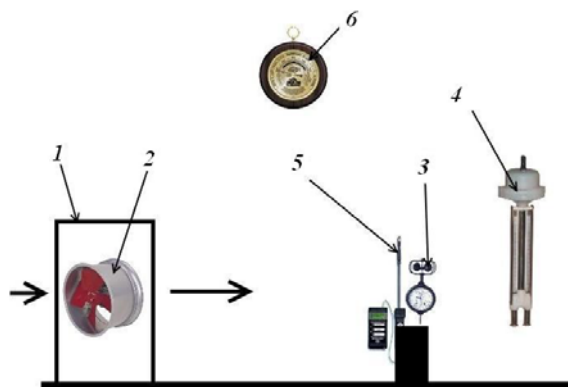


Рис. 3.2. Схема лабораторного стенда

### 3. Требования безопасности

1. Внешним осмотром убедитесь в исправности приборов, а для приборов, запитывающихся от электрической сети, проконтролируйте исправность изоляции питающих проводов, а также надежность заделки вилок.

2. Не устраняйте самостоятельно замеченные неисправности, а сообщите о них преподавателю.

3. Строго соблюдайте общие меры безопасности при проведении лабораторных работ, изложенные при проведении первичного инструктажа по охране труда на рабочем месте.

4. По окончании работы отключите все приборы от электросети.

### 4. Порядок выполнения работы

Температуру, относительную влажность воздуха и ее дефицит измеряют аспирационным психрометром. Процесс измерения начинают с подготовки прибора, визуального контроля его исправности и с ознакомления с документами по аттестации прибора. За 3...4 мин до начала измерений смачивают чехол влажного термометра водой. Далее включают вентилятор психрометра с помощью электрического выключателя и одновременно запускают таймер. Спустя одну минуту начинают наблюдения за понижением показаний температуры влажного термометра. За счет испарения воды с чехла влажного термометра от резервуара с ртутью отнимается тепло на фазовый переход воды в пар, и показания влажного термометра понижаются тем быстрее, чем интенсивнее процесс испарения, который является функцией парциального давления водяных паров в воздухе.

Отсчет значения температуры по влажному термометру производят через 4 мин, когда значения достигают минимума. Одновременно снимают показания сухого термометра. Для уменьшения погрешности отсчета при регистрации показаний термометров необходимо, чтобы глаз наблюдателя находился на уровне конца столбика ртути.

Значения показаний термометров аспирационного психрометра заносят в табл.3.2 отчета (строка 1). Затем определяют относительную влажность как расчетным путем по формуле (3.1), так и по психометрическому графику (рис.3.1). Полученные значения относительной влажности также заносят в табл. 3.2. Значения барометрического давления определяют по барометру-анероиду и заносят в строку 2 табл.3.2.

По формуле (3.2) рассчитывают дефицит влажности воздуха, полученный результат заносят в табл.3.2.

Для измерения скорости ветра служит анемометр. Если используется электронный прибор, показания снимают с экрана электронного блока. Если – механический, измерения начинают с записи показаний (табл. 3.3) всех трех циферблатов анемометра (четырёхзначная цифра): справа внизу – тысячи, слева внизу – сотни, по большому циферблату – десятки и единицы (записывают те цифры, через которые стрелка уже прошла). При этом ось прибора должна быть отключена арретиром от регистрирующего механизма.

После подготовки анемометра к работе его располагают на штативе так, чтобы его циферблат находился параллельно оси движения воздуха. Несколько минут (2...3 мин) необходимо подождать, пока установится постоянная скорость вращения лопаточного колеса. Затем одновременно с включением арретира анемометра включают таймер. При значениях скорости движения воздуха свыше 10 м/с достаточна экспозиция в 50...100 с, в остальных случаях она должна составлять 3...5

мин. После истечения времени замера арретиром отключают счетный механизм анемометра и записывают показания трех циферблатов (табл. 3.3).

Разница между показаниями до и после измерения, деленная на время, дает скорость воздушного потока в делениях шкалы анемометра за секунду. Скорость в метрах в секунду определяют по специальному графику, отражающему индивидуальные качества данного анемометра. Эти графики заполняются на заводах-изготовителях и прикладываются к каждому прибору. Если прибор электронный, показания снимаются с табло прибора, установочное время в этом случае также 2...3 мин.

Температуру воздуха и скорость ветра в пределах от 0,1 до 5,0 м/с измеряют термоанемометром на различных расстояниях по оси воздушного потока, создаваемого вентилятором. Результаты замеров заносят в табл.3.4.

## 5. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Схема лабораторной установки.
3. Измерение значения температуры и относительной влажности и ее дефицита.

Таблица 3.2

Показания термометров аспирационного психрометра, °C		Относительная влажность, %		Дефицит влажности, %
сухого	мокрого	по графику 3.2	расчетная	
Атмосферное давление, гПа				

4. Измерение скорости ветра механическим анемометром.

Таблица 3.3

Номер ступени вентилятора	Показатели счетчиков		Разница между показаниями	Время измерения, с	Количество делений в секунду	Скорость движения воздуха, м/с
	до замера	после замера				
1						

5. Измерение скорости ветра и температуры воздуха термоанемометром.

Таблица 3.4

Номер замера	Показания термоанемометра	
	температура, °C	скорость ветра, м/с
1		
2		
3		

6. Выводы.

Работу выполнил(и) студент(ы) гр. \_\_\_\_\_

Работу принял:

Преподаватель \_\_\_\_\_

1.

2.

3.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## Контрольные вопросы

1. Дайте определение атмосферы.
2. Что такое тропосфера и ее основные параметры?
3. Приведите основной газовый состав атмосферы.
4. Что такое дефицит влажности?
5. Какие зоны считаются засушливыми?
6. Перечислите приборы, с помощью которых определяют метеорологические параметры атмосферы.
7. Укажите, с помощью какого прибора определяется относительная влажность воздуха.
8. Когда показания влажного термометра психрометра будут меньше – при большей или меньшей относительной влажности и почему?
9. Перечислите типы приборов для измерения скорости ветра.
10. Дайте определение относительной влажности.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ РАДИОАКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

**Цель работы** – ознакомиться с методами контроля содержания радиоактивных веществ в продуктах питания; получить практические навыки работы с приборами для измерения ионизирующих излучений (ИИ).

### 1. Краткие сведения из теории

#### *Общие положения*

Радиоактивные вещества входят в состав различных пород земли, присутствуют в воде и атмосфере. В растениях, животных можно обнаружить небольшое количество радиоактивных изотопов. Даже в организме каждого из нас имеются такие вещества, как рубидий-87 и калий-40.

При распаде радиоактивных веществ наблюдаются различные виды излучений (альфа-, бета-, гамма-, нейтронное), которые действуют на человека по-разному (см. прил. 4.1).

Повреждений, вызванных в организме человека ионизирующим излучением, будет тем больше, чем больше энергии оно передаст тканям и органам. Количество такой переданной организму энергии (в перерасчете на единицу массы) называется *поглощенной дозой* и измеряется в системе СИ в греях (Гр) или во внесистемных единицах – радах (рад)\*.

Человек подвергается воздействию радиоактивных веществ, находящихся как вне организма (*внешнее* облучение), так и попавших с пищей, водой или воздухом внутрь организма (*внутреннее* облучение).

При внутреннем облучении альфа-частицы в 10...20 раз опаснее бета-частиц и гамма-излучения, а нейтронное излучение опаснее в 3...10 раз. Поэтому была введена единица измерения ИИ – эквивалентная доза ионизирующего излучения в системе СИ зиверт (Зв), а внесистемная – бэр (биологический эквивалент рада, ранее рентгена (Р)).

Человек подвергается облучению как от естественных источников радиации, так и от источников искусственного происхождения. Естественные источники могут быть земного и космического происхождения, но их воздействие на живые организмы может быть усилено экономической деятельностью человека. Например, за час полета на самолете на высоте 6 км эквивалентная доза не превосходит допустимых пределов. Но за 1 ч полета на высоте 10 км пассажиры получают эквивалентную дозу ИИ космического происхождения свыше 2 мкЗв, что в 10...20 раз больше, чем на уровне моря и в несколько раз выше допустимой нормы. С увеличением высоты полета эквивалентная доза космического излучения, воздействующая на пассажиров и экипаж самолета, резко возрастает. Так на высоте 12 км она составляет 5 мкЗв за час полета, а на высоте 20 км – 13 мкЗв.

Основными естественными источниками являются радиоактивные элементы, содержащиеся в земных породах и пище, которую мы едим. В природе есть два очень важных радиоактивных элемента: уран-238 и торий-232. Их периоды полураспада исчисляются миллионами лет. По мере радиоактивного распада и исчезновения излучение испускают не только они сами, но и продукты их распада.

Урановая руда была найдена в большом количестве в Австралии, Канаде, России, Чехии, Словакии, Республике Конго и США. Однако наиболее значительные месторождения урановой руды обнаружены в Юго-Восточной Африке.

Уран и торий содержатся во многих породах, в том числе граните, фосфатах, угле. Применение угля для выработки электроэнергии приводит к тому, что вместе с дымом, зольной пылью в атмосферу выбрасываются и радиоактивные вещества.

Фосфаты используют для производства фосфорных удобрений, а отходы удобрений перерабатывают в фосфогипс, часто применяемый в строительстве, особенно внутренних перегородок жилых и административных зданий. Калийные удобрения, широко распространенные в сельскохозяйственной деятельности, повышают концентрацию радиоактивного калия-40 на полях, попадающего вместе с растительной и животной пищей в организм человека.

Внесение фосфатных удобрений в течение длительного периода увеличивает активность урана,

---

\* 1 рад = 0,01 Гр

тория и продуктов их семейств в почве на 0,2...1%.

Самую большую дозу внутреннего облучения человек получает от воздействия тяжелого радиоактивного газа – радона – продукта радиоактивного превращения тяжелых элементов.

Радон в основном проникает в дом вместе с воздухом, который выходит из почвы вследствие разницы в давлениях внутри и вне дома. В результате распада радона в воздухе образуются короткоживущие радиоактивные изотопы полония, свинца и висмута, которые чаще всего прикрепляются к микроскопическим пылинкам-аэрозолям. Поверхность легких человека является хорошим фильтром, осаждающим радиоактивные аэрозоли. В органы дыхания человека за сутки может попасть около 20 млн атомов радона, а при высоком его уровне – более 1 млрд тяжелых атомов этого радиоактивного газа. Два радиоактивных изотопа полония с массовыми числами 218 и 214 «обстреливают»  $\alpha$ -частицами ткань легких и составляют свыше 97% дозы облучения, связанного с радонам.

Для того чтобы уменьшить риск радонового облучения, необходимо проводить защитные мероприятия: использовать для полов специальные покрытия, тщательно проветривать помещения.

В результате антропогенной деятельности появилось несколько сотен искусственных радионуклидов. Человек научился использовать энергию атомов в самых различных целях: в производстве электроэнергии и для создания атомного оружия, в медицине и для обнаружения пожаров, в поиске полезных ископаемых и для создания различных приборов. При этом могут происходить утечки радиоактивных изотопов в окружающую среду не только в результате аварий, но в процессе функционирования объектов, использующих, хранящих или перерабатывающих радиоактивные вещества и их отходы.

Таким образом, экономическая деятельность человека приводит к увеличению дозы облучения как отдельных людей, так и населения планеты в целом. При этом наибольшую опасность представляет внутреннее облучение. Примерно две трети эквивалентной дозы облучения, которое человек получает от естественных источников, поступают в организм с воздухом, пищей и водой. При авариях на радиационно опасных объектах, сопровождающихся выбросом радиоактивных веществ в атмосферу, также значительная часть радионуклидов попадает в организм. Это, как правило, целый комплекс радиоактивных веществ естественного и искусственного происхождения, которые концентрируются в различных органах и тканях. Например, изотопы йода накапливаются в щитовидной железе, в костях – избирательно изотопы свинца, стронция, радия. Изотопы цезия, имитируя калий, концентрируются внутриклеточно.

Радиоактивный йод попадает в организм в первые дни после аварии на радиационно опасных объектах в основном через органы дыхания, а в дальнейшем со свежим молоком от животных, пасущихся на загрязненных радиоактивными выбросами пастбищах. Стронций, подобно кальцию, может накапливаться в зеленых растениях, в частности, в злаковых, в зерне, и с хлебопродуктами поступать в организм. Через корм коров он попадает в их ткани. Поэтому молоко – второй после хлеба путь поступления стронция в организм человека. Наконец, стронций, выпавший на поверхность водоемов или смытый туда поверхностными стоками, легко поглощается одноклеточными водорослями (фитопланктон), затем по пищевой цепи накапливается раками и другими мелкими животными (зоопланктон), а затем и рыбой. Концентрация стронция по мере продвижения по пищевой цепи возрастает, и в теле некоторых рыб она может быть в десятки тысяч раз выше, чем в воде. Таким образом, рыба, в особенности ее скелет, – третий распространенный пищевой канал поступления стронция в организм человека.

Стронций вслед за кальцием накапливается в костной ткани и фиксируется в ней. Наибольшее накопление возможно в растущем организме. Стронций, осевший (инкорпорированный) в костях, крайне трудно удаляется из организма. Радиоактивный цезий-147, подобно калию и в отличие от стронция, равномерно распределяется в тканях организма; наибольшая его концентрация наблюдается в мышцах.

Прежде чем попасть в организм человека, радиоактивные вещества проходят по сложным маршрутам в окружающей среде. При этом следует учитывать, что радиоактивные вещества, переходя из почвы в растения, далее в организм травоядных, а потом с мясом, молоком и молочными продуктами, поступая в организм человека, имеют тенденцию к все большей концентрации в каждом следующем звене пищевой цепочки. Дозы внутреннего облучения от поступающих радиоактивных изотопов в организм могут превышать в 30, иногда 70 раз внешнее облучение этими же изотопами. Поэтому важную роль приобретает своевременный контроль загрязненности продуктов радионуклидами, позволяющий оградить население от потребления вредных для здоровья продуктов питания.

### **Методика измерения загрязненности продуктов питания радиоактивными изотопами**

Вывод о возможности употребления в пищу тех или иных продуктов можно сделать после измерения активности радионуклидов в образцах пищи и сравнения результатов измерения с допустимыми значениями (табл. П4.2.1).

Загрязненность продуктов питания и воды оценивается количеством распадов радионуклидов, содержащихся в продукте, за единицу времени и измеряется в беккерелях (Бк) или кюри (Ки) на литр или килограмм (Бк/л, Бк/кг, Ки/л, Ки/кг). Один беккерель равен одному распаду (ядерному превращению) в секунду, один кюри равен 37 ГБк.

Практически приборами измеряется не загрязненность радионуклидами, а мощность эквивалентной дозы (МЭД) ионизирующего излучения (ИИ) образца продукта, загрязненного радиоактивными веществами. Затем измеренную МЭД пересчитывают в объемную активность радиоактивных примесей в образце.

Для снижения погрешности измерения и перерасчета необходимо отбирать строго заданные объемы или массу исследуемого образца, устанавливать измерительный прибор на заданное расстояние.

Перед началом измерений подготавливают приборы с интересующими продуктами питания или водой. В зависимости от имеющегося в наличии количества продукта, используют стандартные бытовые стеклянные банки емкостью от 0,5 до 3 л.

Жидкий продукт заливают, а твердый предварительно измельчив, засыпают в емкость таким образом, чтобы верхний край продукта не доходил до края емкости на 3...5 мм.

*Примечание. В данной работе студенты не приготавливают пробы продуктов, а используют емкости, наполненные имитаторами продуктов. Объем пробы, наименование продукта и содержащийся в нем радионуклид определяется номером варианта (табл. П4.2.2), который выдает преподаватель для каждого студента в отдельности.*

На горловину емкости с приготовленной пробой продукта устанавливают дозиметр и измеряют мощность эквивалентной дозы ионизирующего излучения радиоактивных веществ, содержащихся в данной пробе. До или после этих измерений проводят измерения МЭД фонового ионизирующего излучения.

Корректированное значение МЭД излучения исследуемой пробы продуктов определяется вычитанием эквивалентной дозы фонового излучения из результатов измерения радиоактивности пробы продуктов. Уровень загрязненности продуктов питания радионуклидами (по гамма-излучению) вычисляют по формуле

$$A = k \cdot \overline{P}, \quad (4.1)$$

где  $A$  в Бк/л;  $k$  – коэффициент связи, зависящий от объема пробы, численные значения приведены в табл. 4.2 отчёта;  $\overline{P}$  – средняя корректировочная мощность эквивалентной дозы излучения пробы с исследуемым продуктом, мкЗв/ч.

Если загрязненность радиоактивными веществами продукта питания выше допустимых пределов, то употреблять его в пищу нельзя. В этом случае принимают решение о захоронении этого продукта в специальных могильниках или направляют на хранение, продолжительность которого обусловлена степенью радиоактивного заражения и скоростью его снижения. Скорость снижения радиоактивного заражения зависит от продолжительности периода полураспада радиоактивных веществ, содержащихся в продуктах питания (табл. П4.2.2). Минимально необходимый срок хранения  $t_{\text{хр}}$ , за который уровень загрязненности радионуклидами продукта питания снизится до нормы, определяют по формуле

$$t_{\text{хр}} = 1,443 \cdot T \cdot \ln(A/H), \quad (4.2)$$

где  $T$  – период полураспада, определяемый по табл. П4.2.3;  $A$  – уровень загрязненности радионуклидами продукта питания, Бк/л, рассчитывается по формуле (4.1);  $H$  – допустимое значение уровня загрязненности конкретного продукта питания, Бк/л, определяется по табл. П4.2.1.

Для увеличения срока хранения скоропортящихся продуктов их подвергают переработке, из молока можно приготовить сыры, сливочное масло, сгущенное консервированное молоко; фрукты и ягоды сушат и консервируют. По окончании срока хранения продукты питания должны пройти повторный контроль на содержание радионуклидов, употреблять их в пищу можно только в том случае, если уровень загрязненности радионуклидами не превышает допустимых пределов.



## 2. Описание лабораторного комплекта

Лабораторный комплект состоит из дозиметра ДБГ-06Т и емкостей, наполненных пробами с имитаторами различных продуктов.

Для измерения ионизирующих излучений в данной работе используется дозиметр ДБГ-06Т (рис. 4.1), который предназначен для измерения мощности эквивалентной дозы окружающей среды или мощности экспозиционной дозы на рабочих местах, на территории предприятий, использующих радиоактивные вещества и другие источники ИИ и т.д.

Дозиметр измеряет мощность дозы в двух режимах работы «ПОИСК» и «ИЗМЕРЕНИЕ».

В режиме «ИЗМЕРЕНИЕ» измеряется мощность эквивалентной дозы окружающей среды в диапазоне 0,10...99,99 мкЗв/ч или мощность экспозиционной дозы в диапазоне от 0,01 до 9,99 мР/ч.

В режиме «ПОИСК» дозиметр измеряет мощность эквивалентной дозы окружающей среды в диапазоне от 1,0 до 999,9 мкЗв/ч или мощность экспозиционной дозы в диапазоне от 0,1 до 99,99 мР/ч.

Уровни мощности эквивалентной дозы и экспозиционной дозы измеряются двумя отдельными группами газоразрядных счетчиков с различными корректирующими фильтрами. Каждая группа включает два газоразрядных счетчика СБМ-20.

Показания появляются на цифровом табло жидкокристаллического индикатора «ИЖЦ 5-4/8».

На лицевой панели расположены два переключателя: «Режим работы» и «Диапазон измерения», кнопки «Сброс» и кнопка подсветки цифрового табло.

Источниками питания в дозиметре служит гальванический элемент питания, например, «Корунд» или «Крона».

В качестве имитаторов проб продуктов в лабораторной работе применяются емкости объемом 0,5; 1,0; 2 и 3 л, наполненные материалом с уровнем радиоактивности, превышающим фоновый уровень, но не выше пределов допускаемых нормами радиационной безопасности (НРБ-99/2009 – СанПиН 2.6.1.2523-09).

## 3. Подготовка и порядок работы с дозиметром «ДБР-06Т»

1. Включите дозиметр, для чего установите переключатель 1 диапазона в одно из положений: мР/ч или мкЗв/ч, а переключатель режимов работы 2 в положение «КОНТР» (рис. 4.1).

2. Убедитесь в том, что напряжение батареи питания находится не ниже минимально допустимого значения, для чего нажмите на кнопку 3 – ☼, при этом должна загореться подсветка цифрового табло.

**Внимание!** Отсутствие свечения цифрового табло при нажатии на кнопку 3 означает, что батарея разрядилась и требует замены.

Рис. 4.1. Дозиметр ДРГ-06Т: 1 – переключатель диапазона (положение мР/ч или мкЗв/ч; ВЫКЛ.); 2 – переключатель режимов работы: «ИЗМЕРЕНИЕ», «ПОИСК» и «КОНТР»; 3 – кнопка ☼ – подсветка цифрового табло; 4 – кнопка «Сброс»



3. На цифровом табло при правильном функционировании счетных устройств дозиметра и пригодности источника питания должно отображаться число 515 (без учета запятых). Прибор готов к работе.

4. Сбросить показания нажатием кнопки 4 «Сброс».

5. Установить переключатель режимов работы в положение «ПОИСК», переключатель диапазонов измерения – в положение мР/ч или мкЗв/ч.
6. Сбросить показания нажатием кнопки «Сброс».
7. Определить направление излучения по максимальным показаниям на цифровом табло, ориентируя дозиметр в пространстве.
8. В режиме работы «ПОИСК» смена информации на цифровом табло осуществляется автоматически в такт с миганием запятой в младшем разряде.
9. Для повышения точности измерения при уровнях мощности дозы в пределах до 99,99 мкЗв/ч или 9,99 мР/ч действительное значение целесообразно определять в положении «ИЗМЕРЕНИЕ».
10. В режиме работы «ИЗМЕРЕНИЕ» на цифровом табло отображаются нули во всех разрядах и мигает запятая в младшем разряде. *Отсчет показаний производится в конце цикла (около 40 с) измерения, в момент прекращения мигания запятой.* Показания на цифровом табло сохраняются до момента нажатия кнопки «Сброс» и запуска дозиметра на новый цикл измерения.
11. При уровнях мощности дозы, превышающих предельные значения, на цифровом табло высвечивается переполнение – символ «П» и отсутствует мигание запятой младшего разряда.
12. *Внимание!* Появление на табло символа «П» может свидетельствовать о том, что уровень мощности ИИ является опасным.
13. Выключить дозиметр путем перевода переключателя диапазона в положение «ВЫКЛ».

#### 4. Требования безопасности

1. К работе допускаются студенты, ознакомившиеся с требованиями техники безопасности и методикой выполнения работы.
2. Запрещается устранять любые неисправности в дозиметрическом приборе, вскрывать крышку и т.п.
3. Запрещается нарушать целостность емкостей с имитаторами продуктов, в которых находятся вещества с повышенным содержанием радиоизотопов.
4. Запрещается оставлять дозиметр во включенном состоянии после проведенных замеров.
5. При обнаружении неисправностей или повреждений лабораторного комплекта немедленного сообщить об этом преподавателю.

#### 5. Порядок выполнения работы

1. Получить у преподавателя номер варианта из табл. П4.2.2. Подготовить дозиметр ДБГ-06Т к измерению в соответствии с разд. 3.
2. Измерить мощность эквивалентной дозы (МЭД) естественного гамма-фона. Для этого включенный и готовый к измерениям прибор (в режиме работы «ИЗМЕРЕНИЕ») сориентировать в пространстве и примерно через 40 с начать отчеты показаний цифрового табло.
3. Записать во второй столбец табл. 4.1 отчета не менее пяти показаний.
4. Определить среднее значение мощности эквивалентной дозы естественного гамма-фона  $\overline{P_{\phi}}$  по формуле

$$\overline{P_{\phi}} = \sum_{i=1}^n P_i / n, \quad (4.3)$$

где  $P_i$  – показания цифрового индикатора при  $i$ -м отсчете, мкЗв/ч (1 мкЗв/ч = 100 мкР/ч);  $n$  – количество записанных показаний. Результаты расчета занести в последнюю строку столбца 2 табл. 4.1 отчета.

5. Включенный прибор ДБГ-06Т (в режиме работы «ИЗМЕРЕНИЕ») установить вплотную задней чувствительной панелью к горловине емкости с имитатором продукта. Через 40 с начать отсчеты, занося их значения в мкЗв/ч в соответствующую графу табл. 4.1 отчета. Всего должно быть записано не менее пяти показаний.

6. Определить среднее значение мощности эквивалентной дозы в мкЗв/ч гамма-излучения продукта  $\overline{P_j}$  по следующей формуле:

$$\overline{P_j} = \sum_{i=1}^n P_i / n, \quad (4.4)$$

где  $j$  – объем емкости с пробой ( $j = 0,5; 1; 2; 3$  л), остальные обозначения те же что и в формуле

(4.3).

7. Для компенсации влияния естественного гамма-фона на результаты измерений необходимо из среднего значения мощности эквивалентной дозы, определенного по формуле (4.4), вычесть значение мощности эквивалентной дозы естественного гамма-фона, определенного по формуле (4.3). Результаты расчетов в мкЗв/ч занести в первую строчку табл. 4.2 отчета.

8. Определить уровень загрязненности в Бк/л продукта питания радионуклидами по формуле (4.1) и занести результаты вычисления в строку 3 табл. 4.2 отчета.

9. По табл. П4.2.1 определить допустимые значения уровня в Бк/л загрязненного радионуклидами продуктов питания. Данные занести в строку 4 табл. 4.2 отчета.

10. Определить превышение допустимого уровня загрязненности исследуемой пробы радиоактивными веществами, разделив значения строки 3 табл. 4.2 отчета на данные строки 4 той же таблицы.

11. Определить по формуле (4.2) минимально необходимые сроки хранения продуктов питания до снижения уровня загрязненности радионуклидами до нормы. Результаты расчетов занести в строку 6 табл. 4.2 отчета.

12. Сделать выводы о проделанной работе, записать в отчет. В выводах указать полученную величину уровня загрязненности радионуклидами проб продуктов. Если обнаружено превышение допустимых уровней, то указать, какие мероприятия необходимо провести для снижения вредных последствий попадания радионуклидов в организм человека.

## 6. Содержание отчёта

1. Цель работы.
2. Схема лабораторного комплекта.
3. Исходные данные (номер варианта и его содержание).
4. Результаты измерений и расчетов.

Таблица 4.1

Номер измерения	Мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч, естественного гамма-фона	Мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч, измерения около пробы с продуктом питания в емкости			
		0,5 л	1 л	2 л	3 л
1					
2					
3					

Окончание табл. 4.1

Номер измерения	Мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч, естественного гамма-фона	Мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч, измерения около пробы с продуктом питания в емкости			
		0,5 л	1 л	2 л	3 л
4					
5					
и т.д.					
Среднее значение	$\overline{P}_{\phi} =$	$\overline{P}_{0,5} =$	$\overline{P}_1 =$	$\overline{P}_2 =$	$\overline{P}_3 =$

Таблица 4.2

N п/п	Исследуемая величина	Объем пробы исследуемого продукта питания			
		0,5 л	1 л	2 л	3 л
1	Среднее скорректированное значение мощности эквивалентной дозы за вычетом величины естественного гамма-фона $\overline{P} = P_j - P_{\phi}$ , мкЗв/ч				
2	Коэффициент связи	150000	120000	100000	80000
3	Уровень загрязненности радионуклидами пробы исследуемого продукта, Бк/л (значение в строке 1 умножить на значение в строке 2)				
4	Допустимые значения уровня загрязненности радионуклидами, Бк/л (определить по табл.П4.2.1)				
5	Превышение допустимого уровня загрязненности (зна-				

N п/п	Исследуемая величина	Объем пробы исследуемого продукта питания			
		0,5 л	1 л	2 л	3 л
	чение в строке 3 разделить на значение в строке 4)				
6	Минимально необходимые сроки хранения продуктов питания до снижения уровня загрязненности радионуклидами до нормы (определить по формуле (4.2))				

#### 5. Выводы.

Работу выполнил(и) студент(ы) гр. \_\_\_\_\_

Работу принял:

Преподаватель \_\_\_\_\_

1.

2.

3.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### Контрольные вопросы

1. Что называется излучением? Какие из перечисленных видов излучения относятся к ионизирующему излучению: гамма-, бета-, ультрафиолетовое, инфракрасное?
2. Что представляет собой альфа-излучение?
3. Что представляет собой бета-излучение?
4. Что представляет собой гамма-излучение?
5. В каких единицах измеряется поглощенная доза ионизирующего излучения?
6. В каких единицах измеряется экспозиционная доза фотонного излучения?
7. В каких единицах измеряется эквивалентная доза ионизирующего излучения?
8. Какой вид излучения обладает наибольшей проникающей способностью?
9. Какие частицы наносят максимальный вред организму при внутреннем облучении?
10. Что называют периодом полураспада?
11. В каких единицах измеряется загрязненность продуктов питания радионуклидами?

### Приложение 4.1

#### Термины и определения

1. *Альфа-излучение* – корпускулярное излучение, состоящее из альфа-частиц, испускаемых при ядерных превращениях. Альфа-распад испытывают только тяжелые ядра с атомным весом  $A > 200$ . Альфа-частицы – это ядра атомов гелия (система двух протонов и двух нейтронов, связанных воедино).

2. *Беккерель (Бк)* – в системе СИ единица активности нуклида в радиоактивном источнике. Один беккерель соответствует одному распаду в секунду. Внесистемная единица – кюри (Ки),  $1 \text{ Ки} = 37000000000 \text{ Бк} = 37 \text{ ГБк}$ .

3. *Бета-излучение* – электронное (позитронное) излучение, возникающее при бета-распаде ядер или нестабильных частиц.

4. *Гамма-излучение* (фотонное излучение) – жесткое электромагнитное излучение с длиной волны от 0,1 до 10 пм (пикометров), возникающее при изменении энергетического состояния атомных ядер, а также при ядерных реакциях или при аннигиляции частиц.

5. *Излучение* – распространение энергии в форме волн или частиц.

6. *Изотопы* – разновидности данного химического элемента, различающиеся массой ядер. Обладая одинаковыми зарядами ядер, но, различаясь числом нейтронов, изотопы имеют одинаковое число электронных оболочек, т.е. очень близкие химические свойства.

7. *Ионизирующее излучение* – излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию ионов разных знаков. Видимый свет и ультрафиолетовое излучение не включают в понятие «ионизирующее излучение».

8. *Косвенно ионизирующее излучение* – ионизирующее излучение, состоящее из незаряженных частиц, которые могут создавать непосредственное ионизирующее излучение и (или) вызывать ядерные превращения. Это излучение может состоять из фотонов, нейтронов и др.

9. *Непосредственно ионизирующее излучение* – ионизирующее излучение, состоящее из заряженных частиц, имеющих кинетическую энергию, достаточную для ионизации при столкновении. Оно может состоять из электронов, протонов, альфа-частиц и др.

10. *Нуклид* – вид атомов с данными числами протонов и нейтронов.

11. *Период полураспада* – среднее время, необходимое для распада половины атомов данного радиоактивного нуклида.

12. *Поглощенная доза ионизирующего излучения* – энергия ионизирующего излучения, поглощенная облученным веществом, в пересчете на единицу массы этого вещества. Единицы измерения: в системе СИ – грей; 1 Гр равен поглощенной дозе ионизирующего излучения, при которой веществу массой 1 кг передается энергия ионизирующего излучения 1 Дж. Внесистемная единица – рад,  $1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$ . Поглощенная доза излучения является основной величиной, определяющей степень радиационного воздействия на человека при аварийных облучениях.

13. *Радиоактивностью* называется самопроизвольное превращение неустойчивых изотопов одного химического элемента в изотопы другого элемента, сопровождающееся испусканием некоторых частиц.

14. *Радионуклид* – радиоактивный нуклид.

15. *Фотон* – элементарная частица, квант электромагнитного излучения.

16. *Эквивалентная доза ионизирующего излучения* – поглощенная доза, умноженная на коэффициент, отражающий способность данного вида излучения повреждать ткани организма. Для гамма- и бета-излучений этот коэффициент равен единице, для альфа-излучения – лежит в пределах от 10 до 20, для быстрых нейтронов он равен 10, для тепловых – равен 3. Единицы измерения: в системе СИ зиверт (Зв), внесистемная единица – бэр; 1 Зв = 100 бэр.

Естественный фон на территории России создает мощность эквивалентной дозы, находящуюся в пределах от 0,05 до 0,2 мкЗв/ч.

17. *Экспозиционная доза фотонного излучения* (экспозиционная доза) – отношение суммарного заряда всех ионов одного знака, образованных в результате фотонного излучения, к массе воздуха, в котором находятся эти ионы. Единицы измерения в системе СИ – кулон на кг (Кл/кг) внесистемная единица – рентген (Р); 1Р=0,258 мКл/кг.

18. *Ядерными реакциями* называются превращения атомных ядер, вызванные их взаимодействиями с элементарными частицами или друг с другом. Ядерные реакции классифицируются:

- а) по энергии вызывающих их частиц;
- б) по роду участвующих в них частиц;
- в) по роду участвующих в них ядер;
- г) по характеру происходящих ядерных превращений.

## Приложение 4.2

Таблица П4.2.1

**Допустимые значения уровней загрязненности продуктов питания радионуклидами**

Наименование продуктов	Уровни загрязненности	
	Бк/л (Бк/кг)	мкКи/л (мкКи/кг)
Вода	370	0,01
Грибы	18500	0,5
Лекарственные растения	18500	0,5
Макаронные изделия	3700	0,1
Молоко	370	0,01
Мясо	3700	0,1
Рыба	370	0,01
Сахар	1850	0,05
Хлеб	370	0,01
Чай	18500	0,5

Таблица П4.2.2

**Варианты заданий**

Номер варианта	Объем пробы, л	Наименование продукта	Наименование радиоактивного изотопа, содержащегося в пробе продукта
1	2	3	4
1	0,5	Молоко	Йод-131
2	1	Мясо	Стронций-89
3	2	Грибы	Кадмий-115
4	3	Рыба	Цезий-137
5	0,5	Вода	Стронций-89
6	1	Молоко	Йод-31
7	2	Сахар	Кальций-45
8	3	Лекар. растения	Натрий-22
9	0,5	Сахар	Цинк-65
10	1	Вода	Кобальт-57
11	2	Молоко	Цезий-137
12	3	Вода	Барий-133
13	0,5	Макароны	Марганец-54
14	1	Рыба	Олово-60
15	2	Вода	Кальций-45
16	3	Мясо	Кальций-45
17	0,5	Лекар. растения	Кобальт-60
18	1	Хлеб	Цинк-65
19	2	Макароны	Стронций-89
Окончание табл. П4.2.2			
1	2	3	4
20	3	Сахар	Марганец-54
21	0,5	Хлеб	Натрий-22

22	1	Сахар	Олово-60
23	2	Лекар. растения	Барий-133
24	3	Макаронны	Стронций-89
25	0,5	Чай	Йод-131
26	1	Грибы	Цезий-137
27	2	Рыба	Кадмий-115
28	3	Молоко	Олово-60

Таблица П4.2.3

**Периоды полураспада радиоактивных изотопов**

Изотоп	Период полураспада	Изотоп	Период полураспада
Барий-133	10,6 лет	Марганец-54	312 дней
Йод-131	8 дней	Натрий-22	2,6 года
Кадмий-115	2,2 дня	Олово-60	119 дней
Кальций-45	153 дня	Стронций-89	51 день
Кобальт-57	272 дня	Цезий-137	30 лет
Кобальт-60	5,3 года	Цинк-65	244 дня

*Лабораторная работа №5*

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АКУСТИЧЕСКИХ ЭКРАНОВ**

**Цель работы** – закрепить теоретические знания о шуме и средствах защиты от шума; научиться работать с приборами для измерения шума, рассчитывать эффективность акустических экранов (АЭ).

**1. Краткие сведения из теории**

***Шум – фактор акустического загрязнения окружающей среды***

Среди многочисленных проблем экологии заметное место занимает проблема акустического загрязнения окружающей среды. Повышенный шум при длительном воздействии не только понижает слух, но и влияет на нервную и сердечно-сосудистую системы, вызывает раздражение, нарушение сна, утомление, агрессивность, а также способствует психическим заболеваниям. Повышенный шум на рабочем месте также снижает производительность труда. Акустическое загрязнение окружающей среды оказывает на человека такое же воздействие, как кислотные дожди, разрушение озонового слоя и т.д.

Свыше 60% населения крупных городов проживает в условиях чрезмерного шума, за счет повышенного шума заболеваемость в городах увеличивается до 30%. Защита от шума – важная научно-техническая проблема. Благоприятный акустический климат, акустический комфорт – немаловажные показатели единства человека и среды обитания.

***Характеристики шума***

**Шум** – беспорядочное сочетание звуков различной мощности и частоты; шум – мешающий звук. Шум характеризуется уровнем звукового давления (УЗД), дБ; уровнем звука (УЗ), дБА. Важной характеристикой является *спектр шума* – зависимость УЗД от частоты.

Уровни звукового давления (УЗД), дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами (31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц) определяют по формуле

$$L = 20 \lg(p/p_0),$$

где  $p$  – среднеквадратическое значение измеряемого звукового давления, Па;  $p_0$  – нулевой порог звука,  $p_0=2 \cdot 10^{-5}$  Па.

Уровни звука (УЗ), дБА, определяют по формуле

$$L_A = 20 \lg(p_A/p_0),$$

где  $p_A$  – среднее квадратическое значение звукового давления с учетом коррекции «А» прибора,

Па.

Спектральная оценка шума используется для сравнения с нормами при расчете эффективности средств защиты от шума, интегральная оценка шума по УЗ – для оценочного сравнения с нормами, а также измерений непостоянного во времени шума (эквивалентные уровни звука, дБА). Допустимые УЗД и УЗ на рабочих местах приведены в табл. П5.1 приложения.

### **Назначение акустических экранов**

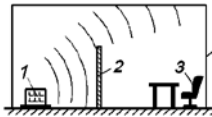
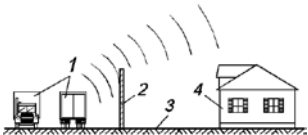
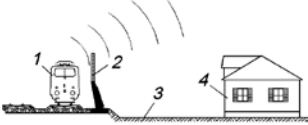
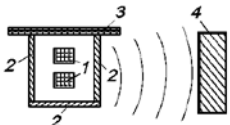
*Акустический экран (АЭ)* – плотная искусственная преграда, устанавливаемая на пути распространения звука от источника шума до объекта защиты (например, здания и др.).

По назначению и месту установки АЭ подразделяются (табл. 5.1) на следующие виды:

- офисно-производственные, устанавливаемые в офисных и производственных помещениях для снижения шума на рабочем месте;
- транспортные, устанавливаемые вдоль автомобильных и железных дорог для снижения шума в близрасположенной застройке;
- технологические, устанавливаемые около стационарных источников шума (трансформаторы, чиллеры и др.) для снижения шума в близрасположенных зданиях.

Таблица 5.1

**Классификация акустических экранов**

Тип АЭ	Схема	Обозначения на схеме	Применение
Офисно-производственные		1 – источник шума; 2 – акустический экран (АЭ); 3 – рабочее место; 4 – помещение	Устанавливаются в помещениях для снижения прямого звука
Транспортные		1 – автодорожный поток (ИШ); 2 – АЭ; 3 – отражающая поверхность; 4 – жилая застройка	Устанавливаются вдоль автомобильных дорог напротив жилой застройки
		1 – подвижной состав ж.-д. транспорта (ИШ); 2 – АЭ; 3 – опорная поверхность; 4 – жилая застройка	Устанавливаются между ж.-д. путями и жилой застройкой
Технологические		1 – источник шума; 2 – АЭ; 3 – стена; 4 – здание	Устанавливаются со всех сторон стационарного источника шума

### **Принцип действия АЭ**

АЭ – звукоизолирующая конструкция, основной принцип действия АЭ – отражение звука. АЭ имеет конечные размеры. Места окончания АЭ называются свободными ребрами АЭ, которые в зависимости от расположения экрана в пространстве могут быть верхним и боковыми (рис. 5.1).

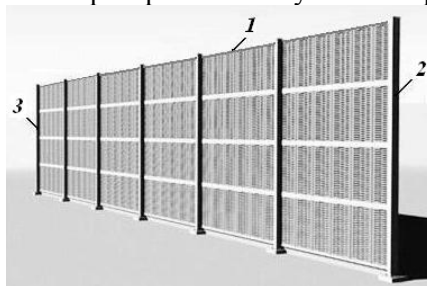


Рис. 5.1. Общий вид акустического экрана: 1 – верхнее ребро; 2, 3 – боковые ребра

Звук проникает за АЭ, дифрагируя на свободных ребрах АЭ. Эффект снижения звука АЭ объясняется образованием за АЭ акустической тени, в которой должен располагаться защищаемый

объект (рис. 5.2).

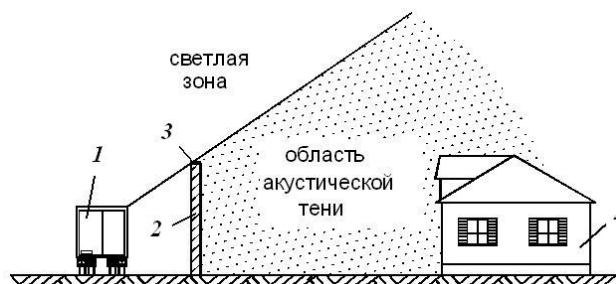


Рис. 5.2. Образование акустической тени за АЭ: 1 – источник шума; 2 – АЭ; 3 – свободное ребро АЭ; 4 – защищаемый объект

В самом общем виде можно представить, что АЭ блокирует линию прямой видимости от источника шума (ИШ) к защищаемому объекту (расчетной точке (РТ)).

### Расчет акустической эффективности АЭ

Схема для расчета эффективности АЭ приведена на рис. 5.3.

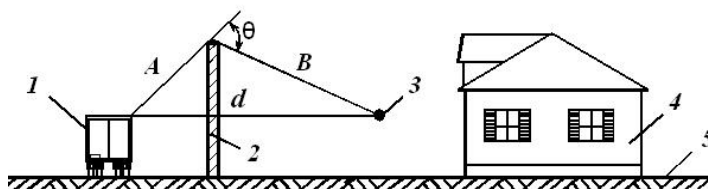


Рис. 5.3. Расчетная схема АЭ: 1 – ИШ; 2 – АЭ; 3 – РТ; 4 – защищаемый объект; 5 – опорная поверхность

Важные для расчета параметры:

$A$  – расстояние от ИШ до свободного ребра АЭ, м;

$B$  – расстояние от свободного ребра АЭ до РТ, м;

$d$  – расстояние от ИШ до РТ, м;

$\theta$  – угол дифракции (угол, образуемый лучом от ИШ до свободного ребра АЭ и лучом от свободного ребра АЭ до РТ).

Эффективность АЭ возрастает с увеличением угла дифракции  $\theta$ . На эффективность АЭ влияют его расположение и высота. Чем ближе РТ и ИШ к АЭ и выше АЭ, тем больше угол дифракции  $\theta$  и выше эффективность АЭ.

Эффективность АЭ рассчитывают по формуле

$$\Delta L_{\text{экp}} = 10 \lg(20 \cdot N) - 10 \lg n, \text{ дБ}, \quad (5.1)$$

где  $N$  – число Френеля,

$$N = 2(A + B - d) / \lambda, \quad (5.2)$$

$A, B, d$  см. на рис. 5.3;  $\lambda$  – длина звуковой волны, м,

$$\lambda = c / f, \quad (5.3)$$

$c$  – скорость звука в воздухе, м/с ( $c = 340$  м/с);  $f$  – частота (63, 125, ..., 8000 Гц);  $n$  – число свободных ребер АЭ (для установки в лабораторной работе  $n = 2$ ).

## 2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рис. 5.4) имитирует образование шума в окружающей среде и защиту от шума АЭ. Установка состоит из МРЗ-плеера 1, который подает сигнал на акустическую систему 2, передвигающегося АЭ 3 и переносного измерительного прибора 4 (шумомера). Прибор располагается в расчетной точке (РТ).



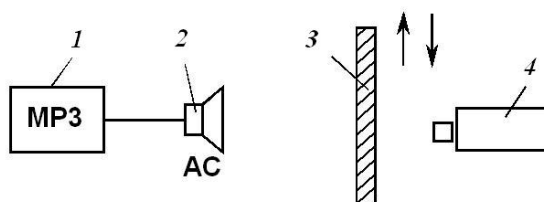


Рис. 5.4. Схема лабораторной установки: 1 – МР3-плеер; 2 – акустическая система; 3 – акустический экран; 4 – измерительный прибор

Установка работает следующим образом. МР3-плеер подает сигнал на акустическую систему, которая излучает шум. Звук от акустической системы поступает к микрофону прибора в отсутствие или при наличии АЭ. Размеры АЭ составляют 60×70 см.

### 3. Измерения прибором Октава-110А

#### *Меры предосторожности при работе с прибором*

#### *Октава-110А:*

- не допускать падений и ударов прибора о твердые поверхности. Требуют повышенной аккуратности микрофон, место соединения между корпусом прибора и предусилителем, а также стекло индикатора;
- подключение микрофона с предусилителем к индикаторному блоку следует проводить обязательно выключив питание клавишей ВЫКЛ;
- для проведения измерений после включения прибора подождать 30...40 с для загрузки внутренних цепей прибора;
- прежде чем приступить к отсоединению микрофона с предусилителем от индикаторного блока, необходимо выключить прибор и подождать не менее 20...30 с.
- разборку микрофона проводить **категорически запрещено**.

#### *Порядок проведения измерений прибором Октава-110А.*

Порядок проведения измерений аналогичен приведенному в лаб. работе 1 (см. с. 11).

### 4. Требования безопасности

1. К работе допускаются студенты, изучившие требования безопасности, ознакомившиеся с конструкцией лабораторной установки и методикой выполнения работы.
2. Приступить к работе можно только после разрешения преподавателя.
3. Студентам запрещается устранять неисправность измерительной аппаратуры, менять предохранители, вскрывать панели приборов, открывать капсулы микрофона или его разъем.
4. Запрещается оставлять установку во включенном состоянии после окончания работы.
5. Необходимо соблюдать аккуратность, неторопливость при установке АЭ и проведении измерений.

### 5. Порядок выполнения работы

1. Включить МР3-плеер и выбрать звуковую дорожку согласно варианту задания, выданному преподавателем (табл. П5.2).
2. Установить регулятор громкости акустической системы в положение согласно варианту задания и не трогать его до окончания выполнения работы. Установить источник шума и микрофон в положение согласно варианту задания.
3. Измерить УЗ и УЗД в РТ без установленного АЭ. Данные измерения занести в табл. 5.4 отчета.
4. Вычислить требуемое снижение шума в РТ по формуле

$$L_{\text{треб}} = L_{\text{изм}} - L_{\text{норм}}, \text{ дБ (дБА)}, \quad (5.4)$$

где  $L_{\text{изм}}$  – измеренные в РТ уровни звукового давления, дБ, и уровни звука, дБА;  $L_{\text{норм}}$  – норма шума, дБ (дБА) (по заданию преподавателя) (см. табл. П5.1).

Результаты расчетов занести в табл. 5.4.

5. Рассчитать эффективность АЭ. Для этого установить АЭ между ИШ и расчетной точкой и измерить ближайшие расстояния:

- от ИШ до свободного ребра АЭ ( $A$ , м);
- от этого свободного ребра до РТ ( $B$ , м).

Подставить полученные значения  $A$ ,  $B$ ,  $d$  в формулу (5.2) и вычислить значения числа Френеля для восьми частот (63, 125 ... 8000 Гц).

Вычислить акустическую эффективность АЭ, дБ и дБА.

Примечание. Для получения значения для дБА взять полученные значения  $N$  на частоте 1000 Гц.

Данные расчетов занести в табл. 5.4.

6. Представить в графическом виде значения требуемого снижения шума  $L_{\text{треб}}$  и расчетного значения эффективности АЭ  $\Delta L_{\text{экp}}$  (рис. 5.7 отчета).

7. Рассчитать ожидаемый спектр шума после установки АЭ по формуле

$$L_{\text{ожид}} = L_{\text{PM}} - \Delta L_{\text{экp}}, \text{ дБ (дБА)}. \quad (5.5)$$

Данные расчетов занести в табл. 5.4.

8. Измерить шум в РТ после установки АЭ  $L_{\text{РТ}}^{\text{экp}}$ , дБ. Результаты измерений занести в табл. 5.4.

9. Представить в графической форме следующие экспериментальные данные (рис. 5.8 отчета):

- спектры шума в РТ до и после установки АЭ  $L_{\text{РТ}}$  и  $L_{\text{РТ}}^{\text{экp}}$ , дБ;
- норму шума, дБ.

По результатам расчетов и экспериментов сделать следующие выводы:

- какое превышение шума над нормами было получено измерениями и расчетами;
- какая эффективность АЭ была получена расчетом;
- сравнить  $L_{\text{треб}}$  и  $\Delta L_{\text{экp}}$ ;
- на сколько снизился шум от ИШ в РТ в результате установки АЭ;
- достигнуто ли снижение шума до нормы.

## 6. Содержание отчета

Отчет о выполненной лабораторной работе должен содержать:

1. Название лабораторной работы и цель работы.
2. Схему установки.
3. Заполненную табл. 5.2.

Таблица 5.2

Данные измерений и расчетов

№ п/п	Рассчитываемые и измеряемые спектры шума, норма шума	УЗД, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								УЗ, дБА
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	Спектр шума на рабочем месте без АЭ									
2	Норма шума $L_{\text{норм}}$									
3	Требуемое снижение шума на рабочем месте $L_{\text{треб}}$									
4	Расчетная эффективность АЭ $\Delta L_{\text{экp}}$									
5	Спектр шума на рабочем месте после установки АЭ									

4. Рис. 5.7 и 5.8 с изображением спектров шума.

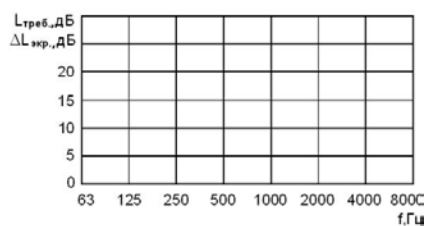


Рис. 5.7. Сравнение требуемого снижения шума  $L_{\text{треб}}$  и расчетного значения эффективности АЭ  $\Delta L_{\text{экp}}$

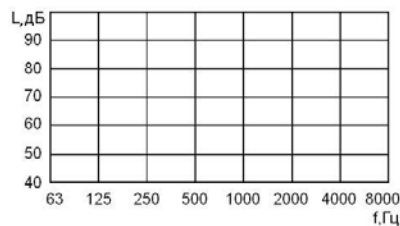


Рис. 5.8. Полученные экспериментальные значения

## 5. Выводы по работе.

Работу выполнил(и) студент(ы) гр. \_\_\_\_\_

- 1.
- 2.
- 3.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Работу принял:

Преподаватель \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

## Контрольные вопросы

1. Чем вреден шум?
2. В каких единицах измеряются УЗ и УЗД?
3. Какими параметрами характеризуется шум?
4. На какие классы подразделяются по назначению АЭ?
5. Принцип действия АЭ.
6. От каких параметров зависит эффективность АЭ?
7. Что такое число Френеля?
8. Как рассчитывается эффективность А?
9. Как определяется требуемое снижение шума?

Приложение 5

Таблица П5.1

**Допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные и максимальные уровни звука проникающего шума в помещениях жилых и общественных зданий и шума на территории жилой застройки (СН 2.2.4/2.1.8.562-96)**

№ п/п	Назначение помещений или территорий	Время суток	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА	Максимальные уровни звука $L_{A\text{max}}$ , дБА
			31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Палаты больниц и санаториев, операционные больницы	с 7 до 23 ч. с 23 до 7ч.	76 69	59 51	48 39	40 31	34 24	30 20	27 17	25 14	23 13	35 25	50 40
2	Кабинеты врачей поликлиник, амбулаторий, диспансеров, больниц, санаториев		76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
3	Классные помещения, учебные кабинеты, учительские комнаты, аудитории школ и других учебных заведений, конференц-залы, читальные залы библиотек		79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55

Продолжение табл. П5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
4	Жилые комнаты квартир, жилые помещения домов	с 7 до 23 ч.	79 72	63 55	52 44	45 35	39 29	35 25	32 22	30 20	28 18	40 30	55 45

	отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, спаль-ные помещения в детских дошкольных учреждениях и школах-интернатах	с 23 до 7ч.											
5	Номера гостиниц и жилые комнаты общежитий	с 7 до 23 ч. с 23 до 7ч.	83 76	67 59	57 48	49 40	44 34	40 30	37 27	35 25	33 23	45 35	60 50
6	Залы кафе, ресторанов, столовых		90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70
7	Торговые залы магазинов, пассажирские залы аэро-портов и вокзалов, прием-ные пункты предприятий бытового обслуживания		93	79	70	63	59	55	53	51	49	60	75
8	Территории, непосредст-венно прилегающие к зда-ниям больниц и санаториев	с 7 до 23 ч. с 23 до 7ч.	83 76	67 59	57 48	49 40	44 34	40 30	37 27	35 25	33 23	45 35	60 50
9	Территории, непосредст-венно прилегающие к жи-лым домам, зданиям поликли-ник, зданиям ам-булаторий, диспансеров, домов отдыха, пансиона-тов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских дошкольных	с 7 до 23 ч. с 23 до 7ч.	90 83	75 67	66 57	59 49	54 44	50 40	47 37	45 35	44 33	55 45	70 60

Окончание табл. П5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
9	учреждений, школ и дру-гих учебных заведений, библиотек												
10	Территории, непосредст-венно прилегающие к зда-ниям гостиниц и общежитий	с 7 до 23 ч. с 23 до 7ч.	93 86	79 71	70 61	63 54	59 49	55 45	53 42	51 40	49 39	60 50	75 65
11	Площадки отдыха на тер-ритории больниц и сана-ториев		76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
12	Площадки отдыха на тер-ритории микрорайонов и групп жилых домов, до-мов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, площадки детских дошко-льных учреждений, школ и др. учебных заведений		83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60

Примечания. 1. Допустимые уровни шума от внешних источников в помещениях устанавливаются при условии обеспечения нормативной вентиляцией помещений (для жилых помещений, палат, классов – при открытых форточках, фрамугах, узких створках окон).

2. Эквивалентные и максимальные уровни звука в дБА для шума, создаваемого на территории средствами автомоби-льного, железнодорожного транспорта, в 2 м от ограждающих конструкций первого эшелона шумозащитных типов жилых зданий, зданий гостиниц, общежитий, обращенных в сторону магистральных улиц общегородского и районного значения, железных дорог, допускается принимать на 10 дБА выше (поправка  $\Delta = + 10$  дБА), указанных в позициях 9 и 10.

3. Уровни звукового давления в октавных полосах частот в дБ, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА для шума, создаваемого в помещениях и на территориях, прилегающих к зданиям, системами кондиционирования воз-духа, воздушного отопления и вентиляции и др. инженерно-технологическим оборудованием, следует принимать на 5 дБА ниже (поправка  $\Delta = -5$  дБА). Поправку для тонального и импульсного шума в этом случае принимать не следует.

4. Для тонального и импульсного шума следует принимать поправку  $-5$  дБА.

Варианты заданий					
Вариант	Номер аудиофайла	Положение регулятора громкости	$A$ , м	$B$ , м	$d$ , м
1	09	1	0,43	0,43	0,5
2	10	2	0,43	0,61	0,75
3	11	1	0,43	1,06	1,25
4	12	2	0,61	0,43	0,75
5	13	1	0,61	0,61	1,0
6	14	2	0,61	1,06	1,5

## Лабораторная работа №6

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ

**Цель работы** – изучить методы и приборы для определения концентрации пыли в атмосферном воздухе населенных мест.

### 1. Краткие сведения из теории

Под загрязнением атмосферы понимают привнесение в нее примесей, которые не содержатся в природном воздухе или изменяют соотношение между ингредиентами природного состава воздуха.

Загрязнения могут попадать в атмосферу от природных и антропогенных источников. С развитием цивилизации в загрязнении атмосферы все больше преобладают антропогенные источники, среди которых, в свою очередь, преобладают крупные промышленные объекты.

Примеси поступают в атмосферу в виде газов, паров, жидких и твердых частиц. Газы и пары образуют с воздухом смеси, а жидкие и твердые частицы – аэрозоли (дисперсные системы).

Основной параметр, характеризующий взвешенные частицы, – это их размер, который колеблется в широких пределах от 0,1 до 850 мкм. Наиболее опасны частицы от 0,5 до 5 мкм, поскольку они оседают в верхних дыхательных путях.

В зависимости от размера твердых частиц аэрозоли подразделяют на пыль (размеры твердых частиц более 1 мкм) и дым (размеры твердых частиц менее 1 мкм).

Пыль, в свою очередь, может быть:

- крупнодисперсной (размер частиц более 50 мкм);
- среднедисперсной (50...10 мкм);
- мелкодисперсной (менее 10 мкм).

Промышленные пыли в зависимости от механизма их образования подразделяют на следующие четыре класса:

- механическая пыль – образуется в результате измельчения продукта в ходе технологического процесса;
- возгоны – образуются в результате объемной конденсации паров веществ при охлаждении газа, пропускаемого через технологический аппарат, установку или агрегат;
- летучая зола – несгораемый остаток топлива, образующийся в процессе горения из входящих в его состав минеральных примесей и содержащийся в дымовом газе во взвешенном состоянии;
- промышленная сажа – твердый высокодисперсный углерод, входящий в состав промышленного выброса и образующийся при неполном сгорании или термическом разложении углеводородов.

Главной особенностью загрязнения атмосферы является то, что атмосферный воздух выступает своего рода посредником загрязнения всех других физических сред (гидросфера, литосфера) и объектов биосферы, способствует распространению больших масс загрязнений на значительные расстояния. Промышленными выбросами (примесями), переносимыми по воздуху, загрязняется Мировой океан, закисляются почва и вода, изменяется климат и разрушается озоновый слой.

По степени воздействия на организм человека вредные вещества (пыли) согласно ГОСТ 12.1.007–76\* подразделяют на четыре класса опасности:

- 1-й – чрезвычайно опасные;
- 2-й – высокоопасные;

3-й – умеренно опасные;

4-й – малоопасные.

Класс опасности вредных веществ устанавливается в зависимости от указанных в табл. П.6.1 норм и показателей.

Помимо системы стандартов безопасности труда (ССБТ), выделяют систему нормативно-законодательных документов по охране природы, в которую входят стандарты качества природной среды. Эти стандарты устанавливают оптимальные характеристики природной среды, достигаемые при существующем уровне технического прогресса и обеспечивающие сохранение здоровья населения, развитие животного и растительного мира. Основные задачи системы стандартов в области охраны природы: обеспечение сохранности природных комплексов; содействие восстановлению и рациональному использованию природных ресурсов; содействие сохранению равновесия между развитием производства и устойчивостью окружающей среды; совершенствование управления качеством окружающей природной среды в интересах человечества.

Стандартами вводится в действие понятие качества природной среды. Качество природной среды – это состояние естественных и преобразованных человеком экосистем, сохраняющее их способность к постоянному обмену веществ, энергии и воспроизводству жизни.

Нормативы качества природной среды подразделяются на экологические и производственно-хозяйственные. Экологические нормативы регламентируют предельно допустимые нормы антропогенного воздействия на природную среду, превышение которых угрожает здоровью человека, пагубно для растительности и животных. Такие нормы содержат предельно допустимые концентрации (ПДК), ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ и предельно допустимые уровни (ПДУ) вредного физического воздействия (шум, электромагнитные излучения и т.п.). Производственно-хозяйственные нормативы качества природной среды регламентируют экологически безопасный режим работы производственного, коммунально-бытового и любого другого объекта. К производственно-хозяйственным нормативам качества природной среды относятся предельно допустимый выброс (ПДВ) загрязняющих веществ в природную среду и технический норматив выброса.

При нормировании концентраций вещества в воздухе или воде используют принцип лимитирующего показателя, согласно которому нормируется наиболее чувствительный для обслуживающего персонала или окружающей среды показатель. Например, если запах вещества ощущается при концентрациях, которые не оказывают вредного влияния на организм человека и окружающую среду, то нормирование производят с учетом порога обонятельного ощущения. Если же вредное действие вещества на окружающую среду меньше, чем на организм человека, то при нормировании исходят из порога действия этого вещества на окружающую среду.

ПДК – это такая концентрация, при воздействии которой на организм человека периодически или в течение всей жизни прямо или опосредованно (через экологические системы, а также через возможный экономический ущерб) не возникает заболеваний или изменений состояния здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований сразу или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

В практике нормирования и для санитарной оценки степени загрязнения воздушной среды используют несколько видов ПДК: ПДК<sub>рз</sub> (ПДК рабочей зоны) для нормирования на промышленных объектах; ПДК<sub>сс</sub> (ПДК среднесуточная) и ПДК<sub>мр</sub> (ПДК максимальная разовая) для нормирования применительно к жилым зонам (населенным пунктам).

ПДК<sub>рз</sub> – предельно допустимая концентрация вредного (загрязняющего) вещества в воздухе рабочей зоны – это такая концентрация вещества в воздухе, которая не вызывает у работающих людей при ежедневном вдыхании в пределах 8 ч в течение всего рабочего стажа заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования непосредственно в процессе работы или в отдаленной перспективе.

ПДК<sub>сс</sub> – предельно допустимая среднесуточная концентрация вредного (загрязняющего) вещества в воздухе населенных мест – это такая концентрация вещества в воздухе населенного пункта, которая не оказывает на человека прямого или косвенного действия в условиях неопределенно долгого круглосуточного вдыхания.

ПДК<sub>мр</sub> – предельно допустимая максимальная разовая концентрация вредного (загрязняющего) вещества в воздухе населенных мест – это такая концентрация, которая не вызывает рефлекторных реакций в организме человека.

При одновременном присутствии в атмосферном воздухе нескольких веществ, обладающих суммирующим действием, сумма отношений концентраций веществ-загрязнителей к их ПДК не

должна превышать единицы:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} < 1, \quad (6.1)$$

где  $C_i$  – фактическая концентрация  $i$ -го вредного вещества в атмосферном воздухе;  $\text{ПДК}_i$  – предельно допустимая концентрация  $i$ -го вредного вещества в атмосферном воздухе.

Как правило, для одного вредного вещества  $\text{ПДК}_{\text{СС}} < \text{ПДК}_{\text{МР}} < \text{ПДК}_{\text{РЗ}}$ .

При одновременном содержании в воздухе нескольких вредных веществ, не обладающих направленным действием, ПДК остаются такими же, как и при изолированном действии.

Концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе населенного пункта зависит от количества этих веществ, выбрасываемых всеми источниками загрязнения. Чтобы концентрации загрязняющих веществ не превышали ПДК, т.е. не создавались условия, опасные для здоровья населения, для каждого источника загрязнения устанавливается предельно допустимый выброс (ПДВ) и технический норматив выброса.

ПДВ – это максимально допустимое к выбросу в атмосферный воздух количество загрязняющих веществ данным источником загрязнения в единицу времени.

Количественно ПДВ определяется как произведение коэффициента разбавления  $K_p$  загрязняющего вещества ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) на значение ПДК ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) этого вещества, содержащегося в выбрасываемом в атмосферный воздух газе:

$$\text{ПДВ} = K_p \cdot \text{ПДК}. \quad (6.2)$$

Под коэффициентом разбавления понимают объем чистого воздуха, необходимый для разбавления выбрасываемого в 1 с загрязненного вещества до концентрации, допускаемой санитарными нормами (ПДК).

Предельно допустимый выброс устанавливают для каждого стационарного и передвижного источника выбросов загрязняющих веществ, включая транспортные средства. Для источников неорганизованных выбросов (хранилища, железнодорожные сливно-наливные эстакады и т.п.) и совокупности мелких одиночных источников (вентиляционные фонари и т.п.) ПДВ суммируют, тем самым устанавливая его значения для предприятия или объекта. Расчет ПДВ для проектируемых объектов позволяет предусмотреть необходимые мероприятия, обеспечивающие требуемую чистоту воздуха, а для действующих предприятий – определить необходимость проведения мероприятий по снижению загрязнений. Когда в воздухе населенного пункта по объективным причинам невозможно поддерживать требуемые значения ПДВ, поэтапно снижают выбросы вредных веществ действующими объектами до значений, обеспечивающих соблюдение ПДК. В этом случае для каждого объекта устанавливают временно согласованные выбросы загрязняющих веществ (ВСВ) и намечают мероприятия по их снижению.

Технический норматив – норматив допустимых выбросов загрязняющих веществ, который устанавливается для стационарных, передвижных и иных источников, технологических процессов, оборудования и отражает допустимую массу выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду в расчете на единицу выпускаемой продукции.

## 2. Расчет весовой концентрации пыли

Весовая концентрация пыли в исследуемом воздухе определяется по формуле

$$n = \frac{100 \cdot (m_2 - m_1) \cdot p_0 \cdot T}{Q \cdot T_0 \cdot t \cdot B}, \text{мг}/\text{м}^3, \quad (6.3)$$

где  $m_2, m_1$  – массы фильтров соответственно до и после отбора пыли, мг, определяемые путем взвешивания;  $p_0$ , гПа и  $T_0$ , °C – значения давления и температуры воздуха при нормальных условиях окружающей среды; ( $p_0=1013$  гПа,  $T_0=20^\circ\text{C}$ );  $B$  – барометрическое давление, гПа;  $Q$  – объемная скорость пробоотбора, устанавливаемая при отборе воздуха во время работы, л/мин;  $t$  – время прокачки воздуха через фильтр, фиксируемое секундомером, мин;  $T$  – температура исследуемого воздуха, °C.

## 3. Описание лабораторной установки

Установка для создания запыленности воздуха и определения концентрации весовым способом состоит из пылевой камеры 1 и примыкающего к ней приборного отсека 12 (рис. 6.1). Пылевая ка-

мера имитирует помещение с запыленным воздухом.

На передней откидной стенке 2 камеры, уплотняемой изнутри, находится бункер-дозатор с пылью (на рис. 6.1 видна ручка дозатора), который выполнен быстросъемным для замены вида пыли при проведении лабораторной работы. При повороте ручки дозатора 6 на один щелчок в пылевую камеру вводится порция пыли; величина подаваемой порции пыли регулируется в самом дозаторе (включается тумблером 7).

Рассеивается пыль вентилятором, установленным внутри камеры. Для визуального наблюдения за движением пыли в камере имеется наблюдательное окно 4 и предусмотрено внутреннее освещение камеры. Для взятия пробы воздуха и определения концентрации его запыленности весовым способом служит патрон 3 с вставленным бумажным фильтром, соединенный резиновым шлангом 5 с аспиратором, расположенным внутри приборного отсека 12 для взятия пробы воздуха.

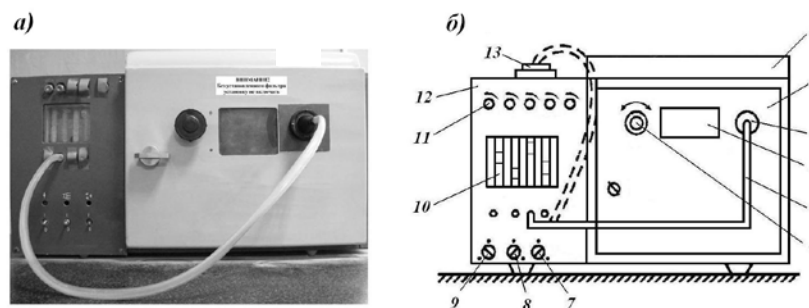


Рис. 6.1. Фото (а) и эскиз (б) общего вида лабораторной установки: 1 – пылевая камера; 2 – откидная стенка; 3 – патрон; 4 – наблюдательное окно камеры; 5 – резиновый шланг; 6 – ручка дозатора; 7, 8, 9 – тумблеры электропитания; 10 – окно; 11 – ручка регулятора расхода; 12 – отсек

В нерабочем положении патрон установлен в верхней части приборного отсека; при взятии пробы запыленного воздуха патрон устанавливается в отверстие камеры.

На данной установке можно определять концентрацию запыленного воздуха экспресс-методами с помощью пылемера «Приз-1». Забор воздуха при этом производится с помощью резинового шланга и патрона с фильтром, вставленного в отверстие в пылевой камере 1.

Для взвешивания фильтров служат однодиапазонные торсионные весы типа WT (рис. 6.2). Механизм весов смонтирован на плите 8 и расположен в корпусе 1. Плита покоится на прикрепленной к ней опоре и двух регулировочных винтах 9, предназначенных для установки весов. Правильная установка весов проверяется по уровнемеру 2, находящемуся в передней части корпуса весов. Чашка 5 или крючок для подвешивания груза находится на конце подвижного рычага и защищена стеклянной дверцей. С правой стороны корпуса находится ручка 4 для установки неподвижной стрелки на нулевое значение шкалы. Ручка 3 используется собственно при взвешивании. Эта ручка вращает барабан со шкалой, по которой считывается масса взвешиваемого груза. Ручка 7 обеспечивает арретирование подвижного рычага.

При закрытой дверце, что предупреждает внешние влияния на чашку, следует привести весы в рабочее положение. Заключается это в повороте ручки 7 на 180° и установлении красной точки на «0». Буква «Z» обозначает позицию «арретирование». Затем левой ручкой 3 поворачивают шкалу до тех пор, пока подвижная стрелка не установится на красной точке. Правой ручкой 4 устанавливают неподвижную стрелку на нулевое значение шкалы.

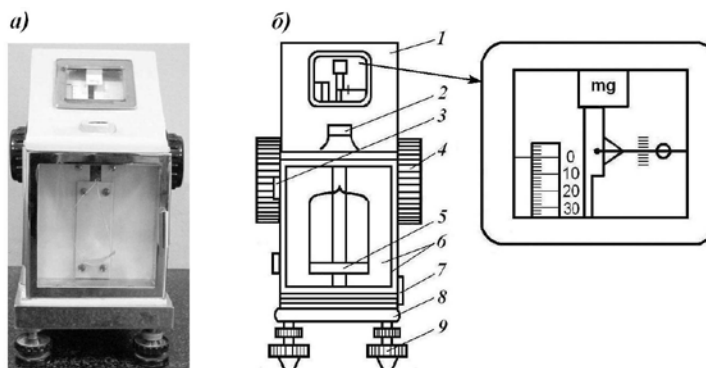




Рис. 6.2. Фото (а) и эскиз (б) однодиапазонных торсионных весов типа WT

Приступая к взвешиванию, следует открыть дверцу. Фильтр берут пинцетом и осторожно кладут на чашку. Затем закрывают дверцу 6. Левую ручку 3 вращать левой рукой влево (от себя), пока подвижная стрелка не установится на красной риске равновесия. Вращение ручки вызывает вращение подвижной шкалы. Массу взвешиваемого груза считывают по подвижной шкале в месте, указанном неподвижной стрелкой. После отсчета результата следует привести шкалу ручкой 3 в исходное положение, вращая ее вправо (к себе). По окончании измерения следует осторожно снять фильтр и закрыть дверцу.

#### 4. Требования безопасности

1. Не допускается:

- изменять порядок подключения камеры и проведения лабораторной работы;
- проводить самостоятельно заправку бункера пылью и его установку в камеру;
- проводить самостоятельно ремонт и подключение электрической схемы установки;
- включать вентилятор при открытой дверце пылевой камеры.

2. После окончания экспериментов лабораторная установка сдается преподавателю.

#### 5. Порядок выполнения работы

Для проведения лабораторной работы необходимо иметь: весы лабораторные с точностью 1 мг, секундомер-таймер, барометр-анероид, термометр, пинцет, фильтры.

1. Перед началом работы необходимо:

- установить в камере дозатор с пылью (вид исследуемой пыли задает преподаватель, устанавливает дозатор лаборант);
- взять пинцетом бумажный фильтр и взвесить его на весах, результат занести в табл. 6.1 отчета (инструкция на эксплуатацию весов имеется на лабораторном столе);
- вставить фильтр в патрон, а патрон 3 со шлангом 5 – в воздухозаборное отверстие пылевой камеры 1 и подключить шланг 5 к аспиратору (отсек 12 на рис. 6.1).

Фильтр устанавливать наиболее ворсистой поверхностью внутрь камеры.

2. Для работы установку, стационарно установленную на лабораторном столе, подключить к сети переменного тока 220 В. Без установленного в патрон фильтра установку не включать.

3. Соблюдая последовательность, включить в верхнее положение «I» тумблер 8 (аспиратор) и тумблер 7 (вентилятор). Затем одновременно включить тумблер 9 (сеть) и секундомер. С помощью соответствующей ручки вентиля регулировки расхода ротаметра (над присоединенной к ротаметру трубкой патрона, рис. 6.1) установить расход прокачиваемого воздуха 3 л/мин (по верхнему срезу плавающего в трубке поршня).

4. Через наблюдательное окно 4 убедиться в том, что вентилятор в камере вращается и создает в подсветке видимый поток пыли в виде конуса. При отсутствии вращения вентилятора тумблер 9 выключить (поставить в нижнее положение) и пригласить преподавателя.

5. При вращении вентилятора продолжить прокачку запыленного воздуха через патрон с фильтром в течение 180 с (3 мин). В процессе прокачки через окно 4 наблюдать за наличием четко выделенного контура конуса пылевого потока в зоне подсветки камеры. При ослаблении четкости видимости конуса поворотом ручки дозатора 6 вправо ввести в камеру из дозатора дополнительную порцию испытываемой пыли и добиться четкой видимости пылевого потока.

6. По истечении 180 с выключить систему прокачки установкой тумблера 9 в нижнее положение (положение «0»). Выключить секундомер. Осторожно, с помощью пинцета, извлечь бумажный фильтр из патрона, установить на подвеску весов и произвести его взвешивание вместе с осевшей на него во время прокачки пылью.

При несоответствии расхода прокачиваемого запыленного воздуха требуемому (3 л/мин) необходимо изменить время прокачки. Например, если расход запыленного воздуха составляет 2 л/мин, то время прокачки увеличивается соответственно в 1,5 раза, т.е.  $180 \cdot 1,5 = 270$  с.

Полученное экспериментальное значение массы фильтра после прокачки и величину установленного при прокачке расхода занести в табл. 6.1.

7. Замерить температуру воздуха окружающей среды (°C) и барометрическое давление (гПа). Результаты измерений занести в табл. 6.1.

8. Произвести исследование по приведенной в пп. 1–7 методике другого вида пыли по указанию преподавателя. Установку бункера системы на новый вид пыли производит лаборант.

9. Рассчитать весовую концентрацию пыли в исследуемом воздухе по формуле (6.3), используя полученные экспериментальные данные.

10. Из табл. П6.1 и П6.2 определить ПДК (мг/м<sup>3</sup>) или ОБУВ для исследуемых видов пыли и класс их опасности.

11. Сравнить экспериментально полученные данные с ПДК.

## 6. Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Схема установки.
3. Используемые приборы.
4. Измеренные и нормируемые значения.
5. Расчеты запыленности по формуле (6.3).
6. Оценка класса опасности пыли по табл. П6.2.
7. Общие выводы о состоянии воздуха.

Таблица 6.1

№ п/п	Вид пыли	Время прокачки воздуха, мин	Расход прокачиваемого воздуха через фильтр, л/мин	Давление, гПа	Температура, °C	Масса фильтра до прокачки, мг	Масса фильтра после прокачки, мг	Расчёт концентрации пыли весовым способом, мг/м <sup>3</sup>	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Выводы

Работу выполнил(и) студент(ы) гр. \_\_\_\_

1.

2.

3.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Работу принял:

Преподаватель \_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## Контрольные вопросы

1. Классификация аэрозолей в зависимости от размера частиц.
2. Классификация промышленных пылей в зависимости от механизма их образования.
3. Какова главная особенность загрязнения атмосферы?
4. На какие классы опасности подразделяются вредные вещества по степени воздействия на организм человека?
5. Каковы основные задачи системы стандартов в области охраны окружающей среды?
6. Что такое ПДК вредных веществ? Виды ПДК.
7. Как определяют ПДК при одновременном действии пылей однонаправленного и неоднаправленного действия?
8. Что такое ПДВ? Как он определяется?
9. Что такое технический норматив?

Приложение 6

Таблица П6.1

### Классификация вредных веществ по степени воздействия на организм человека по ГОСТ 12.1.007-76\* ССБТ

Показатель	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	менее 0,1	0,1...1,0	1,1...10	более 10
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	менее 15	15...150	151...5000	более 5000
Средняя смертельная доза при внесении на кожу, мг/кг	менее 100	100...500	501...2500	более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	менее 500	500...5000	5001...50000	более 50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВНО)	более 300	300...30	29...3	менее 3
Зона острого действия	менее 6	6...18	18,1...54	более 54
Зона хронического действия	более 10	10...5	4,9...2,5	менее 2,5

Таблица П 6.2

**Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны и в атмосферном воздухе населенных мест по ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ**

Вещество	Класс опасности	Предельно допустимая концентрация, мг/м <sup>3</sup>			ОБУВ*, мг/м <sup>3</sup>
		В воздухе рабочей зоны	В атмосферном воздухе		
			максимальная разовая	среднесуточная	
Бериллий и его соединения	1	0,001	–	–	10 <sup>-5</sup>
Кобальт металлический	2	0,5	–	0,001	–
Марганец в сварочных аэрозолях	2	0,2	0,01	0,001	–
Никель и смеси соединений никеля	1	0,05	–	0,001	–
Пыль капрона	3	5	–	–	0,05
Пыль полипропилена	3	10	–	–	0,01
Пыль полиэтилена	4	10	–	–	0,01
Пыль стекловолокна	3	4	–	–	0,06
Пыль стеклопластика	3	5	–	–	0,06
Пыль цементного производства	4	6	–	0,02	–
Сажа	3	4	0,15	0,05	–
Свинец и его соединения	1	0,01	–	0,0003	–

\*ОБУВ – ориентировочные безопасные уровни воздействий

## СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1. Исследование эффективности глушителей шума	3
Лабораторная работа №2. Исследование магнитных полей в окружающей среде	10
Лабораторная работа №3. Определение метеорологических параметров атмосферы	15
Лабораторная работа №4. Определение загрязненности продуктов питания радиоактивными веществами	22
Лабораторная работа №5. Оценка эффективности акустических экранов	30
Лабораторная работа №6. Определение концентрации пыли в атмосферном воздухе	37

## Экология

Редактор *Г.В. Никитина*

Корректор *Л.А.Петрова*

Подписано в печать 30.10.2012. Формат 60×84/16. Бумага документная.

Печать трафаретная. Усл. печ. л. 4,4. Тираж 300 экз. Заказ № 171

Балтийский государственный технический университет

Типография БГТУ

190005, С-Петербург, 1-я Красноармейская ул., д.1