

## ОХРАНА ТРУДА

### Практикум

для студентов специальностей

1-36 01 01 «Технология машиностроения»,  
1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного  
производства», 1-36 01 05 «Машины и технология обработки  
металлов давлением», 1-36 01 06 «Оборудование и технология  
сварочного производства», 1-36 02 01 «Машины и технология  
литейного производства»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
высших учебных заведений по образованию  
в области машиностроительного оборудования и технологий*

УДК 658.345 (076.5)  
ББК 65.247я7  
О-92

Составители:

*А. М. Лазаренков, Н. М. Журавков, И. В. Заяш, А. М. Науменко,  
Т. Н. Киселева, Л. П. Филянович, И. Н. Ушакова, Е. Ф. Пантелеенко,  
Т. П. Кузьмич, Е. В. Мордик, Ж. В. Первачук, Г. Л. Автушко,  
Е. Г. Вершениа, И. А. Батяновская, К. Д. Яшин*

Рецензенты:

д-р с.-х. наук, профессор, зав. кафедрой «Безопасность  
жизнедеятельности» БГТУ *В. Н. Босак*;  
канд. техн. наук, доцент кафедры «Управление охраной труда» БГАТУ  
*Т. В. Молош*

**Охрана труда** : практикум для студентов специальностей 1-36 01 01  
О-92 «Технология машиностроения», 1-36 01 03 «Технологическое оборудо-  
вание машиностроительного производства», 1-36 01 05 «Машины  
и технология обработки металлов давлением», 1-36 01 06 «Обору-  
дование и технология сварочного производства», 1-36 02 01 «Машины  
и технология литейного производства» / сост. : А. М. Лазаренков  
[и др.]. – Минск : БНТУ, 2016. – 112 с.  
ISBN 978-985-550-844-2.

В практикуме изложены общие сведения об основных производственных факторах условий труда; о средствах пожаротушения и оказании первой доврачебной помощи при поражении электрическим током. Рассмотрены принципы нормирования параметров производственной среды, методы их оценки и меры защиты работающих от их воздействия. Приведены описания и схемы измерительных приборов, экспериментальных лабораторных установок и стендов для исследования параметров условий труда, также приведены справочно-нормативные данные.

УДК 658.345 (076.5)  
ББК 65.247я7

ISBN 978-985-550-844-2

© Белорусский национальный  
технический университет, 2016

## ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАЩИТНЫХ ЗАЗЕМЛЕНИЙ И СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ

*Цель работы:* изучение условия электробезопасности, принципа действия и защитных свойств, области применения и требований к защитному заземлению и электрической изоляции; ознакомление с измерительной аппаратурой, выполнение измерений сопротивления защитного заземления, сопротивления изоляции.

### Общие сведения

Поражение человека электрическим током возможно как при случайном прикосновении его непосредственно к токоведущим частям, так и к металлическим нетокоевущим элементам электрооборудования (корпуса электрических машин, трансформаторов, светильников и т. д.), которые могут оказаться под напряжением в результате какой-либо аварийной ситуации (замыкание фазы на корпус, повреждение изоляции и т. п.).

На исход поражения электрическим током влияет целый ряд факторов: величина, род и частота тока, проходящего через тело человека; длительность прохождения и путь тока по телу человека; величина электрического сопротивления тела человека.

Основным фактором, определяющим тяжесть исхода поражения, является величина тока  $I_h$ , проходящего через тело человека. Она определяется напряжением прикосновения  $U_{пр}$  и сопротивлением тела человека  $R_h$ :

$$I_h = \frac{U_{пр}}{R_h},$$

где  $U_{пр}$  – напряжение прикосновения, В;

$R_h$  – сопротивление тела человека, Ом.

Наиболее распространенным и эффективным техническим способом защиты от поражения электрическим током является защитное заземление.

**Защитное заземление** – это преднамеренное электрическое соединение металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением, с землей или ее эквивалентом. Принцип действия защитного заземления заключается в снижении до безопасных значений напряжения прикосновения  $U_{пр}$  и тока  $I_h$ , протекающего через тело человека. Назначение защитного заземления – устранение опасности поражения электрическим током в случае прикосновения человека к корпусу электрооборудования или к другим нетоковедущим металлическим частям, оказавшимся под напряжением. Таким образом, при возникновении аварийной ситуации, например, замыкании фазы на корпус, прикосновение человека к корпусу равносильно прикосновению к фазе. При этом через тело человека может пройти ток опасной величины. Необходимо учесть, что сопротивление тела человека  $R_h$  может достигать значений порядка  $10^4$ – $10^6$  Ом. Однако в расчетах для обеспечения большей надежности при выборе средств защиты и мероприятий, обеспечивающих электробезопасность, применяется расчетное значение сопротивления тела человека  $R_h = 1000$  Ом. Опасность поражения человека электрическим током снижается при наличии надежного заземления. Это связано с тем, что для тока  $I_3$  создается цепь с малым сопротивлением через  $R_3$  ( $R_3 = 4$  Ом или  $10$  Ом) по сравнению с величиной сопротивления тела человека. Опасность поражения снижается, поскольку стекание тока происходит по пути наименьшего сопротивления (рис. 1.1).

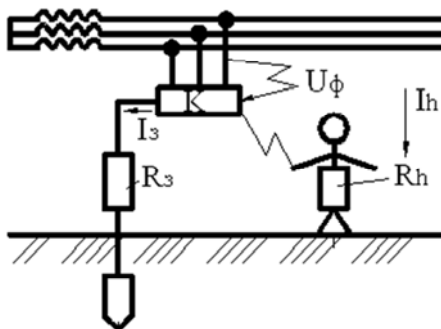


Рис. 1.1. Принципиальная схема защитного заземления:

$K$  – корпус электрооборудования;  $R_3$  – сопротивление защитного заземления, Ом;  
 $R_h$  – электрическое сопротивление тела человека, Ом;  $I_h$  – ток, проходящий через  
 тело человека;  $I_3$  – ток, проходящий через заземление, мА;  
 $U_\phi$  – фазное напряжение сети, В

Конструктивно заземляющее устройство представляет собой совокупность вертикальных металлических стержней (заземлителей) и полосового горизонтального заземлителя. Оно находится в земле (грунте) на глубине не менее 0,5 м (рис. 1.2). В качестве вертикальных металлических стержней (заземлителей) используются металлические элементы: стержень, труба, уголок, тавр и др. В качестве полосового заземлителя используется, как правило, металлическая полоса сечением  $12 \times 4$ ;  $14 \times 4$ ;  $16 \times 4$  и др. Вертикальные металлические стержни (заземлители) и горизонтальные металлические полосы соединяются только сваркой, другие виды соединений в соответствии с ТКП 339–2011 не допускаются.

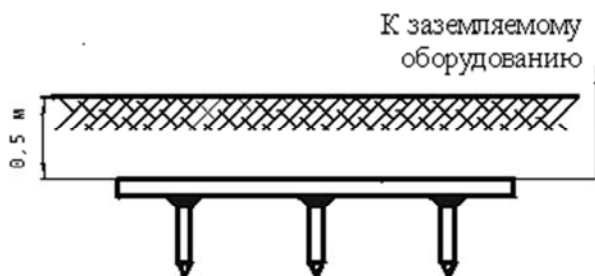


Рис. 1.2. Схема расположения заземляющего устройства в грунте

Требования к конструкции, устройству и параметрам защитного заземления определяются ТКП 339–2011.

ТКП 339–2011 предписывает обязательное использование следующих видов заземляющих устройств:

- искусственные заземляющие устройства, предназначенные исключительно для целей заземления и обеспечения электробезопасности;
- естественные заземляющие устройства – это металлические предметы, находящиеся в земле и предназначенные для других целей. В качестве естественных заземлителей могут использоваться проложенные в земле трубопроводы, металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, имеющие соединение с землей; свинцовые оболочки кабелей.

Запрещено применять для целей заземления трубопроводы горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов и т. п.

*ТКП 339–2011 устанавливает значение наибольшего допустимого сопротивления защитного заземляющего устройства в электроустановках напряжением до 1000 В в сетях с изолированной нейтралью при мощности генератора или трансформатора до 100 кВА – 10 Ом, а при мощности более 100 кВА – 4 Ом.*

Согласно ТКП 339–2011 к частям, подлежащим заземлению, относятся:

1. Корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т. п.
2. Приводы электрических аппаратов.
3. Каркасы распределительных щитов, щитов управления и др.

Каждое заземляющее устройство должно иметь паспорт, содержащий схему устройства, основные технические и расчетные данные, сведения о проведенных ремонтах, контрольных исследованиях, внесенных изменениях в проект и др.

## **Экспериментальная часть**

### ***Техника безопасности***

Ничего не переключать и не присоединять под напряжением.

Не касаться выводных полюсов приборов, а также присоединенных к ним неизолированных участков проводов, при вращении ручек генераторов приборов.

### ***Измерение сопротивления заземляющих устройств***

Измерение производится при помощи прибора типа М-110.

1. Собрать схему (рис. 1.3).
2. Для измерений установить переключатель  $П_1$  в положение « $X \times 1$ » или « $X \times 5$ » в зависимости от предполагаемой величины сопротивления заземления; переключатель  $П_2$  – в положение «Измерение».
3. Вращая рукоятку генератора со скоростью 2–3 об/с, установить рукояткой реохорда «Р» стрелку гальванометра «Г» на нулевую отметку. Снять отсчет измеряемого сопротивления по шкале реохорда «Ш». Результаты измерений и нормативные требования внести в табл. 1.1.

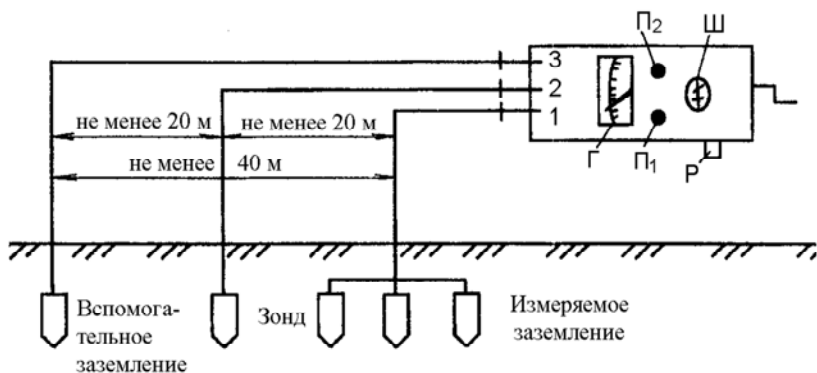


Рис. 1.3. Схема измерения сопротивления заземляющих устройств

Сравнив результаты измерений сопротивлений защитных заземлений с допустимыми значениями, сделать вывод о пригодности их использования. Вывод необходимо записать в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Результаты измерений сопротивлений заземляющих устройств

№	Результаты измерения сопротивления защитного заземления, Ом	Нормативные требования, Ом	Вывод о пригодности заземления
1			
2			
3			

### *Измерение сопротивления изоляции*

Исправное состояние изоляции электроустановок – важное условие электробезопасности. Для обеспечения необходимых требований к параметрам изоляции согласно ТКП 339–2011 проводятся периодические измерения ее сопротивления.

В работе для измерения сопротивления изоляции используются переносные мегаомметры М-4100/4.

**Внимание!** Номинальное напряжение на клеммах прибора М-4100/4 при разомкнутой внешней цепи равно 1000 В. Поэтому по условиям электробезопасности запрещается касаться руками клемм при вращении рукоятки.

1. Собрать схему (рис. 1.4, а).
2. Выполнить три вида измерений сопротивления изоляции электрооборудования относительно земли (рис. 1.4).

Зажим «Л» (линия) подсоединяется к электрооборудованию. Вращая рукоятку генератора «Р», взять отсчет по шкале прибора «Ш» в МОм в соответствии с положением переключателя «П».

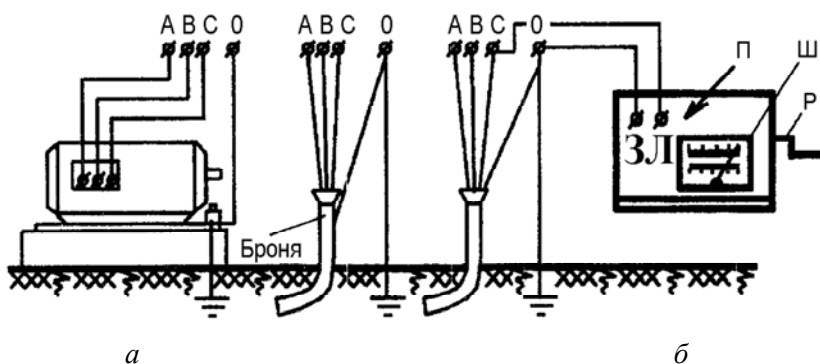


Рис. 1.4. Схема измерения сопротивления изоляции электроустановок

Выполнить измерение сопротивления изоляции жил кабеля. Для этого необходимо:

1. Собрать схему (рис. 1.4, б).
2. Зажимы «З» и «Л» прибора подключить к жилам испытуемых кабелей, проводам или фазам электроустановок.

Результаты замеров величин сопротивлений изоляции необходимо записать в табл. 1.2. Сделать выводы о пригодности изоляции. Необходимо учесть, что согласно ТКП 339–2011 сопротивление изоляции электрооборудования, силовых и осветительных электросетей и др. напряжением до 1000 В должно быть  $R_{из} \geq 0,5$  МОм.

Сроки и объем контрольных испытаний изоляции в зависимости от напряжения и условий ее работы определяются ТКП 339–2011.



## Результаты измерений сопротивления изоляции

Название объекта замеров	Измеренная величина сопротивления, МОм	Выводы о пригодности изоляции

**Содержание отчета**

1. Цель работы.
2. Измерение сопротивления заземляющих устройств: используемые приборы, см. табл. 1.1.
3. Измерение сопротивления изоляции: используемые приборы, см. табл. 1.2.

**РАСЧЕТ ЗАНУЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ**

*Цель работы:* изучение назначения, принципа действия, защитных свойств зануления и методик расчета зануления на отключающую способность.

**Общие сведения**

Поражение человека электрическим током возможно как при случайном прикосновении непосредственно к токоведущим частям, так и к металлическим нетоковедущим элементам электрооборудования (корпусу электрических машин, трансформаторов, светильников и т. д.), которые могут оказаться под напряжением в результате какой-либо аварийной ситуации (замыкание фазы на корпус, повреждение изоляции и т. п.).

Опасность поражения электрическим током при прикосновении к корпусу и другим нетоковедущим металлическим частям электрооборудования, оказавшимся под напряжением, может быть устранена быстрым отключением поврежденного электрооборудования

от питающей сети. Для этой цели используется зануление, принципиальная схема которого показана на рис. 1.5.

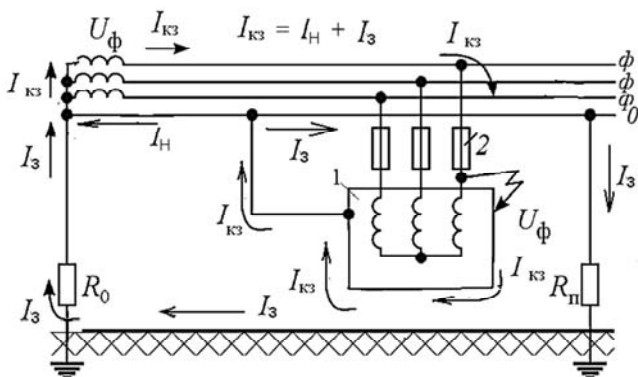


Рис. 1.5. Принципиальная схема зануления:

$I$  – корпус; 2 – аппараты защиты от токов короткого замыкания (к.з.) (предохранители, автом. выкл.);  $R_0$  – сопротивление заземления нейтрали источника тока;  $R_п$  – сопротивление повторного заземления нулевого защитного проводника;  $I_к$  – ток к.з.;  $I_H$  – часть тока к.з., протекающая через нулевой проводник;  $I_3$  – часть тока к.з., протекающая через землю; 0 (н.з.) – нулевой защитный проводник

**Зануление** – это преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Принцип действия зануления – превращение замыкания на корпус в однофазное короткое замыкание (между фазным и нулевым проводником) с целью вызвать большой ток, способный обеспечить срабатывание защиты и автоматически отключить поврежденное электрооборудование от питающей сети. Для обеспечения автоматического отключения поврежденного электрооборудования от сети необходимо увеличить ток, проходящий в схеме в аварийном режиме. Это достигается путем искусственного создания в схеме зануления режима короткого замыкания за счет введения в схему нулевого защитного проводника и обеспечения малого сопротивления для цепи «фаза–нуль» (в режиме к.з.). В качестве отключающих аппаратов используются плавкие предохранители, автоматические выключатели, магнитные пускатели и т. д.

Согласно ТКП 339–2011 в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью сопротивление заземляющего устройства нейтрали трансформатора  $R_0$  и сопротивление растеканию тока повторных заземлений нулевого защитного проводника должно быть не более величин, указанных в табл. 1.3 (при линейных напряжениях  $U_n$ ).

Таблица 1.3

Величины сопротивления растеканию тока

$I_{дл}$ , В	690 (660)	400 (380)	230 (220)
$R_0$ , Ом	2	4	8
$R_{п}$ , Ом	15	30	60

### Методика расчета зануления

*Цель расчета:* определение условий, при которых в схеме происходит быстрое отключение поврежденного электрооборудования от сети и одновременно обеспечивается безопасность при прикосновении человека к зануленному корпусу электродвигателя в аварийный период.

Выполним расчет зануления для электродвигателя на отключающую способность (см. рис. 1.5). Исходные данные размещены в табл. 1.4.

Решение сводится к проверке соблюдения следующего условия:

$$I_{к.з.} \geq I_{сраб.защ.}$$

Для этого необходимо определить:

–  $I_{к.з.}$  – действительное значение тока однофазного короткого замыкания, которое будет иметь место в схеме при возникновении аварии;

–  $I_{сраб.защ.}$  – наименьшее допустимое значение тока срабатывания защиты.

1. Определим величину тока срабатывания защиты:

$$I_{сраб.защ.} = KI_{ном},$$

где  $I_{ном.}$  – номинальный ток плавкой вставки предохранителя электродвигателя (см. табл. 1.4);

$K$  – коэффициент кратности (см. табл.1.4).

Таблица 1.4

Исходные данные для расчета зануления

Параметры схемы	Варианты				
	1	2	3	4	5
1. Напряжение сети, питающей электродвигатель, В	380	380	380	220	220
2. Фазное напряжение в сети $U_{\phi}$ , В	220	220	220	127	127
3. Номинальный ток плавких вставок предохранителей, автоматических выключателей, защищающих электродвигатель, А	125	125	80	80	125
4. Коэффициент кратности тока $K$	Автоматич. выкл. 1,3	Плавк. предохран. 3	Автоматич. 1,25	Автоматич. выкл. 1,4	Плавк. предохран. 3
5. Полное сопротивление трансформатора $Z_T$ , Ом при мощности трансформатора $S$ , кВА	0,487	0,799	1,237	1,1	0,12
6. Активные сопротивления фазного и нулевого защитного проводников					
$R_{\phi}$ , Ом	Алюмин. 2,8	Алюмин. 1,4	Медь 0,9	Медь 1,8	Алюмин. 2,8
$R_{н.з.}$ , Ом	Сталь 0,308	Сталь 0,154	Сталь 0,308	Сталь 0,154	Сталь 0,308
7. Индуктивные сопротивления фазного и нулевого проводников $X_{\phi}$ , Ом	0,033	0,015	0,033	0,015	0,033
$X_{н.з.}$ , Ом	0,308	0,154	0,308	0,154	0,308

2. Определим полное сопротивление петли «фаза–нуль»:

$$Z_{\Pi} = \sqrt{(R_{\Phi} + R_{\text{н.з.}})^2 + (X_{\Phi} + X_{\text{н.з.}} + X_{\Pi})^2}, \text{ Ом},$$

где  $R_{\Phi}$ ,  $R_{\text{н.з.}}$  – активные сопротивления фазного и нулевого защитного проводников, Ом (см. табл. 1.4);

$X_{\Phi}$ ,  $X_{\text{н.з.}}$  – индуктивные сопротивления фазного и нулевого проводников, Ом (см. табл. 1.4);

$X_{\Pi}$  – внешнее индуктивное сопротивление петли «фаза–нуль» (0,02 Ом).

3. Найдем значение тока однофазного короткого замыкания, проходящего в схеме в аварийном режиме:

$$I_{\text{к.з.}} = \frac{I_{\Phi}}{\frac{Z_{\text{T}}}{3} + Z_{\Pi}},$$

где  $I_{\Phi}$  – фазное напряжение, В (см. табл. 1.4);

$Z_{\Pi}$  – полное сопротивление петли «фаза–нуль», Ом;

$Z_{\text{T}}$  – полное сопротивление трансформатора, Ом (см. табл. 1.4).

4. Сравниваем вычисленное значение тока однофазного к.з.  $I_{\text{к.з.}}$  с наименьшим допустимым значением по условиям срабатывания защиты, то есть с током  $I_{\text{сраб.защ}}$ .

Если

$$I_{\text{к.з.}} \geq I_{\text{сраб.защ}},$$

то отключающая способность системы зануления обеспечена.

### Литература

1. Лазаренков, А. М. Охрана труда в энергетической отрасли / А. М. Лазаренков, Л. П. Филянович. – Минск : ИВЦ Минфина, 2010. – 655 с.

2. Правила устройства и защитные меры в электроустановках : ТКП 339–2011. – Минск : Энергопресс, 2011. – 593 с.

## РАСЧЕТ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ МЕТОДОМ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Каждое заземляющее устройство должно иметь паспорт, содержащий схему устройства, основные технические и расчетные данные, сведения о проведенных ремонтах, контрольных исследованиях, внесенных изменениях в проект и др.

Расчет защитного заземления заключается в определении типа вертикальных металлических стержней-заземлителей, количества, размеров и способа их размещения при условии соответствия расчетного значения сопротивления заземляющего устройства нормам. Для электроустановок напряжением до 1000 В расчет выполняется методом коэффициентов использования.

Исходные данные для расчета приведены в табл. 1.5. Вариант для расчета определяется преподавателем.

Таблица 1.5

Исходные данные для расчета защитных заземляющих устройств

Наименование, размерность	Варианты					
	1	2	3	4	5	6
1. Напряжение электроустановок, В	400 В					
2. Суммарная мощность э/установок, кВА	150	200	250	120	300	220
3. Грунт	Торф	Чернозем	Глина	Суглинок	Супесь	Песок
4. Удельное сопротивление грунта $\rho$ , Ом·м	30	53	70	150	400	700
5. Тип вертикального металлического стержня-заземлителя и размеры сечения, мм	Труба Ø 32	Труба Ø 40	Уголок 50×50×4	Уголок 60×60×4	Круг Ø12	Круг Ø14
6. Расстояние между стержнями $a$ , м	9	7	9	7	14	10
7. Длина стержня-заземлителя $l$ , м	3,0	3,5	3,0	3,5	7,0	10,0
8. Отношение расстояния между заземлителями к их длине $a/l$	3	2	3	2	2	1

Наименование, размерность	Варианты					
	1	2	3	4	5	6
9. Глубина заложения верхних концов, стержней и горизонтальных проводников $H_0$ , м	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8
10. Размеры сечения заземляющих соединительных проводников (полоса, сталь), мм	12×4	12×4	12×4	12×4	12×4	12×4
11. Способ заложения заземлителей	В ряд			По контуру		

Допустимая величина сопротивления проектируемого заземляющего устройства  $R_{\text{доп}}$  принимается по заданным напряжению и суммарной мощности электроустановок в соответствии с нормами.

ТКП 339–2011 устанавливает значение наибольшего допустимого сопротивления защитного заземляющего устройства в электроустановках напряжением до 1000 В: сети с изолированной нейтралью при мощности генератора или трансформатора до 100 кВА – 10 Ом, а при мощности более 100 кВА – 4 Ом.

1. Расчет сопротивления растеканию тока одного стержня (заземлителя).

Приближенная формула (погрешность 5–10 %)

$$R_{\text{одн.ст}} = 0,366 \frac{\rho}{l} \lg \frac{4l}{d}, \text{ Ом,}$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом·м;

$d$  – диаметр металлического стержня, трубы или круга, м (если в качестве одиночного металлического стержня (заземлителя) принят электрод с профилем в виде уголка, то  $d = 0,95b$ , где  $b$  – ширина полки уголка, м);

$l$  – длина металлического стержня (заземлителя), м.

2. Расчет количества вертикальных металлических стержней-заземлителей:

$$n = \frac{R_{\text{одн.ст}}}{\eta_{\text{ст}} R_{\text{доп}}}, \text{ шт.,}$$

где  $\eta_{ст}$  – коэффициент использования вертикальных металлических стержней-заземлителей (находится из табл. 1.6 по предварительному значению  $n$  при  $\eta_{ст} = 1$ );

$$R_{доп} = 4 \text{ Ом при напряжении } 400 \text{ В.}$$

3. Расчет длины горизонтального полосового заземлителя (рис. 1.6).

$$l_{пол} = 1,05a(n - 1), \text{ м (при расположении стержней в ряд);}$$

$$l_{пол} = 1,05an, \text{ м (при расположении стержней по контуру),}$$

где  $n$  – количество вертикальных металлических стержней;

$a$  – расстояние между металлическими стержнями (см. табл. 1.5).



Рис. 1.6. Горизонтальный полосовой заземлитель

Таблица 1.6

Коэффициент использования  $\eta_{ст}$  вертикальных металлических стержней-заземлителей

Число стержней	Способ заложения заземлителей					
	в ряд			по контуру		
	Отношение расстояний между заземлителями к их длине $a/l$					
	1	2	3	1	2	3
2	0,85	0,91	0,94	–	–	–
4	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,80
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80
10	0,59	0,74	0,81	0,55	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	–	–	–	0,41	0,58	0,66
60	–	–	–	0,39	0,55	0,64
100	–	–	–	0,36	0,52	0,62

**Примечание.**  $n$  следует округлить и принять несколько меньшим, чем вычисленное значение в п. 2, так как горизонтальная металлическая полоса одновременно работает как заземлитель.



4. Расчет сопротивления растеканию тока горизонтального заземлителя (полосового заземлителя, соединяющего вертикальные заземлители между собой).

Приближенная формула (погрешность 25 %):

$$R_{\text{пол}} = 0,734 \frac{\rho}{l_{\text{пол}}} \lg \frac{4l_{\text{пол}}}{b},$$

где  $l_{\text{пол}}$  – длина горизонтального полосового заземлителя, м;

$b$  – ширина сечения полосового заземлителя (большая сторона сечения, см. рис. 1.6, табл. 1.5), м.

5. Расчет сопротивления защитного заземления  $R_3$ , состоящего из вертикальных металлических стержней и горизонтальной металлической полосы.

$$R_3 = \frac{R_{\text{пол}} R_{\text{ст.од}}}{R_{\text{пол}} \eta_{\text{ст}} n + R_{\text{ст.од}} \eta_{\text{пол}}},$$

где  $\eta_{\text{пол}}$  – коэффициент использования горизонтального полосового заземлителя (табл. 1.7).

Таблица 1.7

Коэффициент использования горизонтального полосового заземлителя  $\eta_{\text{пол}}$ , соединяющего вертикальные металлические стержни

Отношение расстояния между стержневыми заземлителями к их длине $a/l$	Число стержневых заземлителей							
	2	4	6	10	20	40	60	100
Вертикальные металлические заземлители расположены в ряд								
1	0,85	0,77	0,72	0,62	0,42	–	–	–
2	0,94	0,89	0,84	0,75	0,56	–	–	–
3	0,96	0,92	0,88	0,82	0,68	–	–	–
Вертикальные металлические заземлители расположены по контуру								
1	–	0,45	0,40	0,34	0,27	0,22	0,20	0,19
2	–	0,55	0,48	0,40	0,32	0,29	0,27	0,23
3	–	0,70	0,64	0,56	0,45	0,39	0,36	0,33

Проверка выполнения условия: сопротивление защитного заземления должно быть равно допустимому сопротивлению ( $R_3 \leq R_{\text{доп}}$ ) или быть меньше него.

Если  $R_3 > R_{\text{доп}}$ , необходимо выполнить перерасчет защитного заземления, перейдя на большее количество стержней.

## Лабораторная работа № 2

### ОСВЕЩЕНИЕ РАБОЧИХ МЕСТ

*Цель работы:* освоение методики измерения освещенности на рабочих местах; приобретение практических навыков оценки естественного, искусственного и совмещенного освещения.

#### Общие сведения

Восприятие света обусловлено действием световой энергии, поглощенной чувствительными элементами глаза. Поток лучистой энергии, оцениваемый зрительным ощущением, называется световым потоком. За единицу светового потока принят люмен (лм).

Полный световой поток характеризуется излучением, которое распространяется от источника по всем направлениям. Для практических целей более важно знать не полный световой поток, а тот поток, который идет в определенном направлении, например, на рабочее место. В соответствии с этим установлено понятие освещенности  $E$  с единицей измерения люкс (лк). *Люкс* – это освещенность поверхности площадью  $1 \text{ м}^2$  при световом потоке падающего на нее излучения, равном 1 лм.

Для оценки освещения рабочих мест также используются следующие понятия.

**Объект различения** – предмет, отдельная его часть или дефект, которые требуется различать в процессе работы. Учитывается наименьший (или эквивалентный) размер объекта различения, измеряемый в миллиметрах (мм).

**Фон** – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон может быть:

- светлым, если коэффициент отражения от поверхности больше 0,4;
- средним – от 0,2 до 0,4;
- темным – меньше 0,2.

**Контраст объекта различения с фоном** (К) – это отношение разности между яркостью фона и объекта к яркости фона, взятое по абсолютной величине:

$$K = \frac{|L_{\text{фона}} - L_{\text{объекта}}|}{|L_{\text{фона}}|},$$

где  $L_{\text{фона}}$  – яркость фона, кд/м<sup>2</sup>;

$L_{\text{объекта}}$  – яркость объекта различения, кд/м<sup>2</sup>.

### **Виды освещения**

Все виды освещения, используемые в помещениях различного назначения, приведены в ТКП 45-2.04-153–2009 (02250) «Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования».

В зависимости от источника света освещение может быть естественным, искусственным и совмещенным.

**Естественное освещение** – это освещение помещений солнечным светом (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях. По конструктивному исполнению оно подразделяется на боковое (одно- и двухстороннее) – через световые проемы в наружных стенах; верхнее – через светоаэрационные и зенитные фонари в кровле здания, а также через световые проемы в стенах в местах перепада высот здания; комбинированное – сочетание верхнего и бокового естественного освещения.

**Искусственное освещение** по конструктивному исполнению подразделяется на общее и комбинированное. При общем освещении светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение) или их размещение зависит от расположения оборудования (общее локализованное освещение). При комбинированном освещении к общему освещению добавляется местное, концентрирующее световой поток непосредственно на рабочем месте.

Искусственное освещение по функциональному назначению подразделяется:

- на рабочее, обеспечивающее нормируемые осветительные условия в помещениях и в местах производства работ вне зданий;
- аварийное (освещение безопасности и эвакуационное). Освещение безопасности – это та часть аварийного освещения, которая позволяет продолжать работу в случае отключения рабочего освещения. Эвакуационное освещение обеспечивает освещение путей эвакуации и подсветку указателей направления эвакуации;
- охранное – предусматривается вдоль границ охраняемой территории;
- дежурное – энергосберегающее освещение, используемое в нерабочее время.

**Совмещенное освещение** – это освещение, при котором недостаточное естественное освещение дополняется искусственным.

### **Нормирование освещения**

Минимально допустимый уровень освещения рабочего места определяется по табл. 2.1 ТКП 45-2.04-153–2009. Сначала необходимо определить разряд и подразряд зрительной работы с учетом ее общей характеристики. Для производственных помещений установлено восемь разрядов (I–VIII) и четыре подразряда (а, б, в, г).

Выбирая разряд зрительной работы, необходимо отталкиваться от наименьшего размера объекта различения в миллиметрах (мм). Подразряд определяется сочетанием контраста объекта различения с фоном (малый, средний или большой) и характеристики фона поверхности, на которой находится объект различения (светлый, средний или темный) (приложение, табл. П1).

При определении минимальной освещенности мест рабочих поверхностей, расположенных вне зданий, установлено еще шесть разрядов зрительной работы (IX–XIV) (см. приложение, табл. П2).

### **Нормирование естественного освещения**

Непостоянство естественного света, даже в течение короткого промежутка времени, вызвало необходимость нормировать естественное освещение с помощью относительного показателя – коэффициента естественной освещенности (КЕО,  $e$ ).

**КЕО** – это отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения, к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности, создаваемой светом полностью открытого небосвода, выраженное в процентах:

$$\text{КЕО}(e) = \frac{E_{\text{внутри}}}{E_{\text{нар}}} 100 \%, \quad (2.1)$$

где  $E_{\text{внутри}}$  – освещенность внутри помещения, лк;

$E_{\text{нар}}$  – освещенность от открытого небосвода (наружная освещенность), лк.

Для определения КЕО одновременно измеряются естественная освещенность внутри помещения  $E_{\text{внутри}}$  и наружная освещенность  $E_{\text{нар}}$  на горизонтальной площадке, не затененной строениями, под полностью открытым небосводом.

При боковом одностороннем естественном освещении в учебных и учебно-производственных помещениях  $E_{\text{внутри}}$  измеряется в точке, расположенной на расстоянии 1,2 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов, на уровне условной рабочей поверхности. В производственных помещениях – на расстоянии 1,0 м от стены на уровне условной рабочей поверхности.

**Условная рабочая поверхность** – это условно принятая горизонтальная поверхность, расположенная на высоте 0,8 м от пола.

В случае бокового двустороннего естественного освещения помещений любого назначения нормируемое значение КЕО должно быть обеспечено в центре помещения.

В случае верхнего или комбинированного естественного освещения нормируется среднее значение КЕО, рассчитанное после измерения  $E_{\text{внутри}}$  в нескольких расчетных точках помещения.

### ***Нормирование искусственного освещения***

При искусственном освещении нормируемой характеристикой является освещенность  $E$  (лк) рабочей поверхности. ТКП 45-2.04-153–2009 устанавливает нормы освещенности для общего и для комбинированного искусственного освещения.

Для I–IV разрядов зрительной работы рекомендуется использовать систему комбинированного освещения, а для V–VIII разрядов – систему общего освещения. Допускается предусматривать систему общего освещения для I–IV разрядов при технической невозможности или экономической нецелесообразности применения системы комбинированного освещения, это согласовывается с органами государственного санитарного надзора.

Общее освещение в помещениях общественных зданий должно быть равномерным. Общее локализованное освещение рекомендуется использовать в помещениях, где рабочие места расположены группами, сосредоточены на отдельных участках или на участках выполняются работы различной точности, требующие разных уровней освещенности.

В темное время суток использовать только местное освещение (без общего) категорически запрещено, так как это создает очень неблагоприятные зрительные условия, приводящие к быстрому утомлению, нарушению зрения, головным болям и т. п., то есть к снижению общей работоспособности человека.

Для искусственного освещения следует, как правило, использовать наиболее экономичные разрядные лампы. Использование ламп накаливания для общего освещения допускается только в случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности использования разрядных ламп.

### ***Нормирование совмещенного освещения***

В светлое время суток совмещенное освещение должно быть предусмотрено:

- для производственных помещений, в которых выполняются зрительные работы I–III разрядов;
- производственных помещений в случаях, когда по условиям технологии, организации производства или климата в месте строительства требуются объемно-планировочные решения, не позволяющие обеспечить нормированное значение КЕО;
- учебных и учебно-производственных помещений глубиной более 6 м.

Нормированное значение КЕО должно приниматься для совмещенного освещения по табл. П1 (приложение, графа 12 или 13), а нор-

ма освещенности от системы общего освещения – по графе 9. В любом случае освещенность от системы общего освещения должна составлять не менее 200 лк при разрядных лампах и 100 лк – при лампах накаливания.

### Измерение освещенности

Для измерения освещенности  $E$  используются люкметры (например, люкметр Ю-116).

Люкметр (рис. 2.1) состоит из измерителя 1, фотоэлектрического датчика 5 и комплекта насадок 6 и 7. В качестве фотоэлектрического датчика используется селеновый фотоэлемент, у которого спектральная чувствительность наиболее близка к спектральной чувствительности глаза.

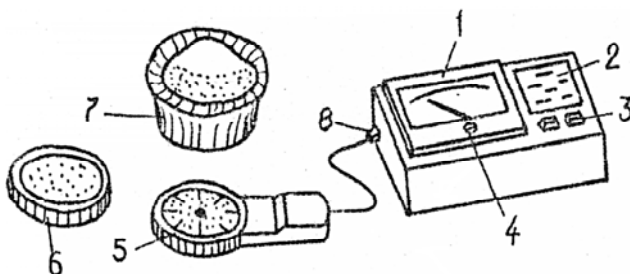


Рис. 2.1. Люкметр Ю-116

На передней панели измерителя имеются кнопки 3 переключения шкалы измерителя и таблица 2 со схемой, связывающей действие кнопок и используемых насадок. Прибор имеет две шкалы (0–100 и 0–30), на которых точками отмечено начало диапазона измерений. На шкале 0–100 точка находится над отметкой 17, на шкале 0–30 – над отметкой 5 (Показания до точек имеют большую погрешность). Прибор имеет корректор 4 для установки стрелки в нулевое положение. На боковой стенке корпуса измерителя расположена вилка 8 для присоединения фотоэлектрического датчика.

Для уменьшения косинусной погрешности, возникающей при падении световых лучей на освещаемую поверхность под углом, применяется насадка 7 на фотоэлемент, выполненная в виде полусферы

из белой светорассеивающей пластмассы. Эта насадка, обозначенная буквой К, применяется не самостоятельно, а совместно с одной из трех других насадок б, обозначенных М (10), Р (100), Т(1000).

Каждая из этих трех насадок совместно с насадкой К образует три поглотителя с коэффициентами ослабления 10, 100, 1000 и применяется для расширения диапазона измерений по нижней шкале от 30 до 300 лк, от 3 000 и до 30 000 лк соответственно и по верхней шкале от 100 до 1 000 лк, от 10 000 и до 100 000 лк. Насадка должна быть подобрана так, чтобы стрелка измерителя находилась в пределах шкалы, то есть справа от точек, обозначающих начало диапазона измерений.

Освещенность в контрольной точке измеряется в следующей последовательности.

Фотоэлектрический датчик, подключенный к прибору-измерителю, располагают параллельно рабочей поверхности чувствительным фотоэлементом вверх. Нажатием кнопок выбирают шкалу, на которой стрелка люксметра находится в ее диапазоне. Если стрелка «зашкаливает» (то есть освещенность больше градуировки шкалы), то необходимо расширить диапазон измерений, используя одну из насадок (М, Р или Т) совместно с насадкой К. Показания прибора умножают на коэффициент пересчета, указанный на насадке и в таблице схемы люксметра (для насадки М коэффициент составляет 10; для насадки Р – 100; для насадки Т – 1 000). Таким образом, если, например, нажата кнопка шкалы 30, на фотоэлемент установлена насадка Р + К и стрелка на шкале люксметра 27, то фактическая освещенность составит  $27 \cdot 100 = 2\,700$  лк.

### **Порядок выполнения работы**

Если занятия проводятся в светлое время суток, оцениваются зрительные условия при естественном или совмещенном освещении. Если в темное время – при искусственном.

#### ***Оценка зрительных условий при естественном освещении***

1. Указать конструктивное исполнение естественного освещения в помещении: боковое одностороннее, боковое двухстороннее, верхнее, комбинированное.



2. Определить размер минимального объекта различения на рабочем месте (мм), соотнести его с графой 2 табл. П1 приложения. Выписать характеристику, разряд зрительной работы и нормативный коэффициент естественной освещенности ( $КЕО_{норм}$ ).

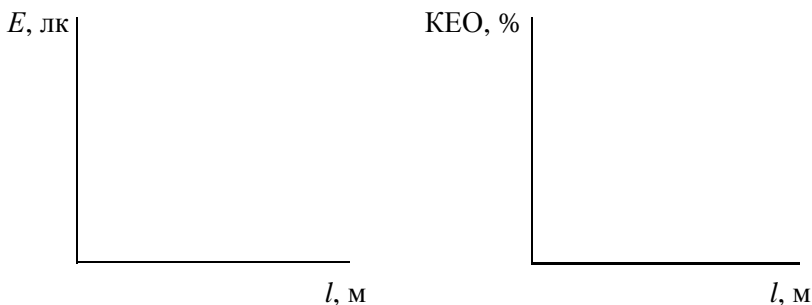
3. Измерить освещенность в помещении  $E_{внут}$  через 1 м от поверхности стены по ширине помещения (на высоте 0,8 м от пола) с помощью люксметра и полученные данные занести в табл. 2.1.

Одновременно с замером освещенности в помещении измерить освещенность на улице (при полностью открытом небосводе)  $E_{нар}$ , лк. Вычислить КЕО по формуле (2.1) и занести результаты в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Расстояние от поверхности стены $l$ , м	1	2	3	4	5
Освещенность $E_{внут}$ , лк					
КЕО, %					

4. Построить кривую светораспределения помещения.



5. Сравнить данные табл. 2.1 с нормативной величиной КЕО, сделать вывод о соответствии естественного освещения требованиям ТКП 45-2.04-153–2009 (табл. П1 приложения).

### ***Оценка зрительных условий при искусственном освещении***

1. Указать конструктивное исполнение искусственного освещения в аудитории (общее, комбинированное).

2. Определить минимальный объект различения на рабочем месте и его размер (мм).

3. Визуально оценить контраст объекта различения с фоном (малый, средний или большой) и фон рабочей поверхности (светлый, средний или темный).

4. По табл. П1 приложения определить характеристику выполняемой работы, разряд и подразряд зрительной работы, а также нормативное значение минимальной освещенности  $E_{\text{норм}}$ , лк.

5. С помощью люксметра измерить фактическую освещенность на рабочем месте  $E_{\text{факт}}$ , лк.

6. Сделать вывод о количественном соответствии  $E_{\text{факт}}$  требованиям ТКП 45-2.04-153–2009.

### ***Оценка зрительных условий при совмещенном освещении***

1. Указать вид конструктивного исполнения естественного освещения (боковое одностороннее, боковое двухстороннее, верхнее или комбинированное) и искусственного (общее или комбинированное) в аудитории.

2. Определить минимальный объект различения на рабочем месте и его размер (мм).

3. Визуально оценить контраст объекта различения с фоном (малый, средний или большой) и характеристику фона (светлый, средний или темный).

4. Из табл. П1 приложения выписать характеристику выполняемой работы, разряд, подразряд и нормативные значения освещенности  $E$ , лк, и коэффициента естественной освещенности КЕО<sub>норм</sub> для совмещенного освещения (графа 12 или 13).

5. Выключить искусственное освещение и с помощью люксметра измерить  $E_{\text{внут}}$  в контрольной точке (на расстоянии 1,2 м от стены, наиболее удаленной от окна, и на уровне 0,8 м от пола).

Одновременно измерить освещенность от открытого небосвода (на улице)  $E_{\text{нар}}$ , лк. Вычислить КЕО<sub>факт</sub> по формуле (2.1).

6. Включить искусственное освещение и с помощью люксметра измерить фактическую освещенность своего рабочего места  $E_{\text{факт}}$ , лк.

7. Сравнить  $KEO_{\text{факт}}$  и  $E_{\text{факт}}$  с нормативными величинами, выписанными из табл. П1 приложения и сделать вывод о соответствии совмещенного освещения требованиям ТКП 45-2.04-153–2009.

### Лабораторная работа № 3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ

*Цель работы:* ознакомление с нормативными требованиями и методикой измерения показателей микроклимата (метеорологических условий) в помещениях, а также с нормативными требованиями к содержанию вредных веществ (газов и пыли) в воздухе рабочей зоны и методами их контроля.

### Микроклимат в рабочей зоне

Самочувствие, работоспособность и здоровье человека в значительной степени определяются показателями микроклимата (метеорологическими условиями) производственной среды. Требования к показателям микроклимата в производственных и офисных помещениях устанавливают Санитарные нормы и правила «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях» и Гигиенический норматив «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений», утвержденные постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 33 от 30.04.2013 г.

**Микроклимат** – комплекс физических факторов, воздействующих на тепловое состояние и теплообмен человека с окружающей средой и влияющих на самочувствие, здоровье, работоспособность.

Основными показателями, характеризующими микроклимат в производственных и офисных помещениях, являются:

- температура воздуха  $t$ , °С;
- относительная влажность воздуха  $\phi$ , %;
- скорость движения воздуха  $v$ , м/с;
- интенсивность теплового облучения  $J$ , Вт/м<sup>2</sup>.

Учитывается температура поверхностей ограждающих конструкций (стены, потолок, пол), устройств (экраны и др.), а также технологического оборудования или ограждающих его устройств.

***Производственные и офисные помещения*** – замкнутые пространства в специально предназначенных сооружениях, в которых постоянно (по сменам) или периодически (в течение рабочего дня) осуществляется трудовая деятельность людей.

На рабочих местах производственных и офисных помещений должны обеспечиваться показатели микроклимата, сохраняющие тепловой баланс человека с окружающей средой, то есть должны поддерживаться оптимальные или допустимые микроклиматические условия.

***Оптимальные микроклиматические условия*** – это установленные по критериям оптимального теплового состояния человека значения показателей микроклимата, которые обеспечивают человеку ощущение теплового комфорта в течение восьмичасовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах. Терморегуляция – способность поддерживать температуру тела на постоянном уровне ( $36,6 \pm 0,5^\circ$ ) при изменении параметров микроклимата и при выполнении различной по тяжести работы.

***Допустимые микроклиматические условия*** – это минимальные или максимальные значения микроклиматических показателей, установленных по критериям теплового состояния человека на период восьмичасовой рабочей смены и не вызывающих повреждений или нарушений состояния здоровья, но способных приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности к концу смены.

Оптимальные значения параметров микроклимата необходимо соблюдать там, где работа связана с нервно-эмоциональным напряжением (рабочие места операторов в кабинах, на пультах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и т. п.). Допустимые значения показателей микроклимата устанавливаются в тех случаях, когда по технологическим требованиям, технически и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные значения параметров микроклимата.

Оптимальные и допустимые величины температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха устанавливаются Сани-

тарными нормами, правилами и гигиеническими нормативами с учетом периода года и категории выполняемых работ по тяжести.

Периоды года условно разделены:

– на холодный (среднесуточная температура наружного воздуха + 10 °С и ниже);

– теплый (среднесуточная температура наружного воздуха выше + 10 °С).

Работы разграничиваются по тяжести в соответствии с интенсивностью общих энергозатрат организма в процессе труда, ккал/ч (Вт). Установлены три категории работ:

– категория I – легкие физические работы. Выделяют категории Ia и Ib. К категории Ia относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), выполняемые сидя и сопровождаемые незначительным физическим напряжением, к категории Ib относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121–150 ккал/ч (140–174 Вт), выполняемые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождаемые некоторым физическим напряжением;

– категория II – физические работы средней тяжести. Выделяют категории IIa и IIб. К категории IIa относятся работы с интенсивностью энергозатрат 151–200 ккал/ч (175–232 Вт), связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя, требующие определенного физического напряжения; к категории IIб относятся работы с интенсивностью энергозатрат 201–250 ккал/ч (233–290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг, сопровождающиеся умеренным физическим напряжением;

– категория III – тяжелые физические работы. К III категории относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 250 ккал/ч (более 290 Вт), связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей, требующие значительных физических усилий.

Оптимальные и допустимые величины температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха для рабочих мест производственных и офисных помещений приведены в табл. 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1

Оптимальные значения параметров микроклимата  
на рабочих местах производственных и офисных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1а	22–24	60–40	0,1
	1б	21–23	60–40	0,1
	2а	19–21	60–40	0,2
	2б	17–19	60–40	0,2
	3	16–18	60–40	0,3
Теплый	1а	23–25	60–40	0,1
	1б	22–24	60–40	0,1
	2а	20–22	60–40	0,2
	2б	19–21	60–40	0,2
	3	18–20	60–40	0,3

Таблица 3.2

Допустимые значения параметров микроклимата  
на рабочих местах производственных и офисных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин		Для диапазона температуры воздуха ниже оптимальных величин, не более	Для диапазона температуры воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	1а	20,0–21,9	24,1–25,0	15–75	0,1	0,1
	1б	19,0–20,9	23,1–24,0	15–75	0,1	0,2
	2а	17,0–18,9	21,1–23,0	15–75	0,1	0,4
	2б	15,0–16,9	19,1–22,0	15–75	0,2	0,3
	3	13,0–15,9	18,1–21,0	15–75	0,2	0,4
Теплый	1а	21,0–22,9	25,1–28,0	15–75	0,1	0,2
	1б	20,0–21,9	24,1–28,0	15–75	0,1	0,3
	2а	18,0–19,9	22,1–27,0	15–75	0,1	0,4
	2б	16,0–17,9	21,1–27,0	15–75	0,2	0,5
	3	15,0–16,9	20,1–26,0	15–75	0,2	0,5

При облучении не более 25 % поверхности тела работающих от источников излучения, нагретых до красного и белого свечения (раскаленный и расплавленный металл, стекло, пламя и др.), допустимая величина интенсивности теплового облучения составляет 140 Вт/м<sup>2</sup>. При этом обязательным является использование средств индивидуальной защиты.

В целях профилактики тепловых травм температура наружных поверхностей технологического оборудования, ограждающих устройств, с которыми соприкасается человек в процессе труда, не должна превышать 45 °С.

Дополнительные требования к организации и ведению работ в условиях нагревающего микроклимата, то есть при функционировании на рабочих местах источников инфракрасного, теплового излучения (открытое пламя, плавильные печи, сушильные камеры, нагретые, расплавленные металл и стекломасса, а также другие виды сырья и т. д.) предъявляются в Санитарных нормах и правилах «Требования к организации и ведению работ в условиях нагревающего микроклимата», утвержденных постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 136 от 28.12.2015.

Допустимые значения интенсивности теплового облучения работающих от различных производственных источников должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Допустимые значения интенсивности теплового облучения поверхности тела работников от производственных источников

Облучаемая поверхность тела, %	Допустимая интенсивность теплового облучения не более, Вт/м <sup>2</sup>
50 и более	35
25–50	70
Не более 25	100

В производственных и офисных помещениях для обеспечения необходимых показателей микроклимата используются системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха.

## Вредные вещества в воздухе рабочей зоны

Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы от 31 декабря 2008 г. № 240 «Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ» устанавливают требования к допустимому содержанию вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

**Рабочая зона** – это пространство, ограниченное по высоте двумя метрами над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или непостоянного (временного) пребывания работающих. Постоянным считается рабочее место, на котором работающий находится более 50 % рабочего времени за смену или более двух часов непрерывно.

**Вредные вещества** – вещества, которые при контакте с организмом человека могут вызвать профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе воздействия вещества, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Результатом воздействия вредных веществ могут быть острые и хронические отравления. Острые отравления являются следствием кратковременного воздействия вредных веществ, поступающих в организм в значительных количествах. Хронические развиваются в результате длительного воздействия вредных веществ, поступающих в организм малыми дозами. Наиболее опасными являются хронические отравления, отличающиеся стойкостью симптомов отравления и приводящие к профессиональным заболеваниям.

Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы устанавливают предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны – обязательные санитарные нормативы для использования их при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования и вентиляции, а также для текущего санитарного надзора.

**ПДК** – это концентрация, которая при ежедневной работе (но не более 40 часов в неделю) в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.



Вредные вещества по степени воздействия на организм человека делятся на четыре класса опасности:

- 1) вещества чрезвычайно опасные (ПДК < 0,1 мг/м<sup>3</sup>);
- 2) вещества высокоопасные (ПДК = 0,1–1,0 мг/м<sup>3</sup>);
- 3) вещества умеренно опасные (ПДК = 1,1–10,0 мг/м<sup>3</sup>);
- 4) вещества малоопасные (ПДК > 10,0 мг/м<sup>3</sup>).

Фактическая концентрация вредного вещества  $C_{\text{ф}}$  (мг/м<sup>3</sup>) в воздухе рабочей зоны не должна превышать ПДК, то есть должно соблюдаться условие

$$\frac{C_{\text{ф}}}{\text{ПДК}} \leq 1.$$

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких веществ разнонаправленного действия на организм фактическая концентрация каждого из них сравнивается с соответствующей ПДК.

Если несколько веществ, находящихся в воздухе одновременно, относятся к веществам однонаправленного действия, то в этом случае должно соблюдаться условие

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,$$

где  $C_1, C_2, \dots, C_n$  – фактические концентрации веществ;

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$  – предельно допустимые концентрации для каждого вещества соответственно.

Многие технологические процессы характеризуются выделением в воздушную среду пыли – взвешенных в воздухе и медленно оседающих твердых частиц разных размеров. Пыль, способная некоторое время находиться в воздухе во взвешенном состоянии, называется аэрозолем, осевшая – аэрогелем.

Вредное воздействие пыли на человека определяется ее концентрацией в воздухе рабочей зоны, происхождением, степенью дисперсности (размером частиц), способом образования и химическим составом.

Фактическая концентрация пыли в воздухе рабочей зоны не должна превышать ПДК, которые приведены в СанПиН от 31.12.2008 № 240.

Если фактическая концентрация пыли в воздухе рабочей зоны превышает ПДК, то развиваются пылевые заболевания – одни из самых тяжелых и распространенных во всем мире. К таким заболеваниям относятся пневмокозиозы, хронические бронхиты и заболевания верхних дыхательных путей.

### **Измерение показателей микроклимата в помещении**

При работах, выполняемых сидя, температура, скорость движения воздуха измеряются на высоте 0,1–1,0 м, а относительная влажность воздуха – на высоте 1,0 м от пола или рабочей площадки. При работах, выполняемых стоя, температура и скорость движения воздуха измеряются на высоте 0,1 м и 1,5 м, а относительная влажность воздуха – на высоте 1,5 м.

При наличии источника лучистого тепла измерения интенсивности теплового облучения проводят на высоте 0,5; 1,0 и 1,5 м от пола или рабочей площадки, располагая приемник прибора перпендикулярно падающему потоку.

Измерения следует проводить на рабочем месте. Если рабочим местом являются несколько участков (зон) помещения, то измерения проводятся на каждом из них.

Для комплексной оценки микроклимата производственной среды используются метеометры типа МЭС-200А. Метеометр МЭС-200А предназначен для измерений относительной влажности воздуха, температуры воздуха, скорости движения воздуха, а также атмосферного давления и концентрации газов как внутри помещений, так и вне их. Измерение скорости движения воздуха возможно как на открытых пространствах, так и в вентиляционных трубопроводах. Состоит МЭС-200А из блока электроники и сменных измерительных щупов. Каждый из щупов измеряет определенный параметр. Щупы соединяются с блоком электроники, имеющим дисплей, на котором отображаются результаты измерений необходимых параметров.

### ***Измерение температуры и относительной влажности воздуха***

Измерение температуры и относительной влажности воздуха осуществляется аспирационными психрометрами, гигрографами.

Аспирационный психрометр Ассмана состоит из двух ртутных термометров, каждый из которых заключен в металлическую оправу, что исключает влияние на их показания внешних тепловых потоков от отдельных производственных источников. В верхней части прибора – аспирационной головке – находится вентилятор, с помощью которого вдоль термометров с постоянной скоростью протягивается значительное количество воздуха. Резервуар одного из термометров обернут тканью, которая перед началом измерений увлажняется водой. Принцип работы психрометров основан на оценке разности показаний сухого и влажного термометра. По этим показаниям с помощью психрометрического графика, прилагаемого к техническому паспорту прибора, определяется относительная влажность воздуха.

В последнее время широко применяются гигрометры типа Testo 605 для быстрого измерения относительной влажности и температуры воздуха рабочей зоны. Датчик влажности и температуры защищен поворотной крышкой. Он соединен с дисплеем, расположенным на поворотной головке, что создает дополнительные удобства при считывании информации. Эти приборы обладают точностью и стабильностью показаний.

### *Порядок работы с аспирационным психрометром*

1. С помощью пипетки смочить водой ткань на влажном термометре, держа прибор вертикально головкой вверх.
2. Включить психрометр в электросеть, завести ключом вентилятор в аспирационной головке до упора для психрометра с механическим приводом вентилятора и поместить его в исследуемую точку.
3. Через 4–5 минут снять показания по сухому и влажному термометрам.
4. По психрометрическому графику определить относительную влажность воздуха (рис. 3.1). Значение относительной влажности в процентах получают на пересечении двух линий: вертикальной, проведенной через значение сухого термометра, и наклонной, проведенной через значение влажного термометра.

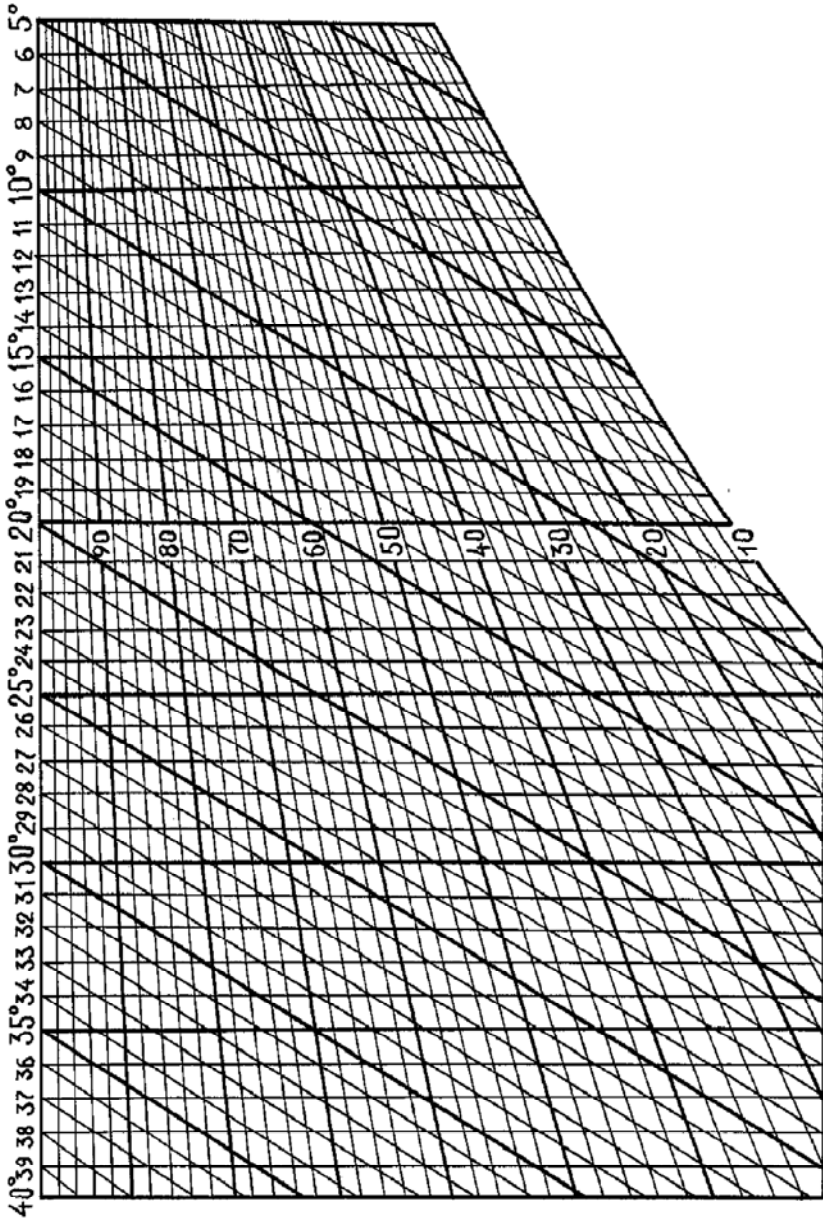


Рис. 3.1. Психрометрический график

## *Порядок работы с гигрометром Testo 605*

1. Открыть поворотную крышку на датчике влажности.
2. Поместить гигрометр в точку измерения на расстоянии вытянутой руки.
3. Нажать кнопку пуска измерения  $O_{п}$  на дисплее и снять показания температуры и относительной влажности воздуха.
4. Выключить питание прибора, повторно нажав кнопку  $O_{п}$ , удерживая ее в течение трех секунд.
5. Закрыть поворотную крышку на датчике влажности.

## *Измерение скорости движения воздуха*

Скорость движения воздуха от 0,5 до 20 м/с измеряют чашечными, от 0,5 до 10 м/с – крыльчатыми анемометрами. В чашечном анемометре приемной частью служит четырехчашечная метеорологическая вертушка, в крыльчатом – крыльчатое колесо с пластинками.

В настоящее время для измерения скорости движения воздуха в диапазоне от 0 до 10 м/с используются термоанемометры Testo 405. Этот простой и удобный прибор позволяет одновременно измерять скорость и температуру воздуха как в рабочей зоне, так и в воздуховодах вентиляционных систем. Конструктивно прибор представляет собой дисплей, который через поворотный шарнир соединен с зондом. Зонд имеет длину 150 мм в сложенном состоянии и 300 мм в разложенном рабочем состоянии. Зонд заканчивается сенсорным датчиком, закрывающимся поворотной крышкой.

Санитарные нормы также допускают измерение малых скоростей движения воздуха (до 0,5 м/с) с помощью цилиндрических и шаровых кататермометров, которые представляют собой спиртовые термометры с цилиндрическим или шаровым резервуаром в нижней и расширением капилляра в верхней его части. Шкала шарового кататермометра имеет деления от 33 до 40 °С. Охлаждение кататермометра наблюдают в диапазоне от 38 до 35 °С, то есть средняя температура составляет 36,5 °С.

Количество тепла, теряемое кататермометром при его охлаждении, постоянное, а продолжительность охлаждения – различная в зависимости от совместного действия всех метеофакторов. Количе-

ство тепла, теряемое шаровым кататермометром с  $1 \text{ см}^2$  поверхности резервуара, называется его фактором и указывается непосредственно на приборе.

### *Порядок работы с шаровым кататермометром*

1. Погрузить кататермометр в воду, температура которой  $60\text{--}75 \text{ }^\circ\text{C}$ , и выдержать его там до тех пор, пока спирт не заполнит половину верхнего расширения капилляра.

2. Тщательно вытереть прибор досуха и подвесить вертикально в исследуемой точке так, чтобы он не качался;

3. Отметить по секундомеру время охлаждения прибора  $\tau$  с  $38$  до  $35 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

4. Рассчитать скорость движения воздуха в следующем порядке. Определение охлаждающей силы воздуха:

$$f = \frac{F}{\tau}, \text{ мкал/см}^2\cdot\text{с},$$

где  $F$  – фактор прибора (указан на кататермометре с обратной от шкалы стороны),  $\text{мкал/см}^2$ .

Определение

$$\Delta T = T_{\text{ср.кат}} - T_{\text{в}}, \text{ }^\circ\text{C},$$

где  $T_{\text{ср.кат}}$  – средняя температура кататермометра (составляет  $36,5 \text{ }^\circ\text{C}$ );

$T_{\text{в}}$  – температура воздуха в рабочей зоне.

Расчет отношения  $\frac{f}{\Delta T}$ .

Если  $\frac{f}{\Delta T} < 0,6$ , то

$$V = \left( \frac{\frac{f}{\Delta T} - 0,20}{0,40} \right)^2, \text{ м/с}.$$

Если  $\frac{f}{\Delta T} > 0,6$ , то

$$V = \left( \frac{\frac{f}{\Delta T} - 0,13}{0,47} \right)^2, \text{ м/с.}$$

*Порядок работы с чашечным анемометром*  
(для измерения скорости движения воздуха  
от настольного вентилятора)

1. Записать показание счетчика прибора по всем трем шкалам при выключенном счетном механизме, для чего повернуть арретир, находящийся на корпусе анемометра, по часовой стрелке.
2. Включить вентилятор, установить анемометр вертикально в измеряемом воздушном потоке на расстоянии 0,5–1 м от вентилятора и включить одновременно счетный механизм прибора и секундомер.
3. По истечении одной минуты отключить счетный механизм анемометра, записать конечные показания счетчика и время экспозиции в секундах.
4. Определить число делений, приходящихся на одну секунду, разделив разность между конечным и начальным показаниями счетчика на время экспозиции в секундах.
5. Определить скорость движения воздушного потока по графикам, приложенному к паспорту анемометра.

*Порядок работы с термоанемометром Testo 405*

1. Разложить зонд прибора на полную длину.
2. Открыть поворотную крышку на сенсорном датчике.
3. Держась за поворотный шарнир дисплея, поместить термоанемометр в точку измерения на расстояние вытянутой руки.
4. Нажать кнопку пуска  $O_n$  измерений на дисплее и снять показания скорости и температуры воздуха.
5. Повторно нажав кнопку  $O_n$  на дисплее и удерживая ее в течение трех секунд, выключить питание прибора, закрыть поворотную крышку на сенсорном датчике, сложить зонд.

## *Измерение интенсивности теплового облучения*

Для измерения интенсивности теплового облучения используются радиометры.

Радиометры измеряют интенсивность теплового излучения в широких диапазонах тепловых потоков. Принцип их работы основан на преобразовании потоков излучения в непрерывный электрический сигнал, который затем преобразуется в цифровой код, который выводится на табло прибора.

Диапазон измерения радиометра «АРГУС-03» составляет 1,0–2 000 Вт/м<sup>2</sup>, он может быть использован для измерения интенсивности потока теплового излучения от нагретых производственных источников.

### *Порядок работы с радиометром «АРГУС-03»*

1. Расположить измерительный датчик прибора перпендикулярно направлению теплового потока.
2. Перевести переключатель прибора из положения «Off» в положение «Вт/м<sup>2</sup>» на один из диапазонов измерений.
3. Снять показания по цифровому табло.
4. Выключить прибор, вернув переключатель в положение «Off».

## **Порядок выполнения работы**

### *Оценка показателей микроклимата*

Необходимо измерить показатели микроклимата на рабочих местах и оценить их соответствие санитарным правилам и гигиеническим нормативам.

Для этого следует:

- определить текущий период года (по среднесуточной температуре наружного воздуха);
- определить категорию выполняемых в аудитории работ по тяжести (энергозатратам);
- выбрать оптимальные и допустимые величины  $T$ ,  $\phi$ ,  $V$  из табл. 3.1 и 3.2. Все данные занести в табл. 3.4;
- с помощью аспирационного психрометра или гигрометра Testo 605 измерить температуру и относительную влажность воздуха;



– измерить скорость движения воздуха с помощью кататермометра или термоанемометра Testo 405;

– измерить интенсивность теплового облучения с помощью радиометра «АРГУС-03»

– занести полученные данные в табл. 3.4.

Сравнив фактические показатели микроклимата с нормативными величинами, сделать заключение о соответствии или несоответствии последних требованиям норм.

Таблица 3.4

### Результаты измерений

Период года	Категория работ	Наименование показателей микроклимата	Нормативные величины параметров по гигиеническому нормативу		Фактические значения показателя
			Оптимальные	Допустимые	
		Температура, °С			
		Относительная влажность, %			
		Скорость движения воздуха, м/с			
		Интенсивность теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup>			

### *Оценка содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны*

Для определения содержания вредных веществ в воздухе пробы должны отбираться в зоне дыхания при характерных производственных условиях с учетом основных технологических процессов, источников выделения вредных веществ и функционирования технологического оборудования.

В соответствии с санитарными правилами и гигиеническими нормативами в течение смены или на отдельных этапах технологического процесса в каждой точке должно быть отобрано такое ко-

личество проб (не менее трех), которое было бы достаточным для достоверной гигиенической характеристики состояния воздушной среды. Периодичность контроля устанавливается в зависимости от класса опасности вредного вещества и принимается для:

I класса опасности – не реже одного раза в 10 дней;

II класса – не реже одного раза в месяц;

III и IV класса – не реже одного раза в квартал.

Содержание вредных веществ в воздухе определяется различными методами: фотометрическим, спектрографическим, хроматографическим и экспресс-анализом.

Наиболее совершенным является метод газовой хроматографии, который позволяет проанализировать химические соединения, входящие в сложные композиции загрязненного воздуха. Сущность метода заключается в отборе пробы и последующем ее анализе в специальном приборе – хроматографе. На самописце прибора автоматически отображается хроматограмма, при расшифровке которой получают сведения о том, какие вещества и в каком количестве содержались в исследуемой пробе.

Хроматограф и дополнительное к нему оборудование дорогостоящие, а проведение самого анализа требует высокой квалификации специалистов-химиков. Поэтому на предприятиях используют экспрессные методы анализа воздушной среды с помощью газоанализаторов различной конструкции (например, универсальных газоанализаторов типа УГ-1, УГ-2).

Газоанализатор УГ-2 (рис. 3.2) имеет воздухозаборник 1, к которому присоединяется стеклянная трубка 2, наполненная индикаторным порошком, реагирующим на анализируемое вещество. Когда сильфон 3, предварительно сжатый путем надавливания на шток 4, расправляется, воздух с анализируемым веществом протягивается через индикаторную трубку. Объем протягиваемого воздуха с анализируемым веществом определяется расстоянием между отверстиями на боковых поверхностях штока. Шток выбирается в зависимости от анализируемого вещества. Содержимое индикаторной трубки из-за реакции, возникающей между анализируемым веществом и реактивом (индикаторным порошком), меняет свою окраску. Длина окрашенного столбика соответствует определенной концентрации анализируемого вещества.

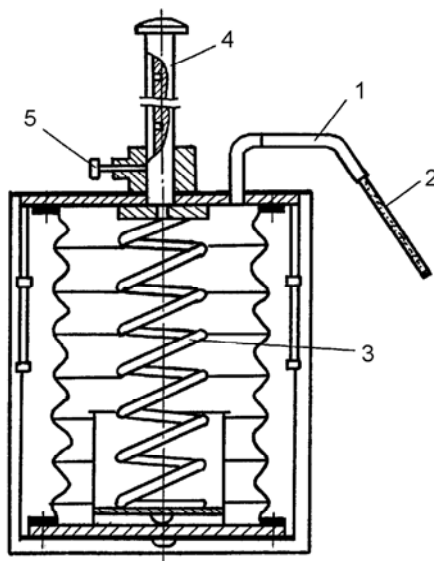


Рис. 3.2. Газоанализатор УГ-2:

1 – воздухозаборник; 2 – трубка с индикаторным порошком; 3 – сиффон;  
4 – шток; 5 – стопор

Для анализа содержания в воздухе какого-либо вещества (по указанию преподавателя) с помощью универсального газоанализатора необходимо (см. рис. 3.2):

- оттянуть стопор 5;
- вставить шток 4 в направляющую втулку так, чтобы стопор скользил по канавке штока;
- давлением руки на головку штока 4 сжать сиффон 3 так, чтобы наконечник стопора зашел в верхнее отверстие в канавке штока;
- вставить индикаторную трубку 2 в резиновую трубку воздухозаборника;
- поместить индикаторную трубку в исследуемую зону;
- одной рукой надавить на головку штока 4, а другой рукой отвести стопор 5 (как только шток начнет двигаться, стопор следует отпустить), затем дождаться чтобы наконечник стопора зашел в нижнее отверстие в канавке штока;
- извлечь индикаторную трубку из резиновой трубки воздухозаборника и приложить ее к шкале исследуемого вещества таким об-

разом, чтобы нижняя граница окрашенного столбика совпала с нулевым делением шкалы, тогда верхняя граница окрашенного порошка определяет концентрацию вещества в воздухе рабочей зоны.

Затем необходимо сравнить концентрации исследуемого вещества с ПДК и дать гигиеническую оценку.

### ***Оценка содержания пыли в воздухе рабочей зоны***

Основным методом определения содержания пыли в воздухе является весовой, основанный на просасывании запыленного воздуха через аналитические фильтры (АФА), эффективность пылезадержания которых составляет 99,5 %. Определив разницу в массе фильтра, взвешенного после отбора пробы пыли, и чистого фильтра, а затем разделив полученный результат на объем воздуха, прошедшего через фильтр, получают концентрацию пыли в воздухе. Для просасывания воздуха через фильтр используют специальный прибор – аспиратор.

Для освоения методики определения концентрации пыли весовым методом используется установка (рис. 3.3), которая включает в себя аспиратор 2 и пылевую камеру 1, имитирующую запыленное производственное помещение.

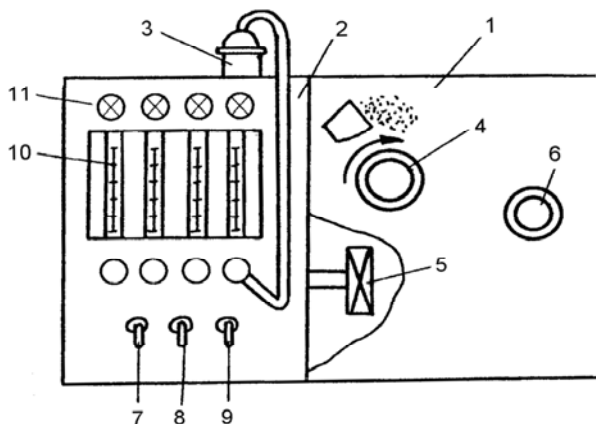


Рис. 3.3. Экспериментальная установка:

1 – пылевая камера; 2 – аспиратор; 3 – аллонж; 4 – ручка дозатора; 5 – вентилятор; 6 – отверстие для взятия пробы; 7, 8, 9 – тумблеры для включения-отключения сети аспиратора и вентилятора соответственно; 10 – реометры; 11 – ручки, регулирующие расход воздуха

Для определения концентрации пыли в пылевой камере необходимо:

- взвесить фильтр на аналитических весах с точностью до 0,01 мг и вложить его в аллонж 3;
- подсоединить аллонж к аспиратору 2;
- включить сеть тумблером 7 и аспиратор тумблером 8;
- отрегулировать расход воздуха, отсасываемого из камеры аспиратором, ручкой 11, соответствующей тому реометру 10, к которому подсоединен аллонж с фильтром (расход воздуха устанавливается по верхней границе поплавка реометра), и отключить тумблер 8;
- в отверстие 6 для взятия пробы вставить аллонж с фильтром и поворотом ручки дозатора 4 по часовой стрелке (на 1–2 щелчка) подать в пылевую камеру порцию пыли;
- тумблером 9 включить вентилятор 5 в пылевой камере;
- включить аспиратор 4–5 мин тумблером 8;
- отключить вентилятор, аспиратор и сеть тумблерами 9, 8, 7 соответственно;
- извлечь фильтр из аллонжа и взвесить его.

Затем необходимо рассчитать фактическую концентрацию пыли в воздухе пылевой камеры по формуле

$$C = \frac{m_2 - m_1}{qt},$$

где  $m_1$ ,  $m_2$  – масса чистого фильтра и фильтра с пылью соответственно, мг;

$q$  – расход воздуха, м<sup>3</sup>/мин;

$t$  – время отбора проб, мин.

Сравнив концентрации пыли с ПДК, дать гигиеническую оценку воздушной среды в пылевой камере.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШУМА И МЕТОДОВ ЕГО СНИЖЕНИЯ

*Цель работы:* ознакомление с нормативными требованиями, методикой измерения характеристик шума в производственных помещениях, а также с аппаратурой по замеру шума, измерение характеристик постоянного шума в акустической камере, оценка эффективности мероприятий по снижению шума.

### Общие сведения

**Шум** – совокупность звуков, различных по частоте и интенсивности, вредно влияющих на организм человека. Шум возникает при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах. С физической стороны он характеризуется частотой колебаний, звуковым давлением, интенсивностью или силой звука.

Ухо человека способно воспринимать звуковые колебания воздуха с частотой от 16 до 20 000 Гц. Колебания с частотой ниже 16 Гц называются инфразвуковыми, а свыше 20 000 Гц – ультразвуковыми. Инфразвук и ультразвук не вызывают слуховых ощущений, но оказывают биологическое действие на организм человека.

Шум является общебиологическим раздражителем. Воздействуя на нервную систему, он влияет на весь организм человека.

Шум вызывает головные боли, повышение кровяного давления, снижает концентрацию внимания и остроту зрения, ослабляет память, замедляет психические реакции, приводит к расстройству нервной системы, понижает работоспособность и производительность труда, способствует возникновению условий, которые приводят к несчастным случаям.

Интенсивный шум вызывает нарушение секреторной и моторной деятельности желудка, изменения в сердечно-сосудистой системе, приводит к развитию заболеваний органов слуха (неврит слухового нерва, тугоухость, глухота и т. д.).

Слуховой аппарат человека неодинаково чувствителен к звукам различной частоты (рис. 4.1). Минимальное звуковое давление и минимальная интенсивность звуков, воспринимаемых слуховым аппаратом человека, определяют порог слышимости.

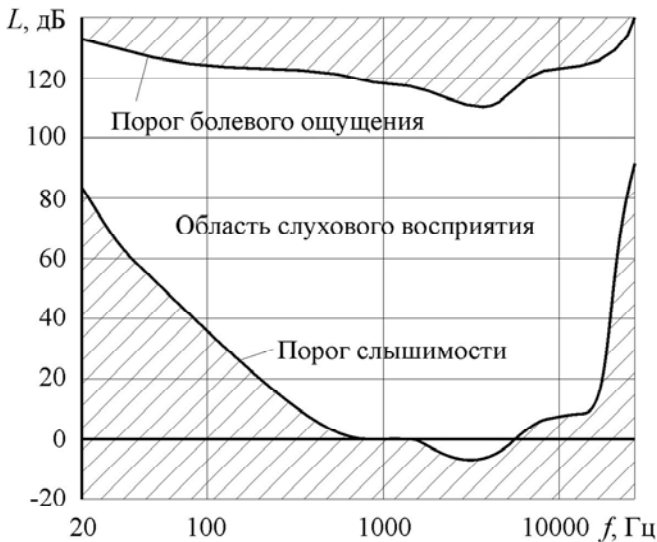


Рис. 4.1. Область слухового восприятия человека

Звуковая волна характеризуется частотой, звуковым давлением, интенсивностью. В процессе распространения звуковой волны происходит перенос кинетической энергии, которая определяется интенсивностью звука  $I$ , количеством звуковой энергии, проходящей в единицу времени через единицу поверхности, перпендикулярной к направлению распространения звука:

$$I = \frac{P}{\rho c}, \text{ Вт/м}^2,$$

где  $I$  – интенсивность звука, Вт/м<sup>2</sup>;

$P$  – значение звукового давления, Па;

$\rho$  – акустическая плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;

$c$  – скорость звука в данной среде, м/с.

За эталонный принят звук с частотой 1 000 Гц. При этой частоте порог слышимости по интенсивности составляет  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>, а по звуковому давлению –  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па, порог болевого ощущения возникает при  $I = 10^2$  Вт/м<sup>2</sup> и  $P = 2 \cdot 10^2$  Па. Таким образом, че-

ловек способен воспринимать звуки в широком диапазоне. Поэтому пользоваться абсолютными значениями  $I$  и  $P$  неудобно. Ухо человека реагирует не на абсолютное, а на относительное изменение интенсивности звука, при этом ощущения человека пропорциональны логарифму количества энергии шума или другого раздражителя. По закону Вебера–Фехнера раздражающее действие шума на человека пропорционально не квадрату звукового давления, а логарифму от него.

Поэтому для характеристики воздействия шума на человека пользуются двумя логарифмическими величинами:

$$L_I = 10 \frac{\lg I}{I_0}, \text{ дБ},$$

где  $I$  – интенсивность звука в данной точке, Вт/м<sup>2</sup>;

$I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup> – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости при частоте 1 000 Гц.

$$L_P = 20 \frac{\lg P}{P_0}, \text{ дБ},$$

где  $P$  – звуковое давление в данной точке, Па;

$P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па – пороговое звуковое давление при частоте 1 000 Гц.

**1 дБ** – изменение громкости едва заметное на слух, которое соответствует изменению интенсивности звука на 26 % или звукового давления на 12 %.

При исследовании шумов весь диапазон частот разбивают на полосы частот и определяют мощность процесса, приходящегося на каждую полосу. Чаще всего используют октавные ( $f_2/f_1 = 2$ ) полосы частот, где  $f_2$  и  $f_1$  – верхняя и нижняя граничные частоты соответственно. При этом в качестве частоты, характеризующей полосу в целом, берется среднегеометрическая частота  $f$ :

$$f = \sqrt{f_1 f_2}.$$

Например, октавную полосу 22,4–45 Гц выражает среднегеометрическая частота 31,5 Гц; 45–90 – 63 Гц; 90–180 – 125 Гц; 180–355 – 250 Гц; 355–710 – 500 Гц и т. д.



В результате сформирован стандартный ряд из девяти октавных полос со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1 000; 2 000; 4 000; 8 000 Гц.

По временным характеристикам шумов можно разделить:

– на постоянный шум, уровень звука которого за восьмичасовой рабочий день (рабочую смену) изменяется не более чем на 5 дБА;

– непостоянный, уровень звука которого за восьмичасовой рабочий день (рабочую смену) изменяется более чем на 5 дБА.

Непостоянный шум подразделяется :

– на колеблющийся – шум, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени;

– прерывистый – шум, уровень звука которого изменяется во времени ступенчато (на 5 дБА и более) при условии, что длительность интервала в течение которого шум остается постоянным, составляет 1 с и более;

– импульсный – шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с, при этом уровни звука, измеренные на стандартизированных временных характеристиках «импульс» и «медленно» шумомера, отличаются не менее чем на 7 дБА.

## Нормирование шума

Нормируемыми параметрами постоянного шума на рабочих местах являются:

– уровни звукового давления  $L_p$ , дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц;

– уровень звука  $L_A$ , дБА.

Оценка постоянного шума на соответствие предельно допустимым уровням должна проводиться как по уровням звукового давления, так и по уровню звука. Эти характеристики приведены в табл. 4.1.

Превышение хотя бы одного из указанных показателей должно квалифицироваться как несоответствие нормативным данным.

Нормируемыми параметрами непостоянного шума на рабочих местах являются:

– эквивалентный (по энергии) уровень звука, дБА, – это уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет такое же

среднеквадратическое звуковое давление, что и данный непостоянный шум;

– максимальный уровень звука – это уровень звука, соответствующий максимальному показанию измерительного прибора при визуальном наблюдении. Максимальный уровень звука для колеблющегося и прерывистого шума составляет 110 дБА, а для импульсного – 125 дБА.

Таблица 4.1

Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Выполнение всех видов работ на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

### Меры борьбы с шумом

Борьба с шумом ведется по трем основным направлениям: снижение шума в источнике его образования за счет конструктивных, технологических и эксплуатационных мероприятий; снижение шума на пути его распространения от источника к рабочим местам; уменьшение вредного воздействия шума на организм человека за счет средств индивидуальной защиты.

Наиболее эффективным методом борьбы с шумом является дистанционное управление технологическим оборудованием. В этом случае обслуживающий персонал располагается в специальных ка-

бинах наблюдения, находящихся в производственном помещении или за его пределами.

Сущность звукоизоляции состоит в том, что большая часть звуковой энергии отражается от преграды, часть энергии поглощается самой преградой и лишь незначительная ее часть проникает за ограждение. В качестве звукоизолирующих преград используются звукоизолирующие перегородки, акустические экраны, кожухи, кабины.

Одним из методов строительной акустики является использование шумопоглощающих конструкций или материалов, которыми облицовывают потолки и стены помещений. Процесс поглощения звука в материале происходит за счет перехода звуковой энергии в тепловую в результате вязкого трения воздуха в порах материала.

Звукопоглощающие материалы по своей структуре являются пористыми. К ним относят пенопласт, поролон, технический войлок, минеральную вату, керамзит, гипсовые плиты и др.

На рабочих местах, где снизить шум до допустимых значений за счет технических мероприятий невозможно, обслуживающий персонал должен применять средства индивидуальной защиты: вкладыши, наушники и шлемофоны. К вкладышам относятся различные варианты заглушек в виде тампонов из волокнистых материалов с масляной пропиткой или воскообразными мастиками, органические волокна в виде шариков, конусов, а также различной конструкции колпачки из мягкой резины и других пластичных материалов, иногда надетые на жесткие, чаще пластмассовые стержни. Широко распространены тканевые вкладыши однократного использования «беруши» (от слов «берегите уши»). Наушники могут быть с жидкостным, вязким или сухим наполнителем из пористого материала.

## **Экспериментальная часть**

### ***Применяемые приборы и оборудование***

Акустическая камера (рис. 4.2), моделирующая производственное помещение, представляет собой деревянный ящик, состоящий из двух отсеков, один из которых (левый) облицован поролоном. Передняя стенка обоих отсеков откидная.

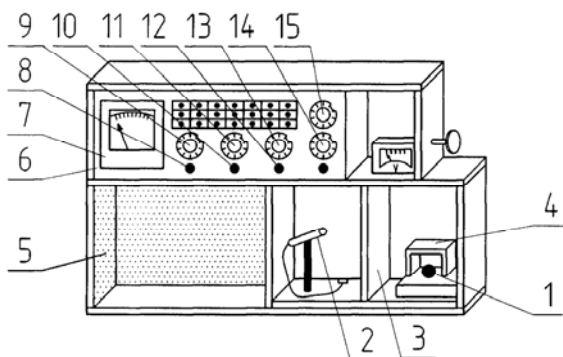


Рис. 4.2. Схема экспериментальной установки:

1 – источник шума; 2 – микрофон; 3 – звукоизолирующая перегородка; 4 – звукоизолирующий кожух; 5 – звукоизолирующая облицовка; 6 – измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2; 7 – стрелочный прибор; 8 – кнопка для включения измерения виброскорости; 9 – делитель ДЛТ1 для выбора предела измерения; 10 – кнопка для ограничения частотного диапазона при измерении вибрации; 11 – делитель ДЛТ2 для выбора предела измерения; 12 – кнопка для включения одного из октавных фильтров; 13 – переключатель для включения корректирующих фильтров А, В, С; 14 – переключатель ФЛТ ДКТ для включения октавных фильтров; 15 – регулятор напряжения источника шума

Источником шума является динамик 1, который вместе с микрофоном 2 крепится на выдвижном основании. В правом отсеке камеры можно установить звукоизолирующую перегородку 3 между источником шума (динамиком) и микрофоном, которая позволяет разделить отсек на две части, имитируя размещение источника шума и микрофона шумомера в соседних помещениях.

Звукоизоляция источника шума может быть достигнута и с помощью кожуха 4, внутренняя поверхность которого облицована слоем поролона.

Для измерения шума используется измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2, принцип работы которого основан на преобразовании звуковых и механических колебаний исследуемых объектов в электрический сигнал.

В качестве преобразователя звуковых колебаний в электрический сигнал используется капсуль микрофонный конденсаторный М-101. Электрический сигнал через усилитель прибора поступает на стрелочный прибор, проградуированный в децибелах.

Для измерения уровня звука по характеристике «А» переключатели на панели прибора устанавливаются в следующие положения: переключатель «Род работы» 15 в положение «S»; переключатель для переключения фильтров 13 – в положение «А»; делитель ДЛТ1 9 – в положение «60»; делитель ДЛТ2 11 – в положение «20». Отсчет по измерительному прибору осуществляется сложением показаний показателей ДЛТ1, ДЛТ2 и стрелочного прибора.

Если при измерении стрелка прибора окажется в левой части шкалы, то она выводится в правую часть изменением положения переключателей ДЛТ1 и ДЛТ2.

Уровни звукового давления в октавных полосах частот измеряются при установке переключателей в следующие положения: переключатель «Род работы» 15 – в положение «S»; переключатель ФЛТ ДКТ 14 – в положение «окт»; делитель ДЛТ1 9 – в положение «60»; делитель ДЛТ2 11 – в положение «20». Замеры на частотах 31,5 и 63 Гц проводятся при нажатой кнопке для включения октавного фильтра 12; замеры на частотах 125 – 8000 Гц проводятся при отжатой кнопке 12.

### ***Порядок выполнения работы***

1. Измерение уровней звука и звукового давления в акустической камере без использования средств снижения шума:

- включить источник шума в отсеке акустической камеры без звукопоглощающей облицовки, измерить уровень звука по характеристике «А» шумомера и уровни звукового давления на всех нормируемых октавных полосах частот;
- выключить шумомер и источник шума;
- полученные данные занести в табл. 4.2.

2. Определение эффективности использования звукоизолирующей перегородки:

- открыть крышку правого отсека, установить между источником шума и микрофоном звукоизолирующую перегородку, закрыть крышку камеры;
- включить источник шума и шумомер, произвести измерение уровня звука по характеристике «А» шумомера и уровней звукового давления во всех октавных полосах частот;

– выключить шумомер и источник шума, вынуть звукоизолирующую перегородку, закрыть крышку камеры, результаты измерений занести в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Результаты замеров

Параметры	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Измеренные характеристики шума: в камере без средств снижения шума $L$										
со звукоизолирующей перегородкой $L_{пер}$										
со звукоизолирующим кожухом $L_{кож}$										
со звукопоглощающей облицовкой $L_{обл}$										
Допустимые значения (см. табл. 4.1)										

3. Определение эффективности применения звукоизолирующего кожуха:

– открыть крышку правого отсека камеры и накрыть источник шума звукоизолирующим кожухом таким образом, чтобы он не касался динамика;

– закрыть крышку камеры;

– включить источник шума и шумомер, измерить уровень звука по характеристике «А» шумомера и уровни звукового давления в октавных полосах частот;

– выключить шумомер и источник шума, снять кожух, закрыть крышку камеры, результаты измерений занести в табл. 4.2.

4. Определение эффективности применения звукопоглощающей облицовки:

– открыть крышку правого отсека камеры, извлечь оттуда и перенести источник шума и микрофон в левый отсек камеры, облицованный поролоном, закрыть крышку камеры;

– включить источник шума, шумомер, измерить уровень звука по характеристике «А» шумомера и уровни звукового давления в октавных полосах частот;

– выключить источник шума и шумомер, перенести микрофон и источник шума в правое отделение акустической камеры, закрыть крышку камеры, результаты измерений занести в табл. 4.2.

5. Сделать вывод об эффективности средств, используемых для снижения шума в акустической камере.

6. Измерение уровней звука и звукового давления прибором «Октава-101А».

Шумомер «Октава-101А» предназначен для измерения уровней звука и уровней звукового давления в октавных полосах частот.

Шумомер (рис. 4.3) состоит из измерительного индикаторного блока и микрофонного предусилителя с микрофонным капсюлем.

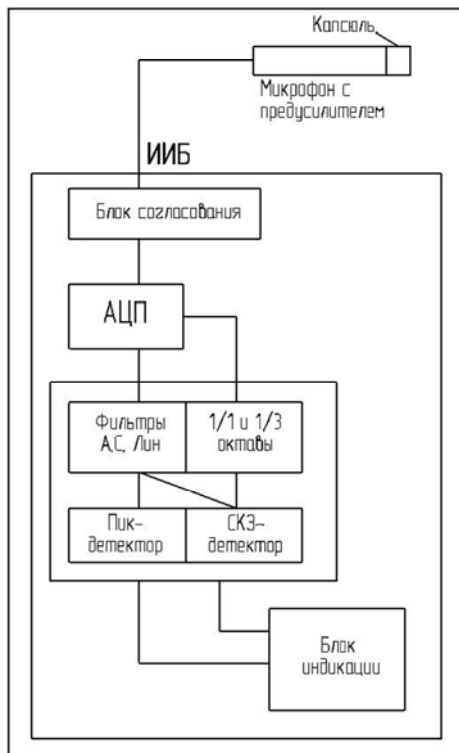


Рис. 4.3. Схема шумомера

### *Подготовка прибора к работе*

1. Вставьте микрофонный капсюль во входящий разъем (пятиштырьковый) при выключенном приборе.
2. Прибор функционирует при напряжении от 4,2 до 5,2 В.
3. Если напряжение меньше 4,2 В и экран шумомера гаснет, необходимо нажать клавишу ВКЛ и только после этого подсоединить к блоку питания для зарядки.

### *Проведение измерений*

1. Включите шумомер ВКЛ. Подождите одну минуту и нажмите РЕЖИМ. Микрофон должен быть направлен на источник звука, находящийся на расстоянии 40 см.
2. Клавишами  $\uparrow\downarrow$  установить значение на дисплее СПЕКТР ДА для измерения уровня звукового давления в октавных полосах частот, дБ; уровня звука, дБА. Нажмите ДА.
- 2'. Нажмите РЕЖИМ.
3. Выберите октаву 1/1 клавишами  $\leftarrow \rightarrow \downarrow\uparrow$ . Перейдите клавишей  $\downarrow$  на значение частот (31,5 Гц).
4. Первое измерение уровня звукового давления выполняется на частоте 31,5 Гц. Далее клавишей  $\rightarrow$  устанавливаем последовательно все остальные частоты: 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000, и на каждой частоте измеряется уровень звукового давления.
5. Нажмите клавишу СТАРТ для начала проведения замеров.
6. Снимите показания внизу дисплея – уровень звукового давления, дБ, для установленной частоты.
7. Сняв показания уровней звукового давления для частотного ряда, снимаем показания уровня звука в дБА (вверху дисплея).



## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ И МЕТОДОВ ЕЕ СНИЖЕНИЯ

*Цель работы:* ознакомление с методикой измерения параметров вибрации и гигиенической оценкой вибрации, передающейся на работающих, а также ознакомление с методами и средствами вибрационной защиты.

### Общие сведения

**Вибрация** – движение точки или механической системы в твердых телах, при котором происходит поочередное возрастание и убывание значений во времени по крайней мере одной координаты.

Причиной появления вибраций являются возникающие при работе машин и агрегатов неуравновешенные силовые воздействия. Это возвратно-поступательно движущиеся системы, неуравновешенные вращающиеся массы, удар деталей. Величина дисбаланса во всех случаях приводит к появлению неуравновешиваемых сил, вызывающих вибрацию. Причина дисбаланса – неоднородность материала, несовпадение центра массы тела и оси вращения, деформация деталей от неравномерного нагрева.

По способу передачи на человека вибрация подразделяется на локальную и общую. Локальная вибрация передается через руки человека, воздействует на ноги сидящего человека, предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями. Общая вибрация передается через опорные поверхности на тело стоящего или сидящего человека.

Источниками локальной вибрации, передающейся на работающих, могут быть:

- ручные машины с двигателем или ручной механизированный инструмент;
- органы управления машинами и оборудованием;
- ручной инструмент и обрабатываемые детали.

Общая вибрация в зависимости от источника ее возникновения подразделяется:

– на общую вибрацию первой категории – транспортную, воздействующую на человека на рабочих местах самоходных и прицепных машин, транспортных средств при движении по местности;

– общую вибрацию второй категории – транспортно-технологическую, воздействующую на человека на рабочих местах машин, перемещающихся по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок, на горных выработках, а также на рабочих местах водителей легковых автомобилей и автобусов как базовых, так и специальных;

– общую вибрацию третьей категории – технологическую, воздействующую на человека на рабочих местах стационарных машин или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.

Общая вибрация третьей категории по месту действия подразделяется на следующие типы:

За – на постоянных рабочих местах производственных помещений предприятий;

Зб – на рабочих местах на складах, в столовых, бытовых, дежурных и других вспомогательных производственных помещений, где нет машин, генерирующих вибрацию;

Зв – на рабочих местах в административных и служебных помещениях заводоуправлений, конструкторских бюро, лабораторий, учебных пунктов, вычислительных центров, здравпунктов и других помещениях работников умственного труда.

По временным характеристикам вибрация подразделяется:

– на постоянную, для которой величина нормируемых параметров за время наблюдения (не менее 10 минут или время технологического цикла) изменяется более чем в два раза (6 дБ) при измерении с постоянной времени 1 с;

– непостоянную, для которой величина нормируемых параметров за время наблюдения (не менее 10 минут или время технологического цикла) изменяется более чем в два раза (6 дБ) при измерении с постоянной времени 1 с, в том числе:

– на колеблющуюся во времени вибрацию, для которой величина нормируемых параметров непрерывно изменяется во времени;

– прерывистую вибрацию, когда контакт человека с вибрацией прерывается, причем длительность интервалов, в течение которых имеет место контакт, составляет более 1 с.

Как общая, так и локальная вибрация неблагоприятно влияет на организм человека, вызывает изменения в функциональном состоянии вестибулярного анализатора, центральной нервной, сердечно-сосудистой и других систем, приводит к утомлению, снижению работоспособности, ухудшает самочувствие и может привести к развитию профзаболевания – вибрационной болезни, сопровождающейся стойкими патологическими нарушениями в организме работающего человека (поражение мышц, изменения в костях и суставах, смещение органов брюшной полости и др.). Вибрация может не вызывать болезненных ощущений, но затруднить проведение производственных процессов.

Локальная вибрация вызывает спазм сосудов, ухудшение снабжения кровью конечностей и сердца, воздействует на нервные окончания, мышечные и костные ткани, нарушает чувствительность кожи, окостенение сухожилий мышц, отложение солей в суставах и нарушает их подвижность.

Активное лечение виброболезни возможно на ранних стадиях. Восстановление нарушенных функций протекает очень медленно, а в особо тяжелых случаях в организме наступают необратимые изменения, приводящие к инвалидности.

Степень неблагоприятного воздействия вибрации на организм человека характеризуется виброскоростью при частоте колебаний более 10 Гц и виброускорением при частоте колебаний менее 10 Гц.

Неблагоприятное воздействие вибрации зависит также от способа передачи ее на человека, длительности воздействия, индивидуальной чувствительности организма, а также от сопутствующих факторов: шума, охлаждения, статических нагрузок и др.

Когда частота колебаний рабочего места приближается к собственной частоте колебаний человеческого тела (5 Гц), резонирующее действие ее становится весьма опасным, так как возможно повреждение отдельных частей тела. Особенно опасны вибрации для отдельных органов с частотой 6–9 Гц, а для рук – 30–80 Гц. Пределы частот 35–250 Гц являются критическими, когда чаще всего развивается вибрационная болезнь.

## Параметры вибрации

Основными параметрами, характеризующими вибрацию, являются частота  $f$ , Гц, амплитуда  $A$ , м, виброскорость  $V$ , м/с и виброускорение  $a$ , м/с<sup>2</sup>, находящиеся в следующей зависимости:

$$V = 2\pi f A, \text{ м/с};$$

$$a = (2\pi f)^2 A, \text{ м/с}^2.$$

Вибрация может оцениваться также уровнями виброскорости  $L_v$  и виброускорения  $L_a$ :

$$L_v = \frac{20 \lg V}{V_0}, \text{ дБ}; \quad (5.1)$$

$$L_a = \frac{20 \lg a}{a_0}, \text{ дБ},$$

где  $V$  – среднеквадратическое значение виброскорости, м/с;

$V_0$  – пороговая виброскорость, равная  $5 \cdot 10^{-8}$  м/с;

$a$  – виброускорение, м/с<sup>2</sup>;

$a_0$  – пороговое значение виброускорения, равное  $3 \cdot 10^{-4}$  м/с<sup>2</sup>.

## Нормирование вибрации

Гигиеническая оценка постоянной и непостоянной вибрации, воздействующей на человека, проводится следующими методами:

- частотного (спектрального) анализа нормируемого параметра;
- интегральной оценки по частоте нормируемого параметра;
- интегральной оценки с учетом времени воздействия вибрации по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемого параметра.

Основным методом, характеризующим вибрационное воздействие на человека, является частотный анализ.

Нормируемый диапазон частот для локальной вибрации устанавливается в виде октавных полос со среднегеометрическими частотами 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц.

Нормируемый диапазон частот для общей вибрации в зависимости от ее категории устанавливается в виде октавных ( $f_2/f_1 = 2$ ) или третьоктавных полос ( $f_2/f_1 = \sqrt[3]{2}$ ) со среднегеометрическими частотами ( $f = \sqrt{f_1 f_2}$ , где  $f_1$  и  $f_2$  – нижние и верхние значения частот) 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0 Гц (для категории 3а – 2,0; 4,0; 8,0; 16,0; 31,5; 63,0 Гц).

Нормируемыми параметрами постоянной вибрации являются:

- среднеквадратические значения виброускорения,  $\text{м/с}^2$ , и виброскорости,  $\text{м/с}$ , измеряемые в октавных (третьоктавных) полосах частот, и их логарифмические уровни, дБ;

- скорректированные по частоте значения виброускорения и виброскорости или их логарифмические уровни.

При частотном (спектральном) анализе нормируемыми являются кинетические параметры: среднее квадратическое значение виброскорости  $V$  и их логарифмические уровни  $L_v$  или виброускорения  $a$ . Для локальной вибрации в октавных полосах частот, а для общей вибрации в октавных и третьоктавных полосах частот.

Логарифмические уровни виброскорости, дБ, определяются по формуле (5.1).

Нормируемыми параметрами непостоянной вибрации являются эквивалентные (по энергии) скорректированные по частоте значения виброускорения и виброскорости или их логарифмические уровни.

Скорректированный уровень параметра вибрации  $L_U$  – одночисловая характеристика вибрации, непосредственно измеряемая или определяемая как результат энергетического суммирования уровней вибрации в октавных (третьоктавных) полосах с учетом октавных весовых коэффициентов (поправок) по формуле

$$L_U = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{U_i} + \Delta L_{U_i})}, \text{ дБ},$$

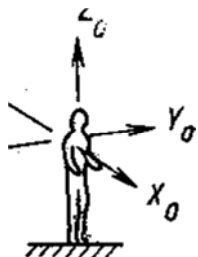
где  $L_U$  – скорректированный уровень параметра вибрации, дБ;

$n$  – число октавных (третьоктавных) полос;

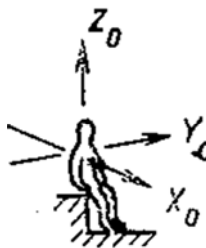
$i$  – порядковый номер октавной (третьоктавной) полосы;

$L_{U_i}$  – октавные (третьоктавные) уровни параметра вибрации, дБ;  
 $\Delta L_{U_i}$  – октавные (третьоктавные) весовые поправки, дБ.

### Общая вибрация

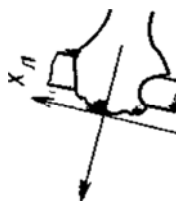
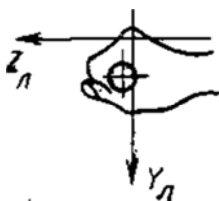


положение стоя

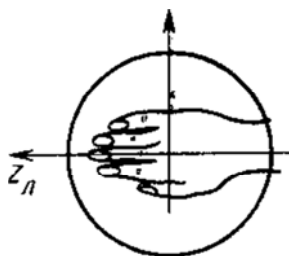
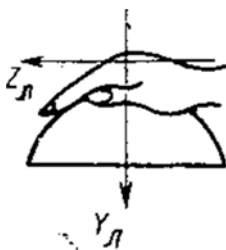


положение сидя

### Локальная вибрация



При охвате цилиндрических, торцовых  
и близких к ним поверхностей



При охвате сферических поверхностей

Рис. 5.1. Направление координатных осей при действии вибрации

При воздействии локальной вибрации менее 480 мин в течение смены определяют допустимое значение виброскорости  $V_t$  по формуле

$$V_t = V_{480} \sqrt{\frac{480}{t}},$$

где  $V_{480}$  – допустимое значение виброскорости для длительности воздействия вибрации 480 мин (принимается по табл. 5.1);

$t$  – продолжительность воздействия вибрации за рабочую смену, мин.

Предельно допустимые значения виброскорости и виброускорения и их логарифмические уровни вдоль осей ортогональной системы координат для общей вибрации категории 3а на постоянных рабочих местах в производственных помещениях предприятий согласно СНП № 132 от 26.12.2013 г. приведены в табл. 5.1, а для локальной – в табл. 5.2.

Таблица 5.1

Предельно допустимые значения общей вибрации для рабочих мест категория 3 – технологическая, типа «а»

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Допустимые значения по осям $X_0, Y_0, Z_0$			
	Виброскорость		Виброускорение	
	м/с·10 <sup>-2</sup>	дБ	м/с <sup>2</sup>	дБ
	1/1 окт.			
2,0	1,3	108	0,14	53
4,0	0,45	99	0,10	50
8,0	0,22	93	0,10	50
16,0	0,20	92	0,20	56
31,5	0,20	92	0,40	62
63	0,20	92	0,80	68
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни	0,2	92	0,1	50

Таблица 5.2

**Предельно допустимые значения  
производственной локальной вибрации**

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Допустимые значения по осям $X_0, Y_0, Z_0$			
	Виброскорость		Виброускорение	
	м/с <sup>2</sup>	дБ	м/с <sup>2</sup> ·10 <sup>-2</sup>	дБ
8	1,4	73	2,8	115
16	1,4	73	1,4	109
31,5	2,7	79	1,4	109
63	5,4	85	1,4	109
125	10,7	91	1,4	109
250	21,3	97	1,4	109
500	42,5	103	1,4	109
1000	85,0	109	1,4	109
Корректированные и эквивалентные корректированные значения и их уровни	2,0	76	2,0	112

Гигиенические нормы вибрации установлены для восьмичасовой рабочей смены.

По направлению действия вибрации нормируется вдоль осей ортогональной системы  $x, y, z$  для общей вибрации, где  $x, y$  – горизонтальные оси, а  $z$  – вертикальная ось.

Вибрация измеряется и контролируется отечественными приборами «ШВК», «ИШВ», «ОКТАВА 101», аппаратурой фирм «RFT» (Германия) «Брюль и Кьер» (Дания) и др.

Точки измерения общей вибрации выбирают на рабочих местах (или в рабочих зонах обслуживания), а для самоходных и транспортно-технологических машин – на рабочих площадках и сиденьях водителей и персонала. Измерения проводят в типовом технологическом режиме оборудования (машин).

### **Меры защиты от вибрации**

Борьба с вибрацией ведется одновременно с решением основной задачи – комплексной механизации и автоматизации производства. Только с введением дистанционного управления полностью решаются проблемы вибрации.



Методы борьбы с вибрацией базируются на анализе управлений, описывающих колебания машин и агрегатов в условиях производства. Уравнения сложны, так как любой вид оборудования является системой со многими степенями подвижности и обладает рядом резонансных частот.

Для профилактики виброболезни применяются вибробезопасные машины, используются средства виброзащиты, снижающие воздействующую на работающих вибрацию.

При проектировании технологических процессов и производственных зданий и сооружений должны быть выбраны машины с наименьшей вибрацией; разработаны схемы размещения машин с учетом создания минимальных уровней вибрации на рабочих местах; выполнена оценка ожидаемой вибрационной нагрузки на оператора; выбраны строительные решения оснований и перекрытий, обеспечивающие выполнение требований вибрационной безопасности труда.

В неавтоматизированных производствах для уменьшения вибрации используются следующие методы:

1. Уменьшение вибрации в источнике возникновения проводится посредством реализации следующих механических мероприятий:

- повышения мощности обработки;
- оптимального подбора зубчатых пар;
- оптимизации рабочих режимов;
- улучшения балансировки и крепления вращающихся масс;
- отстройки от режимов резонанса за счет увеличения жесткости системы;
- вибродемпфирования (снижения вибрации путем преобразования энергии колебаний в тепловую энергию);
- динамического гашения (путем установки оборудования на фундамент или применением контр масс, колеблющими в противофазе к основной массе.

2. Борьба с вибрацией на путях ее распространения посредством виброизоляции (уменьшения передачи колебаний от источника возбуждения к защищаемому объекту при помощи устройств, помещаемых между ними – виброизоляторов из материалов с большим внутренним трением: резины, войлока, пробки, асбеста, стальных пружин и т. д.).

3. Организация труда рабочих виброопасных профессий заключается в ограничении времени контакта работника с вибрацией, ко-

торое осуществляется путем установления для лиц виброопасных профессий внутрисменного режима труда. Режим труда устанавливается при превышении вибрационной нагрузки на оператора не менее 1 дБ (в 1,12 раза), но не более 12 дБ (в 4 раза).

При превышении вибрационной нагрузки более 12 дБ запрещается выполнять работы и применять машины, генерирующие такую вибрацию.

Периодичность контроля вибрационной нагрузки на оператора при воздействии локальной вибрации должна быть не реже двух раз в год, общей – не реже раза в год.

Усилие нажатия, необходимое для работы ручной машины в паспортном режиме, не должно превышать для одноручной машины 100 Н, для двуручной – 150 Н. Температура поверхности рукояток ручных машин должна находиться в пределах от 21,5 до 43,5 °С. Рукоятки и другие места контакта рук оператора с ручными машинами должны иметь покрытие с коэффициентом теплопередачи не более 0,5 Вт/(м<sup>2</sup>·К).

В табл. 5.3 приведено допустимое суммарное время непрерывного воздействия локальной вибрации на работающих за смену.

Таблица 5.3

Допустимое время воздействия локальной вибрации за смену

Показатель превышения вибрационной нагрузки на оператора Δ, дБ	$T_n$ , мин	Показатель превышения вибрационной нагрузки на оператора Δ, дБ	$T_n$ , мин
1	381	7	95
2	308	8	76
3	240	9	60
4	191	10	48
5	151	11	38
6	120	12	30

4. К лечебно-профилактическим мероприятиям относятся: гидропроцедуры (специальные ванны для рук и ног), витаминизация и др.

5. Средства индивидуальной виброзащиты применяются при работе с ручным механизированным, электрическим и пневматическим инструментом. По месту контакта оператора с вибрирующим объектом они подразделяются на СИЗ рук (рукавицы и перчатки, вкладыши и прокладки), СИЗ ног (специальная обувь, подметки, наколенники), СИЗ тела оператора (нагрудники, пояса, специальные костюмы). СИЗ виброзащиты выполняются из упругодемпфирующих материалов.

### Экспериментальная часть

Параметры вибрации измеряются с помощью механических, оптических или электрических приборов. Для гигиенической оценки вибрации рабочих мест применяются наиболее чувствительные электрические приборы, в которых с помощью специальных датчиков механическое колебание преобразуется в электрический сигнал с последующей его обработкой и измерением или регистрацией самопишущим устройством. К таким приборам относятся измерители шума и вибрации, аппаратура фирм «RFT» (Германия), «Брюль и Кьер» (Дания), «ОКТАВА 101» и др.

*Порядок измерения параметров вибрации на стенде с виброплощадкой.*

Необходимо ознакомиться с экспериментальной установкой и изучить устройство виброметра ВИП-2, а также методику измерения вибрации.

Виброметр ВИП-2 (в дальнейшем виброметр) предназначен для измерения вибрации работающего оборудования и машин в лабораторных условиях.

Диапазон измерения действующих значений виброскорости –  $0,1 \pm 100$  мм/с, размаха виброперемещений –  $2 \pm 1$  000 мкм.

Пределы измерительных поддиапазонов:

– по виброскорости – 1, 3, 10, 30, 100 мм/с;

– по виброперемещению – 10, 30, 100, 300, 1 000 мкм.

Виброметр состоит из вибропреобразователя, измерительного прибора и соединительного кабеля.

Допустимый наклон вибропреобразователя относительно вертикального рабочего положения  $30^\circ$ .

Принцип работы вибропреобразователя: при контактировании штыря с вибрирующим объектом смещается подвижная система (инертная масса) относительно корпуса магнитопровода, при этом на концах обмотки катушки подвесной системы возникает ЭДС, величина которой пропорциональна скорости смещения.

Измерительный прибор выполнен в виде отдельного блока. На лицевой панели расположены показывающий прибор и переключатели «Род работы» и «Пределы измерений». На корпусе также установлен входной разъем для подключения вибропреобразователя.

Переключатель «Род работы» включает:

- «откл» – питание прибора отключено;
- «контр. питания» – контролируется наличие и величина питающего напряжения;

–  $\frac{mm}{s}$  – положение, при котором измеряется действующее значение виброскорости, мм/с;

–  $\mu m$  – положение, при котором измеряется виброперемещение, мкм.

Верхние цифры (1, 3, 10, 30, 100), относящиеся к переключателю «Пределы измерения», обозначают предельные числовые отметки шкалы показывающего прибора в мм/с при измерении виброскорости.

Нижние цифры (10, 30, 100, 300, 1 000) – предельные числовые отметки шкалы, показывающей в мкм при измерении виброперемещения.

При подготовке к работе переключатели установить в следующие положения:

«Пределы измерения» – положение 100/100;

«Род работы» – контроль питания.

Стрелка показывающего прибора должна устанавливаться между отметками 7 и 10 шкалы прибора, что свидетельствует о нормальной величине напряжения питания.

Привести вибростенд (рис. 5.2) в рабочее состояние:

– подать напряжение на автотрансформатор 3 и электродвигатель 1, включив вилку в розетку 220 В и тумблер на панели (при этом на панели загорается красная лампочка);

– установить регулятор автотрансформатора в положение, соответствующее 480 об/мин (8 об/с).

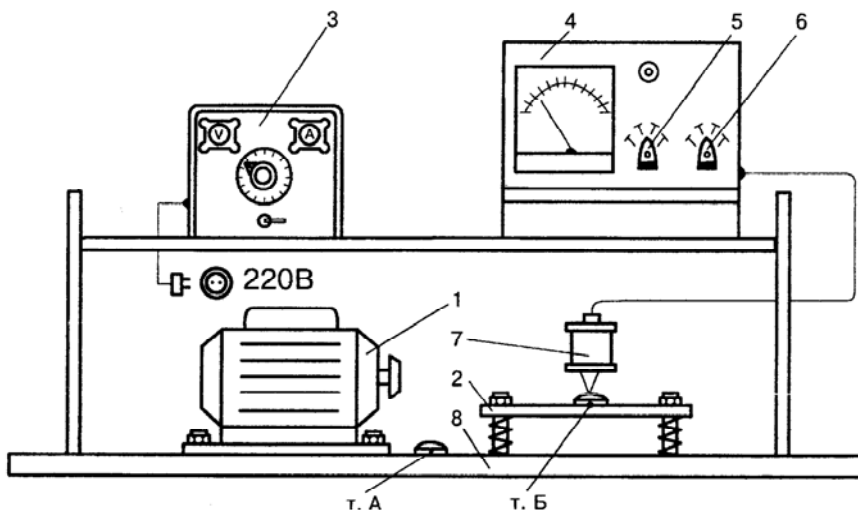


Рис. 5.2. Экспериментальная установка:

- 1 – электродвигатель (источник вибрации); 2 – платформа на виброизоляторах;  
 3 – автотрансформатор; 4 – измерительный прибор; 5 – переключатель  
 «Пределы измерений»; 6 – переключатель «Род работы»;  
 7 – вибропреобразователь; 8 – основание

Измерить параметры вибрации.

При измерении виброскорости переключатель «Род измерения» установить в положение «мм/с»; штырем вибропреобразователя прикоснуться к вибрирующей поверхности и переключателем «Пределы измерения» выбрать необходимый предел измерения. Измерения произвести в точке А на основании и в точке Б на платформе, расположенной на виброизоляторах.

Измеряя виброперемещения, переключатель «Род работы» перевести в положение  $\mu m$  и выполнить измерение.

Затем установить регулятор автотрансформатора в положение, соответствующее 960 об/мин (16 об/с), а затем 1440 об/мин (24 об/с).

Аналогично измерить виброперемещения и виброскорости в вышеуказанных точках, результаты измерений занести в табл. 5.4.

Таблица 5.4

## Результаты измерений

№ п/п		$n$ , об/мин	$f$ , Гц	$A \cdot 10^{-6}$ , м	$V \cdot 10^{-2}$ , м/с	$L_v$ , дБ	$L_{\text{доп}} \cdot 10^{-2}$ , м/с	$L_{\text{доп}}$ , дБ
1	А							
	Б							
2	А							
	Б							
3	А							
	Б							

Рассчитать значения уровня виброскорости  $L_v$ . Сравнить измеренные и допустимые значения виброскорости, оценить эффективность виброизоляторов.

Измерение параметров вибрации прибором «ОКТАВА 101» выполняется в соответствии с паспортом прибора.

## Лабораторная работа № 6

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПРИ РАБОТЕ С ПЭВМ

*Цель работы:* ознакомление с нормативными требованиями и методикой измерения напряженностей электромагнитного и электростатического полей и плотности магнитного потока на рабочем месте оператора ПЭВМ, а также ознакомление с требованиями к помещениям для эксплуатации ПЭВМ.

#### Требования к помещениям для работы с ПЭВМ и режиму работы

Требования к работе с ПЭВМ определены санитарными нормами и правилами «Требования при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами» и гигиеническим нормативом «Предельно допустимые уровни нормируемых параметров при работе с видеодисплейными терминалами и ЭВМ», утверж-

денными постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь № 59 от 28.06.2015 г.

В помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно быть естественное и искусственное освещение. Естественное освещение на рабочих местах с ПЭВМ – световые проемы, ориентированные преимущественно на север, северо-восток, восток, запад или северо-запад, они обеспечивают КЕО не ниже 1,5 %. Искусственное освещение на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должно быть 300–500 лк.

Площадь одного рабочего места для пользователей ПЭВМ на базе плоских дискретных экранов (ЖК, плазменные и др.) должна составлять не менее 4,5 м<sup>2</sup>. При возведении и реконструкции зданий помещения для ПЭВМ следует проектировать высотой не менее трех метров. Эти помещения должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением). Запрещается размещать рабочие места с ПЭВМ на расстоянии менее 10 м от силовых кабелей и высоковольтных трансформаторов.

В помещениях, в которых работа с использованием ПЭВМ является основной, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата, которые представлены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оптимальные параметры микроклимата для помещений с персональными электронно-вычислительными машинами

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Легкая – 1а	22–24	40–60	0,1
	Легкая – 1б	21–23	40–60	0,1
Теплый	Легкая – 1а	23–25	40–60	0,1
	Легкая – 1б	22–24	40–60	0,2

В помещениях, оборудованных ПЭВМ, должна проводиться ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы.

Уровни физических факторов (уровни звукового давления, уровни звука), создаваемые ПЭВМ и периферийными устройствами, не долж-

ны превышать ПДУ, представленные в табл. 6.2. Они устанавливаются в зависимости от следующих категорий выполняемых работ:

- категория I – выполнение основной работы на ЭВМ в диспетчерских, операторских, расчетных кабинетах и постах управления, залах вычислительной техники и др.;

- категория II – выполнение работы на ПЭВМ в помещениях, где работают специалисты, осуществляющие лабораторный, аналитический или измерительный контроль;

- категория III – выполнение работы в помещениях операторов ЭВМ (без дисплеев);

- категория IV – выполнение работы на ПЭВМ в помещениях для размещения шумных агрегатов.

Таблица 6.2

Предельно допустимые уровни, эквивалентные уровни звука и уровни звукового давления в октавных полосах частот при работе с ПЭВМ

Категория нормы шума	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука, эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
I	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
II	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
III	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
IV	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

В производственных помещениях, в которых работа на ПЭВМ вспомогательна, уровень шума на рабочих местах не должен превышать значений, установленных для видов трудовой деятельности, осуществляемых в этих помещениях.

Расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого) должно быть не менее 2 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м. Экран монитора должен находиться на расстоянии 60–70 см от глаз пользователя. Рабочий



стул должен быть подъемно-поворотным, должны регулироваться высота и угол наклона сиденья и спинки.

Лица, работающие с ПЭВМ более 50 % рабочего времени, должны проходить обязательные медицинские осмотры. Женщинам со времени установления беременности и в период кормления ребенка грудью необходимо ограничить время работы с ПЭВМ до трех часов за рабочий день с учетом обязательного соблюдения ПДУ параметров физических факторов, создаваемых на рабочем месте.

Режим труда и отдыха при работе с ПЭВМ должен определяться видом и категорией трудовой деятельности. Виды трудовой деятельности делятся на три группы:

- группа А – работа по считыванию информации с экрана ПЭВМ;
- группа Б – работа по вводу информации;
- группа В – творческая работа в режиме диалога с ПЭВМ.

Время регламентированных перерывов в зависимости от продолжительности рабочего дня, вида и категории трудовой деятельности устанавливается согласно табл. 6.3.

Таблица 6.3

### Время регламентированных перерывов при работе с ПЭВМ

Категория работ с ПЭВМ	Уровень нагрузки за рабочий день			Суммарное время регламентированных перерывов, мин	
	Группа А, количество знаков	Группа Б, количество знаков	Группа В, ч	При 8-часовом рабочем дне	При 12-часовом рабочем дне
I	До 20 000	До 15 000	До 2,0	30	70
II	До 40 000	До 30 000	До 4,0	50	90
III	До 60 000	До 40 000	До 6,0	70	120

Продолжительность непрерывной работы с ПЭВМ без перерыва не должна превышать двух часов.

При восьмичасовом рабочем дне регламентируемые перерывы следует устанавливать:

- для I категории работ – через 2 часа по 15 минут каждый;
- для II категории работ – через 2 часа от начала рабочего дня и через 1,5–2 часа после обеда по 15 минут каждый или по 10 минут через каждый час работы;
- для III категории работ – через 1,5–2 часа от начала рабочего дня и через 1,5–2 часа после обеда по 20 минут каждый или по 15 минут через каждый час работы.

### **Нормирование электромагнитных и электростатических полей**

При нормировании электромагнитных полей нормируемыми величинами являются как параметры электрической составляющей, так и магнитной составляющей электромагнитного поля (ЭМП).

В диапазоне частот 30 кГц–300 МГц нормируемыми параметрами являются: напряженность электрической составляющей ЭМП ( $E$ , В/м), напряженность магнитной составляющей ЭМП ( $H$ , А/м), энергетическая экспозиция электрической составляющей ЭМП ( $\mathcal{E}_E = E^2 T$ , (В/м)<sup>2</sup>·ч) и энергетическая экспозиция магнитной составляющей ЭМП ( $\mathcal{E}_H = H^2 T$ , (А/м)<sup>2</sup>·ч), где  $T$  – время воздействия ЭМП, ч.

В диапазоне частот 300 МГц–300 ГГц нормируется плотность потока энергии (ППЭ, Вт/м<sup>2</sup>) и энергетическая экспозиция плотности потока энергии ( $\mathcal{E}_{\text{ППЭ}} = \text{ППЭ} \cdot T$ , Вт · ч/м<sup>2</sup>).

Плотность потока энергии показывает, какое количество энергии протекает сквозь площадку в 1 м<sup>2</sup>, расположенную перпендикулярно распространению волн, за 1 с.

При нормировании электростатического поля нормируемым параметром является напряженность электростатического поля.

Нормируемыми параметрами при нормировании ЭМП у видеомонитора являются напряженность электрической составляющей ЭМП ( $E$ , В/м) и плотность магнитного потока ( $B$ , нТл) для двух частотных диапазонов: 5 Гц–2 кГц и 2–400 кГц, а у клавиатуры, системного блока и манипулятора «мышь» еще и плотность потока энергии.

Допустимые уровни этих параметров представлены в табл. 6.4 и 6.5.

Таблица 6.4

**Предельно допустимые уровни электромагнитных полей  
от экранов ПЭВМ**

Наименование параметра	Предельно допустимые уровни
Напряженность электрического поля в диапазоне частот: 5 Гц–2 кГц 2–400 кГц	25 В/м 2,5 В/м
Плотность магнитного потока магнитного поля в диапазоне частот: 5 Гц–2 кГц 2–400 кГц	250 нТл 25 нТл
Напряженность электростатического поля	15 кВ/м

Таблица 6.5

**Предельно допустимые уровни электромагнитных полей при работе  
с ПЭВМ от клавиатуры, системного блока, манипулятора «мышь»,  
беспроводных систем передачи информации**

Диапазоны частот	0,3–300 кГц	0,3–3 мГц	3–30 мГц	30–300 мГц	0,3–300 ГГц
ПДУ	25 В/м	15 В/м	10 В/м	3 В/м	10 мкВт/см <sup>2</sup>

**Требования к инструментальному контролю  
и гигиенической оценке уровней электромагнитных полей,  
создаваемых ПЭВМ**

Инструментальный контроль электромагнитной обстановки, создаваемой ПЭВМ, осуществляется:

- при аттестации рабочих мест;
- комплексной гигиенической оценке условий труда работников;

- вводе ПЭВМ в эксплуатацию, а также при организации новых рабочих мест;
- проведении производственного контроля;
- после проведения организационно-технических мероприятий, направленных на нормализацию электромагнитной обстановки;
- в рамках государственной санитарно-гигиенической экспертизы.

Измерения проводятся не ранее чем через 20 минут после включения питания.

Измерения параметров ЭМП и напряженности электростатического поля проводятся для видеомониторов: в первой точке, расположенной по нормали к центру экрана на расстоянии 0,5 м от экрана дисплея; во второй точке, расположенной по нормали к центру левой боковой поверхности дисплея на расстоянии полуметра; в третьей точке, расположенной по нормали к центру правой боковой поверхности дисплея на расстоянии полуметра; в четвертой точке, расположенной по нормали к центру тыльной поверхности дисплея на расстоянии полуметра.

Для дисплеев портативных компьютеров: в первой точке, расположенной по нормали к центру экрана на расстоянии 0,4 м от центра клавиатуры; во второй точке, расположенной по нормали к центру левой боковой поверхности дисплея на расстоянии полуметра; в третьей точке, расположенной по нормали к центру правой боковой поверхности дисплея на расстоянии полуметра; в четвертой точке, расположенной по нормали к центру тыльной поверхности дисплея на расстоянии полуметра.

В каждой точке необходимо проводить не менее трех измерений. Для гигиенической оценки выбираются максимальные показатели из измеренных.

## **Экспериментальная часть**

### ***Измерение параметров электромагнитного поля***

В лабораторной работе для измерений параметров ЭМП используется измеритель параметров электрического и магнитного полей ВЕ-метр-АТ-002. Этим прибором измеряются напряженность электрической составляющей ЭМП, В/м, и плотность магнитного потока магнитной составляющей ЭМП, нТл.

Общий диапазон частот, в котором измеряются напряженность электрической составляющей ЭМП и плотность магнитного потока, 5 Гц–400 кГц.

Питание прибора осуществляется от аккумуляторной батареи. В случае падения напряжения ниже критического уровня на дисплее в левом нижнем углу индикатора результатов высвечивается символ «Р».

### *Порядок работы*

Нажатием на кнопку «Питание» включить измеритель, дождаться результатов самотестирования.

Установить режим непрерывного измерения значений напряженности электрической составляющей ЭМП и плотности магнитного потока (режим «НЕПРЕРЫВНО») кнопкой «ВЫБОР». Кнопкой «ВВОД» включить режим измерений.

Во время измерений следует закрепить прибор на диэлектрической штанге и держать его только с ее помощью.

Результаты измерений параметров электрической составляющей ЭМП выдаются в вольтах на метр (В/м), результаты измерений параметров магнитной составляющей в диапазоне 1 – в микротеслах (мкТл), в диапазоне 2 – в нанотеслах (нТл).

Далее измеритель следует разместить передней торцовой частью в точке измерения и считать показания индикатора. Перемещая измеритель в различные точки, определяют величину значений напряженности электрической составляющей ЭМП и плотности магнитного потока в этих точках. Результат измерения относится к точке, в которой находится геометрический центр передней торцовой панели прибора.

После окончания измерений записать результаты в протокол измерений (табл. 6.6) и, нажав на кнопку «ПИТАНИЕ», выключить прибор. Затем необходимо сделать выводы о соответствии измеренных значений  $E$  и  $B$  предельно допустимым уровням (см. табл. 6.4).

Таблица 6.6

Протокол измерений напряженности электрической составляющей ЭМП ( $E$ , В/м) и плотности магнитного потока ( $B$ , нТл)

№ п/п	Место замера	Напряженность ЭМП электрической составляющей $E$ , В/м		Плотность магнитного потока $B$ , нТл		Выводы
		5 Гц–2 кГц	2–400 кГц	5 Гц–2 кГц	2–400 кГц	
1	Экран монитора					
2	Правая поверхность монитора					
3	Левая поверхность монитора					
4	Тыльная поверхность монитора					

### *Измерение параметров электростатического поля*

Для измерения напряженности электростатического поля используется измеритель напряженности электростатического поля СТ-01, кВ/м. Диапазон измерений напряженности электростатического поля 0,3–180 кВм.

Измеритель представляет собой портативный прибор с автономным питанием. Он состоит из преобразователя напряженности электрического поля, блока управления и индикации и сетевого блока питания.

Основным элементом блока преобразования является модулятор, представляющий собой металлическую пластинку (лепесток модулятора), закрепленную на оси вращения микроэлектродвигателя.

При вращении лепестка модулятора в однородном электростатическом поле потенциал лепестка модулятора относительно земли изменяется по синусоидальному закону с частотой, равной частоте вращения лепестка, а амплитуда этого переменного потенциала пропорциональна проекции напряженности электрического поля на плоскость вращения.

## Порядок работы

Включить питание измерителя переключателем «ПИТАНИЕ». При этом на мониторе появится надпись «READY», сопровождаемая кратковременным звуковым сигналом.

Для выбора режима работы необходимо нажать одну из кнопок 1–9 на лицевой панели. Режим работы останавливается вторичным нажатием этой кнопки.

Контроль напряжения на аккумуляторной батарее начинается после нажатия кнопки 4. Рабочее напряжение должно находиться в пределах  $8,0 \pm 1,5$  В.

Контроль работы цифрового преобразователя начинается после нажатия кнопки 3. На мониторе выводятся показания тест-кода ( $28\ 000 \pm 500$ ).

Результаты измерений напряженности электростатического поля выдаются на мониторе в киловольтах на метр (кВ/м).

Для измерения напряженности электростатического поля необходимо нажать кнопку 1, после чего появляется надпись Mode 1 и начинается измерение напряженности электростатического поля. После вторичного нажатия кнопки 1 измерения прекращаются и на мониторе появляется надпись, показанная на рис. 6.1.

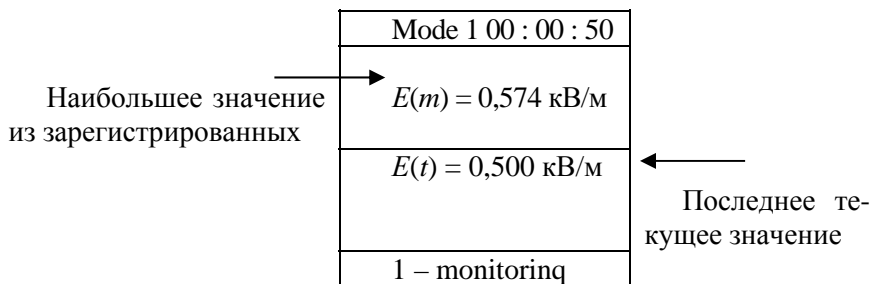


Рис. 6.1. Изображение экрана прибора

После проведения измерения напряженности электростатического поля  $E(m)$ , кВ/м, полученные значения в заданных точках занести в табл. 6.7. Затем сделать выводы о соответствии фактических значений  $E(m)$  предельно допустимому уровню (см. табл. 6.4).

Таблица 6.7

Протокол измерений напряженности  
электростатического поля

№ п/п	Место замера	Напряженность электростатического поля	Выводы
1	Экран монитора		
2	Правая поверхность монитора		
3	Левая поверхность монитора		
4	Тыльная поверхность монитора		
5	Клавиатура		
6	Системный блок		
7	Манипулятор «мышь»		

Лабораторная работа № 7

## СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

*Цель работы:* ознакомиться с характеристиками огнетушащих веществ и средствами пожаротушения.

### Методы тушения загораний

Применяемые средства и методы пожаротушения должны максимально ограничивать размеры пожара и обеспечивать его тушение. К основным методам тушения загораний относятся:

- охлаждение поверхности горения;
- изоляция горючего вещества от зоны горения;
- понижение концентрации кислорода в зоне горения;
- замедление или полное прекращение реакции горения химическим путем (ингибирование);
- подавление горения взрывом.



## Огнетушащие вещества

Наиболее эффективные огнетушащие вещества, используемые сегодня:

- вода, вода с добавками;
- водяной пар;
- пена;
- негорючие и инертные газы;
- порошковые составы.

Существующие огнетушащие вещества, как правило, комбинированно воздействуют на процесс горения. Однако каждому веществу присуще какое-то одно преобладающее свойство.

Выбор огнетушащего вещества зависит от класса пожара. Согласно ГОСТ 27331–87 «Пожарная техника. Классификация пожаров» все пожары делятся на пять классов – А, В, С, D, Е (табл. 7.1).

Таблица 7.1

### Классификация пожаров и выбор огнетушащих веществ

Класс пожара	Характеристика горючей среды или объекта	Огнетушащие вещества
А	Твердые горючие материалы (древесина, уголь, бумага, резина, текстиль)	Все виды огнетушащих веществ (прежде всего вода)
В	Горючие жидкости и плавящиеся при нагревании материалы	Распыленная вода, все виды пен, порошки
С	Горючие газы (водород, ацетилен, углеводороды и др.)	Газовые составы: инертные разбавители (СО <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> ), галоидоуглеводороды, порошки, вода (для охлаждения)
Д	Легкие и щелочные металлы (алюминий, магний, калий, натрий и др.)	Порошки (при спокойной подаче на горящую поверхность)
Е	Электроустановки, находящиеся под напряжением	Галоидоуглеводороды, углекислый газ, порошки

## *Вода*

Вода является наиболее дешевым и распространенным огнетушащим веществом. Тушение происходит за счет действия следующих факторов:

- вода охлаждает горящую поверхность (зону горения);
- образующийся водяной пар снижает концентрацию горючих газов и кислорода вокруг горящего вещества, изолирует горячее вещество от зоны горения (из 1 л воды образуется 1 725 л пара).

Как средство пожаротушения вода применяется:

- в виде компактных струй;
- в виде распыленных струй;
- в смеси со смачивателями;
- в виде водяных эмульсий и др.

В виде компактных и распыленных струй вода используется для тушения большинства твердых горючих веществ и материалов, тяжелых нефтепродуктов, создания водяных завес и охлаждения объектов вблизи очага пожара.

Вода используется для тушения загораний электроустановок и кабельных линий напряжением до 110 кВ. Однако следует соблюдать следующие меры безопасности:

- тушить могут ствольщики из числа специально обученного персонала, имеющие квалификационную группу по электробезопасности (не ниже III);
- тушение может осуществляться только в открытых для обзора ствольщика местах;
- ствол должен быть заземлен при помощи гибких медных проводов с суммарным сечением не менее 16 мм<sup>2</sup> (при напряжении более 1 кВ – сечение не менее 25 мм<sup>2</sup>);
- ствольщик должен работать в диэлектрических ботах и диэлектрических перчатках;
- вода должна иметь удельное электрическое сопротивление не менее 10 Ом·м;
- должны быть соблюдены необходимые расстояния до защищаемого объекта.

## *Водяной пар*

Применение парового пожаротушения основано на действии следующих факторов:

- пар вытесняет кислород из объема помещения;
- уменьшает концентрацию кислорода в зоне горения. Обычно при концентрации кислорода менее 15 % горение невозможно;
- охлаждает зоны горения.
- пламя отрывается от зоны горения.

Огнегасительная эффективность пара невелика, поэтому рекомендуется его применять для тушения загораний в помещениях объемом до 500 м<sup>3</sup> и небольших загораний на открытых установках. Для обеспечения эффективного тушения паром его количество должно составлять не менее 35 % объема помещения.

## *Пена*

Пена представляет собой массу пузырьков газа (углекислый газ, воздух), заключенных в тонкие оболочки жидкости. Тушение происходит за счет действия следующих факторов:

- пена растекается по поверхности горящего вещества, изолирует его от пламени;
- ограничивает доступ воздуха в зону горения;
- охлаждает зону горения.

***Воздушно-механическая пена*** – это смесь воздуха, воды и пенообразующих веществ.

Различают пены низкой (до 10), средней (от 10 до 200) и высокой (свыше 200) кратности. Кратность – это отношение объема пены к объему исходного раствора.

Для получения пены промышленность выпускает более 10 наименований порошков (пенообразователей), которые используются для пен различной кратности. Воздушно-механическая пена образуется на основе водных растворов пенообразователя с применением пеногенераторов. Весьма эффективными огнегасящими свойствами обладает высокократная воздушно-механическая пена, полученная в пеногенераторах ГВП-600 (пеногенератор высокократной пены производительностью 600 л/с).

Схема получения воздушно-механической пены в пеногенераторе ГВП-600 приведена на рис. 7.1.

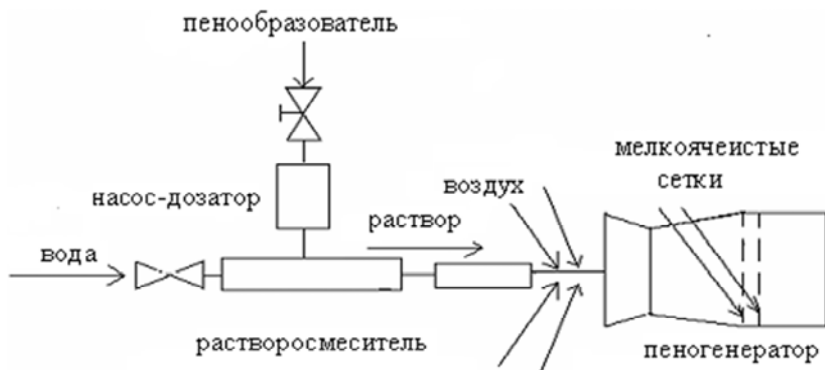


Рис. 7.1. Схема получения воздушно-механической пены

### ***Порошковые составы***

Огнетушащие порошки представляют собой мелкоизмельченные минеральные соли с различными добавками. Они обладают хорошей огнетушащей способностью и универсальностью применения.

Порошковые составы неэлектропроводны, что дает возможность использовать их при тушении пожаров на электрооборудовании, находящемся под напряжением. Порошковые составы практически нетоксичны, не оказывают вредных воздействий на материалы.

Огнетушащие и эксплуатационные свойства порошков определяются их химическим составом.

Тушение пожаров порошковыми составами происходит за счет действия следующих факторов:

- разбавление горючей среды газообразными продуктами разложения порошка или непосредственно порошковым облаком;
- охлаждение зоны горения в результате затрат тепла на нагрев частиц порошка;
- изоляция очага горения от кислорода воздуха (огнепреграждение);
- прекращение процесса горения химическим путем (ингибирование).

## *Негорючие и инертные газы*

Негорючие и инертные газы (углекислый газ, азот, аргон, гелий) действуют следующим образом:

- понижают концентрацию кислорода в очаге горения;
- тормозят интенсивность горения;
- понижают температуру в зоне горения.

Углекислый газ применяют для быстрого тушения небольших очагов пожара, а также из-за его неэлектропроводности – для тушения электроустановок. Тушение происходит за счет действия следующих факторов:

- углекислый газ понижает температуру в зоне горения;
- уменьшает концентрацию кислорода в зоне горения.

Инертные газы обычно применяют в небольших по объему помещениях.

Содержание инертных газов для тушения загораний в закрытом помещении должно составлять 31–36 % объема помещения. Их целесообразно использовать в тех случаях, когда применение воды может вызвать взрыв или повреждение аппаратуры и т. п.

## **Первичные средства пожаротушения**

Первичные средства пожаротушения – это средства, которые используются в начальной стадии загорания. Они предназначены для ликвидации начинающихся очагов пожара силами персонала, обнаружившего загорание. Они просты в обращении, и для приведения их в действие не требуется сложных операций. Обычно они располагаются в открытых и доступных местах и должны постоянно находиться в боевой готовности. Количество первичных средств пожаротушения определяется существующими нормами в зависимости от назначения помещения и пожарной опасности технологического процесса.

К первичным средствам пожаротушения относятся: огнетушители; пожарные щиты, укомплектованные шанцевым инструментом (багор, кирка, лопата); ящики с песком; асбест, войлок (кошма), емкости с водой.

Песок – простейшее и доступное средство пожаротушения. Он применяется для тушения разлитой на полу или на земле горячей жидкости, электрооборудования, деревянных предметов, автомобилей и т. п.

Кошма (войлок) – это ткань типа войлока, очень плотная. Она эффективно изолирует очаг загорания от кислорода воздуха. Применение кошмы весьма эффективно, однако она может использоваться лишь при небольшом очаге горения (из-за малого размера ткани). Вместо кошмы можно использовать шерстяные или суконные одеяла, скатерти и т. п. Горящий объект следует быстро накрыть кошмой, стремясь лучше изолировать его от доступа кислорода.

Огнетушители являются самым распространенным видом первичных средств пожаротушения. В настоящее время в Республике Беларусь разрешены к использованию следующие основные типы огнетушителей:

- углекислотные (ОУ);
- воздушно-пенные (ОВП);
- порошковые (ОП).

### ***Огнетушители углекислотные (ОУ)***

Огнетушители углекислотные (ОУ) широко распространены из-за их универсальности, компактности и эффективности тушения. Они предназначены для тушения загораний различных веществ и материалов, а также электроустановок, кабелей и проводов, находящихся под напряжением до 10 кВ.

Углекислотные огнетушители бывают ручные, стационарные и передвижные. Широко применяются ручные огнетушители ОУ-2, ОУ-5, ОУ-10 (цифры показывают объем огнетушителя, л).

Принцип действия углекислотных огнетушителей основан на свойстве углекислоты изменять свое агрегатное состояние.

В огнетушителе типа ОУ находится углекислота – углекислый газ в жидком состоянии. Конструкция огнетушителя ОУ показана на рис. 7.2. Для приведения огнетушителя в действие раструб направляется на горящий объект, а вентиль поворачивается до упора. Углекислота по сифонной трубке выходит наружу через раструб. Во время выхода углекислоты из раструба она переходит в снегообразное состояние (твердая фаза), объем ее увеличивается в 400–500 раз, поглощается большое количество тепла. Углекислота превращается в «снег» при температуре минус 72 °С.

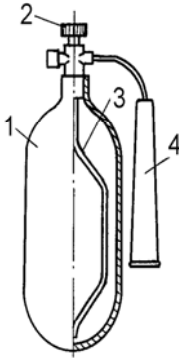


Рис. 7.2. Огнетушитель углекислотный:  
1 – стальной баллон; 2 – вентиль;  
3 – сифонная трубка; 4 – раструб

Эту снегообразную массу и применяют для локального тушения загораний. Тушение при этом происходит за счет действия двух факторов:

- углекислый газ уменьшает концентрацию кислорода в зоне горения;
- полученная снегообразная масса снижает температуру в очаге.

Используя огнетушители ОУ, необходимо иметь в виду, что углекислый газ в больших концентрациях к объему помещения (более 10 %) может вызвать отравление персонала, поэтому после применения углекислотных огнетушителей небольшие помещения следует проветрить.

### ***Огнетушители воздушно-пенные (ОВП)***

Воздушно-пенные огнетушители предназначены для тушения пожаров и загораний твердых веществ и горючих жидкостей. Этими огнетушителями запрещается тушить электроустановки, находящиеся под напряжением, а также щелочные металлы.

Они выпускаются трех типов: переносные (ручные) (ОВП-10), передвижные (ОВП-100) и стационарные (ОВП-250) (цифры показывают объем огнетушителя, л).

В качестве огнетушащего средства ОВП применяют водный раствор пенообразователя. Огнетушители выпускаются как закачного типа, так и с баллончиком для газа. Баллончик располагается внутри корпуса огнетушителя. Конструкция огнетушителя ОВП показана на рис. 7.3.

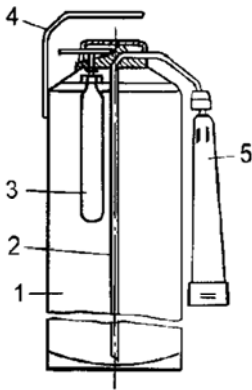


Рис. 7.3. Огнетушитель воздушно-пенный:  
 1 – стальной корпус; 2 – сифонная трубка;  
 3 – баллончик для газа; 4 – рукоятка;  
 5 – ствол

Для приведения его в действие нажимают на пусковой рычаг, происходит прокалывание мембраны газового баллончика. Рабочий газ выходит через дозирующее устройство и создает в корпусе огнетушителя давление. Под давлением газа заряд поступает в воздушно-пенный ствол, где распыляется, смешивается с воздухом и образует воздушно-механическую пену средней кратности. В рабочем положении огнетушитель следует держать вертикально.

### ***Огнетушители порошковые (ОП)***

Порошковые огнетушители предназначены для тушения возгорания твердых, жидких и газообразных веществ (в зависимости от марки используемого огнетушащего порошка), а также электроустановок, находящихся под напряжением до 1 кВ.

Огнетушители выпускаются трех типов: ручные (переносные), возимые и стационарные.

В качестве огнетушащего вещества в огнетушителях используют порошковые составы (пенообразователи).

Конструкция огнетушителя ОП показана на рис. 7.4 (цифры в обозначении ОП-10 показывают объем огнетушителя, л).

Огнетушитель ОП-10 (рис. 7.4) приводится в действие нажатием на пусковой рычаг. После этого шток прокалывает мембрану баллона с газом. Рабочий газ (углекислота, воздух, азот и т. п.), выходя из баллона, поступает по одной из сифонных трубок под днище.



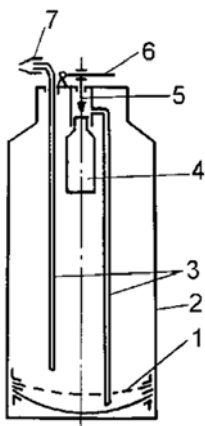


Рис. 7.4. Огнетушитель порошковый ОП-10:  
 1 – днище; 2 – корпус; 3 – сифонные трубки;  
 4 – баллон с газом; 5 – шток; 6 – пусковой  
 рычаг; 7 – насадок

В центре сифонной трубки (по вертикали) есть ряд отверстий, через которые выходит часть рабочего газа и производится рыхление порошка. Взрыхленный порошок под действием давления рабочего газа выдавливается по другой сифонной трубке и выбрасывается через насадок на очаг возгорания.

В рабочем положении огнетушитель необходимо держать строго вертикально.

## Автоматические установки пожаротушения

### *Спринклерные и дренчерные установки*

Среди установок водяного тушения широко распространено спринклерное и дренчерное оборудование.

Применяются следующие виды спринклерного оборудования:

- водяные спринклерные установки. Они применяются, если температура в помещении в течение года превышает  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- воздушные спринклерные установки. Они применяются в помещениях, где не гарантируется температура, равная  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , на протяжении четырех месяцев года;
- смешанные спринклерные установки. Они применяются в неотапливаемых помещениях, в которых на протяжении более восьми месяцев года поддерживается температура, равная  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Спринклерные оросители монтируются под потолком пожароопасного помещения (из условия орошения одним спринклером от 9 до 12 м<sup>2</sup> площади пола). Вода подается в сеть разветвленных трубопроводов, на которой размещены спринклерные оросители. В нормальном режиме в трубопроводах вода находится под давлением и удерживается спринклером (рис. 7.5), выходное отверстие которого закрыто специальным замком 3. Этот замок выполнен из легкоплавкого металла.

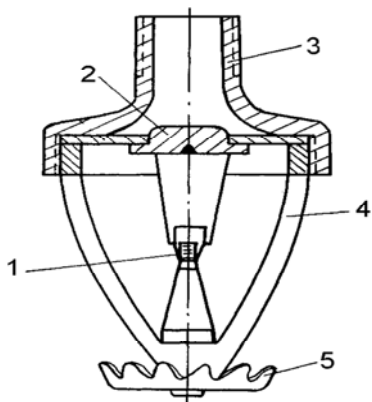


Рис. 7.5. Спринклерная головка:  
 1 – легкоплавкий замок; 2 – клапан;  
 3 – обойма с винтовой нарезкой;  
 4 – кольцевая часть с хомутом;  
 5 – розетка для разбрызгивания воды

При возникновении загорания и повышении температуры в помещении замок спринклера открывается, и вода, имея свободный проход из трубопровода, разбрызгивается.

Таким образом, по мере продвижения высокой температуры по помещению спринклеры открываются поочередно и происходит орошение помещения водой.

Как только при пожаре вскрылся хотя бы один спринклер, контрольно-сигнальная система подает световой или звуковой сигнал о пожаре. Спринклерная система совмещает в себе функции системы подачи сигнала и тушения загорания.

При защите неотапливаемых помещений применяют спринклерную установку воздушного типа, в которой трубопроводы заполнены не водой, а сжатым воздухом. При вскрытии головок в воздушной системе выходит вначале воздух и только после этого она начинает заполняться водой.

Как указывалось выше, в спринклерных установках вскрывается только такое количество головок, которое оказалось в зоне высокой температуры пожара. При этом спринклерные головки обладают сравнительно большой инерционностью – они вскрываются через 2–3 минуты с момента повышения температуры в помещении. В пожароопасных помещениях такая инерционность не всегда приемлема. Кроме того, с целью повышения эффективности действия системы пожаротушения, оказывается целесообразным подать воду сразу по всей площади помещения или его части. В таких случаях применяют дренчерные установки.

В этих установках на трубопровод, который монтируется под перекрытиями, устанавливаются дренчеры, имеющие вид спринклеров, но без замков, с открытыми выходными отверстиями для воды. В нормальных условиях подача воды в дренчерную систему трубопроводов закрыта клапаном группового действия (дренчеры группового действия).

Пуск воды в дренчерную систему осуществляется после срабатывания какого-либо датчика, реагирующего на повышение температуры (спринклер, электрический датчик), либо ручным включением. Вода поступает в трубопроводную сеть, находящуюся под потолком помещения, и имеет свободный выход через оросители дренчеров. В отличие от спринклерной системы пожаротушения дренчерные головки работают все одновременно независимо от распределения высокой температуры по помещению.

Дренчерные установки используются для тушения пожаров в помещениях, где требуется одновременное орошение площади, создание водяных завес, орошение отдельных участков помещений.

## **ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ МЕТОДАМИ «НЕПРЯМОГО МАССАЖА СЕРДЦА» И «ИСКУССТВЕННОГО ДЫХАНИЯ»**

*Цель работы:* ознакомиться с устройством манекена-тренажера; научиться оценивать состояние пострадавшего и выбирать метод оказания первой помощи; а также научиться практическим действиям по оказанию первой помощи на манекене-тренажере «Максим» методом искусственного дыхания «изо рта в рот», а также методом «наружного (непрямого) массажа сердца».

### **Общие положения**

Первая помощь состоит из следующих этапов:

1. Принять меры по предотвращению воздействия опасных и вредных производственных факторов на пострадавшего и окружающих.
2. Оценить состояние пострадавшего.
3. Выбрать метод оказания первой помощи.
4. Оказать помощь методами искусственного дыхания «изо рта в рот» или «непрямого массажа сердца».
5. При оказании первой помощи пострадавшему от воздействия электрического тока необходимо его освободить от действия тока (п. б).

Основными условиями успеха являются быстрота и правильность действий, что зависит от знания и умения, спокойствия и находчивости оказывающего помощь. Такие навыки вырабатываются специальной подготовкой.

Первую помощь следует оказывать немедленно и по возможности на месте происшествия. Наилучший эффект достигается в тех случаях, когда с момента остановки сердца прошло менее четырех минут, промедление может привести к гибели пострадавшего. У пострадавшего может наблюдаться состояние клинической (мнимой) смерти, поэтому никогда не следует отказываться от оказания помощи пострадавшему и считать его мертвым, если у него отсутствует дыхание, сердцебиение, пульс. Первую помощь следует оказывать пострадавшему всегда, а вынести заключение о его смерти имеет право только врач.

Известны случаи, когда пострадавшие были возвращены к жизни через 3–4 и даже 11–20 часов после проведения непрерывных действий – искусственного дыхания и массажа сердца при различных несчастных случаях, поражении электрическим током, утоплении и др.

Если своевременно и правильно оказать первую помощь, около 90 % пострадавших с нарушением дыхания и кровообращения оживают. Однако из-за промедлений и ошибочных действий на практике только около одной трети пострадавших возвращают к жизни. Каждый человек должен уметь правильно оказывать первую помощь пострадавшим, обучение которой наиболее эффективно с использованием манекенов-тренажеров.

### **Сведения о манекене-тренажере**

Тренажер «Максим III-01» предназначен для обучения и отработки навыков первой экстренной доврачебной помощи. Реанимационные мероприятия включают:

- непрямой массаж сердца;
- искусственное дыхание.

Эти методы используются во многих неотложных состояниях человека (сердечных приступах, утоплении, клинической смерти и т. п.), во время которых останавливается дыхание и прекращается сердцебиение. Вовремя проведенная реанимация позволяет спасти жизнь пострадавшему.

Тренажер позволяет выполнять следующие действия:

- определить состояние пострадавшего;
- выполнить непрямой массаж сердца;
- выполнить искусственное дыхание способами «изо рта в рот» и «изо рта в нос»;
- имитировать состояние пострадавшего (пульс, зрачки и т. д.).

Тренажер работает в следующих режимах:

- учебный режим используется для отработки отдельных элементов реанимации;
- режим реанимации одним спасателем;
- режим реанимации двумя спасателями.

Тренажер оснащен электронным пультом контроля и управления со световой индикацией и настенным демонстрационным табло.

С помощью пульта контроля и управления выбирается режим работы, а также определяется:

- положение головы;
- состояние ремня на поясе;
- достаточность вдуваемого воздуха;
- достаточность усилия нажатия;
- наличие пульса;
- состояние зрачков;
- правильность положения рук спасателя при проведении непрямого массажа сердца;
- правильность проведения реанимации одним или двумя спасателями.

На табло изображен торс человека со световой индикацией, отображающей действия по реанимации пострадавшего. Габаритные размеры тренажера 1700 × 550 × 250 мм; вес с пультом и табло – 11,6 кг.

### **Первая помощь пострадавшему**

Первая помощь оказывается немедленно, если нет угрожающей опасности пострадавшему или оказывающим помощь.

Для этого необходимо:

1. Определить состояние пострадавшего:

– уложить его на спину, проверить наличие дыхания и пульса, окликнуть его, потрясти за плечо;

– определить наличие дыхания визуально по подъему и опусканию грудной клетки. Если определить это не удалось, следует наклонить ухо ко рту пострадавшего и послушать, нет ли звука выходящего воздуха (может быть очень слабым), или, приблизив свою щеку к лицу пострадавшего, ощутить ею наличие слабого «дуновения» воздуха. Время на проверку дыхания – до 10 с.

*При отсутствии признаков дыхания первая помощь оказывается методом искусственного дыхания «изо рта в рот»;*

– проверить наличие пульса (кровообращения). Пульс можно найти на артерии руки или на артерии шеи с правой и левой стороны адамова яблока. Прощупывать артерию следует кончиками (подушечками) сомкнутых второго–четвертого пальцев, осторожно продвигая их в глубину тканей и постепенно прижимая по на-

правлению к позвоночнику до появления ощущения артерии и толчков пульса;

– проверить состояние зрачков: спасатель должен положить кисть руки на лоб пострадавшему и одним пальцем поднять верхнее веко. При отсутствии кровообращения глазной зрачок расширен (0,5 см в диаметре и более);

– определить реакцию зрачка на свет: закрыть глаз ладонью, затем быстро снять ее. В норме зрачок на свету сужается;

– общее время на проверку состояния кровообращения – до 10 с.

*При нарушении пульса (кровообращения) первая помощь оказывается методом «непрямого массажа сердца».*

2. Если пострадавший дышит плохо, он находится в бессознательном состоянии, дыхание ухудшается, наблюдаются судорожные вдохи, пульс слабый или отсутствует, нарушено кровообращение, то есть наблюдается фибрилляция сердца, клиническая смерть, необходимо вызвать врача независимо от причин, вызвавших такое состояние, и приступить к немедленному оказанию первой помощи. При фибрилляции сердце работает вхолостую, прекращается выброс крови в сосуды, то есть происходит остановка кровообращения.

*Если дыхание отсутствует, пульсации на артериях нет, зрачки расширены, на свет не реагируют, следует осуществлять полный цикл реанимационных мероприятий – искусственное дыхание + не прямой массаж сердца.*

**Клиническая смерть** – это граничное состояние непосредственного перехода от гаснущей жизни к биологической смерти. Возникает клиническая смерть непосредственно после остановки кровообращения. Она характеризуется прекращением внешних проявлений жизнедеятельности в коре головного мозга, однако необратимые изменения еще не наступили.

Диагностика клинической смерти чрезвычайно ответственна. Она должна быть тщательной, комплексной, с учетом всех клинических проявлений. В развитии клинической смерти выделяются следующие периоды:

1. Начальный период. Потеря сознания, остановка кровообращения, судороги, отсутствие пульса на сонных артериях (10–15 с).

2. Период прогрессирования. Зрачки расширены. Реакция на свет отсутствует. Дыхание отсутствует (часто). Однако возможно дыха-

ние двух видов: слабое поверхностное; с малым коротким вдохом и продолжительным выдохом (16–60 с).

3. Период угасания. Наблюдается воскоподобный, мертвенно бледный или землисто-серый цвет кожи лица, заостренные черты лица, расслабление мускулатуры, непроизвольное мочеиспускание, дефекация (2–5 мин).

Для диагностики клинической смерти достаточны следующие признаки:

- отсутствие сознания;
- отсутствие дыхания;
- отсутствие пульса на сонных (или бедренных) артериях;
- расширение зрачков;
- отсутствие реакции зрачков на свет

Продолжительность состояния клинической смерти – 4–6 мин, в среднем 5 мин, а у детей – 3–4 мин. В течение этого времени человек еще жив и может быть возвращен к полноценной жизни.

По истечении периода клинической смерти наступает биологическая (или истинная) смерть, когда в первую очередь начинают погибать наиболее чувствительные к кислородному голоданию клетки коры головного мозга (нейроны), что является необратимым процессом.

Достоверными признаками биологической смерти являются трупные пятна, окоченение, охлаждение тела до температуры окружающей среды.

*Восстановить жизненные функции человека из состояния клинической смерти возможно путем искусственного дыхания и наружного массажа сердца. Чем раньше начать меры по оживлению, тем больше вероятность успеха.*

Реанимация – это предупреждение биологической смерти.

Перевозить пострадавшего можно только при удовлетворительном дыхании и пульсе.

## **Искусственное дыхание**

Искусственное дыхание проводится в тех случаях, когда пострадавший не дышит или дышит плохо (редко, судорожно, со всхлипыванием), а также если его дыхание постоянно ухудшается независимо от того, чем это вызвано: поражением электрическим током, отравлением, утоплением и т. д.



Наиболее эффективным способом искусственного дыхания является способ «изо рта в рот» или «изо рта в нос», так как в легкие поступает достаточный объем воздуха (за один вдох до 1 000–1 500 мл). Выдыхаемый человеком воздух физиологически пригоден для дыхания пострадавшего. Вдувается воздух через марлю, носовой платок, другую неплотную ткань или специальный «воздуховод».

Этот способ искусственного дыхания позволяет легко контролировать поступление воздуха в легкие пострадавшего, расширение грудной клетки после вдувания и спадание ее в результате пассивного выхода.

Для проведения искусственного дыхания пострадавшего следует уложить на спину, расстегнуть одежду, стесняющую дыхание, ремни и др.

Необходимо в первую очередь обеспечить проходимость верхних дыхательных путей, которые в положении на спине при бессознательном состоянии всегда закрыты запавшим языком, а также в полости рта могут находиться рвотные массы, смещенные протезы и т. д., их необходимо удалить пальцем, обернутым платком или бинтом (рис. 8.1).



Рис. 8.1. Очищение рта и глотки

После этого оказывающий помощь располагается сбоку от головы пострадавшего, одну руку подсовывает ему под шею, а ладонью другой руки надавливает на его лоб, максимально запрокидывая голову (рис. 8.2). При этом корень языка поднимается и освобождает вход в гортань, а рот пострадавшего открывается.



Рис. 8.2. Положение головы пострадавшего при проведении искусственного дыхания

Оказывающий помощь наклоняется к лицу пострадавшего, делает глубокий вдох, полностью плотно охватывает губами открытый рот пострадавшего и делает энергичный выдох, с некоторым усилием вдувая воздух в его рот; одновременно он закрывает нос пострадавшего щекой или пальцами руки, находящейся на лбу (рис. 8.3). Нужно наблюдать за поднимающейся грудной клеткой пострадавшего.



Рис. 8.3. Проведение искусственного дыхания по способу «изо рта в рот»

После подъема грудной стенки нагнетание (вдувание) воздуха приостанавливают, оказывающий помощь поворачивает лицо в сторону, происходит пассивный выдох у пострадавшего.

Если у пострадавшего хорошо определяется пульс и необходимо проводить только искусственное дыхание, интервал между искусственными вдохами должен составлять 5 с (12 дыхательных циклов в минуту). При эффективном искусственном дыхании, кроме расширения грудной клетки, может быть порозовение кожных и слизистых покровов, а также выход пострадавшего из бессознательного состояния и появление у него самостоятельного дыхания.

При проведении искусственного дыхания необходимо следить за тем, чтобы воздух не попал в желудок пострадавшего, о чем свидетельствует вздутие его живота. В таких случаях осторожно надавливают на живот между грудиной и пупком. Может возникнуть рвота, тогда следует повернуть голову и плечи пострадавшего набок, чтобы очистить его рот и глотку (см. рис. 8.1).

Если после вдувания воздуха грудная клетка не расправляется, необходимо выдвинуть нижнюю челюсть пострадавшего вперед. Для этого четырьмя пальцами обеих рук захватывают нижнюю челюсть сзади за углы и, опираясь большими пальцами в ее край ниже углов рта, оттягивают и выдвигают челюсть вперед так, чтобы нижние зубы стояли впереди верхних (рис. 8.4).



Рис. 8.4. Выдвижение нижней челюсти двумя руками

Если челюсти пострадавшего плотно стиснуты и открыть рот не удастся, следует проводить искусственное дыхание «изо рта в нос» (рис. 8.5).



Рис. 8.5. Проведение искусственного дыхания по способу «изо рта в нос»

В отдельных случаях, если отсутствует дыхание и прощупывается пульс, искусственное дыхание можно выполнять сидя или в вер-

тикальном положении (в люльке, на опоре или на мачте). В этом случае как можно больше запрокидывают голову пострадавшего назад или выдвигают вперед нижнюю челюсть. Остальные приемы те же.

Маленьким детям вдувают воздух одновременно в рот и в нос (рис. 8.6). Чем меньше ребенок, тем меньше ему нужно воздуха для вдоха и тем чаще следует проводить вдувание (до 15–18 раз в минуту, то есть через 3,5–4 с), вдувания должны быть неполными и менее резкими, чтобы не повредить дыхательные пути ребенка.



Рис. 8.6. Проведение искусственного дыхания ребенку

При появлении первых слабых вдохов следует приспособить проведение искусственного вдоха к моменту начала самостоятельного вдоха пострадавшего.

Искусственное дыхание прекращают после восстановления у пострадавшего достаточно глубокого и ритмичного самостоятельного дыхания.

### **Наружный (непрямой) массаж сердца**

У пострадавшего может наступить не только остановка дыхания, но и прекратиться кровообращение, которое необходимо возобновить искусственным путем. Комплекс мероприятий, представляющий собой сочетание искусственного дыхания с наружным массажем сердца, называется реанимацией, то есть оживлением. Признаком остановки сердечной деятельности (остановки сердца или его фибрилляции) является появление бледности или синюшности кожных покровов, потеря сознания, отсутствие пульса на сонных артериях, прекращение дыхания или судорожные неправильные вдохи. В этом случае необходимы реанимационные мероприятия. Для этого пострадавшего немедленно нужно уложить на ровное жесткое основание (никаких валиков под плечи и шею подкладывать нельзя)

и при одновременном искусственном дыхании проводят наружный (непрямой) массаж сердца, строго чередуя операции.

При наружном массаже сердца ритмично надавливают на грудь, то есть на переднюю стенку грудной клетки пострадавшего, от этого сердце сжимается между грудиной и позвоночником и выталкивает из своих полостей кровь, а после прекращения надавливания грудная клетка и сердце распрямляются и сердце заполняется кровью, поступающей из вен.

Если помощь оказывает один человек, он располагается сбоку от пострадавшего и, наклонившись, делает два быстрых энергичных вдувания («изо рта в рот» или «изо рта в нос»), затем поднимается, кладет ладонь одной руки на нижнюю половину грудины (на два пальца от ее нижнего края) и приподнимает пальцы, а ладонь второй руки кладет поверх первой. При надавливании на грудину помогает наклоном своего корпуса, руки при этом должны быть выпрямлены в локтевых суставах (рис. 8.7–8.10).



Рис. 8.7. Положение оказывающего помощь при проведении наружного массажа сердца



Рис. 8.8. Место расположения рук при проведении наружного массажа сердца



Рис. 8.9. Правильное положение рук при проведении наружного массажа сердца и определение пульса на сонной артерии (пунктир)



Рис. 8.10. Проведение искусственного дыхания и наружного массажа сердца одним лицом

Надавливание следует производить быстрыми толчками таким образом, чтобы прогнуть грудину внутрь на 4–5 см с продолжительностью надавливания не более 0,5 с и интервалами между надавливаниями 0,5 с.

В паузах между надавливаниями руки с грудины не снимают, пальцы остаются прямыми, руки выпрямленными в локтевых суставах.

Если реанимирует один человек, на каждые два вдувания производится 15 надавливаний на грудину. За одну минуту необходимо сделать не менее 60–100 надавливаний и 12 вдуваний, то есть выполнить не менее 72 манипуляций, поэтому темп реанимационных мероприятий должен быть высоким.

Если в реанимации участвуют два человека (рис. 8.11) соотношение «дыхание – массаж» составляет 1 : 5, то есть после одного глубокого вдувания производится пять надавливаний на грудную

клетку. Во время искусственного вдоха надавливание на грудину не производится. Для выполнения непрямого массажа сердца операции по реанимации необходимо строго чередовать.



Рис. 8.11. Проведение искусственного дыхания и наружного массажа сердца двумя лицами

При правильных действиях по реанимации кожные покровы розовеют, зрачки сужаются, самостоятельное дыхание восстанавливается. Пульс на сонных артериях во время массажа должен хорошо прощупываться. После восстановления сердечной деятельности при хорошо определяемом собственном (без массажа) пульсе, массаж сердца немедленно прекращают, продолжая искусственное дыхание. Если самостоятельное дыхание пострадавшего слабое, стараются, чтобы естественный и искусственный вдохи совпадали. При восстановлении полноценного самостоятельного дыхания искусственное дыхание также прекращают. В том случае, если реанимация неэффективна (кожные покровы синюшно-фиолетовые, зрачки широкие, пульс на артериях во время массажа не определяется), реанимацию прекращают через 30 мин.

Детям от года до 12 лет массаж сердца выполняют одной рукой и в минуту делают от 70 до 100 надавливаний в зависимости от возраста, детям до года – от 100 до 120 надавливаний в минуту двумя пальцами (вторым и третьим) на середину грудины. Объем вдоха необходимо соразмерять с возрастом ребенка.

## Экспериментальная часть

### *Порядок действий*

1. Оценить состояние пострадавшего.
2. Обеспечить правильное положение головы тренажера (освободить дыхательные пути).
3. Выполнить искусственное дыхание методом «изо рта в рот»:
  - спасатель должен положить кисть своей руки на лоб пострадавшего;
  - подвести другую кисть под шею, охватить ее пальцами;
  - запрокинуть голову пострадавшего, зафиксировать ее в правильном положении, движением первой кисти книзу, второй сверху запрокинуть голову назад (не прикладывая силу!). На пульте и табло включается **ЗЕЛЕНЫЙ СИГНАЛ** – «Правильное положение» при угле запрокидывания 15–20°;
  - сделать глубокий вдох, прижать рот ко рту пострадавшего, обеспечить полную герметичность;
  - большим и указательным пальцем зажать нос пострадавшего.Сделать глубокий вдох, охватить нос пострадавшего своим ртом так, чтобы не зажать носовые отверстия. Плотнo прижать губы вокруг основания носа, обеспечить полную герметичность. Сделать сильный выдох воздуха в нос пострадавшему. Объем воздуха, получаемый пострадавшим при одном вдохе, должен быть не менее 400–500 см<sup>3</sup>. Количество вдохов в минуту – 12. На пульте и табло при правильном выполнении действий кратковременно загорается **ЗЕЛЕНЫЙ СИГНАЛ** – «Нормальный объем воздуха»;
4. Проведение непрямого массажа сердца.

Непрямой (закрытый, наружный) массаж сердца является наиболее простым и первоочередным реанимационным мероприятием экстренного искусственного поддержания кровообращения, независимо от причины и механизма клинической смерти. Если зрачки глаза тренажера будут расширены, пульс отсутствовать, «пострадавший» находится в состоянии клинической смерти. К закрытому массажу сердца необходимо приступить сразу, как только выявлена остановка кровообращения, без уточнения ее причин и механизмов. Для оказания помощи необходимо выполнить следующие действия:



– расстегнуть у пострадавшего пояс (или другие элементы одежды, стесняющие дыхание). На пульте и табло включается ЗЕЛЕНЬЙ СИГНАЛ – «Пояс расстегнут»;

– проконтролировать наличие пульса на сонной артерии и состояние зрачков тренажера. Включить кнопку «Пульс» на пульте;

– подушечками пальцев определить пульсацию сонной артерии на передней поверхности шеи;

– оттянув верхнее веко, посмотреть состояние зрачка. Нормальное – зрачок сужен;

– расположить кисти рук на груди манекена (пострадавшего);

– выпрямить руки в локтевых суставах в положении «вертикально»;

– надавить на грудину, глубина продавливания 3–4 см, до 5 см (с учетом роста массы тела). Частота толчков (сжатия грудины) допускается до 100 раз в минуту, то есть немного меньше двух толчков в секунду. Кисти рук располагаются под углом 90° пальцами вверх.

При правильной нажатии на грудину на пульте и табло кратко-временно загорается ЗЕЛЕНЬЙ СИГНАЛ – «Положение рук».

**Внимание!** При недостаточном нажатии на грудину световых сигналов нет. При неправильном положении рук на груди или их смещении во время выполнения массажного нажатия на пульте и табло мигает КРАСНЫЙ СИГНАЛ – «Положение рук» и включается звуковой сигнал. Если прикладывается усилие при нажатии на грудину, на пульте и табло мигают два КРАСНЫХ СИГНАЛА – «Перелом ребер» и включается звуковой сигнал.

Если функции «Пострадавшего» восстановлены, на пульте и табло мигает ЗЕЛЕНЬЙ СИГНАЛ – «Наличие пульса». Выключить кнопку «Пульс», нажав кнопку «Сброс» на пульте.

5. При оказании помощи одновременно двумя методами режим реанимации может выполняться:

– одним спасателем, действия должны выполняться в соотношении 2 : 15 в минуту (2 – искусственное дыхание, 15 – прямой массаж сердца);

– двумя спасателями действия выполняются в соотношении 1 : 5 в минуту.

**Примечание.** Нельзя выполнять искусственный вдох одновременно с надавливаниями на грудину.

Порядок выполнения:

– расстегнуть пояс пострадавшему. На пульте и табло включается ЗЕЛЕНЫЙ СИГНАЛ – «Пояс расстегнут». Нажать кнопку на пульте и выбрать режим «2:15», мигает ЗЕЛЕНЫЙ СИГНАЛ над кнопкой, включается звуковой сигнал;

– выполнить в течение минуты реанимационные мероприятия по правилам проведения первой помощи: два искусственных дыхания и 15 массажных нажатий, то есть 5–6 циклов в течение минуты.

Если действия выполнены правильно, в течение минуты тренажер «оживает», включается звуковой сигнал, зрачки сужаются, появляется пульс на сонной артерии. На пульте и табло мигает ЗЕЛЕНЫЙ СИГНАЛ – «Наличие пульса».

Если действия выполнены неправильно, на пульте и табло включаются КРАСНЫЙ СИГНАЛ – «Сбой режима» и соответствующий месту ошибки световой сигнал.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П1

Выписка из ТКП 45-2.04-1.53-2009

1	2	3	4	5	6	Искусственное освещение			Естественное освещение			Совмещенное освещение									
						Освещенность, лк			КЕО е <sub>н</sub> , %			КЕО е <sub>н</sub> , %									
						при системе комбинированного освещения	при системе общего освещения	при системе освещения	при верхнем или боковом освещении	при верхнем или боковом освещении	при верхнем или боковом освещении	при верхнем или боковом освещении	при боковом освещении	при боковом освещении	при боковом освещении						
Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	I	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	7	8	9	10	11	12	13	2,0							
															а	Малый	Темный	5000	500	—	6,0
																		4500	500	—	
															б	Малый Средний	Средний Темный	4000	400	1250	6,0
																		3500	400	1000	
															в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2500	300	750	6,0
																		2000	200	600	
															г	Средний Светлый Большой Большой	Светлый Светлый Средний	1500	200	400	6,0
																		1250	200	300	

Продолжение табл. ПП

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13				
Очень вы- сокой точ- ности	От 0,15 до 0,30 включ.	II	а	Малый	Темный	4000	400	–				13				
				Средний	Средний	3500	400	–								
			б	Малый	Средний	3000	300	750				4,2	1,5			
				Средний	Темный	2500	300	600								
		в	Малый	Светлый	2000	200	500									
			Средний	Средний	1500	200	400									
		г				Светлый	Светлый	1000	200	300						
						Светлый	Средний	750	200	200						
		Высокой точности	От 0,30 до 0,50 включ.	III	а	Малый	Темный	2000	200	500						
						Средний	Темный	1500	200	400						
					б	Малый	Средний	1000	200	300						
						Средний	Темный	750	200	200						
в	Малый			Светлый	750	200	300						3,0	1,2		
	Средний			Средний	600	200	200									
г						Средний	Светлый	400	200	200						
						Средний	Средний	400	200	200						
Средней точности	Свыше 0,5 до 1,0 включ.			IV	а	Малый	Темный	750	200	300						
						Средний	Средний	500	200	200						
					б	Малый	Темный	400	200	200				4	1,5	2,4
				Средний		Средний	400	200	200							
		Средний	Средний	400		200	200									

Продолжение табл. III

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	-	-	200				
			а	Малый	Темный	400	200	300				
			б	Малый Средний	Средний Темный	-	-	200				
		V	в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	-	-	200	3	1	1,8	0,6
			г	Средний Большой Большой	Светлый Светлый Средний	-	-	200				
		VI		Независимо от ха- рактеристик фона и контраста объекта с фоном		-	-	200	3	1	1,8	0,6
		VII	-	То же		-	-	200	3	1	1,8	0,6
Малой точности	Свыше 1,0 до 5,0 включ.											
Грубая (очень малой точности)	Более 5,0											
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5											

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Общее наблюдение за ходом производственного процесса:	–		а	Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	–	–	200	3	1	1,8	0,6
постоянное (люди постоянно находятся в помещении)	–	VIII	б	То же	–	–	75	1	0,3	0,7	0,2
периодическое (люди периодически находятся в помещении)	–		в	То же	–	–	50	0,7	0,2	0,5	0,2
Общее наблюдение за нижнерными коммуникациями			г	То же	–	–	20	0,3	0,1	0,2	0,1

**Примечание.**

1. Для подряда норм от Ia до Шв может приниматься один из наборов нормируемых показателей, приведенных для данного подряда в графах 7–9.

2. Наименьшие размеры объекта различения и соответствующие им ряды зрительной работы установлены при расположении объектов различения на расстоянии не более 0,5 м от глаз работающего.

3. При использовании ламп накаливания освещенность следует снижать по шкале освещенности:

– на одну ступень при системе комбинированного освещения, если нормируемая освещенность составляет 750 лк и более;

– то же для общего освещения для разрядов I–V, VI;

– на две ступени при системе общего освещения для разрядов VI и VIII.

4. Освещенность при работах со светящимися объектами размером 0,5 мм и менее следует выбирать в соответствии с размером объекта различения и относить их к подряду «в».

Таблица П2

Выписка из ТКП 45-2.04-153–2009

Разряд зрительной работы	Отношение минимального размера объекта различения к расстоянию от этого объекта до глаз работающего	Минимальная освещенность в горизонтальной плоскости, лк
IX	Менее $0,05 \cdot 10^{-2}$	50
X	От $0,5 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^{-2}$ включ.	30
XI	Свыше $1 \cdot 10^{-2}$ до $2 \cdot 10^{-2}$ включ.	20
XII	Свыше $2 \cdot 10^{-2}$ до $5 \cdot 10^{-2}$ включ.	10
XIII	Свыше $5 \cdot 10^{-2}$ до $10 \cdot 10^{-2}$ включ.	5
XIV	Свыше $10 \cdot 10^{-2}$	2

**Примечание.** Если возникает опасность травматизма, для зрительных работ XI–XIV разрядов освещенность следует принимать по смежному, более высокому разряду.

## Содержание

Лабораторная работа № 1. ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАЩИТНЫХ ЗАЗЕМЛЕНИЙ И СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ .....	3
РАСЧЕТ ЗАНУЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ.....	9
РАСЧЕТ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ МЕТОДОМ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ.....	14
Лабораторная работа № 2. ОСВЕЩЕНИЕ РАБОЧИХ МЕСТ .....	18
Лабораторная работа № 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ.....	27
Лабораторная работа № 4. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШУМА И МЕТОДОВ ЕГО СНИЖЕНИЯ .....	46
Лабораторная работа № 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ И МЕТОДОВ ЕЕ СНИЖЕНИЯ .....	57
Лабораторная работа № 6. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПРИ РАБОТЕ С ПЭВМ.....	70
Лабораторная работа № 7. СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ПОЖАРОТУШЕНИЯ.....	80
Лабораторная работа № 8. ОКАЗАНИЕ ПЕРВОЙ ПОМОЩИ МЕТОДАМИ «НЕПРЯМОГО МАССАЖА СЕРДЦА» И «ИСКУССТВЕННОГО ДЫХАНИЯ» .....	92
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	107



Учебное издание

## **ОХРАНА ТРУДА**

Практикум

для студентов специальностей

1-36 01 01 «Технология машиностроения»,  
1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного  
производства», 1-36 01 05 «Машины и технология обработки  
металлов давлением», 1-36 01 06 «Оборудование и технология  
сварочного производства», 1-36 02 01 «Машины и технология  
литейного производства»

Составители:

**ЛАЗАРЕНКОВ** Александр Михайлович

**ЖУРАВКОВ** Николай Михайлович

**ЗАЯШ** Игорь Васильевич и др.

Редактор *Е. С. Кочерго*

Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 19.08.2016. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 6,51. Уч.-изд. л. 5,09. Тираж 300. Заказ 477.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/173 от 12.02.2014. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.