

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Полоцкий государственный университет»



Н. В. Харлашова  
С. А. Горунова  
С. Н. Лемачко

## ОХРАНА ТРУДА

Методические указания  
к выполнению лабораторных работ

Новополоцк  
ПГУ  
2015

УДК 331.4(075.8)  
ББК 65.9(2)248я73

Одобрено и рекомендовано к изданию методической комиссией  
инженерно-технологического факультета  
в качестве методических указаний  
(протокол № 8 от 23.12.2014)

Кафедра химической техники и охраны труда

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

канд. техн. наук, доц. кафедры трубопроводного транспорта,  
водоснабжения и гидравлики, декан инженерно-технологического  
факультета УО «ПГУ» П. В. КОВАЛЕНКО;  
канд. техн. наук, зав. кафедрой химической техники и охраны труда  
УО «ПГУ» А. В. МИТИНОВ

## Введение

Общественные преобразования, технологический прогресс и высокие темпы производства стремительно меняют условия труда, его процесс и организацию. Защита работающих от связанных с производством недугов, болезней и травм стала в последнее время одной из серьезнейших социально-экономических проблем в мире. Поэтому в нашей стране систематически ведется работа по осуществлению на предприятиях эффективных мероприятий по обеспечению санитарно-гигиенических условий, предотвращающих травматизм и профессиональные заболевания.

Охрана труда – одна из основных дисциплин в подготовке высококвалифицированных инженеров, будущих руководителей и специалистов, несущих ответственность не только за свою жизнь и здоровье в процессе трудовой деятельности, но и за подчиненный ему персонал.

В процессе выполнения лабораторных работ по дисциплине «Охрана труда» студенты должны закрепить и углубить знания лекционного курса, приобрести практические навыки проведения исследований и количественной обработки результатов опыта, ознакомиться с современными инструментальными методами анализа и приборами оценки состояния условий труда.

При подготовке к лабораторной работе студенты должны:

а) изучить теоретический материал, относящийся к данной работе;  
б) заполнить лабораторный журнал, занеся в него название работы, цель, основные теоретические сведения, схему лабораторной установки или прибора и краткое описание принципа действия прибора; журнал оформляется индивидуально каждым студентом;

в) предъявить журнал преподавателю и после беседы с ним получить допуск к работе; в процессе беседы студент получает рекомендации о порядке выполнения работы и указания о возможных изменениях методики ее проведения.

Все указания преподавателя и лаборанта для студентов являются обязательными для исполнения.

Окончив работу, студенты представляют руководителю результаты расчетов. Выполненные лабораторные работы защищаются в сроки, указанные преподавателем. Результаты защиты учитываются при допуске к экзамену и зачету по дисциплинам «Охрана труда», «Охрана труда в строительстве», «Безопасность жизнедеятельности человека» в конце семестра.

## ГЛОССАРИЙ

*Охрана труда* – система обеспечения безопасности жизни и здоровья работающих в процессе трудовой деятельности, включающая правовые, социально-экономические, организационные, технические, психофизиологические, санитарно-противоэпидемические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия и средства.

*Паспортизация санитарно-технического состояния условий и охраны труда* – документальное оформление оценки фактического состояния условий и охраны труда в целях разработки и реализации мероприятий по приведению их в соответствие с законодательством об охране труда.

*Аттестация рабочих мест по условиям труда* – система учета, анализа и комплексной оценки на конкретном рабочем месте всех факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса, воздействующих на работоспособность и здоровье работающего в процессе трудовой деятельности.

*Безопасные условия труда* – условия труда, при которых исключено воздействие на работающих вредных и (или) опасных производственных факторов либо уровни их воздействия на работающих не превышают установленных нормативов.

*Вредный производственный фактор* – производственный фактор, воздействие которого на работающего в производственном процессе в определенных условиях может привести к заболеванию, снижению работоспособности либо смерти.

*Опасный производственный фактор* – производственный фактор, воздействие которого на работающего в производственном процессе в определенных условиях способно привести к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья либо смерти.

*Условия труда* – совокупность факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса, воздействующих на работоспособность и здоровье работающего в процессе трудовой деятельности.

*Производственная среда* – это пространство, где осуществляется трудовая деятельность человека, которая может производиться как в производственных помещениях, так и вне их.

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

*Рабочая зона* – пространство до 2-х метров по высоте от уровня пола или площадки с местами постоянного или временного пребывания работающих.

*Постоянное рабочее место* – место, на котором работающий находится большую часть своего рабочего времени (более 50% или более 2 ч непрерывно). Если при этом работа осуществляется в различных пунктах рабочей зоны, постоянным рабочим местом считается вся рабочая зона.

*Непостоянное рабочее место* – место, на котором работающий находится меньшую часть (менее 50% или менее 2 ч непрерывно) своего рабочего времени.

*Производственная санитария* – система организационных, санитарно-гигиенических мероприятий, технических средств и методов, предотвращающих или уменьшающих воздействие на работающих вредных производственных факторов до значений, не превышающих допустимые.

*Гигиена труда* – область профилактической медицины, разрабатывающая научные основы и практические меры обеспечения высокого уровня работоспособности, предупреждения профессиональных заболеваний и других отрицательных последствий, которые могут быть связаны с трудовой деятельностью человека.

*Средство индивидуальной защиты* – средство защиты, надеваемое на тело работающего или его части либо используемое им, предназначенное для предотвращения или уменьшения воздействия на работающего вредных и (или) опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения и (или) при работе в неблагоприятных температурных условиях.

*Средство коллективной защиты* – средство защиты, конструктивно и (или) функционально связанное с производственными процессами и оборудованием, помещением (зданием) или производственной площадкой, предназначенное для защиты работающих от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов.

## Лабораторная работа № 1

### ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

**Цель работы:** освоение методики измерения параметров микроклимата, приобретение навыков оценки метеоусловий в производственных помещениях.

#### 1. Общие сведения

Метеорологические условия на открытом воздухе или в помещениях характеризуются *температурой, влажностью и скоростью движения воздуха и атмосферным давлением* (величина выпадения осадков, солнечной радиации, химический состав атмосферы и т.д. не учитываются).

*Температура, влажность и скорость движения воздуха влияют непосредственно на теплообмен человека в процессе работы и определяют его самочувствие.* В нормальных условиях (например, при температуре воздуха 18...20 °С, относительной влажности 40...60% и отсутствии движения воздуха) теплоотдача теплоты происходит конвекцией (нагрев среды с поверхности кожи) – 25...30%, испарением с потом – 20...25%, излучением – 45%.

Поддержание температуры тела человека на определенном уровне (36...37 °С) является сложной функцией организма, которая обеспечивается совместным действием химической и физиологической терморегуляции, т.е. той системой организма человека, которая регулирует обмен веществ и теплообразование (кровоснабжение кожи, потоотделение и дыхание). При измерении температуры, влажности и скорости движения воздуха теплоотдача с поверхности тела человека не одинакова. При этом потребность организма в теплоотдаче различна и зависит от интенсивности нагрева тела человека в процессе работы, теплоизлучений посторонними источниками теплоты и метеорологических условий.

Определенное соотношение перечисленных факторов должно создавать так называемые условия «комфорта» для каждой категории работ, т.е. обеспечивать такое соотношение температуры влажности и скорости движения воздуха, обуславливающие наилучшее самочувствие человека (состояние теплового равновесия), называется *зоной комфорта*.

В рабочей зоне помещения должны обеспечиваться оптимальные или допустимые микроклиматические условия (температура, относительная влажность и скорость движения воздуха).

*Параметры микроклимата устанавливаются на два периода года – холодный и теплый:*

– *холодный* – со среднесуточной температурой наружного воздуха менее +10 °С;

– *теплый* – со среднесуточной температурой наружного воздуха более +10 °С.

*Категория работ* – разграничение работ по тяжести на основе общих энергозатрат организма в ккал/ч (Вт).

*Различают:*

– легкие физические работы (*категория I*);

– средней тяжести физические работы (*категория II*);

– тяжелые физические работы (*категория III*).

*Легкие физические работы (категория I)* – виды деятельности с расходом энергии не более 150 ккал/ч (174 Вт).

Различают легкие физические работы:

– категории *Ia* – энергозатраты до 120 ккал/ч (139 Вт);

– категории *Iб* – энергозатраты от 121 до 150 ккал/ч (140 – 174 Вт).

К категории *Ia* относятся работы, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях точного приборо- и машиностроения, часовом и швейном производствах, в сфере управления и т.п.).

К категории *Iб* относятся работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий в полиграфической промышленности, на предприятиях связи, контролеры, мастера в различных видах производства и т.п.).

*Средней тяжести физические работы (категория II)* – виды деятельности с расходом энергии в пределах 151 – 250 ккал/ч (175 – 290 Вт).

Различают физические работы средней тяжести:

– категории *IIa* – энергозатраты 151 – 200 ккал/ч (175 – 232 Вт);

– категории *IIб* – энергозатраты 201 – 250 ккал/ч (233 – 290 Вт).

К категории *IIa* относятся работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения (ряд профессий в механосборочных цехах машиностроительных предприятий, прядильно-ткацком производстве и т.п.).

К категории *IIб* относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий механизированных литейных, прокатных, кузнечных, термических, сварочных цехов машиностроительных и металлургических предприятий и т.п.).

*Тяжелые физические работы (категория III)* – виды деятельности с расходом энергии более 250 ккал/ч (290 Вт).

К категории *III* относятся работы, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий (ряд профессий в кузнечных цехах с ручной ковкой, литейных цехах с ручной набивкой и заливкой опалубок машиностроительных и металлургических предприятий и т.п.).

Характеристики производственных помещений по категориям выполняемых в них работ в зависимости от затрат энергии определяются в соответствии с ведомственными нормативными документами, согласованными в установленном порядке, исходя из категории работ, выполняемых 50% работающих и более в соответствующем помещении.

### **1.1. Влияние метеопараметров на организм человека**

Воздействие высоких температур на человека в определенных условиях может приводить к перегреву организма – тепловой гипертермии (учащению пульса, головокружению, затруднению речи); нарушению водно-солевого обмена – судорожной болезни (обезвоживанию организма, сгущению крови, ухудшению трофики тканей и органов), тепловому удару.

Низкие температуры могут вызывать местное или общее охлаждение организма.

Наиболее неблагоприятное сочетание метеорологических условий:

- высокая температура, высокая влажность, отсутствие или низкие скорости движения воздуха;
- низкая температура, высокая влажность, высокие скорости движения воздуха.

### **1.2. Мероприятия по защите**

Для обеспечения нормальных метеоусловий и поддержания теплового равновесия тела человека и окружающей среды проводится ряд мероприятий, основными из которых являются следующие:

- механизация и автоматизация тяжелых и трудоемких работ;
- дистанционное управление теплоизлучающими процессами и аппаратами;



- рациональное размещение и теплоизоляция оборудования, аппаратов, коммуникаций и других источников, излучающих на рабочем месте конвекционное и лучистое тепло;
- рациональные объемно-планировочные и конструктивные решения производственных зданий;
- внедрение более рациональных технологических процессов и оборудования;
- рационализация режимов труда и отдыха;
- использование средств индивидуальной защиты.

Для поддержания параметров метеорологических условий в производственных помещениях предусматривают вентиляцию и кондиционирование воздуха.

### **1.3. Нормирование параметров микроклимата**

Оптимальные и допустимые величины микроклимата для рабочей зоны производственных помещений приведены в табл. 1.1 по ГОСТ 12.1.005-88.

## **2. Экспериментальная часть**

### **2.1. Определение температуры воздуха**

Для определения температуры воздуха пользуются обычными термометрами, ртутными или спиртовыми. В условиях лаборатории температуру воздуха следует определять по сухому термометру аспирационного психрометра.

### **2.2. Определение влажности воздуха**

Для определения влажности воздуха пользуются *гигрометрами* и *психрометрами*.

Различают абсолютную и относительную влажность. *Абсолютной влажностью* называется массовое количество водяных паров (в граммах), содержащихся в 1 м<sup>3</sup> воздуха.

*Относительная влажность* – это отношение абсолютной влажности к максимальной влажности при полном его насыщении и данной температуре, выраженное в процентах.

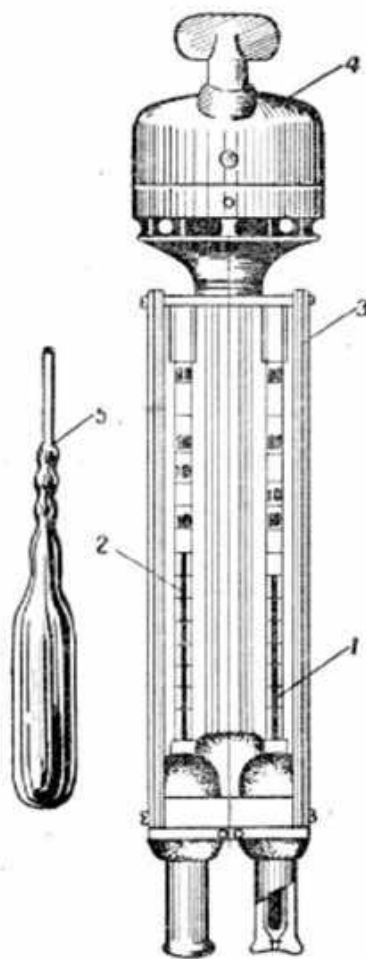
Таблица 1.1

**Нормируемые величины температур, относительной влажности и скорости движения воздуха  
в рабочей зоне производственных помещений**

Период года	Категория работ	Температура, °С						Относительная влажность, %			Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая			оптимальная	допустимая на рабочих местах, постоянных и непостоянных, не более	оптимальная	допустимая на рабочих местах, постоянных и непостоянных*			
			верхняя граница	нижняя граница	на рабочих местах							
										постоянных	постоянных	непостоянных
Холодный	Легкая – Ia	22 – 24	25	26	21	18	40 – 60	75	0,1	Не более 0,1		
	Легкая – Ib	21 – 23	24	25	20	17	40 – 60	75	0,1	Не более 0,2		
	Средней тяжести – Pa	18 – 20	23	24	17	15	40 – 60	75	0,2	Не более 0,3		
	Средней тяжести – Pb	17 – 19	21	23	15	13	40 – 60	75	0,2	Не более 0,4		
	Тяжелая – Pa	16 – 18	19	20	13	12	40 – 60	75	0,3	Не более 0,5		
	Легкая – Ia	23 – 25	28	30	22	20	40 – 60	55 (при 28 °С)	0,1	0,1 – 0,2		
Теплый	Легкая – Ib	22 – 24	28	30	21	19	40 – 60	60 (при 27 °С)	0,2	0,1 – 0,3		
	Средней тяжести – Pa	21 – 23	27	29	18	17	40 – 60	65 (при 26 °С)	0,3	0,2 – 0,4		
	Средней тяжести – Pb	20 – 22	27	29	16	15	40 – 60	70 (при 25 °С)	0,3	0,2 – 0,5		
	Тяжелая – Pa	18 – 20	26	28	15	13	40 – 60	75 (при 24 °С и ниже)	0,4	0,2 – 0,6		
	Тяжелая – Pb	18 – 20	26	28	15	13	40 – 60	75 (при 24 °С и ниже)	0,4	0,2 – 0,6		

\*Большая скорость движения воздуха в теплый период года соответствует максимальной температуре воздуха, меньшая – минимальной температуре воздуха. Для промежуточных величин температуры воздуха скорость его движения допускается определять интерполяцией; при минимальной температуре воздуха скорость его движения может приниматься также ниже 0,1 м/с (при легкой работе) и ниже 0,2 м/с (при средней тяжести и тяжелой).

В лаборатории определяют относительную влажность с помощью аспирационного психрометра (рис. 1.1).



1 – ртутный термометр (влажный); 2 – ртутный термометр (сухой); 3 – оправа; 4 – заводной механизм и вентилятор; 5 – пипетка для смачивания батиста на влажном термометре

Рис. 1.1. Аспирационный психрометр Ассмана (ГОСТ 6353-52)

Аспирационный психрометр состоит из двух одинаковых термометров, ртутный сосуд одного из них закрыт батистовым мешочком.

#### *Порядок работы*

1. Перед замером относительной влажности батистовый мешочек смочить водой из пипетки.
2. Ключом завести пружинный двигатель вентилятора.
3. Через 3...5 минут протяжки воздуха через психрометр снять показания «сухого» и «мокрого» термометров.

4. По номограмме (рис. 1.2) определить величину относительной влажности воздуха. Для этого показание «сухого» термометра по вертикальной линии провести до пересечения с наклонной линией, соответствующей показанию «мокрого» термометра.

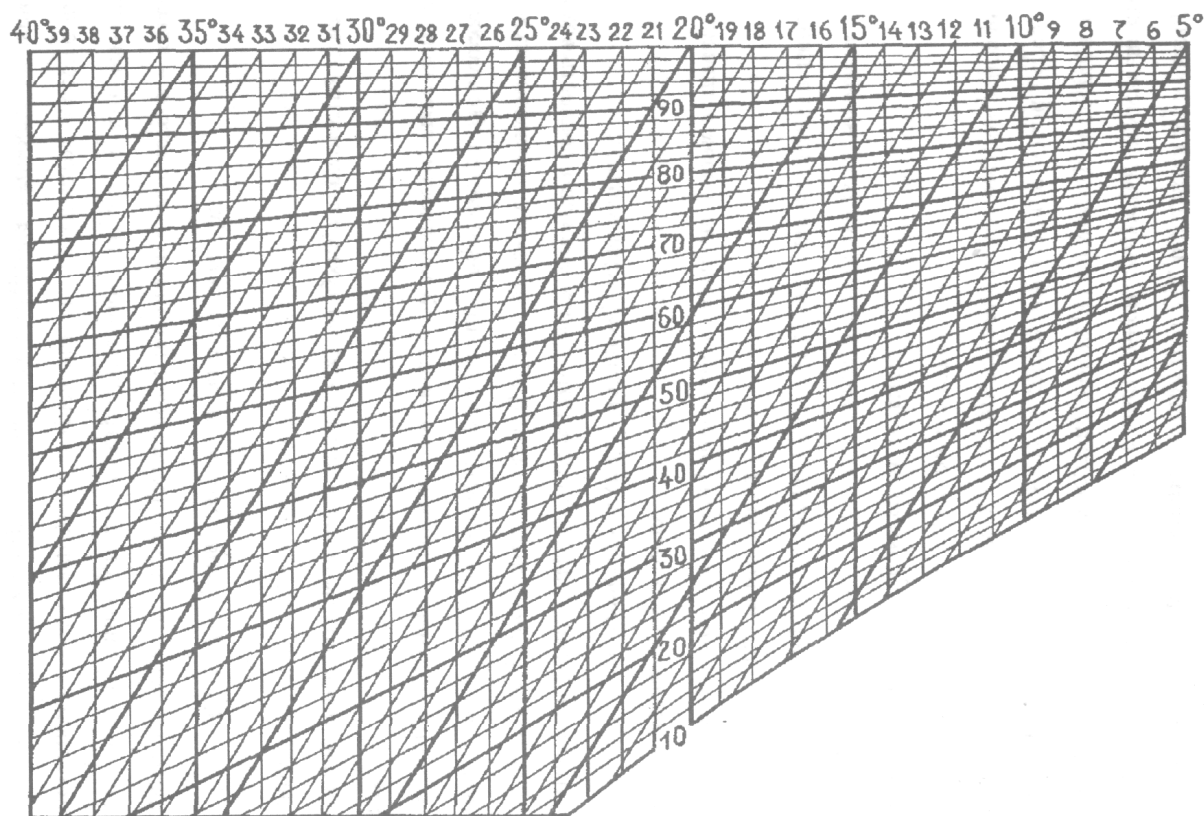


Рис. 1.2. Номограмма для определения относительной влажности воздуха

### 2.3. Определение параметров микроклимата с помощью метеометра МЭС-200А

Для контроля параметров воздушной среды (давления, относительной влажности, скорости воздушного потока) внутри помещений используется метеометр МЭС-200А, состоящий из блока электроники и измерительного щупа Щ-1 (рис. 1.3).

#### *Устройство и принцип действия*

В качестве датчика скорости воздушного потока используется миниатюрный платиновый термометр, подогреваемый стабилизированным током до температуры 200...250 °С. В зависимости от скорости воздушного потока меняется степень охлаждения нагретого терморезистора и падения напряжения на нем, которое является мерой скорости воздушного потока.

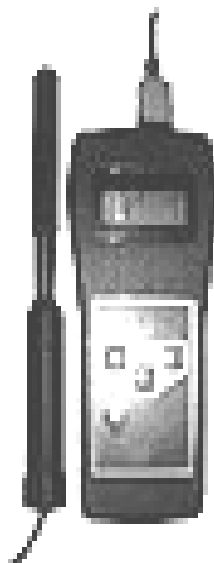


Рис. 1.3. Метеометр МЭС-200А

В качестве датчика температуры используется миниатюрный платиновый терморезистор сопротивлением 1 кОм (при температуре 0 °С) с нормирующим усилителем, собранном на операционном усилителе типа ОР 496.

В качестве датчика влажности используется функционально законченный сенсор влажности с нормированным выходным напряжением от 0,8 до 4,2 В с высокой степенью линейности выходного напряжения от относительной влажности. Питание МЭС-200А осуществляется от блока аккумуляторов напряжением 4,8 В или от источника электропитания напряжением 12 В и током 0,25 А.

#### *Порядок работы метеометра МЭС-200А со щупом Щ-1*

1. При нажатии кнопки включается подсветка матричного индикатора на время 18...20 с. На индикаторе появляется надпись ЩУП ТНС, значение температуры (°С) и относительной влажности (%).

2. Для установки МЭС-200А в режим измерения давления необходимо нажать кнопку «П». При следующей нажатии кнопки «П» метеометр возвращается в режим измерения температуры и влажности.

3. Для установки метеометра в режим измерения скорости воздушного потока необходимо после нажатия кнопки «П» нажать кнопку «+» и выждать 2...3 минуты, после чего можно производить измерение скорости. При следующей нажатии кнопки «П» метеометр устанавливается в режим измерения температуры и влажности.

4. В режиме измерения температуры и влажности (Т, Н) при нажатии кнопки «П» и сразу кнопки «←» младшему разряду единицы измерения давления соответствует 0,01 кПа и 0,1 мм рт. ст.

5. При измерении скорости воздушного потока измерительный щуп Щ-1 должен быть ориентирован относительно направления воздушного потока таким образом, чтобы плоскость приемного окна сенсора скорости измерительного щупа была перпендикулярна направлению воздушного потока, при этом головка крепежного винта на щупе должна быть направлена в сторону потока.

### 3. Порядок выполнения и оформление отчета

1. Усвоить методику исследования. Ознакомиться с устройством и работой психрометра и метеометра.
2. Приготовить таблицы для результатов измерений (табл. 1.2, 1.3).
3. После разрешения преподавателя произвести соответствующие измерения и занести их в таблицы.
4. Сделать вывод о соответствии или несоответствии параметров метеословий нормативным величинам согласно ГОСТ 12.1.005.76 (см. табл.1.1).

Таблица 1.2

#### Определение относительной влажности воздуха

Показания психрометра		
Температура сухого термометра $T_1$ , °С	Температура мокрого термометра $T_2$ , °С	Относительная влажность $\varphi$ , %

Таблица 1.3

#### Определение параметров микроклимата

Результаты измерения метеометром			
Температура $T$ , °С	Относительная влажность $\varphi$ , %	Скорость движения воздуха $v$ , м/с	Давление $P$ , мм рт. ст.

### 4. Техника безопасности при проведении работы

Приступать к выполнению работы только после полного ознакомления с методическими указаниями и с разрешения преподавателя.

## Лабораторная работа № 2

### ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

**Цель работы:** приобретение навыков инструментального замера величины интенсивности теплового излучения, исследование интенсивности теплового излучения на различных расстояниях от источника и оценка эффективности теплоотражающих экранов.

#### 1. Общие сведения

Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий (СН 245-71) требуют, чтобы в рабочей зоне обеспечивалась нормальная температура, не превышающая допустимую.

Нормальная температура производственной среды должна находиться в пределах от +10 до +30 °С; зона, в которой температура превышает 30 °С, называется *опасной*. Некоторые производственные процессы характеризуются значительными тепlopоступлениями в рабочую зону (от печей, открытого огня и т.п.), оказывая вредное воздействие на организм человека. Также вредной может оказаться и солнечная радиация, проникающая в производственные здания через застекленные поверхности в окнах и фонарях.

*По характеру и интенсивности воздействия на организм человека лучистую тепловую энергию подразделяют на три категории:*

- энергия, исходящая от тел, нагретых до температуры 500 °С, где преобладают *инфракрасные лучи с тепловым действием*;
- энергия, излучаемая телами, нагретыми до 3000 °С, здесь значительное место занимают *световые лучи*;
- энергия, исходящая от тел, нагретых до температуры выше 3000 °С, с преобладанием *ультрафиолетовых лучей*.

*Интенсивность воздействия лучистой тепловой энергии* определяется количеством теплоты, получаемой при поглощении этих лучей единицей площади поверхности кожи человека в единицу времени.

На основании субъективных ощущений человека выявлена характеристика воздействия энергии, которая приведена в табл. 2.1. В зависимости от интенсивности лучистой энергии изменяется время переносимости ее человеком при непрерывном воздействии.

При тепловом воздействии терморегуляция организма, т.е. поддержание постоянной температуры тела, осуществляется за счет выделения

теплоты в окружающую среду. В обычных условиях отдача теплоты телом человека осуществляется: лучеиспусканием (43,8%), конвекцией (31,8%), испарением пота (21,5%), на нагрев пищи и вдыхаемого воздуха идет 2,9%.

Таблица 2.1

**Степень переносимости человеком тепловой радиации**

Интенсивность тепловой радиации, $\text{Дж/с}\cdot\text{м}^2 \cdot 10^3$	Переносимость (время)	Воздействие на организм человека
0,28 – 0,56	Неопределенно долго	Слабое
0,56 – 1,20	3 – 5 мин	Умеренное
1,20 – 1,62	40 – 60 с	Среднее
1,62 – 2,08	20 – 30 с	Значительное
2,08 – 2,80	12 – 24 с	Высокое
2,80 – 3,50	8 – 10 с	Сильное
3,5	2 – 5 с	Очень сильное

**1.1. Влияние теплового излучения на организм**

При температуре окружающей среды выше 30 °С увеличивается доля теплоты, теряемой за счет испарения пота. Если не принимать меры по ликвидации избыточной теплоты (особенно на работах тяжелых и средней тяжести), у рабочего может нарушиться постоянный теплообмен между организмом и внешней средой, что приводит к поражению нервных центров и даже инвалидности.

Ультрафиолетовые лучи, например, при электросварке, вызывают острые заболевания глаз, могут приводить к ожогам даже при кратковременном воздействии. Постоянное воздействие теплового излучения с интенсивностью более 3500 Дж/(с·м<sup>2</sup>) вызывает специфическое поражение органов зрения, при этом температура роговицы глаза может достигать 40...44 °С, что приводит к профессиональному заболеванию глаз – катаракте (помутнению хрусталика).

**1.2. Мероприятия по защите от теплового излучения**

Требуемое состояние воздушной среды в рабочей зоне может быть обеспечено выполнением определенных мероприятий, к основным из которых относятся:

- механизация и автоматизация производственных процессов, дистанционное управление;
- устройство систем вентиляции и отопления;



– защита от источников тепловых излучений (теплоизоляция нагретых поверхностей, экранирование источников излучения и рабочих мест, использование индивидуальных средств защиты, рациональный режим труда и отдыха).

*Теплоизоляция* является эффективным средством уменьшения не только интенсивности теплового излучения от нагретых поверхностей, но и общих тепловыделений, а также предотвращения от ожогов при прикосновении к этим поверхностям. Для теплоизоляции применяют самые разнообразные материалы (специальный бетон и кирпич, минеральную и стеклянную вату, асбест, войлок и т.п.) и конструкции из них. Теплоизоляция должна быть выполнена так, чтобы температура наружных поверхностей технологического оборудования не превышала 45 °С.

*Экранирование*, т.е. устройство оградительных конструкций на пути распространения инфракрасных излучений, – наиболее распространенный и эффективный способ уменьшения интенсивности облучения работающего. Экраны по характеру действия делятся на теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие.

*Теплоотражающие экраны* используются для отражения тепловыделений от поверхностей печей, наружных поверхностей кабин управления, кранов и изготавливаются из листового алюминия, белой жести и алюминиевой фольги, укрепленной на несущем материале – картоне, сетке. Используются также экраны из закаленного стекла «Затос» (силикатное закаленное стекло с пленочным окислооловянным покрытием и легированными добавками), превосходящие по своим отражательным способностям экраны из сталинита.

К *теплопоглощающим экранам* относятся металлические сетки (размер ячейки 3...5 мм), цепные звенья, армированное стекло, водяные завесы.

*Водяные и цепные завесы*, устраиваемые у рабочих окон печей, используются в том случае, когда через экран необходимо вводить детали, заготовки и т.п.

*Цепные экраны*, изготовленные в виде плотной сетки с подвижными петлями или из обыкновенных мелких цепей, снижают лучистый поток на 60...70%, при этом сохраняется возможность наблюдения за ходом технологического процесса.

Хороший эффект дают прозрачные *водяные завесы в виде сплошной тонкой пленки*, образующейся при равномерном стекании воды с гладкой поверхности. Пленочные завесы эффективны, в основном, для экранирования излучения низкотемпературных источников. Водяные завесы поглощают поток тепла до 80% без существенного ухудшения видимости, т.е. являются прозрачными для световых лучей. Для защиты машинистов кра-

нов в горячих цехах, операторов постов управления используются экраны из силикатного и органического стекла.

*Теплоотводящие экраны* выполняются в виде стальных плит, в полостях которых циркулирует вода или водовоздушная смесь, обеспечивая температуру на наружной поверхности экрана не выше 35 °С.

Эффективность теплозащитного экрана определяется по формуле

$$\gamma = \frac{q_0 - q_1}{q_0} \cdot 100, \quad (2.1)$$

где  $q_0$  – интенсивность теплового излучения источника, Вт/м<sup>2</sup>;

$q_1$  – интенсивность теплового излучения за экраном, Вт/м<sup>2</sup>.

Снижение эффекта воздействия теплоизлучения на организм человека достигается за счет рационального *питьевого режима, режима труда и гидропроцедур*.

Для восстановления водного баланса в организме рабочих их снабжают газированной подсоленной водой (от 0,2 до 0,5% хлористого натрия) из расчета 4...5 л на человека в смену. Такая вода уменьшает жажду, потоотделение, потерю массы, способствует снижению температуры тела, улучшению самочувствия, повышению производительности труда.

При высокой интенсивности теплового излучения в течение смены устраиваются перерывы, частота и длительность которых определяется условиями и категорией выполняемой работы. С этой целью для работающих устраиваются специальные так называемые радиационные кабины или комнаты отдыха, в которых обеспечивается оптимальный микроклимат. Температура стен в этих комнатах предусматривается более низкая, чем температура воздуха.

*Средства индивидуальной защиты* применяются для снижения воздействия лучистой энергии на организм человека (спецодежда, очки со специальными стеклами-светофильтрами).

*Лечебно-профилактические мероприятия* включают предварительные и периодические медицинские осмотры в целях предупреждения и ранней диагностики заболеваний работающих.

### 1.3. Нормирование параметров

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м<sup>2</sup>, при облучении 50% поверхности тела и более; 70 Вт/м<sup>2</sup> – при величине облучаемой поверхности от 25 до 50% и 100 Вт/м<sup>2</sup> – при облучении не более 25% поверхности тела.

Интенсивность теплового облучения работников от открытых источников (нагретый металл, стекло, пламя и др.) не должно превышать  $140 \text{ Вт/м}^2$ , при этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в т.ч. средств защиты лица и глаз.

При наличии источников теплового облучения работающих устанавливаются следующие величины максимально допустимой температуры воздуха на рабочих местах:

25 °С – при категории работ 1а;

24 °С – при категории работ 1б;

22 °С – при категории работ 2а;

21 °С – при категории работ 2б;

20 °С – при категории работ 3.

В целях профилактики тепловых травм температура наружных поверхностей технологического оборудования не должна превышать 45 °С.

## 2. Экспериментальная часть

### 2.1. Определение интенсивности теплового излучения с помощью актинометра

Интенсивность тепловых излучений в производственных условиях замеряется прибором *актинометром* (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Инспекторский актинометр ЛИОТ-Н:

1 – общий вид; 2 – приемная часть

#### *Устройство и принцип действия*

Шкала актинометра отградуирована в диапазоне от 0 до  $20 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$ .  
Цена одного деления шкалы –  $0,5 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$ .

Актинометр предназначен для работы в вертикальном положении.

Действие актинометра основано на неодинаковой поглощающей способности зачерненных и блестящих полосок алюминиевой пластинки. Зачерненные полосы при тепловом облучении нагреваются сильнее блестящих, вследствие чего возникает *термоэдс*. К пластине прикреплена батарея из термопар медь-константан, подсоединенная к гальванометру. Величина отклонения стрелки гальванометра соответствует интенсивности падающих на пластинку (приемник) тепловых лучей. Источником лучистой энергии в данной работе служит нагревательное устройство, состоящее из спирали накаливания и отражателя.

### Порядок работы

1. Измерения производятся с открытой крышкой при направлении термоприемника в сторону изучающего тела. Крышка при измерениях является экраном, защищающим руку наблюдателя от нагрева.

2. После окончания измерения теплоприемник следует закрывать крышкой. Время одного измерения равно 2...3 с, т.к. при длительном облучении прибор может выйти из строя.

Экспериментальная лабораторная установка (рис. 2.2) для определения тепловых излучений состоит из электрической печи со встроенной термопарой, подключенной к гальванометру, актинометра и линейки с делениями через 10 см.

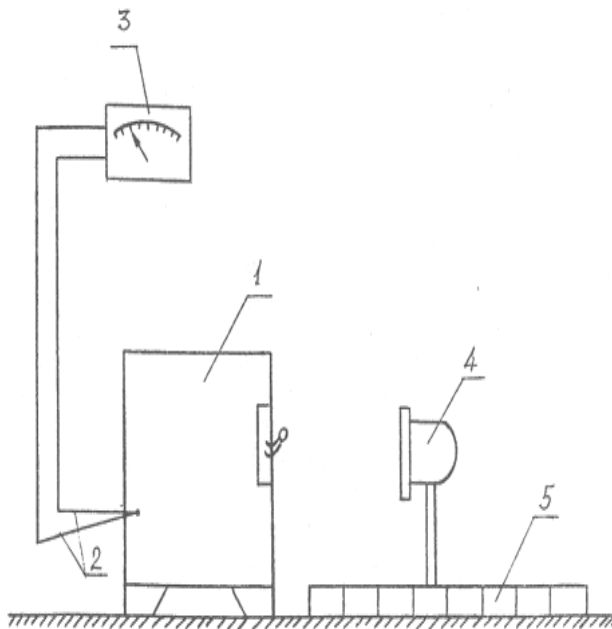
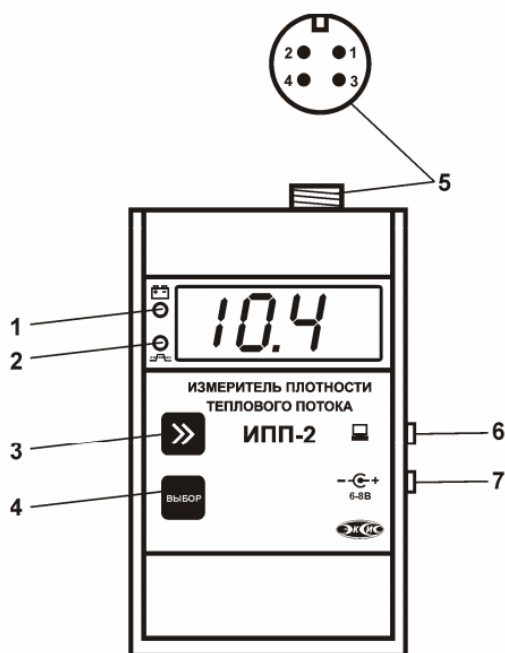


Рис. 2.2. Схема лабораторной установки:  
1 – электрическая печь; 2 – термопара; 3 – гальванометр;  
4 – измерительный прибор (актинометр); 5 – линейка

## 2.2. Определение плотности теплового потока измерителем плотности ИПП-2

Конструктивно прибор выполняется в пластмассовом корпусе. На передней панели прибора располагаются четырехразрядный светодиодный индикатор, кнопки управления; на боковой поверхности – разъемы для подключения прибора к компьютеру и сетевого адаптера. На верхней панели расположен разъем для подключения первичного преобразователя. Внешний вид прибора приведен на рис. 2.3.

Принцип действия прибора основан на измерении перепада температур на «вспомогательной стенке». Величина температурного перепада пропорциональна плотности теплового потока. Измерение температурного перепада осуществляется с помощью ленточной термопары, расположенной внутри пластинки зонда, выступающей в роли «вспомогательной стенки».





- 1 - Индикация режимов работы аккумулятора
- 2 – Индикация нарушения порогов
- 3 - Кнопка 
- 4 - Кнопка 
- 5 - Разъем для подключения зонда
- 6 - Разъем для подключения к компьютеру
- 7 - Разъем для подключения сетевого адаптера

Рис. 2.3. Внешний вид измерителя плотности теплового потока ИПП-2

### *Индикация измерений и режимов работы прибора*

Прибор осуществляет опрос измерительного зонда, выполняет расчет плотности теплового потока и индицирует ей значение на светодиодном индикаторе.

Интервал опроса зонда составляет около 1 с.

### *Подготовка прибора к использованию*

Соединить измерительный блок с измерительным зондом соединительным кабелем.

Включить прибор коротким нажатием кнопки «Выбор».

При включении прибора осуществляется самотестирование прибора в течение 5 с.

При наличии внутренних неисправностей прибор на индикаторе показывает номер неисправности, сопровождаемый звуковым сигналом.

После успешного тестирования и завершения загрузки на индикаторе отображается текущее значение плотности теплового потока.

После использования выключить прибор коротким нажатием кнопки «Выбор».

Эксплуатация прибора осуществляется в одном из режимов: РАБОТА или НАСТРОЙКА. После включения и самодиагностики прибор переходит в режим РАБОТА.

### *Режим РАБОТА*

Режим РАБОТА является основным эксплуатационным режимом. Переход в данный режим при выключенном приборе осуществляется кратковременным нажатием на кнопку «Выбор».

В данном режиме производится циклическое измерение выбранного параметра.

Кратковременным нажатием кнопки » переход между режимами измерения плотности теплового потока и температуры, а также индикации заряда аккумуляторов в процентах 0...100%. При этом при переходе между режимами на индикаторе отображается выбранный режим.

Нажатием кнопки » в течение 2 с осуществляется переход прибора в режим SLEEP (режим сна). В этом режиме прибор гасит светодиодную индикацию, но продолжает измерения текущего параметра и запись статистики. Выход из данного режима производится нажатием любой кнопки.

В выключенном состоянии прибор прекращает измерения и запись автоматической статистики, при этом все настройки работы прибора и часов реального времени сохраняются.

Светодиод состояния аккумулятора мигает, когда батарея разряжена на 90%, горит постоянно при заряде батарей и погашен при заряженной

батарею. Светодиод нарушения порогов мигает при нарушениях порогов. При нахождении прибора в режиме SLEEP мигает точка в четвертом разряде индикатора.

### 3. Порядок выполнения работы и оформление отчета

#### 3.1. Определение интенсивности теплового излучения

1. Включить в сеть нагревательное устройство. Перед нагревателем установить линейку, размеченную через 10 см. Подготовить актинометр к работе, для чего откинуть крышку на задней стенке актинометра, закрывающую термобатарею.

2. Расположить актинометр на нужном расстоянии от источника и, направив термобатарею на источник облучения, произвести отсчет показаний прибора. Такие замеры сделать через каждые 10 см, начиная от наиболее удаленной точки (1 м). Длительность одного замера (термобатарея с откинутой крышкой направлена на источник) не должна превышать 2...3 с.

3. Результаты замера актинометром занести в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Результаты исследования интенсивности теплового излучения

Расстояние, м	Интенсивность теплового излучения		Воздействие на организм человека	Переносимость при непрерыв- ном облучении
	кал/(см <sup>2</sup> ·мин)	Дж/(с·м <sup>2</sup> )		
0,1				
...				
1,0				

4. Перевести единицы измерения – кал/(см<sup>2</sup>·мин) в Дж/(с·м<sup>2</sup>) (1 кал = 4,2 Дж); определить воздействие и переносимость при непрерывном облучении.

5. Построить график зависимости  $Q = f(l)$ .

6. Определить на графике зависимости  $Q = f(l)$  область опасного воздействия теплового излучения на организм человека.

7. Сделать выводы.

#### 3.2. Оценка эффективности теплозащитных экранов

Для оценки эффективности теплозащитных экранов используются:

- теплоотражающий экран из поликарбоната;
- теплопоглощающий экран из ламинированного ДВП;
- теплоотражающие экраны из металлических сеток (цепей).

Измерение интенсивности тепловых потоков производится измерителем плотности теплового потока ИПП-2.

#### *Порядок работы*

1. Произвести измерения интенсивности теплового излучения без теплозащитных экранов на различном расстоянии от источника излучения.
2. Произвести измерения интенсивности теплового излучения на тех же расстояниях с использованием теплозащитных экранов.
3. Рассчитать эффективность используемых теплозащитных экранов.
4. Полученные данные занести в табл. 2.3.
5. Сделать вывод о наиболее эффективном теплозащитном экране.

Таблица 2.3

**Результаты оценки эффективности теплозащитных экранов**

№	Вид защитного экрана	Интенсивность тепловых излучений, Вт/м <sup>2</sup> , при расстоянии l до источника, м				Величина γ, %
		1,0	0,9	0,8	среднее	
1	При отсутствии экрана					
2	С экраном из поликарбоната					
3	С экраном из ламинированного ДВП					
4	С рядом экранов из металлической сетки и металлических цепей					

#### **4. Безопасность при проведении работы**

1. Приступать к выполнению работы только после полного ознакомления с методическими указаниями и с разрешения преподавателя.
2. После окончания работы обесточить приборы.



## Лабораторная работа № 3

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА

**Цель работы:** ознакомление с методикой определения содержания пыли в воздухе и приобретение практических навыков по определению концентрации пыли массовым методом.

#### 1 Общие сведения

Многие технологические процессы в промышленности и строительстве сопровождаются выделением пыли, отрицательно воздействующей на организм человека: на органы его дыхания, глаза и кожу.

*Пыль* – мельчайшие частицы твердого вещества, которые образуются при различных технологических процессах и способны длительное время находиться во взвешенном состоянии.

По происхождению аэрозоли подразделяются на пыли дезинтеграции и пыли конденсации.

*Пыли дезинтеграции* образуются при стирании, дроблении, измельчении. Характеризуются полидисперсностью, частицы, как правило, имеют неправильную форму.

*Пыли конденсации* образуются в результате охлаждения и конденсации паров расплавленных масс. Характеризуются высокой дисперсностью и более правильной формой пылевых частиц.

#### 1.1. Воздействие пыли на организм человека

Степень вредного воздействия пыли на организм человека зависит от количества пыли в воздухе, дисперсности (крупности) пылинок, их формы, химического состава и др.

Наибольшую опасность для организма представляют *мелкодисперсные пыли*. Так, частицы размером менее 5 мкм не задерживаются в верхних дыхательных путях, проникают в альвеолы легких, оседают там и приводят к профессиональным заболеваниям – пневмокониозам. Попадая в глаза, такая пыль вызывает профессиональную болезнь – конъюнктивит. Действие пыли на кожный покров сводится к механическому раздражению кожи (сухость, сыпь, трещины). Проникая в потовые железы, пыль вызывает дерматит, экзему.

*Токсичные пыли*, попадая в организм человека, растворяются в биологических средах и действуют как введенный в организм яд, вызывая его отравление.

## 1.2. Мероприятия по защите от пыли

Для предупреждения загрязнения пылью воздушной среды в производственных помещениях и защиты работающих от ее вредного воздействия необходимо проведение комплекса мероприятий:

- *максимальная механизация и автоматизация* производственных процессов позволяет исключить полностью или свести к минимуму количество рабочих, находящихся в зонах интенсивного пылевыделения;
- *применение герметичного оборудования*, герметичных устройств для транспорта пылящих материалов. Например, использование установок пневматического транспорта всасывающего типа позволяет решать не только транспортные, но и санитарно-гигиенические задачи, т.к. полностью исключает пылевыделения в воздушную среду помещений;
- *использование увлажнения сыпучих материалов*. Наиболее часто применяется гидроорошение с помощью форсунок тонкого распыла воды;
- *применение аспирационных установок* при процессах размола, транспортирования, дозирования и смешения строительных материалов, при процессах сварки, пайки, резки изделий и др.;
- *тщательная и систематическая пылеуборка помещений* с помощью вакуумных установок (передвижных или стационарных). Наибольший гигиенический эффект позволяют получить стационарные установки, которые при высоком разрежении в сетях обеспечивают качественную пылеуборку значительных производственных площадей;
- *очистка от пыли вентиляционного воздуха* при его подаче в помещения и выбросе в атмосферу. При этом выбрасываемый вентиляционный воздух целесообразно отводить в верхние слои атмосферы, чтобы обеспечить его хорошее рассеяние и тем самым ослабить вредное воздействие на окружающую среду;
- *применение в качестве индивидуальных средств защиты от пыли респираторов* (лепестковых, шланговых и др.), очков и противопыльной спецодежды.

## 1.3. Нормирование параметров

Оценка запыленности воздушной среды производится с помощью *массового, счетного* и других методов. В настоящей работе изучается *массовый* метод.

*Массовый метод определения концентрации пыли*, являющийся основным методом в нашей стране, служит для определения массы пыли, со-

держась в единице объема воздуха. При этом концентрация пыли в воздухе определяется как разность масс фильтра до и после протягивания через него запыленного воздуха, отнесенная к его объему.

## 2. Экспериментальная часть

*Пылевая камера* (далее камера) изготовлена из профильного алюминия и имеет прозрачные стенки (рис. 3.1). Для доступа внутрь на передней стенке камеры имеется проем, закрываемый сдвижной панелью. Камера имеет размеры 750x400x400 мм и внутренний объем 0,1357 м<sup>3</sup>.

В торце камеры установлен сетевой ввод 2 для питания блока вентиляторов. Блок вентиляторов размещается внутри камеры и служит для перемешивания частиц пыли с воздухом. Блок вентиляторов представляет собой один или два вентилятора, смонтированных на специальном держателе. Внешний вид держателя и способы установки приведены на рис. 3.2.

Отбор проб воздуха осуществляется малорасходным аспиратором типа «Брыз». Аналитические фильтры размещаются в держателе открытого типа внутри камеры.

Трубка аспиратора пропускается через заборное отверстие 3 в торце камеры.

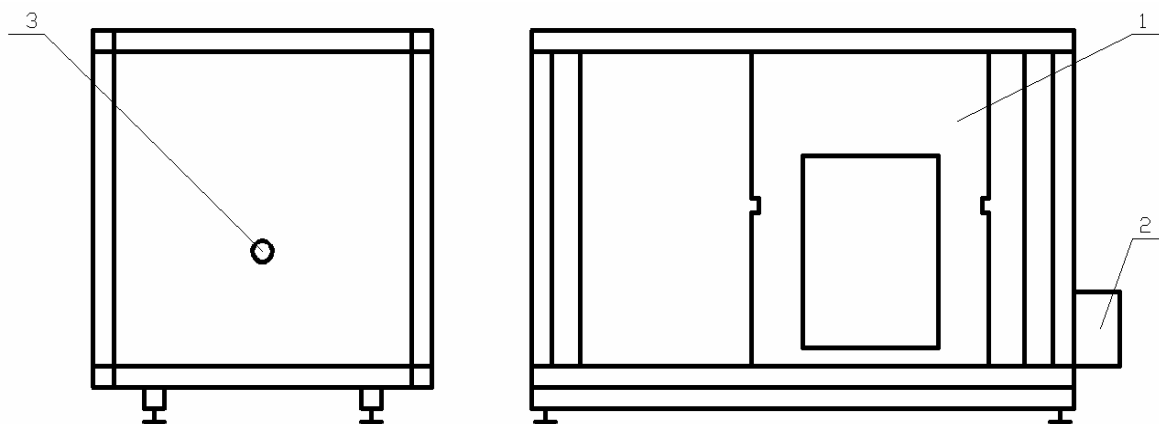
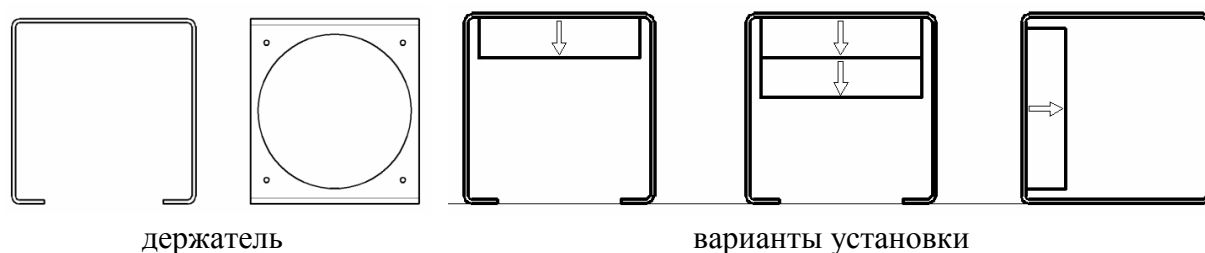


Рис. 3.1. Пылевая камера



держатель

варианты установки

Рис. 3.2. Вентилятор

Контрольное взвешивание аналитических фильтров производится на электронных весах.

*Весы настольные лабораторные тензометрические для статического взвешивания типа МЛ 0,15-6 В1ЖА (рис. 3.3).*



Рис. 3.3. Весы МЛ 0,15-6 В1ЖА.

Примечание: Ветрозащитный экран не установлен

*Аспиратор «Бриз-1» с возможностью непрерывной работы до 10 ч предназначен для отбора среднесуточных проб и измерения объема воздуха рабочей зоны (рис. 3.4).*

Аспиратор относится к универсальным, электрическим, одноканальным, малорасходным, переносным аспираторам обыкновенного исполнения.

Режим работы непрерывный и циклический. Конструкция обеспечивает герметичность газовых магистралей аспиратора.

Скорость протягиваемого воздуха для данного аспиратора – 1,44 л/мин.



Рис. 3.4. Аспиратор «Бриз-1» в сборе

Аэрозольные фильтры АФА – это стандартные фильтры, которые широко применяются для высокоэффективного улавливания аэрозоля различного химического и дисперсного состава (рис. 3.5)

Для замеров на данной установке с использованием аспиратора «Бриз» применяются фильтры типа АФА-ВП-10. В комплект фильтра входят фильтрующий элемент 2 в виде диска и защитное кольцо из бумаги 3.

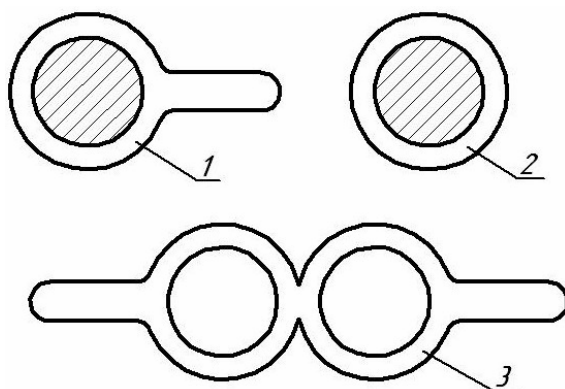


Рис. 3.5. Фильтр АФА-ВП-10:  
1 – фильтр в сборе

Для фиксации аэрозольных фильтров во время отбора пробы выпускаются стандартные фильтродержатели, рассчитанные под типоразмеры фильтров АФА (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Фильтродержатели ИРА

Фильтродержатели (аллонжи, аэрозольные патроны) типа ИРА-10 и ИРА-20 (рабочая площадь фильтра, соответственно, 10 и 20 см<sup>2</sup>) используются в качестве носителей для фильтров типа АФА при их использовании с электрическими аспираторами и изготавливаются из ударопрочного полистирола.

### 3. Порядок выполнения работы и оформления отчета

1. Установить на столе весы. Произвести подготовку к работе согласно руководству (паспорту). Включить весы.
2. Подготовить для работы аспиратор и принадлежности (трубки, фильтрующие элементы и прочее).
3. Взвесить фильтр на весах.
4. Зажать фильтрующий элемент в патроне.
5. Разместить фильтродержатель в камере.
6. Соединить трубкой аспиратор и фильтродержатель.
7. Включить вентилятор, дождаться разноса порции пыли по объему камеры.
8. Включить аспиратор и засечь время. Данные занести в табл. 3.2.
9. После завершения отбора пробы отключить аспиратор. Достать фильтродержатель из камеры, извлечь диск фильтрующего элемента.
10. Взвесить фильтрующий элемент. Данные занести в таблицу 3.2.
11. При возникновении больших наслоений пыли на дне (полу) камеры произвести очистку.
12. Протереть стенки камеры изнутри.
13. Обработать полученные данные:
  - зная объемную скорость  $v$  и длительность опыта, определить объем протянутого воздуха и привести его к нормальным условиям, исходя из формулы

$$V_n = \frac{V \cdot 273 \cdot B}{(273 + t) \cdot 760}, \quad (3.1)$$

где  $V_n$  – объем протянутого воздуха;

$$V = v \cdot T,$$

где  $v$  – объемная скорость воздуха (по аспиратору), л/мин;

$T$  – время протягивания запыленного воздуха через фильтр, мин;

$B$  – барометрическое давление, мм рт. ст.;

$t$  – температура воздуха в месте отбора пробы пыли, С;

760 – нормальное барометрическое давление, мм рт. ст.;

– произвести расчет массовой концентрации пыли в пылевой камере по формуле

$$C = \frac{m_2 - m_1}{V_n} 1000, \quad (3.2)$$

где  $C$  – массовая концентрация пыли, мг/м;  
 $m_2$  – масса фильтра после отбора пробы, мг;  
 $m_1$  – масса фильтра до отбора пробы пыли, мг.

Таблица 3.2

**Определение концентрации пыли**

Показатель		Значение
Температура воздуха в помещении, °С		
Барометрическое давление, мм рт. ст.		
Масса фильтра	до отбора пробы, мг	
	после отбора пробы, мг	
Масса пыли, мг		
Скорость протягиваемого воздуха, л/мин		
Длительность опыта $T$ , мин		
Объем воздуха, прошедшего через фильтр, л	$V$	
	$V_H$	
Концентрация пыли в воздухе $C$ , мг/м <sup>3</sup>		
ПДК, мг/м <sup>3</sup>		
Класс опасности		

**4. Безопасность при проведении работы**

1. Приступать к выполнению работы только после полного ознакомления с методическими указаниями и с разрешения преподавателя.
2. После окончания работы обесточить приборы.

## Лабораторная работа № 4

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА

**Цель работы:** ознакомление с методикой определения шума, приобретение практических навыков по измерению шума, определению шумопоглощающей способности материалов.

#### 1. Общие сведения

*Шум* – это совокупность звуков разной интенсивности и высоты, беспорядочно изменяющихся во времени. Возникает шум при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах.

Слуховой аппарат человека обладает неадекватной чувствительностью к звукам различной частоты. Минимальное звуковое давление и минимальная интенсивность звуков, воспринимаемых слуховым аппаратом человека, определяют порог слышимости.

За эталонный принимают звук с частотой 1000 Гц. При этой частоте порог слышимости по интенсивности составляет  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>, а соответствующее звуковое давление  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па. Верхняя граница воспринимаемых человеком звуков принимается за так называемый *порог болевого ощущения*.

Интенсивность шума измеряют как во всей области частот (суммарная звуковая энергия), так и в определенном диапазоне частотной полосы – в пределах октав.

#### 1.1. Воздействие шума на организм человека

Шум до 35...40 дБ является привычным для человека и не оказывает негативного влияния, а некоторые его виды (шум моря, дождя и леса) используют с целью психологической релаксации.

Интенсивный шум *свыше 70 дБ* является причиной функциональных изменений сердечнососудистой системы, нарушения нормальной функции желудка и ряда других функциональных нарушений в организме человека.

Особенно неблагоприятно воздействие шум оказывает на нервную и сердечно-сосудистую системы.

Длительное воздействие шума с уровнем *свыше 80 дБ* может привести к ухудшению слуха – профессиональной тугоухости с последующим развитием глухоты.



При действии шума *свыше 130 дБ* возможен разрыв барабанных перепонок, контузия, а при уровнях звука *свыше 160 дБ* вероятен смертельный исход.

Весь комплекс изменений, возникающих в организме человека при длительном воздействии шума, называется *шумовой болезнью*.

## 1.2. Мероприятия по защите

Методы и средства защиты от шума принято подразделять:

- на методы снижения шума в источнике его образования;
- средства индивидуальной защиты (СИЗ).

В зависимости от способа реализации средства коллективной защиты могут быть:

- акустические;
- архитектурно-планировочные;
- организационно-технические.

В зависимости от принципа действия акустические средства защиты от шума подразделяются:

- средства звукоизоляции;
- средства звукопоглощения.

*Снижение шума в источнике* достигается путем его конструктивных изменений. Это обеспечивается заменой возвратно-поступательного перемещения вращательным, ударных процессов безударными, зубчатых передач клиноременными и гидравлическими; повышением качества изготовления и обслуживания и т.д.

*Снижение шума на пути его распространения от источника* достигается проведением строительно-акустических мероприятий. Методы снижения шума на пути его распространения реализуются применением кожухов, экранов, кабин наблюдения (при дистанционном управлении), звукоизолирующих перегородок между помещениями, звукопоглощающих облицовок и т.д.

Поэтому в производственных условиях с целью предотвращения вредного воздействия на организм человека необходимо обеспечивать нормальные значения шума путем выполнения специальных мероприятий. Одним из таких является *шумопоглощение*.

Для шумопоглощения используют способность строительных материалов и конструкций поглощать (рассеивать) энергию звуковых колебаний. При падении звуковых волн на звукопоглощающую поверхность значительная часть акустической энергии расходуется на приведение в коле-

бательное движение воздуха в узких каналах (порах). Высокая степень сжатия воздуха в порах вызывает его разогрев. При этом кинетическая энергия звуковых колебаний преобразуется в тепловую.

Наиболее интенсивно преобразуют энергию звуковых колебаний в тепловую пористые и рыхлые материалы, которые и применяются для получения хорошего звукопоглощающего эффекта.

Способность материалов и конструкций поглощать звуковую энергию характеризуется *коэффициентом звукопоглощения*  $\alpha$ , который равен отношению звуковой энергии, поглощенной материалом, к падающей звуковой энергии:

$$\alpha = \frac{E_{\text{погл}}}{E_{\text{пад}}} \leq 1, \quad (4.6)$$

$$E_{\text{погл}} = E_{\text{пад}} - E_{\text{прот}}. \quad (4.7)$$

*К звукопоглощающим материалам и конструкциям относят те, коэффициент звукопоглощения которых более 0,2.*

*Акустическая обработка помещений* – это облицовка части внутренних поверхностей ограждений звукопоглощающими материалами, а также расположение в помещении штучных поглотителей, представляющих собой свободно подвешиваемые объемные поглощающие тела различной формы.

*Звукопоглощающие ограждения* – это звукоизоляция источника шума или помещения от шума, проникающего извне. Звукоизоляция достигается созданием герметичной преграды на пути распространения шума в виде смеси, кабин, кожухов, экранов.

Эффективный способ уменьшения шума – *помещение источника в звукоизолирующий кожух*. В качестве материала для изготовления обшивки кожуха могут быть использованы алюминиевые сплавы, фанера, ДСП, стеклопластик. Звукопоглощающая способность кожуха определяется физическими параметрами материалов и конструктивными размерами его элементов.

*Звукоизолирующие кабины* представляют собой локальные средства защиты, устанавливаемые там, где невозможно на длительный срок изолировать человека от источника шума.

*Глушители шума* – эффективные средства борьбы с шумом, возникающим при заборе воздуха и выбросе отработанных газов в венткамерах, воздуховодах, двигателях внутреннего сгорания, газотурбинных установках.

На рабочих местах, где снизить шум до допустимых значений за счет технических мероприятий не представляется возможным, обслуживающий персонал должен применять *средства индивидуальной защиты*: вкладыши, наушники и шлемофоны.

### 1.3. Нормирование шума

Нормируемыми параметрами *постоянного шума* на рабочих местах согласно ГОСТ 12.1.003 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» являются:

- уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц;
- уровень звука, дБА, измеряемый по шкале «А» шумомера.

Нормируемыми параметрами *непостоянного шума* являются:

- эквивалентный (по энергии) уровень звука, дБА;
- максимальный уровень звука, дБА.

Оценка непостоянного шума на соответствие предельно допустимым уровням должна проводиться как по эквивалентному, так и по максимальному уровню звука (в дБА или дБ).

*Эквивалентный (по энергии) уровень звука непостоянного шума* – уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет такое же среднее квадратичное давление, что и данный непостоянный шум в течение заданного интервала времени.

*Максимальный уровень звука* – уровень звука, соответствующий максимальному показанию измерительного прибора при включенной необходимой стандартизированной временной характеристике.

*Предельно допустимый уровень шума (ПДУ)* – уровень, который при ежедневной работе (кроме выходных дней), но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки и позднее настоящего и последующих поколений.

В зависимости от видов трудовой деятельности существует пять категорий норм шума. Категории норм предельно-допустимых уровней устанавливаются в зависимости от видов трудовой деятельности и в соответствии с СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002 и ГОСТ 12.1.003-83 (табл. 4.1).

Таблица 4.1

**Категории норм предельно допустимых уровней шума**

Категория норм шума	Основные виды трудовой деятельности	Типичные рабочие места
1	Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность	В помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах
2	Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории	В помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, в лаборатории
3	Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля; операторская работа по точному графику с инструкцией; диспетчерская работа	В помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону; машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации и вычислительных машинах
4	Работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами	За пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону; в помещениях лабораторий с шумным оборудованием для размещения шумных агрегатов вычислительных машин
5	Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных выше и аналогичных им)	В производственных помещениях и на территории предприятия

Таблица 4.2

**Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для различных категорий норм шума**

Категория норм шума	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука и эквивалентный уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
3	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

## 2. Экспериментальная часть

### 2.1. Описание и работа измерителя параметров шума портативным виброметром «Октава-110А»

#### *Устройство и принцип действия*

Шумомер – анализатор спектра, виброметр портативный «Октава-110А» предназначен для измерения среднеквадратичных, эквивалентных и пиковых уровней звука, скорректированных уровней виброускорения, а также октавных и третьоктавных уровней звукового давления и виброускорения с целью оценки влияния звука, инфра- и ультразвука и вибрации на человека на производстве и в жилых и общественных зданиях, определения акустических характеристик механизмов и машин (рис. 4.1).

#### *Порядок подготовки шумомера к работе*

1. Необходимо подготовить прибор для измерений звука. Накрутить микрофонный капсюль на предусилитель КММ400. Вставить предусилитель КММ400 во входной разъем прибора «Октава-110А» (5-штырьковый разъем на конической части).

#### **ВНИМАНИЕ!**

**Все операции по подсоединению/отсоединению микрофона и предусилителя должны приводиться при выключенном приборе.**



Рис. 4.1. Портативный шумомер «Октава-110А»

2. Включение прибора осуществляется удержанием клавиши «Вкл/Выкл» в течение 1 с.

3. Нажав клавишу «Меню», перейти в окно ВЫБОР ПРИБОРА. В этом окне можно выбрать режимы измерений, например:

- звук;
- инфразвук;
- общая вибрация;
- локальная вибрация.

4. Для представления данных в табличном формате установить в этой строчке значение «Таблица».

5. Для выхода из меню НАСТРОЙКА нажать клавишу «Меню».

6. Запуск измерения проводится клавишей «Старт/Стоп». Об измерениях пользователь судит по изменению длительности измерений в нижней строке.

7. Повторное нажатие клавиши «Старт/Стоп» останавливает процесс измерений без сброса данных и длительности измерения. Клавиша «Сброс» производит общее обнуление данных, она может быть нажата как в состоянии «Старт», так и в состоянии «Стоп».

8. В случае перегрузки (OV – в верхней строчке) нажмите СБРОС.

9. После завершения работы выключить виброметр, нажав клавишу «Выкл».

## 2.2. Схема лабораторной установки

Акустическая камера (рис. 4.2) представляет собой деревянный ящик, состоящий из двух отсеков, один из которых облицован пенопластом. Верхние стенки обоих отсеков выполнены откидными.

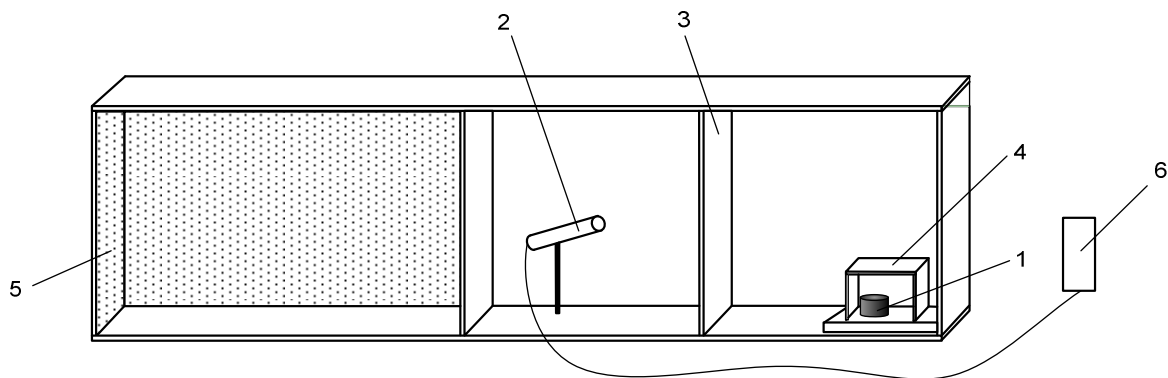


Рис. 4.2. Схема лабораторной установки:

1 – источник шума; 2 – микрофон; 3 – звукопоглощающая перегородка; 4 – звукопоглощающий кожух; 5 – камера со звукопоглощающей облицовкой; 6 – шумомер

В отсеке без звукопоглощающей облицовки предусмотрена возможность установки между источником шума и микрофоном звукопоглощающих перегородок.

### 3. Порядок выполнения и оформления отчета

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. Ознакомиться с устройством и эксплуатацией прибора.
3. Открыть крышку отсека 1 (без звукоизолирующей облицовки), установить источник шума и микрофоны, после чего закрыть крышку.
4. Включить источник шума, подключить микрофон к шумомеру.
5. Измерить уровень шума  $L$  в камере 1 без кожуха и без шумопоглощающих перегородок.
6. Закрыть источник шума  $L_{кож}$  звукоизолирующим кожухом и произвести замеры шума.
7. Установить звукопоглощающие экраны между источником шума и микрофоном (соблюдая расстояние между источником и микрофоном) из древесностружечной плиты, пенопласта, картона и произвести измерения шума каждого вида звукопоглощающего экрана  $L_{дер}$ ,  $L_{пен}$ ,  $L_{кар}$ .
8. Открыть крышку отсека 2 (со звукопоглощающей облицовкой), установить в нем источник шума и микрофон, соблюдая расстояние.
9. Измерить уровень шума в камере 2 без кожуха  $L_{з обл}$ .
10. Закрыть источник шума звукоизолирующим кожухом и произвести замеры шума  $L_{з кож}$ .
11. Результаты замеров записать в табл. 4.5.
12. По табл. 4.1 определить категорию норм предельно допустимых уровней шума.
13. Для выбранной категории ПДУ по табл. 4.2 определить уровень звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами.
14. Сравнить уровни звукового давления и сделать выводы о шумопоглощающей способности и эффективности звукопоглощающих материалов кожуха и перегородок.

### 4. Безопасность при проведении работы

1. Приступать к выполнению работы только после полного ознакомления с методическими указаниями и с разрешения преподавателя.
2. После окончания работы обесточить источник шума.

Таблица 4.5

## Характеристики шума

Измеренные характеристики шума	Уровни звукового давления, дБ							
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000
<i>Отсек 1</i> (без звукопоглощающей облицовки)								
а) без средств снижения шума $L$								
б) со звукопоглощающим кожухом $L_{кож}$								
в) со звукопоглощающими перегородкой: $L_{дер}$								
$L_{пен}$								
$L_{кар}$								
<i>Отсек 2</i> (со звукопоглощающей облицовкой)								
а) без средств снижения шума $L_{з обл}$								
б) со звукопоглощающим кожухом $L_{з кож}$								
Предельно допустимые уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								



## Лабораторная работа № 5

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ВИБРАЦИИ И МЕТОДОВ ЕЕ СНИЖЕНИЯ

**Цель работы:** ознакомление с методикой измерения параметров вибрации и методами и средствами вибрационной защиты.

#### 1. Общие сведения

*Вибрация* – механические колебание машин, аппаратов, вызываемые динамической неуравновешенностью колебания деталей, пульсацией давления при транспортировке жидкостей и газов и другими причинами.

По *способу воздействия на человека* вибрация подразделяется на *общую*, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека, и *локальную* – через руки человека. Локальной вибрации преимущественно подвергаются лица, работающие с ручным механизированным электрическим или пневматическим инструментом.

По *временным характеристикам вибрация* согласно СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-33-2002 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» делится:

а) на *постоянную*, для которой спектральный или скорректированный по частоте нормируемый параметр за время наблюдения (не менее 10 минут или времени технологического цикла) изменится не более, чем в 2 раза (6 дБ) при измерении с постоянной времени 1 с;

б) *непостоянную*, для которой спектральный или скорректированный по частоте нормируемый параметр за время наблюдения (не менее 10 минут или времени технологического цикла) изменится более, чем в 2 раза (6 дБ) при измерении с постоянной времени 1 с.

Общая вибрация в зависимости от источника возникновения подразделяется на следующие *категории*:

*1 категория* – транспортная, воздействующая от самоходных транспортных средств при движении;

*2 категория* – транспортно-технологическая от машин, перемещающихся по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, а также на рабочих местах водителей;

*3 категория* – технологическая, воздействующая на человека на рабочих местах стационарных машин или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.

Общая вибрация категории 3 по месту действия подразделяется на следующие типы:

*3а* – на постоянных рабочих местах производственных помещений;

*3б* – на рабочих местах на складах, бытовых и других вспомогательных помещениях, где нет машин, генерирующих вибрацию;

*3в* – на рабочих местах в административных и служебных помещениях, учебных пунктах, лабораторных, конструкторских бюро и других помещениях работников умственного труда.

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

### **1.1. Воздействие вибрации на организм**

Вибрация вызывает в организме человека многочисленные реакции, которые являются причиной функциональных расстройств различных органов. Под действием вибрации происходят изменения в периферической и центральной нервных системах, сердечнососудистой системе, опорно-двигательном аппарате. Вредное действие вибрации выражается в виде повышенного утомления, головной боли, болей в суставах костей и пальцах рук, повышенной раздражительности, нарушения координации.

Наиболее опасны вибрации с частотами 2...30 Гц, т.к. они вызывают резонансные колебания многих органов тела, имеющих в этом диапазоне собственные частоты. Для стоящего на вибрирующей поверхности человека имеются два резонансных пика на частотах 5...12 Гц и 17...25 Гц, для сидящего – на частотах 4...6 Гц.

Наиболее распространены заболевания, вызываемые локальной вибрацией. При работе с ручными машинами, вибрация которых наиболее интенсивна в высокочастотной области спектра (свыше 125 Гц), возникают, в основном, сосудистые расстройства, сопровождающиеся спазмом периферических сосудов.

В производственных условиях ручные машины с максимальным уровнем виброскорости в полосах низких частот (от 35 Гц) вызывают вибрационную патологию с преимущественным поражением нервно-мышечного, опорно-двигательного аппаратов.

К основным проявлениям вибрационной патологии относятся нейрососудистые расстройства рук, сопровождающиеся интенсивными болями

после работы и по ночам, слабостью. Одним из ранних признаков вибрационной патологии у операторов, работающих с ручными машинами, является снижение чувствительности кожного анализатора – повышение порогов вибрационной чувствительности. Нередко наблюдается так называемый феномен «мертвых» рук или белых пальцев. Параллельно развиваются мышечные и костные изменения, а также расстройства нервной системы по типу невротозов.

Изменения костно-мышечной системы обусловлены как нарушениями нервно-сосудистой регуляции (в т.ч. и рефлекторного характера), так и непосредственным влиянием хронической микротравмы. При рентгеновских исследованиях в костях и суставах обнаруживаются явления функциональной перестройки костной ткани.

Степень изменения вибрационной чувствительности определяется параметрами вибрации, длительностью воздействия, а также наличием сопутствующих факторов производственной среды (охлаждения рук, мышечной нагрузки и др.).

В отдельных случаях длительное воздействие интенсивных вибраций приводит к развитию вибрационной болезни, которая характеризуется изменениями центральной нервной системы и опорно-двигательного аппарата. Успешное лечение вибрационной болезни возможно только на ранних стадиях ее развития. Тяжелые формы заболевания, как правило, ведут к частичной или полной потере трудоспособности. При колебательной скорости в 1 м/с у человека возникают болевые ощущения.

## **1.2. Мероприятия по защите**

Защита от вибрации может производиться *устранением или снижением действующих переменных сил, вызывающих вибрацию в источнике их возникновения, вибропоглощением и виброизоляцией.*

Наиболее действенным способом является устранение или снижение переменных сил непосредственно в источнике их образования. При проектировании оборудования предпочтение отдают таким кинематическим и технологическим схемам, при которых динамические процессы, вызываемые ударами, резкими ускорениями, исключаются или предельно снижены.

Борьбу с вибрацией можно проводить с помощью вибропоглощающих и виброизолирующих материалов и специальных устройств. К вибропоглощению относятся вибродемфирование и вибропоглощение.

*Вибродемфирование* – превращение энергии механических колебаний в другие виды энергии, чаще всего – в тепловую. Для этого в конструкциях деталей, через которые передаются колебания, применяют материалы с большим трением (пластмассы, резины и т.д.).

*Виброгашение* – это снижение уровня вибрации объекта путем введения в колебательную систему дополнительных реактивных сопротивлений. Для превращения общей вибрации вибрирующих машин и оборудования устанавливают на самостоятельные виброгасящие фундаменты.

*Виброизоляция* – это снижение уровня вибрации защищаемого объекта, достигаемое уменьшением передачи колебаний от их источника. Виброизоляция представляет упругие элементы, так называемые амортизаторы вибрации, размещенные между вибрирующей машиной и ее основанием.

Средства индивидуальной защиты от вибрации по месту контакта оператора с вибрирующим объектом подразделяются на СИЗ для рук – рукавицы, перчатки, вкладыши, прокладки; СИЗ для ног – специальная обувь, наколенники; СИЗ для тела – нагрудники, пояса, специальные костюмы.

К медико-профилактическим мероприятиям относят массаж, теплые ванночки с солями, минералами.

### **1.3. Нормирование параметров вибрации**

Основным методом, характеризующим вибрационное воздействие на человека, является частотный анализ СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-33-2002 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» и ГОСТ 12.1.012 «Вибрационная безопасность. Общие требования».

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

Нормируемый диапазон частот для общей вибрации в зависимости от категории устанавливается в виде октавных или третьоктавных полос со среднегеометрическими частотами 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; 20,0; 25,0; 31,5; 40,0; 50,0; 63,0; 80,0 Гц (для категории 3а – 2; 4; 8; 16; 31,5; 63 Гц). Предельно допустимые значения общей вибрации приведены в табл. 5.1, локальной – в табл. 5.2.

Таблица 5.1

**Предельно допустимые значения общей вибрации**

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Допустимые значения по осям $X_o, Y_o, Z_o$			
	Виброскорость		Виброускорение	
	м/с·10 <sup>-2</sup>	дБ	м/с·10 <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
Коррективные и эквивалентные скорректированные значения и их уровни	0,2	92	0,1	50

Таблица 5.2

**Предельно допустимые значения локальной производственной вибрации**

Среднегеометрические частоты полос, Гц	Допустимые значения по осям $X_d, Y_d, Z_d$			
	виброскорость		виброускорение	
	м/с <sup>-2</sup>	дБ	м/с <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	0,10	109
125	10,7	91	0,20	109
250	21,3	97	0,40	109
500	42,5	103	0,80	109
1000	85,0	109	–	–
Коррективные и эквивалентные скорректированные значения и их уровни	2,0	76	2,0	112

**2. Экспериментальная часть****2.1. Измерение уровня вибрации производится с помощью портативного виброметра «Октава-101ВМ»***Устройство и принцип действия*

*Виброметр* измеряет среднеквадратичные, эквивалентные и пиковые уровни виброускорения. Источником вибрации является электродвигатель

постоянного тока, на валу которого закреплен металлический диск с дебалансом. Питание электродвигателя производится от выпрямителя тока типа В-24 с напряжением от 4 В до 10 В. Изменения числа оборотов электродвигателя (уровня вибрации) производится путем изменения напряжения питания (рис. 5.1).

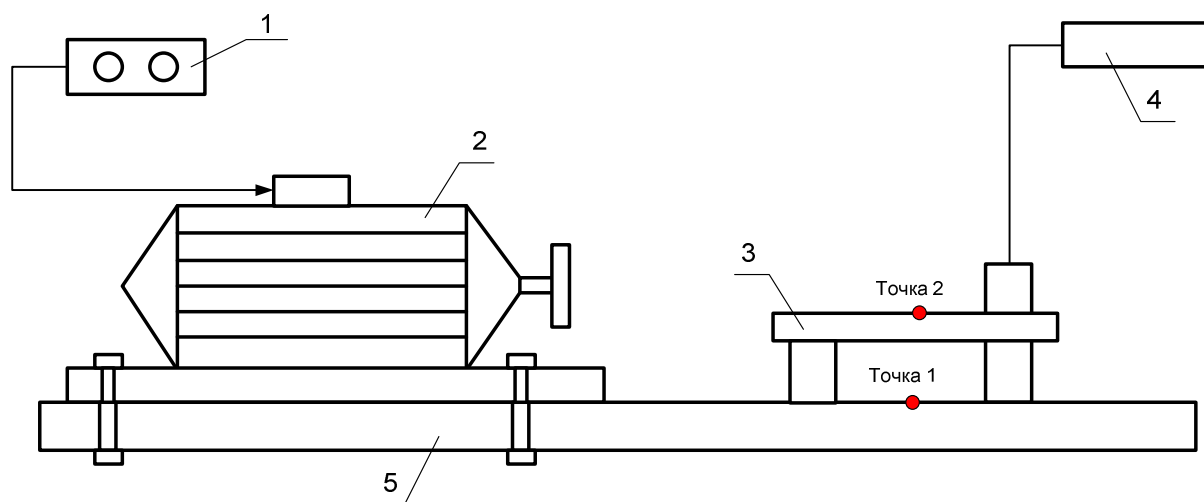


Рис. 5.1. Схема экспериментальной установки:  
1 – выпрямитель тока; 2 – электродвигатель; 3 – виброизолирующая площадка;  
4 – виброметр; 5 – площадка без виброизоляции

#### *Порядок подготовки виброметра к работе*

1. Установить датчик на посадочное место, правильно его сориентировав. Нормальное функционирование прибора обеспечивается при напряжении питания от 4,2 В до 5,2 В. Если напряжение опускается ниже 4,2 В, следует сменить аккумуляторы (с соблюдением полярности).

2. Включение прибора осуществляется удержанием клавиши «Вкл/Выкл» в течение 1 с.

3. Нажав клавишу «Меню», перейти в окно ВЫБОР ПРИБОРА. В этом окне можно выбрать режимы измерений, например:

- общая вибрация;
- локальная вибрация и т.д.

Клавишами «↑↓» выбрать нужную опцию, затем нажать МЕНЮ и перейти в окно НАСТРОЙКА.

#### *4. Измерение общей вибрации.*

4.1. В меню ВЫБОР ПРИБОРА выделить клавишами «↑↓» опцию ОБЩАЯ ВИБРАЦИЯ и нажать клавишу «Меню». Вы попадете в показанное выше меню НАСТРОЙКА.

4.2. Установить для каналов 1, 2, 3 нужные типы частотной коррекции. Если каналы соответствуют направлениям  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  по ГОСТ 12.01.012-90 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.566-96, то нужно выбрать следующую комбинацию:

- для транспортной вибрации –  $X$ :  $W_d$ ;  $Y$ :  $W_d$ ;  $Z$ :  $W_k$ .
- для транспортно-технологической и технологической вибрации –  $X$ :  $W_k$ ;  $Y$ :  $W_k$ ;  $Z$ :  $W_k$ .

#### 5. Измерение локальной вибрации.

5.1. В меню ВЫБОР ПРИБОРА выделить клавишами «↑↓» опцию ОБЩАЯ ВИБРАЦИЯ и нажать клавишу МЕНЮ. Вы попадете в показанное выше меню НАСТРОЙКА.

5.2. Установите для каналов 1, 2, 3 частотную коррекцию  $W_h$ .

6. Чтобы изменить коррекцию в меню НАСТРОЙКА, нужно выделить соответствующую строку меню, а затем выбрать нужный тип коррекции клавишей «→»

7. Для представления данных в табличном формате установить в этой строчке значение «Таблица».

8. Для выхода из меню НАСТРОЙКА нажать клавишу «Меню».

9. Запуск измерений.

9.1. На экране появиться окно, соответствующее выбранному типу представленных данных.

9.2. Запуск измерения проводится клавишей «Старт/Стоп». Об измерениях пользователь судит по изменению длительности измерений в нижней строке.

9.3. Повторное нажатие клавиши «Старт/Стоп» останавливает процесс измерений без сброса данных и длительности измерения. Клавиша «Сброс» производит общее обнуление данных, она может быть нажата как в состоянии СТАРТ, так и в состоянии СТОП.

9.4. В случае перегрузки (OV – в верхней строчке) нажать СБРОС.

10. После завершения работы выключить виброметр, нажав клавишу «Выкл».

### 3. Порядок выполнения и оформления отчета

1. Ознакомиться с экспериментальной установкой (см. рис. 5.1).
2. Изучить устройство виброметра «Октава-101ВМ» и методику измерения вибрации.
3. Подключить выпрямитель тока к сети напряжением 220 В.

4. Подключить электродвигатель к выпрямителю тока.
5. Тумблером включить выпрямитель.
6. Поворотом ручки на выпрямителе по заданию преподавателя установить напряжение питания электродвигателя.
7. Включить виброметр.
8. По указанию преподавателя замерить уровень вибрации в заданной точке без виброизолирующей площадки.
9. В этой же точке произвести замеры уровня вибрации с использованием виброизолирующих площадок:
  - из пенопласта (полистирола);
  - стекловаты;
  - резиновых амортизаторов;
  - картона.
10. Результаты измерений занести в табл. 5.3, 5.4.
11. Сравнить измеренные и допустимые уровни виброускорений.

Таблица 5.3

**Результаты измерений параметров общей вибрации**

Параметры	Уровень виброускорения в октавных полосах частоты, Гц					
	2	4	8	16	31,5	63
Измеренные октавные уровни виброускорения, $L_v$ :						
– на платформе 5 в точке 1, дБ						
– на площадке 3 без виброизолирующих материалов, дБ						
На платформе 3 с виброизолирующими материалами из:						
– пенопласта						
– картона						
– резины						
– других материалов						
Предельно допустимые значения общей вибрации						



Таблица 5.4

**Результаты измерений параметров локальной вибрации**

Параметры	Уровень виброускорения в октавных полосах частоты, Гц					
	8	16	31,5	31,5	63	125
Измеренные октавные уровни виброускорения, $L_v$ :						
– на платформе 5 в точке 1, дБ						
– на площадке 3 без виброизолирующих материалов, дБ						
На платформе 3 с виброизолирующими материалами из:						
– пенопласта						
– картона						
– резины						
– других материалов						
Предельно допустимые значения локальной производственной вибрации						

**4. Безопасность при проведении работы**

1. Приступать к выполнению работы только после полного ознакомления с методическими указаниями и с разрешения преподавателя.
2. После окончания работы обесточить источник вибрации.

## Лабораторная работа № 6

### ИССЛЕДОВАНИЕ ОСВЕЩЕННОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПОМЕЩЕНИИ

**Цель работы:** ознакомиться с порядком нормирования и расчета естественного освещения, приборами и методами определения состояния освещенности на рабочих местах.

#### 1. Общие сведения

Одним из основных вопросов охраны труда является организация рационального освещения производственных помещений и рабочих мест.

Свет обеспечивает связь организма с внешней средой, обладает высоким тонизирующим и биологическим действием. *Производственное освещение*, правильно спроектированное и выполненное, предусматривает не только соблюдение норм освещенности, но и выполнение гигиенических требований к качеству освещения – равномерности освещения рабочих поверхностей, недопустимости излишней яркости, блеска, слепящего действия, наличия резких теней и контрастов. От того, насколько оно рационально выполнено, зависит безопасность труда и самочувствие работающих, производительность труда и качество выполняемой работы. Создание наиболее благоприятного освещения способствует повышению работоспособности и предотвращает травматизм.

В зависимости от источника света производственное освещение может быть естественным, искусственным и совмещенным (СНБ 2. 04.05-98 «Естественное и искусственное освещение»).

*Естественное освещение* – это освещение помещений дневным светом неба (прямым или отраженным, проникающим через световые проемы) в наружных ограждающих конструкциях.

*Искусственное освещение* – это освещение помещений разрядными лампами, лампами накаливания. Искусственное освещение обеспечивает возможность нормальной деятельности человека в часы отсутствия или недостаточного естественного освещения, а также в помещениях закрытого типа.

*Совмещенное освещение* – предусматривается для помещений и производственных зданий в тех случаях, когда невозможно обеспечить нормированное *КЕО* в соответствии с нормированными документами по строительному проектированию зданий.

Производственное освещение характеризуется количественными и качественными показателями. К *количественным показателям* относятся: световой поток, сила света, яркость, освещенность, коэффициент отражения, к *качественным* – фон, контраст объекта с фоном, видимость, показатель ослепленности, коэффициент пульсации освещенности.

*Световой поток  $F$*  определяется как мощность лучистой энергии, оцениваемой по световому ощущению, которое она производит на человеческий глаз. За единицу светового потока принят люмен (лм).

*Сила света  $Y$*  – это величина пространственной плотности светового потока, которая определяется как отношение светового потока  $dF$ , исходящего от источника и распространяющегося внутри элементарного темного угла  $d\Omega$ , к величине этого угла:

$$Y = \frac{dF}{d\Omega}. \quad (6.1)$$

За единицу силы света принимается кандела (кд).

*Кандела* – сила света, испускаемого с площади  $1/600000$  м<sup>2</sup> сечения полного излучателя в перпендикулярном направлении при температуре излучателя, равной температуре затвердевания платины при давлении 101,325 кПа.

*Освещенность  $E$*  – это плотность светового потока на освещаемой поверхности:

$$E = \frac{dF}{dS}, \quad (6.2)$$

где  $dF$  – световой поток, лм;

$dS$  – площадь, на которую равномерно падает поток  $dF$ , м<sup>2</sup>.

За единицу освещенности принимают люкс (лк). *Люкс* – освещенность поверхности площадью 1 м<sup>2</sup> при световом потоке падающего на него излучения, равном 1 люмен (лм).

Для определения искусственной освещенности  $E$  (лк) применяют различные методы расчета, например *точечный*. В основу метода положено уравнение освещенности

$$E = \frac{J_a \cdot \cos \alpha}{r^2}, \quad (6.3)$$

где  $J_a$  – сила света в направлении от источника на данную точку в рабочей поверхности, кд;

$r$  – расстояние от светильника до расчетной точки, м;

$\cos \alpha$  – угол между нормалью к рабочей поверхности и направлением светового потока на источник.

*Яркость* элемента поверхности измеряется в кд/м<sup>2</sup>. Определяющее уравнение для яркости света:

$$L = \frac{y}{\cos \phi}, \quad (6.4)$$

где  $\phi$  – угол, образованный направлением светового потока к площади светящейся поверхности.

*Видимость*  $\vartheta$  – универсальная характеристика качеств освещения – характеризует способность глаза воспринимать объект. Зависит от освещенности, размера объекта, его яркости, контраста объекта с фоном, длительности экспозиции. Видимость определяется числом пороговых контрастов в контрасте объекта с фоном.

$$\vartheta = \frac{K}{K_{\text{пор}}}, \quad (6.5)$$

где  $K$  – контраст с фоном;

$K_{\text{пор}}$  – пороговый контраст, т.е. наименьший различимый глазом контраст, при небольшом уменьшении которого объект становится неразличимым.

*Фон* – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различия, на которой он рассматривается; характеризуется коэффициентом отражения, зависящим от цвета фактуры поверхности, значения которого лежат в пределах от 0,02 до 0,95.

При коэффициенте отражения поверхности более 0,4 фон считается светлым; от 0,2 до 0,4 – средним, менее 0,2 – темным.

*Коэффициент отражения*  $\rho$  характеризуется способностью поверхности отражать падающий на нее световой поток. Определяется как отношение отражаемого от поверхности светового потока  $F_{\text{отр}}$  к падающему на нее потоку  $F_{\text{пад}}$ .

*Контраст объекта с фоном*  $K$  – соотношение абсолютной величины разности между яркостью рассматриваемого объекта (точка, линия, знак, пятно, трещина, риска, раковина или другие элементы, которое требуется различать в процессе работы) и фона. Контраст определяется по формуле

$$K = \frac{|L_{\vartheta} - L_0|}{L_{\vartheta}}, \quad (6.6)$$

где  $L_{\vartheta}$  и  $L_0$  – яркости соответственно фона и объекта.

Контраст объекта с фоном считается большим при значении  $K$  от 0,2 до 0,5 (объект и фон заметно отличается по яркости) и малым при значении  $K$  менее 0,2 (объект и фон мало отличаются по яркости).

*Объект различения* – рассматриваемый предмет, отдельная его часть или дефект, которые требуется различать в процессе работы.

*Показатель ослепленности*  $P$  – критерий оценки слепящего действия ослепительной установки, определяющийся выражением

$$P = (S - 1) \cdot 1000, \quad (6.7)$$

где  $S$  – коэффициент ослепленности, равной отношению видимости объекта соответственно при экранировании и при наличии блеских источников в поле зрения.

*Коэффициент пульсации освещенности* ( $K_n$ ) – критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате измерения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током, определяемый по формуле

$$K_n = \left( E_{\max} - \frac{E_{\min}}{2 \cdot E_{cp}} \right) \cdot 100, \quad (6.8)$$

где  $E_{\max}$  и  $E_{\min}$  – соответственно максимальное и минимальное значения освещенности за период ее колебания, лк;

$E_{cp}$  – среднее значение освещенности за тот же период, лк.

### **1.1. Краткая характеристика видов освещения**

В зависимости от источника света, как уже было упомянуто ранее, производственное освещение может быть *естественным, искусственным и совмещенным*.

В качестве источников искусственного света следует применять, как правило, газоразрядные лампы. Лампы накаливания применяются в случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности применения газоразрядных.

По конструктивному исполнению искусственное освещение может быть общим, местным и комбинированным. При общем освещении светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение) или применительно к расположению оборудования (общее локализованное освещение). Местное освещение устраивается дополнительно к общему и создается светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах. Устраивать одно местное освещение внутри зданий не разрешается, освещение может быть комбинированным (общее плюс местное).

## **1.2. Воздействие на организм**

Велико влияние освещенности на производительность труда для технологических процессов с большим объемом зрительных работ. Увеличение освещенности способствует улучшению работоспособности даже в тех случаях, когда процесс труда практически не зависит от зрительного восприятия. При плохом освещении человек быстро устает, работает менее продуктивно, возрастает потенциальная опасность ошибочных действий и несчастных случаев. Наконец, плохое освещение может привести к профессиональным заболеваниям (например, близорукости, спазму аккомодации и др.).

Большое гигиеническое значение имеет естественное освещение. Образующее в результате взаимодействия прямого и отраженного света диффузионное освещение помещений создает благоприятное распределение яркости, что оказывает положительное действие на зрение. Значение естественного освещения заключается и в сильном тонизирующем действии света на организм человека. Действие это вызывается не только ультрафиолетовыми излучениями (большая часть их через обычное стекло в помещении не проходит), но и излучениями видимого спектра, к которым в течение тысячелетий приспособлялся глаз человека. Нельзя не отметить и огромного психологического действия естественного освещения. Естественный свет создает у человека ощущение непосредственной связи с окружающим миром, природой и успокаивающе действует на нервную систему. У лиц, которые по характеру работы частично или полностью лишены естественного света, может возникнуть «световое голодание». В зависимости от спектрального состава свет может оказывать возбуждающее действие, усиливать чувство тепла (оранжево-красный) или наоборот – успокаивать (желто-зеленый), усиливать тормозные процессы (сине-фиолетовый).

Недостаточная освещенность рабочей зоны может стать причиной травматизма в результате плохо освещенных опасных зон.

## **1.3. Мероприятия по защите**

На производстве для защиты от видимого спектра света применяют защитную одежду, затемненные очки; в качестве медико-профилактических мероприятий рекомендуются упражнения для глаз.

Искусственное освещение подразделяется:

- на рабочее;
- аварийное;
- эвакуационное;
- дежурное;
- охранное.

Искусственное освещение может быть двух видов – *общее* и *комбинированное*.

*Рабочее освещение* следует предусматривать для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта. Для помещений, имеющих зоны с разными условиями естественного освещения и с различными режимами работы, должно предусматриваться раздельное управление освещением таких зон. При необходимости часть светильников рабочего или аварийного освещения может использоваться для дежурного освещения.

*Аварийное освещение* следует предусматривать, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение нормального обслуживания оборудования и механизмов может вызвать: взрыв, пожар, отравление людей; длительное нарушение технологического процесса; нарушение работы электростанций, узлов радиопередач и т.д.

*Эвакуационное освещение* – освещение для эвакуации людей из помещения при аварийном отключении нормального освещения. Эвакуационное освещение в помещениях или местах производства работ вне зданий следует предусматривать: в местах, опасных для прохода людей; в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей, при числе эвакуирующихся более 50 человек; в лестничных клетках жилых домов высотой 6 этажей и более и т.д.

*Дежурное освещение* предназначено для минимального искусственного освещения для несения дежурств охраны в нерабочее время, совпадающее с темным временем суток.

*Охранное освещение* (при отсутствии специальных технических средств охраны) должно предусматриваться вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время.

#### **1.4. Нормирование освещения**

При выборе требуемого минимального уровня освещенности рабочего места необходимо установить разряд (характер) выполняемой зрительной работы. Его определяют по наименьшему размеру объекта различения (мм).

В соответствии с СНБ 2.04.05-98 все зрительные работы, проводимые в производственных помещениях, делятся на восемь разрядов.

При определении минимальной освещенности рабочих мест, расположенных вне здания, предусмотрено дополнительно шесть разрядов зрительной работы (IX...XIV) в зависимости от отношения минимального размера объекта различия к расстоянию от этого объекта до глаз работающего (табл. 6.1).

Разряд зрительной работы рабочих мест, расположенных вне здания

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

#### 1.4.1. Нормирование естественного освещения

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

$KEO$  – это отношение естественной освещенности, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения  $E_e$ , к одновременно значению наружной горизонтальной освещенности  $E_n$ , создаваемой светом полностью открытого небосвода, выраженное в процентах:

$$KEO(e_n) = \frac{E_e}{E_n} \cdot 100. \quad (6.9)$$

При одностороннем освещении нормируется минимальное значение  $KEO$  в точке, расположенной на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов, на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола).

Для зданий, расположенных в различных районах местности, нормированные значения  $KEO$  ( $e_n$ ) определяют по формуле

$$e_n = e_h \cdot m_n, \quad (6.10)$$

где  $e_h$  – значение  $KEO$ , приведенные в табл. 8.3;

$e_n$  – коэффициент светового климата для соответствующего номера группы районов (табл. 6.2);

$n$  – номер группы административного района стран СНГ по ресурсам светового климата.

Полученные по формуле (6.10) значения следует округлять до десятых долей.

При боковом одно- и двустороннем естественном освещении нормируется минимальное значение  $KEO$ ; при боковом одностороннем – на рас-



стоянии 1 м от стены в точке, наиболее удаленной от световых проемов и на высоте 0,8 м от пола (уровень условной рабочей поверхности), при боковом двустороннем – в точке посередине помещения.

При верхнем или комбинированном естественном освещении нормируется среднее значение *KEO* в точках, расположенных на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности (или пола). Первая и последняя точки принимаются на расстоянии 1м от поверхности стен (перегородок) или осей колонн.

Таблица 6.2

**Значения коэффициента светового климата  
(извлечение из таблицы 4 СНБ 2.04.05-98)**

Световые проемы	Ориентация световых проемов по сторонам горизонта	Коэффициент светового климата <i>m</i>	
		Номер группы административных районов стран СНГ	
		3	4
		Брестская и Гомельская области	Остальная территория Республики Беларусь
В наружных стенах зданий	С	0,9	1
	СВ,СЗ	0,9	1
	З,В	0,9	1
	ЮВ,ЮЗ	0,85	1
	Ю	0,85	0,95
В прямоугольных и трапециевидных фонарях	С-Ю	0,9	1
	СВ-ЮЗ ЮВ-СЗ	0,9	1
	В-З	0,85	1
В фонарях типа «Шед»	С	0,9	1
В зенитных фонарях	–	1	1

Примечание: С – северная; СВ – северо-восточная; СЗ – северо-западная; В – восточная; З – западная; С-Ю – север-юг; В-З – восток-запад; Ю- южная; ЮЗ- юго-западная

*Характерный разрез помещения* (рис. 6.1) – поперечный разрез посередине помещения, плоскость которого перпендикулярна к плоскости остекления световых проемов (при боковом освещении) или продольной оси пролетов помещения. В характерный разрез помещения должны попадать участки с наибольшим количеством рабочих мест, а также точки рабочей зоны, наиболее удаленные от световых проемов.

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

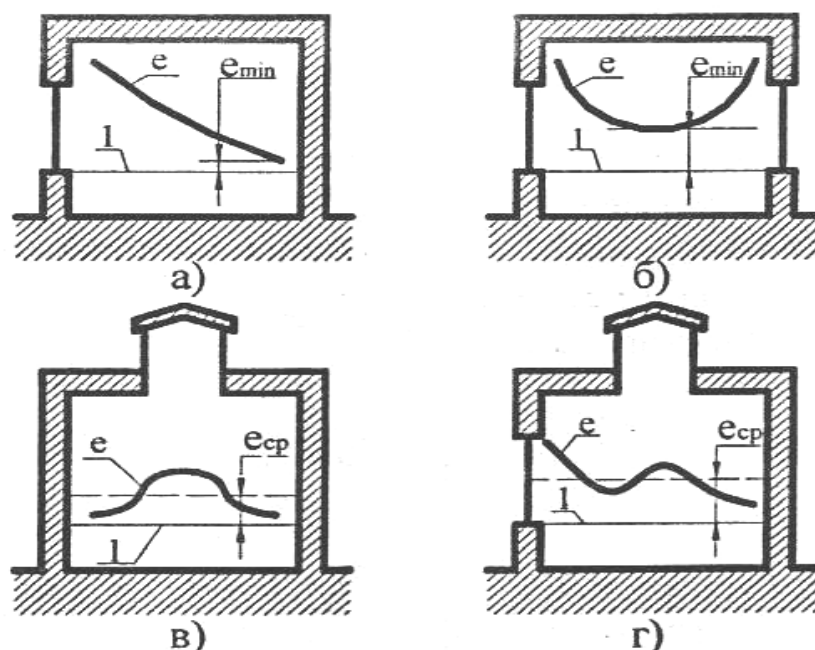


Рис. 6.1. Схема распределения *KEO* по разрезу помещения:  
*а* – одностороннее боковое освещение; *б* – двустороннее боковое освещение;  
*в* – верхнее освещение; *г* – комбинированное освещение; 1 – уровень рабочей поверхности

#### 1.4.2. Нормирование искусственного освещения

В соответствии с СНБ 2.04.05-98 искусственное освещение оценивается непосредственно по освещенности рабочей поверхности ( $E$ , лк). Рабочей считается та поверхность, на которой производится работа и нормируется или измеряется освещенность. При выборе нормы освещенности, кроме характера (разряда) зрительной работы, необходимо еще учесть контраст объекта различения с фоном и характеристику фона, на котором рассматривается этот объект, т.е. определить подразряд зрительной работы (*а*, *б*, *в* или *г*).

При выполнении в помещениях работ I-III, IVа, IVв, Va разрядов следует применять систему комбинированного освещения. Предусматривать систему общего освещения допускается при технической невозможности или нецелесообразности устройства местного освещения, что конкретизируется в отраслевых нормах освещения, согласованных с органами Государственного санитарного надзора.

В темное время суток использовать только местное освещение (без общего) категорически запрещено, т.к. это создает неблагоприятные зрительные условия, приводит к быстрому утомлению, нарушению зрения, головным болям и т.п.

Освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, должна составлять не менее 10% нормированной для комбинированного освещения. В помещениях без доступа естественного света освещенность рабочей поверхности, создаваемую светильниками общего освещения в системе комбинированного, следует повышать на одну степень.

Освещенность проходов и участков, где работа не производится, должна быть не более 25% от освещенности, приведенной в СНБ 2.04.05-98 для системы общего освещения, но не менее 75 лк при разрядных лампах и не менее 30 лк при лампах накаливания.

### **1.4.3. Нормирование совмещенного освещения**

При оценке и нормировании совмещенного освещения необходимо по табл. 6.3. выбрать нормативную величину *КЕО* для выполняемого разряда зрительной работы и конструктивного исполнения естественного освещения.

## **2. Экспериментальная часть**

### **2.1. Измерение освещенности люксметром-яркомером ТКА-ПКМ**

Люксметр-яркомер ТКА-ПКМ (рис. 6.2) предназначен для измерения освещенности в видимой области спектра (380...760 нм), создаваемой источниками, расположенными произвольно относительно прибора и яркости телевизионных кинескопов, дисплейных экранов и протяженных самосветящихся объектов в видимой области спектра (380...60 нм). Диапазон измерения 10...200 000 лк.

#### *Устройство и принцип действия*

Принцип работы прибора основан на преобразовании фотоприемными устройствами оптического излучения в электрический сигнал с последующей цифровой индикацией числовых значений освещенности (лк) и яркости (кд/м<sup>2</sup>).

Конструктивно прибор состоит из двух функциональных блоков: фотометрической головки и блока обработки сигнала, связанных между собой гибким многожильным кабелем. На лицевой стороне блока обработки сигнала расположен переключатель каналов и жидкокристаллический индикатор. В фотометрической головке расположены фотоприемные устройства для регистрации излучения.

Таблица 6.3

**Нормы естественного, искусственного и совмещенного освещения**

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение						Естественное освещение		Совмещенное освещение						
						освещенность, лк		при системе общего освещения		сочетание нормируемых величин показателя освещенности и коэффициента пульсации	$K_n$ , %	Естественное освещение	$K_{EO}$ , ен, %	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении			
						при системе комбинированного освещения	в т.ч. от общего	всего	в т.ч. от общего									в т.ч. от общего	в т.ч. от общего	в т.ч. от общего
										$P$	$K_n$ , %	12	13	14	15					
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
						5000	500	-	20	10										
						4500	500	-	10	10										
						4000	400	1250	20	10										
						3500	400	1000	10	10										
						2500	300	750	20	10										
						2000	200	600	10	10										
						1500	200	400	20	10										
						1250	200	300	10	10										

Продолжение табл. 6.3

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	a	Малый	Темный	4000 3500	400 400	- -	20 10 10								
			б	Малый Средний	Средний Темный	3000 2500	300 200	750 600	20 10								
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2000 1500	200 200	500 400	20 10					4,2	1,5		
			г	Средний Большой	Светлый Средний	1000 750	200 200	300 200	20 10								
	Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	a	Малый	Темный	2000 1500	200 200	500 400	40 20	15 15						
				б	Малый Средний	Средний Темный	1000 7560	200 200	300 200	40 20	15 15						
				в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750 600	200 200	300 200	40 20	15 15				3,0	1,2	
				г	Средний Большой	Светлый Средний	400	200	200	40	15						
	Средней точности	Свыше 0,5 до 1,0	IV	a	Малый	Темный	750	200	300	40	20						
				б	Малый Средний	Средний Темный	500	200	200	40	20						
				в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200	200	40	20				1,5	2,4	0,9
				г	Средний Большой	Светлый Средний	-	-	200	40	20						

Продолжение табл. 6.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Малой точности	Свыше 1 до 5	V	a	Малый	Темный	400	200	300	40	20	3	1	1,8	0,6
			б	Малый Средний	Средний Темный	-	-	200	40	20				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	-	-	200	40	20				
			г	Средний Большой	Светлый Средний	-	-	200	40	20				
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI		Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6	
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII		То же		-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6
				То же		-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6
Общее наблюдение за ходом производственного процесса: постоянное периодическое при постоянном пребывании людей в помещении		VIII	a	То же		-	-	200	40	20	3	1	1,8	0,6
			б			-	-	75	-	-	1	0,3	0,7	0,2

Окончание табл. 6.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
периодическое при периодическом пребывании людей в помещении														
	в	То же						50			0,7	0,2	0,5	0,2
Общее наблюдение за инженерными коммуникациями	г	То же						20			0,3	0,1	0,2	0,1

## Примечания:

1. Для подряда норм от Ia до Шв может приниматься один из наборов нормируемых показателей, приведенных для данного подряда в графах 7 – 11.

2. Наименьшие размеры объекта различения и соответствующие им разряды зрительной работы установлены при расположении объектов различения на расстоянии не более 0,5 м от глаз работающего. При увеличении этого расстояния разряд зрительной работы следует устанавливать в соответствии с прил. Б. Для протяженных объектов различения эквивалентный размер выбирается по прил. В СНБ 2.04.05.98.

3. Освещенность при использовании ламп накаливания следует снижать по шкале освещенности:

- а) на одну ступень при системе комбинированного освещения, если нормируемая освещенность составляет 750 лк и более;
- б) то же, общего освещения для разрядов I – V, VI;
- в) 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».

5. Показатель ослепленности регламентируется в графе 10 только для общего освещения (при любой системе освещения).

6. Коэффициент пульсации  $K_n$ , указан в графе 10 для системы общего освещения или для светильников местного освещения при системе комбинированного освещения.  $K_n$ , от общего освещения в системе комбинированного не должен превышать 20%.

7. Предусматривать систему общего освещения для разрядов I – III, IVa, IVb, IVc, IVd, IVe, IVf, IVg, IVh, IVi, IVj, IVk, IVl, IVm, IVn, IVo, IVp, IVq, IVr, IVs, IVt, IVu, IVv, IVw, IVx, IVy, IVz, IVaa, IVab, IVac, IVad, IVae, IVaf, IVag, IVah, IVai, IVaj, IVak, IVal, IVam, IVan, IVao, IVap, IVaq, IVar, IVas, IVat, IVau, IVav, IVaw, IVax, IVay, IVaz, IVba, IVbb, IVbc, IVbd, IVbe, IVbf, IVbg, IVbh, IVbi, IVbj, IVbk, IVbl, IVbm, IVbn, IVbo, IVbp, IVbq, IVbr, IVbs, IVbt, IVbu, IVbv, IVbw, IVbx, IVby, IVbz, IVca, IVcb, IVcc, IVcd, IVce, IVcf, IVcg, IVch, IVci, IVcj, IVck, IVcl, IVcm, IVcn, IVco, IVcp, IVcq, IVcr, IVcs, IVct, IVcu, IVcv, IVcw, IVcx, IVcy, IVcz, IVda, IVdb, IVdc, IVdd, IVde, IVdf, IVdg, IVdh, IVdi, IVdj, IVdk, IVdl, IVdm, IVdn, IVdo, IVdp, IVdq, IVdr, IVds, IVdt, IVdu, IVdv, IVdw, IVdx, IVdy, IVdz, IVea, IVeb, IVec, IVed, IVee, IVef, IVeg, IVeh, IVei, IVej, IVek, IVel, IVem, IVen, IVeo, IVep, IVeq, IVer, IVes, IVet, IVeu, IVev, IVew, IVex, IVey, IVez, IVfa, IVfb, IVfc, IVfd, IVfe, IVff, IVfg, IVfh, IVfi, IVfj, IVfk, IVfl, IVfm, IVfn, IVfo, IVfp, IVfq, IVfr, IVfs, IVft, IVfu, IVfv, IVfw, IVfx, IVfy, IVfz, IVga, IVgb, IVgc, IVgd, IVge, IVgf, IVgg, IVgh, IVgi, IVgj, IVgk, IVgl, IVgm, IVgn, IVgo, IVgp, IVgq, IVgr, IVgs, IVgt, IVgu, IVgv, IVgw, IVgx, IVgy, IVgz, IVha, IVhb, IVhc, IVhd, IVhe, IVhf, IVhg, IVhh, IVhi, IVhj, IVhk, IVhl, IVhm, IVhn, IVho, IVhp, IVhq, IVhr, IVhs, IVht, IVhu, IVhv, IVhw, IVhx, IVhy, IVhz, IVia, IVib, IVic, IVid, IVie, IVif, IVig, IVih, IVii, IVij, IVik, IVil, IVim, IVin, IVio, IVip, IViq, IVir, IVis, IVit, IViu, IViv, IViw, IVix, IViy, IViz, IVja, IVjb, IVjc, IVjd, IVje, IVjf, IVjg, IVjh, IVji, IVjj, IVjk, IVjl, IVjm, IVjn, IVjo, IVjp, IVjq, IVjr, IVjs, IVjt, IVju, IVjv, IVjw, IVjx, IVjy, IVjz, IVka, IVkb, IVkc, IVkd, IVke, IVkf, IVkg, IVkh, IVki, IVkj, IVkk, IVkl, IVkm, IVkn, IVko, IVkp, IVkq, IVkr, IVks, IVkt, IVku, IVkv, IVkw, IVkx, IVky, IVkz, IVla, IVlb, IVlc, IVld, IVle, IVlf, IVlg, IVlh, IVli, IVlj, IVlk, IVll, IVlm, IVln, IVlo, IVlp, IVlq, IVlr, IVls, IVlt, IVlu, IVlv, IVlw, IVlx, IVly, IVlz, IVma, IVmb, IVmc, IVmd, IVme, IVmf, IVmg, IVmh, IVmi, IVmj, IVmk, IVml, IVmm, IVmn, IVmo, IVmp, IVmq, IVmr, IVms, IVmt, IVmu, IVmv, IVmw, IVmx, IVmy, IVmz, IVna, IVnb, IVnc, IVnd, IVne, IVnf, IVng, IVnh, IVni, IVnj, IVnk, IVnl, IVnm, IVnn, IVno, IVnp, IVnq, IVnr, IVns, IVnt, IVnu, IVnv, IVnw, IVnx, IVny, IVnz, IVoa, IVob, IVoc, IVod, IVoe, IVof, IVog, IVoh, IVoi, IVoj, IVok, IVol, IVom, IVon, IVoo, IVop, IVoq, IVor, IVos, IVot, IVou, IVov, IVow, IVox, IVoy, IVoz, IVpa, IVpb, IVpc, IVpd, IVpe, IVpf, IVpg, IVph, IVpi, IVpj, IVpk, IVpl, IVpm, IVpn, IVpo, IVpp, IVpq, IVpr, IVps, IVpt, IVpu, IVpv, IVpw, IVpx, IVpy, IVpz, IVqa, IVqb, IVqc, IVqd, IVqe, IVqf, IVqg, IVqh, IVqi, IVqj, IVqk, IVql, IVqm, IVqn, IVqo, IVqp, IVqq, IVqr, IVqs, IVqt, IVqu, IVqv, IVqw, IVqx, IVqy, IVqz, IVra, IVrb, IVrc, IVrd, IVre, IVrf, IVrg, IVrh, IVri, IVrj, IVrk, IVrl, IVrm, IVrn, IVro, IVrp, IVrq, IVrr, IVrs, IVrt, IVru, IVrv, IVrw, IVrx, IVry, IVrz, IVsa, IVsb, IVsc, IVsd, IVse, IVsf, IVsg, IVsh, IVsi, IVsj, IVsk, IVsl, IVsm, IVsn, IVso, IVsp, IVsq, IVsr, IVss, IVst, IVsu, IVsv, IVsw, IVsx, IVsy, IVsz, IVta, IVtb, IVtc, IVtd, IVte, IVtf, IVtg, IVth, IVti, IVtj, IVtk, IVtl, IVtm, IVtn, IVto, IVtp, IVtq, IVtr, IVts, IVtt, IVtu, IVtv, IVtw, IVtx, IVty, IVtz, IVua, IVub, IVuc, IVud, IVue, IVuf, IVug, IVuh, IVui, IVuj, IVuk, IVul, IVum, IVun, IVuo, IVup, IVuq, IVur, IVus, IVut, IVuu, IVuv, IVuw, IVux, IVuy, IVuz, IVva, IVvb, IVvc, IVvd, IVve, IVvf, IVvg, IVvh, IVvi, IVvj, IVvk, IVvl, IVvm, IVvn, IVvo, IVvp, IVvq, IVvr, IVvs, IVvt, IVvu, IVvv, IVvw, IVvx, IVvy, IVvz, IVwa, IVwb, IVwc, IVwd, IVwe, IVwf, IVwg, IVwh, IVwi, IVwj, IVwk, IVwl, IVwm, IVwn, IVwo, IVwp, IVwq, IVwr, IVws, IVwt, IVwu, IVwv, IVww, IVwx, IVwy, IVwz, IVxa, IVxb, IVxc, IVxd, IVxe, IVxf, IVxg, IVxh, IVxi, IVxj, IVxk, IVxl, IVxm, IVxn, IVxo, IVxp, IVxq, IVxr, IVxs, IVxt, IVxu, IVxv, IVxw, IVxx, IVxy, IVxz, IVya, IVyb, IVyc, IVyd, IVye, IVyf, IVyg, IVyh, IVyi, IVyj, IVyk, IVyl, IVym, IVyn, IVyo, IVyp, IVyq, IVyr, IVys, IVyt, IVyu, IVyv, IVyw, IVyx, IVyy, IVyz, IVza, IVzb, IVzc, IVzd, IVze, IVzf, IVzg, IVzh, IVzi, IVzj, IVzk, IVzl, IVzm, IVzn, IVzo, IVzp, IVzq, IVzr, IVzs, IVzt, IVzu, IVzv, IVzw, IVzx, IVzy, IVzz.



Рис. 6.2. Прибор люксметр-яркометр ТКА-ПКМ

#### *Порядок подготовки люксметра-яркомера к работе*

1. Для измерения освещенности расположить фотометрическую головку прибора в плоскости измеряемого объекта. Для измерения яркости экрана расположить фотометрическую головку прибора параллельно плоскости экрана на расстоянии 1...4 мм.

– При измерении яркости более  $2000 \text{ кд/м}^2$  или освещенности более 2000 лк необходимо перевести переключатель в положение «x10».

– При измерении яркости более  $20\,000 \text{ кд/м}^2$  или освещенности более 20 000 лк необходимо перевести переключатель в положение «x100».

#### *2. Режим «Люксметр».*

– Расположить фотометрическую головку прибора в плоскости измеряемого объекта. Не допускается падение на окна фотоприемников тени от работающего, а также тени от временно находящихся предметов.

– Включить прибор в режим ОСВЕЩЕННОСТЬ, выбрав необходимый канал измерения, снять с цифрового индикатора измеренное значение освещенности.

– Выключить прибор поворотом переключателя в положение «Выкл».

#### *3. Режим «Яркометр».*

– При измерении яркости экранов видеодисплеев терминалов и экранов мониторов персональных машин расположить фотометрическую головку прибора параллельно плоскости экрана на расстоянии 1...4 мм. Входные окна фотоприемников должны быть обращены к плоскости экрана, при этом диаметр измеряемой площадки не должен превышать 7...9



мм. При измерении яркости протяженных объектов расположить фотометрическую головку прибора параллельно измеряемой плоскости на расстоянии 1...4 мм.

- Включить прибор в режиме работ ЯРКОСТЬ, выбрав необходимый канал измерения.
- Снять с цифрового индикатора значения яркости.
- После окончания работы выключить прибор поворотом переключателя в положение «Выкл».

### 3. Порядок выполнения работы и оформление отчета

1. Ознакомиться с устройством люксметра-яркомера ТКА-ПКМ.
2. Замерить освещенность  $E_в$  в лаборатории на расстояниях 1, 2, 3, 4, 5 м от окна в соответствии с метками. При этом пластинку фотоэлемента держать параллельно полу обращенной вверх, на уровне высоты стола (0,8 м от пола).
3. Замерить наружную освещенность  $E_н$ . Для этого фотоэлемент поместить снаружи окна в горизонтальном положении. Показание люксметра удвоить, т.к. пластинку фотоэлемента освещает только половина небосвода (вторая закрыта зданием).
4. По формуле (6.9) для каждой точки подсчитать значение  $KEO$ .
5. По полученным данным построить график изменения  $KEO$  в лаборатории в зависимости от расстояния до окна (кривая светораспространения помещения)  $KEO = f(l)$ .
6. Данные  $KEO$  занести в табл. 6.4 и определить вид и разряд зрительной работы, которую можно выполнить на расстоянии от окна в 1, 2, 3, 4, 5 м, пользуясь табл. 6.3.
7. Сделать выводы.

Таблица 6.4

#### Исследование естественной освещенности

Точка замера, м	$E_н$ , лк	$E_в$ , лк	$KEO$	Разряд работы	Вид работы	Размер объекта, мм
1						
2						
3						
4						
5						

### 4. Безопасность при проведении работы

Приступать к выполнению работы только после полного ознакомления с методическими указаниями и с разрешения преподавателя.

## Лабораторная работа № 7

### ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

**Цель работы:** приобретение навыков инструментального замера величины электрического сопротивления заземляющего устройства; исследование зависимости сопротивления заземляющего устройства от глубины заложения, диаметра и расстояния между заземлителями.

#### 1. Общие сведения

Одним из основных профилактических средств защиты людей от поражения электрическим током является *защитное заземление*. Оно представляет собой преднамеренное соединение с землей какой-либо части электроустановки, не находящейся под напряжением. Заземлению подлежат изолированные от токоведущих частей металлические корпуса аппаратов, механизмов, машин, трансформаторов, каркасы электрических щитов, шкафов и др.

Совокупность соединенных между собой заземлителей и заземляющих проводников называется *заземляющим устройством*.

*Электрическое сопротивление заземляющего устройства должно быть значительно меньше сопротивления тела человека.* В электроустановках и электросетях напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и суммарной мощностью источников питания более 100 кВт сопротивление заземляющих устройств не должно превышать *4 Ом*; при суммарной мощности источников питания 100 кВт и меньше допустимо сопротивление *10 Ом*.

*Сопротивление тела человека принимается равным 1000 Ом.*

Конструктивно заземляющее устройство представляет собой совокупность вертикальных заземлителей (электродов), соединенных между собой полосовым горизонтальным заземлителем и находящихся в земле (грунте) на глубине не менее 0,5 м.

В качестве вертикальных заземлителей используются металлические элементы в виде стержней, труб, уголков, тавра и др.

В качестве полосового заземлителя используются, как правило, металлическая полоса сечением 12х4; 14х4; 16х4 и др.

Соединение вертикальных заземлителей и полосы производится только сваркой, другие виды соединений в соответствии с ПУЭ не допускаются.

## 1.1. Воздействие электрического тока на организм

Проходя через организм человека, электрический ток может вызывать термическое, электролитическое, биологическое действие.

Термическое действие проявляется в виде ожогов, нагрева крови, плазмы и т.д.

Электролитическое действие тока характеризуется изменением физико-химического состава крови.

Биологическое действие проявляется в сокращение сердечной мышцы и спазме легких. Воздействие электрического тока приводит к электротравме (электрические ожоги, металлизация кожи, электрические знаки, электроофтальмия, механические повреждения) или электрическому удару.

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

## 2. Экспериментальная часть

Исследование сопротивления заземляющего устройства производится на установке, показанной на рис. 7.1.

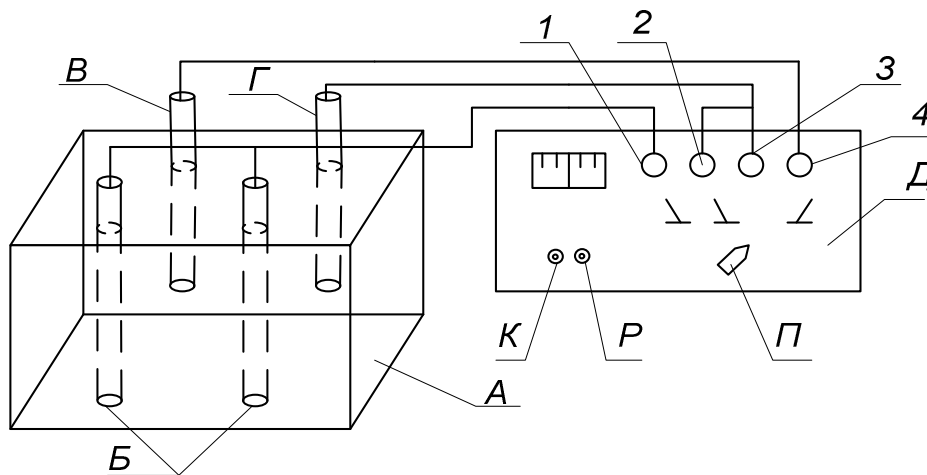


Рис. 7.1. Схема лабораторной установки:

А – бак с водой; Б – заземлители; В, Г – электроды; Д – измерительный прибор

Установка состоит из бака А с проводящей средой, имитирующей землю, заземлителей Б, потенциального В и вспомогательного Г электродов и измерительного прибора Д типа М-416. В качестве проводящей среды используется вода.

Заземлители изготовлены из нержавеющей стали диаметром 3, 4 и 5 мм и длиной 300 мм. Конструкция крепления электродов на баке предусматривает перемещение и фиксацию их как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях с шагом 50 мм. Этим достигается изменение глубины погружения заземлителей ( $S$ ) и расстояния между ними ( $a$ ). Для отсчета первоначальной глубины погружения на боковой стенке бака имеется миллиметровая линейка.

*Прибор М-416* (измеритель сопротивления заземления) (рис. 7.2) предназначен для измерения сопротивления заземляющих устройств, активных сопротивлений, а также может быть использован для определения удельного сопротивления грунта. Предел измерения от 0,1 до 1000 Ом. Питание прибора – гальванические сухие батареи 4,5 В (3 элемента типа «Марс-373»). Схема подключения зажимов прибора к заземлителям показана на его крышке.



Рис. 7.2.- Прибор М - 416

#### *Порядок подготовки прибора М-416 к работе*

1. Перед началом измерений необходимо убедиться в исправности прибора. С этой целью установить прибор на ровной поверхности и открыть крышку.

2. Переключатель «П» (см. рис. 7.2) установить в положение «Контроль 5 Ом», нажать кнопку «К» и вращением ручки «Р» реохорда добиться установления стрелки индикатора на нулевую отметку. На шкале реохорда при этом должно быть показано  $5 \pm 0,4$  Ом.

3. Собрать схему (см. рис. 7.1).

4. К зажимам 1 и 2 прибора подключать измеряемое сопротивление, к зажимам 3 и 4 – вспомогательные электроды.

5. Определить величину сопротивления заземляющего устройства. Для этого переключатель «П» установить в положение 1. Нажать кнопку «К» и, вращая ручку «Р» реохорда, добиться максимального приближения стрелки индикатора к нулю. Результат измерения равен показателю шкалы реохорда. Если при этом измеряемое сопротивление окажется больше 10 Ом (стрелка индикатора не приближается к нулю), то переключатель установить в положения 5, 20, 100 и проделать вновь замер сопротивления. Результат измерения равен произведению показателя шкалы реохорда на соответствующий множитель 5, 20, 100.

### 3. Порядок выполнения работы и оформления отчета

1. Исследовать зависимость сопротивления заземляющего устройства  $R$  от глубины погружения заземлителя  $S$  (3 замера).
2. Исследовать сопротивление заземляющего устройства  $R$  от диаметра заземлителя  $d$  (3 замера).
3. Исследовать зависимость сопротивления заземляющего устройства  $R$  от расстояния между двумя заземлителями  $a$ , расположенными в ряд (3 замера).
4. Полученные данные занести в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Результаты замера параметров заземляющего устройства

№	Глубина погружения заземлителя $S$ , м	Диаметр заземлителя $d$ , м	Расстояние между заземлителями $a$ , м	Сопротивление заземляющего устройства $R$ , Ом

5. На основании полученных данных построить и проанализировать графики зависимостей:  $R = f(S)$ ;  $R = f(d)$ ;  $R = f(a)$ .
6. Сделать выводы.

### 4. Безопасность при проведении работы

1. Приступать к выполнению работы только после полного ознакомления с методическими указаниями и с разрешения преподавателя.
2. После окончания работы обесточить прибор.

## Лабораторная работа № 8

### ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

**Цель работы:** ознакомление с требованиями, предъявляемыми к электроизоляции; ознакомление с методами измерения сопротивления изоляции электропроводок; исследование пригодности изоляции для различных напряжений сети.

#### 1. Общие сведения

Исправное состояние изоляции имеет важное значение для безопасной и безаварийной работы электроустановок промышленных предприятий. Только исправная изоляция выполняет свою защитную функцию от чрезмерных токов утечки, от возможного поражения током и пожара, Выполнение этого требования обеспечивается должным качеством проводов, оборудования и монтажа, а также правильной эксплуатацией.

*Неудовлетворительное состояние изоляции* может вызываться рядом причин:

- естественным старением под влиянием производственных условий;
- неправильным выбором проводов;
- неправильным выбором электрооборудования;
- некачественным монтажом;
- механическими повреждениями и т.д.

Изоляция проводки, удовлетворяющая нормам при сдаче в эксплуатацию, с течением времени под воздействием влажности, пыли, едких паров, температуры и других факторов может прийти в совершенную негодность и вызвать постоянные замыкания. При этом в установках с заземленной нейтралью замыкание на землю провода какой-либо части оборудования из-за повреждения изоляции фактически приводит к однофазному короткому замыканию. В установках с изолированной нейтралью при отсутствии наблюдения за состоянием изоляции длительное соединение с землей какой-либо части установки – серьезный источник опасности поражения током, а также пожаров.

Корпуса электрических машин, аппаратов и другие металлические нетоковедущие части могут оказаться под напряжением при нарушении

изоляции. В этом случае прикосновение к ним может быть также опасно, как и прикосновение к неизолированным токоведущим частям, Тяжесть поражения человеческого организма зависит в основном от силы и рода проходящего тока, времени его воздействия, пути прохождения тока и др.

Характер воздействия на человека различных величин переменного тока промышленной частоты и постоянного тока виден из табл. 8.1. Наиболее опасен переменный ток с частотой 50...600 Гц.

Таблица 8.1

**Пороговые значения токов**

Ток через человека, мА	Характер воздействия	
	Переменный ток 50 – 60 Гц	Постоянный ток
0,5 – 1,5	Начало ощущения, легкое дрожание пальцев рук	Не ощущается
2,0 – 3,0	Сильное дрожание пальцев рук	Не ощущается
5,0 – 7,0	Судороги в руках	Зуд. Ощущение нагрева
8,0 – 10,0	Руки трудно, но еще можно оторвать от электродов	Усиление нагрева
20,0 – 25,0	Паралич рук, оторвать их от электродов невозможно. Очень сильные боли. Дыхание затруднено	Еще большее усиление нагрева. Незначительное сокращение мышц рук
50 – 80	Остановка дыхания. Начало фибрилляции сердца	Сильное ощущение нагрева. Сокращение мышц рук. Судороги, затруднение дыхания
90 – 100	Остановка дыхания. При длительно-сти 3 с и более остановка сердца	Остановка дыхания

Сроки измерений сопротивления изоляции для взрыво- и пожароопасных помещений должны устанавливаться по согласованию с органами пожарного надзора в зависимости от назначения и характера производства.

Результаты осмотра и измерений изоляции заносят в специальный журнал, в котором отмечают все обнаруженные неисправности.

*Нормативное сопротивление изоляции зависит от условий работы электрооборудования, окружающей среды, а также срока ее службы.* Например, состояние изоляции проводов силовых и осветительных сетей должно быть таким, чтобы утечка тока на любом участке между последовательно установленными предохранителями или за ними была меньше 1 мА, а сопротивление изоляции проводки должно быть больше допустимого, которое равно 1 кОм, умноженному на число вольт рабочего напряжения (например, 380 кОм для сети с рабочим напряжением 380 В).

## 2. Экспериментальная часть

### 2.1. Описание и работа измерителя электрического сопротивления изоляции Е6-26

*Измеритель электрического сопротивления изоляции Е6-26* (рис. 8.1) предназначен для измерения электрического сопротивления изоляции объектов, не находящихся под напряжением, постоянного напряжения, среднеквадратического значения переменного напряжения, электрического сопротивления замкнутых цепей.

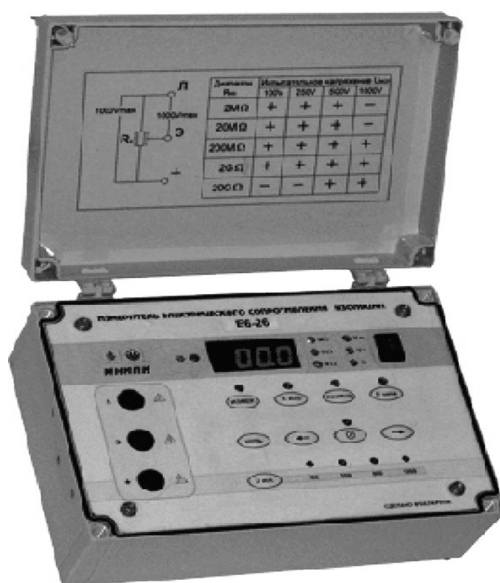


Рис. 8.1. Измеритель электрического сопротивления изоляции Е6-26

#### *Устройство и принцип действия*

Измеритель Е6-26 может питаться как от сети переменного тока напряжением  $(230 \pm 23)$  В частотой  $(50 \pm 0,5)$  Гц, так и от встроенной аккумуляторной батареи напряжением от 5,5 до 7 В.

Измеритель обеспечивает измерение сопротивления электрической изоляции объектов, не находящихся под напряжением, на диапазонах 2, 20, 200, 2000 МОм, 200 ГОм.

Результаты измерений отражается на цифровом табло.

Номинальные испытательные напряжения на разомкнутых зажимах «+» и «Л»; «+» и «Э» измерителя устанавливаются командой с передней панели и имеют значения в соответствии с табл. 8.2.

Измеритель обеспечивает в режиме измерения сопротивления изоляции запоминание значений сопротивления через 15 с ( $R 15$ ) и 60 с ( $R 60$ ) с момента подачи испытательного напряжения.



Таблица 8.2

Номинальное испытательное напряжения на разомкнутых зажимах

Напряжение, В	Диапазон измерения, $U_k$
100 25	2, 20, 200, 2000 МОм
250 25	2, 20, 200, 2000 МОм
500 50	2, 20, 200, 2000 МОм, 20 ГОм
1000 100	20, 200, 2000 МОм, 20 ГОм
$U_k$ – конечное значение установленного диапазона, В	

Измеритель обеспечивает измерения постоянного напряжения положительной и отрицательной полярности на диапазонах измерения с конечными значениями 100 и 1000 Вг.

Измеритель обеспечивает измерения среднеквадратического значения переменного напряжения синусоидальной формы на диапазонах измерений с конечными значениями 100 и 700 В в диапазоне частот от 40 до 500 Гц.

Измеритель обеспечивает измерение сопротивления постоянному току электрических цепей, не находящихся под напряжением, на диапазонах с конечными значениями  $R_k$  2, 20, 200 Ом, 2, 20, 200 кОм. Максимальное напряжение, создаваемое измерителями на измеряемом сопротивлении в режиме измерения, – не более 5,5 В.

Мощность, потребляемая измерителем от сети питания при номинальном напряжении, не превышает 25 В. Измеритель обеспечивает заряд встроенных аккумуляторов и автоматическое отключение по его окончании, время работы измерителя от вновь заряженной батареи – не менее 2 ч.

Измеритель представляет собой многофункциональный прибор, измерительный тракт которого включает в себя ряд функциональных преобразователей, обеспечивающих измерение соответствующих входных сигналов.

В режиме измерения сопротивления изоляции на измерительный объект подается постоянное испытательное напряжение (100, 250, 500 или 1000 В).

Ток, протекающий через измеряемый объект (его величина пропорциональна сопротивлению объекта), преобразуется с помощью интегратора и компараторов во временной интервал, который преобразуется в цифровой код в микропроцессорном контроллере МПК.

В режиме измерения напряжения, входной сигнал масштабируется с помощью входного усилителя и преобразуется в цифровой код с помощью однокристалльного аналогового цифрового преобразователя АЦП.

В режиме измерения сопротивления цепи через измеряемую цепь пропускается образцовый ток, величина которого устанавливается в зависимости от выбранного диапазона. Величина сопротивления определяется по падению напряжения на измеряемом сопротивлении.

Измеряемый объект подключается к клеммам «+» и «Л». При этом в режиме измерений сопротивления изоляции на клемму «+» подается испытательное напряжение. В остальных режимах эта клемма с помощью высоковольтного реле *KI* соединяется с низкопотенциальным (общим) проводником измерительной схемы. Клемма «Л» является высокоомной (вход измерительной схемы).

Клемма «Э» используется для подключения охранного заземления (кольца) при проведении измерений, что обеспечивает устранение паразитного тока утечки через изоляторы.

Подключение необходимых для выбранного режима работы узлов прибора к входным клеммам выполняется с помощью входного коммутатора.

Управление всеми функциональными узлами измерителя, прием и обработка кодированных результатов измерения, прием и обработка команд оператора с клавишного пульта, вывод результатов измерения на индикаторное табло выполняется с помощью МПК. При этом фиксация статистических команд выполняется регистром управления, работающим под управлением МПК.

### **ВНИМАНИЕ!**

**Не приступать к измерениям сопротивления изоляции, не убедившись в отсутствии напряжения на проверяемом объекте!**

В режиме измерения сопротивления изоляции после отпускания кнопки «Измер» напряжение на клемме «+» относительно «Л» и «Э» снижается до безопасной величины за время от 10 до 15 с.

#### *Принцип работы*

1. Измеритель является прибором повышенной опасности. Следует учитывать особенности высоковольтных и высокоомных измерений для получения достоверных показаний и предотвращения поражения электрическим током высокого напряжения, а также выполнять нижеследующие рекомендации:

- все коммуникации в измерительных цепях проводить при снятом испытательном напряжении;
- при работе с измерителем необходимо обращать особое внимание на состояние изоляторов измерительных клемм, загрязнение которых

может привести к резкому снижению сопротивления изоляции и возникновению коронного разряда;

- для подключения измерителя к измеряемому объекту необходимо использовать специальные высоковольтные измерительные кабели и зажимы типа «крокодил», входящие в комплект измерителя. Допускается непосредственное подключение объекта измерения к клеммам измерителя;
- питание измерителя Е6-26 может осуществляться как от сети 230 В, так и от встроенных аккумуляторов.

На передней панели измерителя расположены:

- зажимы «Л», «Э» и «+» для подключения объекта измерения;
- индикаторное табло, состоящие из четырех семисегментных индикаторов, обеспечивающих отображение результата измерения в виде четырех десятичных разрядов, шести светодиодов «MΩ», «GΩ», «кΩ», «Ω», «V~», «V=», индицирующих род и размерности измеряемых сигналов и светодиода «| |», индущирующего соответственно режим работы измерителя от встроенных аккумуляторов;
- четыре светодиода «100», «250», «500», «1000», отображающие выбранное испытательное напряжение в режиме измерения сопротивления изоляции;
- клавишная панель, состоящая из девяти кнопок для управления работой измерителя;
- выключатель питания измерителя.


Обозначение и назначение органов управления приведены в табл. 8.3.

На правой боковой стенке измерителя расположена розетка с маркировкой «230 V 50 Hz», предназначенная для подключения к питающей сети. В измерителе Е6-26 на этой же стенке расположена розетка «СТЫКС2», предназначенная для подключения к последовательному интерфейсу.

2. Подключить вилку кабеля к питающей цепи (при питании от сети), установить выключатель питания в положение «I».

При подключении измерителя автоматически выполняется процедура начальной установки прибора, заключающаяся в следующем: в начале кратковременно (не более 1 с) на табло могут высветиться произвольные символы, затем табло и светодиоды гаснут на 2 с, после этого все элементы табло и светодиоды включаются на 2 с и, наконец, измеритель включается в исходное состояние – режим измерения напряжения, диапазон 100 В (на табло 000,0 V=). После этого измеритель готов к работе, однако для достижения требуемых метеорологических характеристик необходим самопрогрев измерителя в течение 30 мин в рабочих условиях эксплуатации.


Обозначение и назначение органов управления

Обозначение	Назначение
ИЗМЕР	Кнопка, при нажатии на которую осуществляется подача испытательного напряжения на измеряемый объект
Rиз, U	Кнопка включения режима измерения сопротивления изоляции и режима измерения постоянных и переменных напряжений
R60/R15	Кнопка включения режима запоминания результатов измерения сопротивления изоляции через 15 и 60 с с момента подачи испытательного и вычисления коэффициента абсорбции
R цепи	Кнопка включения режима измерения сопротивления цепи
НУЛЬ	Коррекция нуля в режимах измерения сопротивления изоляции и сопротивления цепи
←	Выбор диапазонов измерения (уменьшение)
→	Выбор диапазонов измерения (увеличение)
U исп	Кнопка используемая для установки испытательных напряжений 100, 250, 500, 1000 В
/O	Выключатель питания измерителя. Положение   включено. Положение O выключено.
	Кнопка включения функции автоматического выбора диапазона измерения

### 2.1. Измерение постоянных и среднеквадратических значений переменных напряжений.

- Функция измерений напряжения реализуется при включении кнопок «Rиз, U» и выключенной (не нажатой) кнопке «Измер», т.е. измеритель находится в режиме измерения сопротивления изоляции, но измерение не включено и на объект не подается испытательное напряжение. В данном режиме измеритель автоматически определяет и индуцирует на табло род подаваемого на вход напряжения (постоянное или переменное).
- При этом правильность определения зависит от соответствия входного сигнала установленным критериям, т.е. напряжение постоянного тока не должно изменять полярность с частотой выше 2 Гц, напряжение переменного тока должно быть синусоидальным с частотой от 40 до 500 Гц.
- Входной сигнал подается на клеммы «Л» и «+», при этом клемма «Л» является высокопотенциальной.
- При измерении постоянных напряжений знак «+» не индуцируется, знак «—» индуцируется в старшем разряде индикатора.

## 2.2. Измерение сопротивления изоляции.

- Измерение сопротивления электрической изоляции необходимо начинать с минимального для выбранного испытательного напряжения диапазона последовательного увеличивая диапазон.
  - Установка необходимого диапазона измерения осуществляется с помощью кнопок «←» и «→». Если включена кнопка «» (автоматический выбор диапазона измерения), то необходимый диапазон будет выбран автоматически в процессе измерения (при нажатой кнопке «Измер»).
  - При нажатии кнопок «←» и «→» конечное значение вновь выбранного диапазона кратковременно выдается на индикатор. То же происходит при нажатии кнопки «Rиз, U».
  - Установка необходимого испытательного напряжения выполняется кнопкой «Uисп». При каждом нажатии кнопки включается очередное значение Uисп по схеме: 100 В; 250 В; 500 В; 1000 В.
  - Измеряемый объект подключить к зажимам «+» и «Л», причем необходимо помнить, что плюсовой потенциал находится на зажиме «+». При необходимости экранирования, для устранения токов утечки, экран подсоединяют к зажиму «Э». Недопустимо соединение клемм «Э» и «+».
- Для проведения измерений необходимо убедиться, что на измеряемом объекте отсутствует напряжение. Показания измерителя, который при включенной кнопке «Измер» находится в режиме измерения напряжения, должны быть близкими к нулю.
- Нажать кнопку «Измер», подав тем самым на объект испытательное напряжение. Во время измерения необходимо удерживать кнопку «Измер» нажатой. Если на измеряемом объекте присутствует напряжение более 10 В, то включение испытательного напряжения будет заблокировано, а на табло будет выдана информация «Err4».
  - По окончании измерений отпустить кнопку «Измер» и спустя 10 – 15 с разрядить объект, наложив на него заземление. Допускается заземлить клемму «Л», а к объекту подключить клемму «→».


- В случае если величина измеряемого сопротивления превышает конечное значение диапазона на индикаторное табло выдается информация «OL» (перегрузка).

При работе на диапазоне 2 МОм необходима периодическая коррекция нуля измерителя. Данная операция должна выполняться по истечении времени установления рабочего режима, через каждый час непрерывной работы, а также при значительном (более чем  $\pm 5$  °С) изменении температуры окружающей среды.

Коррекция нуля выполняется следующим образом:

- закоротить с помощью кабеля клемм «+» и «Л» измерителя;
- нажать кнопку «Измер» нажать и отпустить кнопку «Ноль», после чего отпустить кнопку «Измер».

### 2.3. Измерение сопротивления цепи.

- Включение режима выполняется нажатием кнопки «Рцепи». При этом, если цепь, к которой подключены входные клеммы измерителя, находится под напряжением более 10 В, включение режима «Рцепи» будет заблокировано, а на табло будет выдана информация «Err4».
- Выбрать необходимый диапазон измерения с помощью кнопок «←» и «→» либо включить автоматический выбор диапазона кнопкой «».
- Откорректировать нуль измерителя, для чего закоротить концы измерительных кабелей и нажать кнопку «Ноль».
- Подключить измеряемую цепь к входу и произвести отсчет показаний.

## 2.2. Описание и работа измерителя электрического сопротивления изоляции мегомметра типа М 1101

### *Устройство и принцип действия*

Для проведения измерений используются мегомметры типа М 1101 (рис. 8.6) и др. Эти мегомметры являются переносными приборами, применяются при испытании сопротивления изоляции сетей, обмоток машин, трансформаторов и других электроустановок относительно земли и друг друга.

При проведении измерений сопротивления изоляции сети, не находящейся под напряжением, все лампы, электродвигатели, трансформаторы и другие потребители тока должны быть отключены от сети, плавкие пре-

дохранители вставлены, выключатели замкнуты, что позволяет проверять не только сопротивление изоляции сети, но и всей установочной арматуры.

Питание мегомметра осуществляется от встроенного генератора постоянного тока, приводимого в действие вращением рукоятки (прибор типа М 1101).

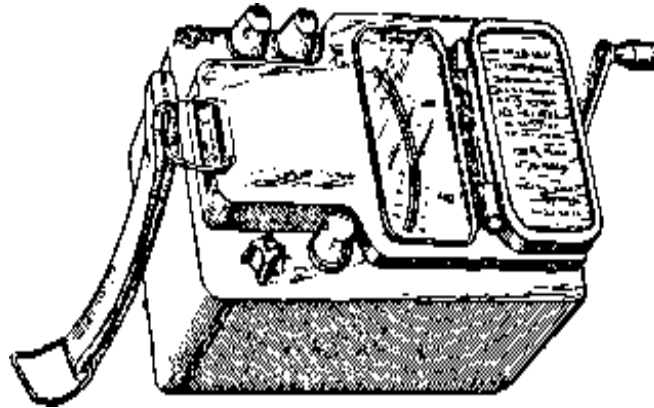


Рис. 8.2. Мегомметр типа М 1101

#### *Принцип работы*

1. Для измерения сопротивления изоляции относительно земли зажим «З» (земля) прибора подсоединить к заземлителю, зажим «Л» (линия) – поочередно к жилам исследуемого кабеля.

2. Вращая рукоятку генератора «р» со скоростью 2 об/с, снять отсчеты по шкале прибора в килоомах (кОм) или мегаомах (МОм) в соответствии с положением переключателя «п».

3. Приступая к измерениям сопротивления изоляции проводов в кабеле относительно друг друга, зажимы «З» и «Л» подключить поочередно к жилам испытуемых кабелей и произвести измерения.

### **3. Порядок выполнения работы и оформление отчета**

1. *Измерение сопротивления изоляции измерителем электрического сопротивления изоляции Еб-26.*

1.1. Ознакомиться с теоретической частью работы.

1.2. Произвести замеры сопротивления изоляции.

1.3. Результаты замеров величин сопротивлений изоляции проводов записать в табл. 8.4 (количество и марки кабелей для проверки состояния изоляции задаются преподавателем).

1.4. Сделать выводы о пригодности изоляции кабелей на данном испытательном напряжении.

Таблица 8.4

**Результаты измерений сопротивления изоляции**

№	Марка кабеля и номера проводов	Сопротивление изоляции проводов относительно земли, МОм	Сопротивление изоляции проводов относительно друг друга, МОм	Испытательное напряжение, В	Выводы о состоянии изоляции проводов
---	--------------------------------	---	--	-----------------------------	--------------------------------------

2. Измерение сопротивления изоляции измерителем электрического сопротивления изоляции мегомметра типа М 1101.

2.1. Ознакомиться с теоретической частью работы.

2.2. Результаты замеров величин сопротивлений изоляции проводов записать в табл. 8.5. (количество и марки кабелей для проверки состояния изоляции задаются преподавателем).

Таблица 8.5

**Результаты измерений сопротивления изоляции**

№	Марка кабеля и номера проводов	Сопротивление изоляции проводов относительно земли, кОм	Сопротивление изоляции проводов относительно друг друга, кОм	Допустимое сопротивление, В	Выводы о состоянии изоляции проводов
---	--------------------------------	---	--	-----------------------------	--------------------------------------

2.3. Определить максимально возможную утечку тока для исследуемых кабелей и сравнить с допустимой.

2.4. Сделать выводы о пригодности изоляции кабелей на данное рабочее напряжение.

**4. Безопасность при проведении работы**

1. Перед началом и в конце измерения на время подключения приборов и их отключения от испытуемого объекта последние должны быть одновременно заземлены.

2. Не производить никаких переключений и присоединений под напряжением.

3. Не допускать касаний выводных полюсов мегомметра типа М 1101, а также присоединенных к ним неизолированных участков проводов при вращении ручки генератора прибора.



## Лабораторная работа № 9

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

**Цель работы:** изучение методики определения температуры вспышки горючих жидкостей и категории пожарной опасности производства.

#### 1. Общие сведения

Использование в производстве горючих веществ вызывает необходимость принимать меры защиты по предупреждению пожара.

Вещества, способные самостоятельно гореть после удаления источника зажигания, называются горючими в отличие от негорючих веществ, которые на воздухе не горят.

Для определения степени пожарной опасности горючих веществ большое значение имеют температура вспышки, температура воспламенения и концентрационные пределы воспламенения.

*Температурой вспышки* называется минимальная температура горючего вещества, при которой над его поверхностью образуются пары и газы, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания, но устойчивого горения не происходит.

*Температура воспламенения* – наименьшая температура горючего вещества, при которой оно выделяет горючие пары и газы с такой скоростью, что при поднесении источника зажигания возникает устойчивое горение. Воспламенение возможно только при определенных соотношениях горючего вещества и окислителя (обычно кислорода воздуха).

Минимальная концентрация горючих паров и газов в воздухе, при которой они способны загораться и распространять пламя, называется *нижним концентрационным пределом воспламенения*.

Максимальная концентрация горючих газов и паров в воздухе, при которой еще возможно распространение пламени, – *верхний концентрационный предел воспламенения*.

По температуре вспышки горючие жидкости делятся на два класса:

- легковоспламеняющиеся жидкости (ЛВЖ);
- горючие жидкости (ГЖ).

К классу ЛВЖ относятся жидкости с температурой вспышки, не превышающей 61 °С (в открытом тигле – 66 °С). Жидкости, имеющие темпера-

туру вспышки выше 61 °С или 66 °С (в открытом тигле), называются горючими.

В зависимости от температуры вспышки ЛВЖ подразделяются на три разряда:

1) *особо опасные ЛВЖ* – с температурой вспышки от -18 °С и ниже в закрытом тигле или от -13 °С и ниже в открытом тигле;

2) *постоянно опасные ЛВЖ* – жидкости с температурой вспышки от -18 °С до +23 °С в закрытом тигле или от -13 °С до +27 °С в открытом тигле;

3) *опасные при повышенной температуре* – это горючие жидкости с температурой вспышки от +23 °С до +61 °С в закрытом тигле или от +27 °С до +66 °С в открытом тигле.

Температуру вспышки можно рассчитать по эмпирической формуле Орманди и Грэвена

$$T_{всп} = T_k \cdot K, \quad (9.1)$$

где  $T_{всп}$  – температура вспышки, К;

$T_k$  – температура кипения, К;

$K = 0,736$  – коэффициент.

Учитывая, что  $T_k = t_k + 273$ , где  $t_k$  – температура кипения, °С, получим:

$$T_g = 0,736(t_k + 273). \quad (9.2)$$

Истинная температура вспышки  $t_{всп}$  с учетом барометрического давления в момент испытания равна:

$$t_{всп} = (T_g - 273) + \Delta t, \quad (9.3)$$

где  $\Delta t$  – поправка на барометрическое давление;

$$\Delta t = 0,0345(760 - P), \quad (9.4)$$

где  $P$  – барометрическое давление в момент испытания, мм рт. ст.

**Чем ниже температура вспышки, тем большую пожарную опасность представляет жидкость.**

В соответствии с Нормами пожарной безопасности Республики Беларусь и «Категорированием помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» НПБ 5-2005 производственные помещения делятся на категории: А (взрывопожароопасная); Б (взрывопожароопасная); В1 – В4 (пожароопасные); Г1; Г2; Д (табл. 9.1).

**Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности**

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А (взрывопожароопасная)	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых в помещении развивается расчетное избыточное давление взрыва, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом, в таком количестве, при котором расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б (взрывопожароопасная)	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пыле- и паровоздушные смеси, при воспламенении которых в помещении развивается расчетное избыточное давление взрыва, превышающее 5 кПа
В1 – В4 (пожароопасные)	ЛВЖ, ГЖ и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в т.ч. пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются не относятся к категориям А или Б
Г1	ГГ, ЛВЖ, ГЖ, твердые горючие вещества и материалы, используемые в качестве топлива
Г2	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

**2. Порядок выполнения и оформления отчета**

1. Ознакомиться с теоретической частью работы.
2. Рассчитать температуру вспышки горючей жидкости, пользуясь приведенными формулами и принимая температуру кипения:
  - для машинного масла  $t_k = 340$  °С;
  - дизельного топлива  $t_k = 250$  °С;
  - керосина  $t_k = 140$  °С.
3. Величину барометрического давления для проведения расчета снять с показания барометра, находящегося в лаборатории.
4. Результаты занести в табл. 9.2.
5. Определить категорию производственного помещения по НПБ 5-2005 (см. табл. 9.1).

6. Сделать вывод о пожарной опасности производства.

Таблица 9.2

**Результаты расчета**

Наименование горючей жидкости	Машинное масло	Дизельное топливо	Керосин
Барометрическое давление $P$ , мм рт. ст			
Поправка на барометрическое давление $\Delta t$			
Расчетное значение температуры вспышки $T_{всп}$ , К			
Температура вспышки $t_{всп}$ , °С			
Категория пожарной опасности производства			

## Лабораторная работа № 10

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО, МАГНИТНОГО И ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЕЙ ПРИ РАБОТЕ НА ПЕРСОНАЛЬНОМ КОМПЬЮТЕРЕ

**Цель работы:** изучить описание измерителя параметров электрического и магнитного полей ВЕ-метр-АТ-002, измерителя напряженности электростатического поля СТ-01 и принципы их работы.

#### 1. Общие сведения

Электромагнитные поля невидимы и действие их не обнаруживается органами чувств, что нередко порождает пренебрежительное отношение работающих к опасности электромагнитного облучения, недооценку его вредного действия на организм.

*Электромагнитное поле* – область распространения электромагнитных волн. Электромагнитное поле характеризуется: частотой излучения  $f$ , Гц; длиной волны  $\lambda$ , м; скоростью распространения, км/с.

В настоящее время практически во всех отраслях промышленности и в быту широко используется электромагнитная энергия. По своему происхождению электромагнитное излучение (ЭМИ) и электромагнитный фон, создаваемый им, могут быть: природными; техногенными.

Электростатические поля создаются в энергетических установках и при электротехнических процессах. В зависимости от источников образования они могут существовать в виде собственно электростатического поля (поля неподвижных зарядов) или стационарного электрического поля (электрическое поле постоянного тока).

Статическое электричество образуется при изготовлении, транспортировке и хранении диэлектрических материалов, в помещениях вычислительных центров, на участках множительной техники. Электростатические заряды и создаваемые ими электростатические поля могут возникать при движении диэлектрических жидкостей и некоторых сыпучих материалов по трубопроводам.

Электромагнитное поле как совокупность переменных электрического и магнитного полей оценивается векторами напряженностей – *электрической*  $E$ , В/м, и *магнитной*  $H$ , А/м.

Спектр ЭМИ природного и техногенного происхождения, оказывающий влияние на организм человека, имеет диапазон волн от тысячи ки-

лометров (переменный ток) до триллионной части миллиметра (космические энергетические лучи).

Существует электротехническая шкала источников ЭМИ:

- 1) низкочастотные – НЧ (0 – 60 Гц);
- 2) среднечастотные – СЧ (60 Гц – 10 кГц);
- 3) высокочастотные – ВЧ (10 кГц – 300 МГц);
- 4) сверхвысокочастотные – СВЧ (300 МГц – 300 ГГц).

*ЭМИ различают по виду воздействия:*

- 1) изолированное (от одного источника);
- 2) сочетанное (от двух и более источников одного частотного диапазона);
- 3) смешанное (от двух и более источников различных частотных диапазонов);
- 4) комбинированное (в случае одновременного действия какого-либо другого неблагоприятного фактора).

По времени воздействия в общем случае для единичного источника ЭМИ можно выделить два основных варианта облучения:

- непрерывное стационарное;
- прерывистое.

### **1.1. Воздействие ЭМИ на организм**

Влияние ЭМП на организм зависит от таких физических параметров, как длина волны, интенсивность излучения, режим облучения – непрерывный и прерывистый, а также от продолжительности воздействия на организм, сочетанности воздействий с другими производственными факторами (повышенная температура воздуха, наличие рентгеновского излучения, повышенного уровня шума и вибрации и др.). Наиболее биологически активен диапазон СВЧ, менее – УВЧ, затем диапазон ВЧ (длинные и средние волны), т.е. с уменьшением длины волны биологическая активность ЭМИ всегда возрастает.

Наиболее чувствительны к электромагнитным полям центральная нервная система, сердечнососудистая, гормональная и репродуктивная системы.

Длительное воздействие на человека электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц) приводит к расстройствам, которые выражаются жалобами на головную боль в височной и затылочной области, вялость, расстройство сна, снижение памяти, повышенную раздражительность, апатию, боли в сердце, нарушение ритма сердечных сокращений.

Могут наблюдаться функциональные нарушения деятельности центральной нервной системы, а также изменения состава крови.

## **1.2. Мероприятия по защите**

Выбор того или иного способа защиты работающего от электромагнитных полей зависит от диапазона частот, характера выполняемой работы, напряженности и плотности потока энергии электромагнитного поля. Это осуществляется следующими способами и средствами:

- защита временем;
- защита расстоянием;
- снижение интенсивности излучения непосредственно в источнике.

Достигается, прежде всего, заменой источника на менее мощный, а также регулировкой генератора. Кроме того, можно использовать специальные устройства – аттенюаторы (ослабители), которые поглощают, отражают или ослабляют передаваемую энергию на пути от генератора к потребителю и т.д.:

- экранирование рабочего места и источника излучения. Наиболее часто в технике защиты от электромагнитных полей применяют металлические сетки;
- подбор рациональных режимов работы оборудования и режима труда персонала;
- выполнение требований к персоналу (возраст, пол, медицинское освидетельствование, инструктаж, обучение, проверка знаний и т.п.);
- применение предупреждающей сигнализации (световой, звуковой);
- применение средств индивидуальной защиты (комбинезоны, халаты, очки).

Эффективность костюма может достигать 25 – 30 дБ. Для защиты глаз применяют очки специальных марок с металлизированными стеклами. Поверхность стекол покрыта пленкой диоксида олова.

## **1.3. Нормирование параметров ЭМИ**

Нормируемыми параметрами электромагнитного поля являются напряженность поля и магнитная индукция (табл. 10.1, 10.2), устанавливаемые в соответствии с СанПиН 2.2.4.11-5-003 «Переменное магнитное поле промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях» и СН 9-85 РБ 98 «Постоянное магнитное поле. Предельно допустимые уровни на рабочих местах».

Таблица 10.1

**Предельно допустимые уровни напряженности  
и магнитной индукции переменного магнитного поля при непрерывном действии**

Время воздействия за рабочий день, ч	Область воздействия			
	общее (все тело)		локальное (конечности)	
	напряженность, А/м	магнитная индукция, мкТл	напряженность, А/м	магнитная индукция, мкТл
8	80,0	100,0	800,0	1000,0
1	400,0	500,0	1600,0	2000,0

Таблица 10.2

**Предельно допустимые уровни напряженности  
и магнитной индукции постоянного магнитного поля на рабочих местах**

Время воздействия за рабочий день, ч	Область воздействия			
	общее (все тело)		локальное (конечности)	
	напряженность, А/м	магнитная индукция, мкТл	напряженность, А/м	магнитная индукция, мкТл
8,0	8,0	10,	8,0	10,0
1,0	16,0	20,0	24,0	30,0

Гигиенические нормы для персонала, который систематически находится в электрическом поле (ЭП) промышленной частоты, установлены ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ «Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах». Напряженность ЭМП на рабочих местах и в местах возможного нахождения персонала не должна превышать предельно допустимых значений, указанных в табл. 10.3.

Таблица 10.3

**Предельно допустимые уровни напряженности на рабочих местах  
и в местах нахождения работающих и персонала**

По электрической составляющей, В/м	По магнитной составляющей, А/м
50 – для частот от 60 кГц до 3 МГц	5 – для частот от 60 кГц до 1,5 МГц 0,3 – для частот от 30 до МГц
20 – для частот от 3 МГц до 30 МГц	
10 – для частот от 30 МГц до 50 МГц	
5 – для частот от 50 МГц до 300 МГц	

В соответствии с ГОСТ 12.1.002-84 нормы допустимых уровней напряженности электрических полей зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне. Время  $T$  допустимого пребывания определяется с учетом фактических значений напряженности электрических полей. Присутствие персонала на рабочем месте в течение 8 ч допускается при напряженности, не превышающей  $E = 5$  кВ/м. При значениях напряженно-



сти электрического поля  $E = 5 \dots 20$  кВ/м время допустимого пребывания в рабочей зоне в часах составляет

$$T = \frac{50}{E} - 2. \quad (10.1)$$

Работа в условиях облучения электрическим полем с напряженностью  $20 \dots 25$  кВ/м продолжается не более 10 мин.

Независимо от величины допускаемой напряженности персонал присутствует на рабочем месте в пределах указанного времени непрерывно или с перерывами. В остальное время работа осуществляется в условиях значений напряженности не выше 5 кВ/м. В рабочей зоне, характеризуемой различными значениями напряженности электрического поля, пребывание ограничивается временем

$$T = 8 \left( \frac{t_{E_1}}{T_{E_1}} + \frac{t_{E_2}}{T_{E_2}} + \dots + \frac{t_{E_n}}{T_{E_n}} \right), \quad (10.2)$$

где  $t_E$  и  $T_E$  – соответственно фактическое и допустимое время пребывания, ч, в контролируемые зоны с напряженностями  $E_1, E_2, E_n$ .

При работе на ПК уровни напряженности, плотности магнитного потока электромагнитного поля, напряженности электростатического поля не должны превышать допустимых значений, представленных в табл. 14.4:

Таблица 10.4

**Допустимые значения параметров  
неионизирующих электромагнитных излучений**

Наименование параметра	Допустимые значения
Напряженность электромагнитного поля. Электрическая составляющая не более: диапазон частот 5 Гц – 2 к Гц; диапазон частот 2 – 400 к Гц	25,0 В/м 2,5 В/м
Плотность магнитного потока не более: диапазон частот 5 Гц – 2 к Гц; диапазон частот 2 – 400 к Гц	250 нТл 25 нТл
Напряженность электростатического поля, не более	15 В/м

– на расстоянии 50 см от экрана, правой, левой, верхней и тыльной поверхностей видеомонитора при работе с ним детей 11...12-х классов, учащихся средних специальных, профессионально-технических и высших учебных заведений и взрослых пользователей;

– на расстоянии 30 см от экрана, правой, левой, верхней и тыльной поверхностей видеомонитора при работе с ним детей дошкольного возраста и учащихся 1...10-х классов.

Допустимые уровни напряженности электростатического поля, создаваемые монитором, клавиатурой, системным блоком, манипулятором «мышь», изделием в целом, не должны превышать 15,0 кВ/м.

## 2. Экспериментальная часть

### 2.1. Измеритель параметров электрического и магнитного полей ВЕ-метр-АТ-002

#### *Устройство и принцип действия*

Измеритель параметров электрического и магнитного полей ВЕ-метр-АТ-002 (рис. 10.1) предназначен для контроля норм по электромагнитной безопасности видеодисплейных терминалов.

Измеритель применяется при проведении комплексного санитарно-гигиенического обследования помещений и рабочих мест.



Рис. 10.1. Измеритель параметров электрического и магнитного полей  
ВЕ-метр-АТ-002

Принцип действия измерителя параметров электрического и магнитного полей состоит в преобразовании колебаний электрического и магнитного полей в колебания электрического напряжения, частотной фильтрации и усиления этих колебаний с последующим их детектированием. Продетектированный сигнал поступает на аналогово-цифровой преобразователь, результирующие числовые значения величин зарегистрированных колебаний электрического и магнитного полей анализируются встроенным в измеритель микропроцессором, результат измерений индицируется на матричном жидкокристаллическом индикаторе.

## **ВНИМАНИЕ!**

**Не допускается подвергать измеритель ударным и вибрирующим воздействиям.**

### *Порядок работы*

1. По выбору пользователя может быть установлен либо режим непрерывного измерения среднеквадратических значений напряженности электрического поля и плотности магнитного потока (режим НЕПРЕРЫВНО), либо режим АТТЕСТАТ (целесообразно использовать для аттестации рабочих мест операторов ВДТ и других электротехнических устройств).

2. При измерениях напряженности электрического поля и плотности магнитного потока следует закрепить прибор на диэлектрической штанге, входящей в комплект измерителя, и держать (а также перемещать) прибор только с ее помощью.

3. Кнопкой «Ввод» включить выбранный режим измерений.

4. Далее следует разместить измеритель передней торцевой частью в точке измерения и считать показания индикатора. Перемещая измеритель в различные точки рабочего помещения можно определить величину среднеквадратических значений напряженности электрического поля и плотности магнитного потока в этих точках (режим НЕПРЕРЫВНО). Результат измерения относится к точке, в которой находится геометрический центр передней торцевой панели прибора.

5. Для выбора второго режима следует при высвечивании на индикаторе надписи «Выберите режим» кнопкой «Выбор» выбрать (добиваясь мигания соответствующей надписи) режим АТТЕСТАТ (измерение полного поля). Кнопкой «Ввод» включить выбранный режим измерений.

6. Поместить измеритель так, чтобы геометрический центр передней торцевой панели прибора находился в точке измерения (на расстоянии 0,5 м от экрана видеодисплейного терминала на перпендикуляре к его центру). Начальная ориентация прибора должна быть такой, чтобы стрелка на лицевой панели была расположена горизонтально, перпендикулярно плоскости экрана видеодисплейного терминала. Нажатием кнопки «Ввод» включить измерение.

7. Дождавшись звукового сигнала, свидетельствующего о выполнении измерения, переориентировать измеритель так, чтобы стрелка, оставаясь в горизонтальной плоскости, была ориентирована параллельно плоскости экрана видеодисплейного терминала. Нажатием кнопки «Ввод» включить измерение.

8. Дождавшись звукового сигнала, свидетельствующего о выполнении измерения, переориентировать измеритель так, чтобы стрелка на лицевой

вой панели была расположена вертикально. Нажатием кнопки «Ввод» включить измерение.

9. Дождавшись звукового сигнала, свидетельствующего о выполнении измерения, нажать на кнопку «Ввод». Результаты проделанных измерений будут автоматически обработаны процессором измерителя и абсолютные величины векторов напряженности электрического поля и плотности магнитного потока в двух частотных диапазонах будут высвечены на индикаторе измерителя.

10. После окончания измерений следует записать результаты в протокол измерений и, нажав на кнопку «Питание», выключить прибор. Индикатор на панели измерителя погаснет.

Результаты измерений параметров электрического поля в диапазонах 1 и 2 выдаются в единицах В/м (вольт на метр), результаты измерений параметров магнитного поля в диапазоне 1 выдаются в единицах мкТл (микротесла), в диапазоне 2 – в нТл (нанотесла). При пересчетах следует иметь в виду, что  $1 \text{ мкТл} = 1000 \text{ нТл}$ .

## 2.2. Измеритель напряженности электростатического поля СТ-01

### *Устройство и принцип действия*

Измеритель СТ-01 (рис. 10.2) предназначен для измерений напряженности электростатического поля при обеспечении контроля за биологически опасными уровнями электростатических полей.



Рис. 10.2. Измеритель напряженности электростатического поля СТ-01

### *Порядок работы*

1. Присоедините преобразователь напряженности электростатического поля к блоку управления и индикации с помощью разъема с накидной гайкой согласно с расположением ключа разъема. Преобразователь при этом жестко связан с блоком управления.

2. Включить питание измерителя переключателем ПИТАНИЕ, поставив его в положение «1» (край переключателя с цифрой «1» – утоплен).

Выбор режима работы измерителя осуществляется путем нажатия одной из кнопок 1 – 9 на лицевой панели. Остановка соответствующего режима работы осуществляется при вторичном нажатии данной кнопки.

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

4.1. *Режим непрерывного измерения* значения проекции вектора напряженности электростатического поля на плоскость вращения лепестка модулятора с последующей индикацией текущего и наибольшего значения из зарегистрированных.

После вторичного нажатия кнопки 1 измерения прекращаются и на мониторе появляется надпись с результатами измерения:

```
Mode 1 00:00:00  
E(m)=0.574/м  
(t)=0.500/м  
1-monitoring
```

где  $E(m)$  – наибольшее значение из зарегистрированных;

$E(t)$  – последнее текущее значение.

4.2. *Режим измерения модуля напряженности* электростатического поля, включающий измерения трех ортогональных компонент вектора напряженности электростатического поля, с последующим вычислением его модуля.

Режим целесообразно использовать для аттестации рабочих мест операторов ПВМ и других электротехнических устройств.

Проводят три измерения, помещая плоскость вращения лепестка модулятора последовательно в трех взаимно перпендикулярных (ортогональных) плоскостях. Данные измерений заносятся последовательно после нажатия кнопки 2. Конечный результат определяется по формуле

$$E = \left( E_{xz}^2 / 2 + E_{yz}^2 / 2 + E_{xy}^2 / 2 \right)^{1/2}, \quad (10.3)$$

где  $E_{xz}$ ,  $E_{yz}$ ,  $E_{xy}$  – проекции вектора напряженности электростатического поля соответственно на плоскости  $xz$ ,  $yz$ ,  $xy$ .

По завершении последнего измерения автоматически вычисляются значения  $E$  и результаты выводятся на монитор:

$$[\cdot]=5.550 \text{ кВ/м}$$

$$(xy)=5.200 \text{ кВ/м}$$

$$(xz)=0.700 \text{ кВ/м}$$

$$E(yz)=1.700 \text{ кВ/м}$$

Вычисленное значение модуля напряженности электростатического поля находится в верхней строчке экрана.

### 3. Порядок выполнения и оформление отчета

#### 3.1. Измеритель ВЕ-метр-АТ-002

1. Сделать замеры напряженности электрического поля, плотности магнитного потока.
2. Записать предельно допустимые уровни этих параметров. Получить средние значения (из трех замеров) параметров электромагнитного поля.
3. Занести результаты в табл. 10.5 и сравнить с ПДУ.
4. Сделать выводы о возможности и продолжительности работы без средств защиты.

Таблица 10.5

Результаты исследований параметров электромагнитных полей

№	Место измерения	Расстояние от источника, м	Высота от пола, м	Время пребывания в зоне ЭМП в течение смены	Параметры электромагнитного поля					
					Напряженность электрического поля, В/м			Плотность магнитного потока, нТл		
					Диапазон частот	Результат	ПДУ	Диапазон частот	Результат	ПДУ
1		0,5	1,0		5 Гц – 2 кГц			5 Гц – 2 кГц		
					2 кГц – 400 кГц			2 кГц – 400 кГц		
2		0,5	1,0		5 Гц – 2 кГц			5 Гц – 2 кГц		
					2 кГц – 400 кГц			2 кГц – 400 кГц		
3		0,5	1,0		5 Гц – 2 кГц			5 Гц – 2 кГц		
					2 кГц – 400 кГц			2 кГц – 400 кГц		

### 3.2. Измеритель СТ-01

1. Сделать замеры напряженности электрического поля, плотности магнитного потока.
2. Записать предельно допустимые уровни этих параметров. Получить средние значения (из трех замеров) параметров электромагнитного поля.
3. Занести результаты в табл. 10.6.
4. Сделать выводы.

Таблица 10.6

**Результаты исследований напряженности электростатического поля**

№	Место измерения	Расстояние от источника, м	Высота от пола, м	Время пребывания в зоне ЭСП в течение смены	Напряженность электростатического поля, кВ/м	
					Результат	ПДУ
1		0,5	1,0			
2		0,5	1,0			
3		0,5	1,0			

### 4. Безопасность при проведении работы

Приступать к выполнению работы только после полного ознакомления с методическими указаниями и с разрешения преподавателя.

## Лабораторная работа № 11

### ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЕЙ ИОНИЗАЦИИ ВОЗДУХА ПОМЕЩЕНИЙ ПРИ РАБОТЕ НА ПЕРСОНАЛЬНОМ КОМПЬЮТЕРЕ

**Цель работы:** изучить описание счетчика аэроионов малогабаритного МАС-01 и принцип его работы, сделать анализ полученных значений.

#### 1. Общие сведения

Важным фактором, оказывающим воздействие на состояние здоровья работающих на персональных компьютерах (ПК), является аэроионный состав воздуха. Его нарушение (особенно это касается помещений, оборудованных кондиционерами) ухудшает состав крови, работу органа зрения, иммунной системы и т.п.

*Ионизация воздуха* – процесс превращения нейтральных атомов и молекул воздуха в электрически заряженные частицы (ионы). Источники аэроионизации: природные явления (космические и другие излучения, естественный радиоактивный распад), технологические процессы и оборудование (рентгеновское, ультрафиолетовое излучения, термоэмиссия, фотоэффект) и специальные устройства (искусственная ионизация), при воздействии которых на воздушную среду происходит образование электрически заряженных частиц (ионов).

Естественное ионообразование обусловлено влиянием космических лучей, радиоактивным излучением природных материалов и является повсеместным и постоянным во времени процессом.

Техногенная аэроионизация обусловлена воздействием на воздушную среду радиоактивного, рентгеновского, ультрафиолетового излучений, термоэмиссии, фотоэффекта, наличия высоких уровней электрического напряжения в производственном оборудовании и других технологических процессов. Аэроионы концентрируются вблизи мест их образования.

Под действием поляризационных сил к первично образовавшимся аэроионам присоединяется определенное число нейтральных молекул газов, входящих в состав воздуха. Образующиеся комплексы молекул получили название легких аэроионов. Легкие аэроионы, взаимодействуя в воздушной среде с ядрами конденсации, образуют вторичные аэроионы, обладающие значительно более низкой подвижностью.

Аэроионы характеризуются зарядом и подвижностью. Различают аэроионы с зарядом положительного и отрицательного знаков.



Основной величиной, характеризующей степень ионизации воздуха, является *объемная плотность электрического заряда* аэроионов, Кл/м<sup>2</sup>. Однако традиционно степень ионизации воздуха выражается *числом аэроионов единичного заряда* (заряд электрона –  $1,6 \cdot 10^{-19}$ ), содержащихся в 1 см<sup>3</sup> воздуха.

Второй важной характеристикой аэроионов является их *подвижность* – коэффициент  $K$ , определяющий перемещение иона в электрическом поле и традиционно измеряющийся в см<sup>2</sup>В<sup>-1</sup>с<sup>-1</sup>. По подвижности весь спектр ионов условно подразделяется на пять диапазонов:

- легкие – с подвижностью  $K$  1,0 и более;
- средние – с подвижностью  $K$  менее 1,0 до 0,01;
- тяжелые – с подвижностью  $K$  менее 0,01 до 0,001;
- ионы Ланжевена – с подвижностью  $K$  менее 0,001 до 0,0002;
- сверхтяжелые – с подвижностью  $K$  менее 0,0002.

По результатам измерения концентрации аэроионов рассчитывается показатель *полярности*  $\Pi$ , представляющий собой отношение разности числа ионов положительной  $n^+$  и отрицательной  $n^-$  полярности к их сумме:

$$\Pi = \frac{(n^+ - n^-)}{(n^+ + n^-)}. \quad (11.1)$$

Показатель полярности может изменяться в пределах от +1 до -1. При равенстве количества ионов разного знака  $\Pi = 0$ .

### 1.1. Воздействие на организм

В биологическом отношении наиболее активны легкие аэроионы, при низком содержании которых отмечается ощущение духоты, головные боли, ослабление внимания, снижение других функциональных показателей организма. Повышенный уровень аэроионизации оказывает токсическое действие на организм человека.

При использовании систем кондиционирования с оптимизацией аэроионного состава состояние воздушной среды должно соответствовать требованиям СанПиН. Особое внимание при работе аппаратуры аэроионизации следует уделять содержанию в воздушной среде озона и оксида азота, концентрации, которых не должны превышать ПДК.

### 1.2. Мероприятия по защите

Для нормализации аэроионного режима воздушной среды должны использоваться следующие способы и средства:

- приточно-вытяжная вентиляция;

- перемещение рабочего места из зоны с неблагоприятным уровнем ионизации;
- групповые и индивидуальные ионизаторы;
- устройства автоматического регулирования ионного режима воздушной среды.

*Аэроионизирующее оборудование* – аэроионизаторы, гидроаэроионизаторы, галогенераторы, галокамеры, спелеоклиматические камеры, карстовые пещеры, электростатические фильтры и деионизаторы всех видов (см. табл. 11.1).

При коррекции аэроионного режима воздушной среды с использованием ионизаторов необходимо руководствоваться оптимальными уровнями ионизации.

### 1.3. Нормирование параметров

В воздушной среде устанавливаются регламентированные показатели ионизации СанПиН 9-98РБ98 «Санитарные правила и нормы ионизации воздушной среды производственных и общественных помещений»:

- максимально необходимый уровень;
- оптимальный уровень;
- максимально допустимый уровень;
- показатель полярности.

Уровни положительных и отрицательных аэроионов в воздухе помещений с ПК должны соответствовать нормам, приведенным в табл. 11.2.

Таблица 11.2

**Уровни аэроионизации воздушной среды производственных и общественных помещений**

Уровни	Число ионов в 1 см <sup>3</sup> воздуха		P
	n <sup>+</sup>	n <sup>-</sup>	
Минимально необходимый	400	600	-0,2
Оптимальный	1500 – 3000	3000 – 5000	от -0,5 до 0
Максимально допустимый	50000	50000	от -0,05 до +0,05

Для постоянных рабочих мест в общественных помещениях при наличии источников аэроионизации принимаются оптимальные величины аэроионизации.

Для непостоянных рабочих мест в общественных помещениях и производственных условиях концентрация аэроионов должна находиться в интервале от минимально необходимого до максимально допустимого уровней.

Таблица 11.1

## Виды ионизирующего оборудования

№	Виды ионизирующего оборудования	Назначение (виды допустимого использования)
1	Униполярные аэроионизаторы индивидуального пользования направленного действия (средства индивидуальной защиты от аэрионный недостаточности)	Для использования в любых помещениях (включая жилые), на рабочих местах, оснащенных оборудованием, способным создавать электростатические поля, включая видеодисплейные терминалы и оргтехнику, в санитарно-эпидемиологических целях (для нормализации аэрионного состава и профилактики заболеваний), или для использования в лечебных целях
2	Униполярные аэроионизаторы коллективного и индивидуального пользования рассеянного действия и коллективного пользования направленного действия (включая «люстры Чижевского»)	Для использования в лечебных целях
3	Биполярные аэроионизаторы индивидуального пользования направленного действия	Для использования в любых помещениях на рабочих местах, кроме помещений оснащенных оборудованием, способным создавать электростатические поля. Включая видеодисплейные терминалы и оргтехнику в санитарно-эпидемиологических целях (для нормализации аэрионного состава воздуха и профилактики заболеваний), или для использования в лечебных целях
4	Биполярные аэроионизаторы коллективного пользования рассеянного и направленного действия и индивидуального пользования рассеянного действия	Для использования в герметизированных помещениях с искусственной средой обитания и (или) в помещениях, оснащенных системами (включая централизованные) принудительной вентиляции, очистки и (или) кондиционирования воздуха, кроме помещений, где имеются рабочие места, оснащенные оборудованием, способным создавать электростатические поля, видеодисплейные терминалы и оргтехнику в санитарно-эпидемиологических целях (для нормализации аэрионного состава воздуха и профилактики заболеваний), или для использования в лечебных целях
5	Гидроаэроионизаторы и галогенаторы	Для использования в лечебных целях
6	Галокамеры спелеоклиматические камеры и карстовые пещеры	Для использования в санитарно-эпидемиологических (для профилактики заболеваний) и лечебных целях
7	Электростатические фильтры	Для использования в любых помещениях в санитарно-эпидемиологических целях (для очистки воздушной среды)
8	Деионизаторы	Для использования в любых помещениях в санитарно-эпидемиологических целях (для нормализации аэрионного состава воздуха)

## 2. Экспериментальная часть

### 2.1. Малогабаритный аэроионный счетчик МАС-01

#### *Устройство и принцип действия*

Счетчик аэроионов (рис. 11.1) применяется при проведении санитарно-гигиенического обследования помещений и рабочих мест, а также при мониторинге окружающей среды. Счетчик целесообразно использовать для аттестации рабочих мест в помещениях с видеодисплейными терминалами и персональными электронно-вычислительными машинами, с системами кондиционирования, там, где применяются групповые или индивидуальные ионизаторы воздуха, устройства автоматического регулирования ионного режима воздушной среды.



Рис. 11.1. Малогабаритный аэроионный счетчик МАС-01

#### *Порядок работы*

1. Перед началом измерений следует заземлить корпус счетчика с помощью провода заземления, который соединяет гнездо «Земля» с шиной заземления или с любым заведомо заземленным проводящим предметом. Заземление является условием корректности измерений. Незаземленный счетчик может неконтролируемым образом приобрести электростатический заряд, что существенно исказит результаты измерений

2. Включить питание счетчика переключателем «Питание», поставив его в положение «1».

3. *Выбор режима работы* счетчика осуществляется путем нажатия одной из кнопок 0 – 9 на лицевой панели (см. рис. 11.1):

0 – контроль измерительного канала счетчика;

1 – режим непрерывных измерений концентрации отрицательных аэроионов;

2 – режим непрерывных измерений концентрации положительных аэроионов;

- 3 – проверка работы амплитудно-цифрового преобразования блока управления и индикации;
- 4 – контроль напряжения на аккумуляторной батарее;
- 5 – режим однократных измерений концентрации отрицательных и положительных аэроионов, определение коэффициента униполярности;
- 6 – контроль напряжения на микроэлектродвигателе;
- 7 – разъем для подключения сетевого блока питания;
- 8 – измерение уровня собственного фона счетчика;
- 9 – дополнительные режимы измерения.

Остановка соответствующего режима работы осуществляется при вторичном нажатии данной кнопки.

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

5. В счетчике предусмотрено два режима работы:

5.1. *Режим непрерывных измерений концентраций положительных или отрицательных аэроионов.* Этот режим целесообразно использовать для общего обследования рабочих помещений: определения среднего уровня концентраций аэроионов в помещении, поисков возможных источников аэроионов (по увеличению уровня концентраций аэроионов при приближении к источнику).

В правом нижнем углу показаны время до окончания текущей операции и начало цикла измерений. На отклоняющие электроды аспирационной камеры подается отрицательное напряжение, после стабилизации в течение 20 с ток на собирающем электроде измеряется и фиксируется. Затем включается вентилятор, начинаются измерения значений концентрации отрицательных аэроионов.

Последовательно измеряются концентрации положительных и отрицательных аэроионов с последующим вычислением полярности. В конце цикла измерений выводится значение средней концентрации аэроионов  $N_s^-$  вместо текущих  $N_t^-$ , выключается вентилятор, и цикл измерений повторяется. Если полученное значение  $N_s$  выходит за предел нижней границы диапазона измерений концентраций аэроионов, на мониторе появляется информация.

5.2. *Режим последовательного измерения концентраций положительных и отрицательных аэроионов с последующим вычислением полярности.* Этот режим целесообразно использовать для аттестации рабочих мест в помещениях с видеодисплейными терминалами и персональными электронно-

вычислительными машинами, с системами кондиционирования, там, где применяются групповые и индивидуальные ионизаторы воздуха, устройства автоматического регулирования ионного режима воздушной среды.

Процесс измерения данных отображается на мониторе:

-5- 00:15:01  
Ns- = -2.00 10<sup>3</sup> см<sup>-3</sup>  
Ns+ = +1.00 10<sup>3</sup> см<sup>-3</sup>  
Polarity ?

В данном режиме реализуются последовательно измерения режимов -1- и -2-. По завершению последнего измерения автоматически вычисляются значения коэффициента униполярности:

$$Y = \frac{N_s^+}{N_s^-}, \quad (11.2)$$

где  $N_s^+$  и  $N_s^-$  – число положительных и отрицательных ионов в 1 см<sup>3</sup> воздуха.

Результаты измерений выводятся на монитор:

-5- Off 00:16:01  
Ns- = -2.00 10<sup>3</sup> см<sup>-3</sup>  
Ns+ = +1.00 10<sup>3</sup> см<sup>-3</sup>  
Y = 0.50

### 3. Порядок выполнения и оформление отчета

1. Сделать средние замеры концентраций положительных и отрицательных аэроионов.
2. Записать предельно допустимые уровни аэроионов. По формуле (11.1) рассчитать показатель полярности  $P$ .
3. Получить средние значения (из трех замеров) числа положительных и отрицательных аэроионов, а также показателя полярности.
4. Заполнить табл. 11.3.
5. Сделать выводы.

### 4. Безопасность при проведении работы

Приступать к выполнению работы только после полного ознакомления с методическими указаниями и с разрешения преподавателя.

Таблица 11.3

**Результаты измерений уровней ионизации помещения при работе на ПК**

№	Место проведения измерений, точка замера	Расстояние от источника, м	Высота от пола, м	Число ионов в 1 см <sup>3</sup> воздуха			Показатель полярности, П		
				n+		n-		Измеренный	ПДУ
				Измеренное	ПДУ	Измеренное	ПДУ		
1		0,5	1,0	Минимально необходимый	Минимально необходимый	Измеренный	Минимально необходимый		
2		0,5	1,0	Оптимальный	Оптимальный		Оптимальный		
3		0,5	1,0	Максимально допустимый	Максимально допустимый		Максимально допустимый		

## Лабораторная работа № 12

### ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ

**Цель работы:** ознакомление с методикой определения содержания вредных газов в воздухе; изучение устройства и принципа действия приборов для экспрессного метода определения содержания газов в воздухе; приобретение практических навыков по анализу состава воздуха в производственных помещениях и оценка степени загрязненности.

#### 1. Общие сведения

Под *вредным веществом* (согласно ГОСТ 12.1.007) понимают вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности может вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

В комплексе мероприятий, проводимых для охраны здоровья людей, одним из важнейших является контроль воздушной среды на предприятии, в цехе, на рабочем месте. Источником загрязнения производственной воздушной среды являются технологические процессы, связанные с применением или образованием вредных веществ.

В настоящее время утвержден обширный перечень различных веществ и химических соединений (более 600 наименований), действие которых на человека признано вредным и присутствие которых в воздухе строго регламентируется.

За содержанием ядовитых газов и паров токсичных веществ в атмосфере в соответствии с существующими правилами и нормами на предприятиях, заводах, фабриках, стройках и в населенных пунктах устанавливается систематический контроль санитарно-эпидемиологической станцией, газоспасательными службами или специальными газоаналитическими лабораториями.

Различают следующие воздействия на организм вредных веществ:

– *общетоксическое* действие – вредное вещество действует на весь организм, в целом воздействуя на центральную нервную систему (наркотическое действие);



- *специфическое* действие – яд действует на конкретный орган или систему: печень (гепатотропное действие), почки (нефротоксическое действие), сердце (кардиотоксическое действие);

- *политропное* действие – вредное вещество действует на несколько органов или систем.

Выделяют два типа действия вредных веществ:

- *местное действие* – вещество вызывает повреждение органов и тканей в месте поступления (химические ожоги кожи при воздействии минеральных кислот, ожог слизистой пищевода при воздействии уксусной кислоты);

- *резорбтивное действие* отмечается в случае попадания вещества в кровь и распространение его кровотоком по всему организму (воздействие на все органы и системы).

### **1.1. Воздействие на организм**

Превышение содержания концентрации подобных веществ в атмосфере выше ПДК при регулярном вдыхании их человеком может привести к хроническому профессиональному заболеванию, в случае значительных концентраций и к острому отравлению.

При поступлении в организм человека вредных веществ в количествах, превышающих установленные нормы, могут возникнуть производственно обусловленные болезни, острые и хронические отравления, а также профессиональные заболевания.

Острые отравления являются следствием кратковременного воздействия вредных веществ, поступающих в организм в значительных количествах.

Хронические отравления развиваются в результате длительного воздействия вредных веществ, поступающих в организм малыми дозами и концентрациями.

Промышленные яды могут проникать в организм человека:

- через органы дыхания;
- желудочно-кишечный тракт;
- кожу, слизистые.

Токсический эффект вредных веществ зависит от пола, возраста, индивидуальной чувствительности организма, характера и тяжести выполняемой работы, метеорологических условий и других производственных факторов.

Токсичные свойства определяются большим числом факторов, из которых основными являются физико-химические свойства, внешние условия, концентрация, продолжительность действия на человека, растворимость, летучесть, агрегатное состояние

## **1.2. Мероприятия по защите от вредных веществ**

Наиболее рациональной мерой профилактики отравлений и профессиональных заболеваний является создание таких условий труда, при которых исключается или сводится к минимуму контакт работающих с вредными веществами. Это в первую очередь достигается:

- широким внедрением средств механизации и автоматизации производственных процессов;
- заменой вредных веществ на менее вредные или полностью безвредные.

Этой же цели служит модернизация технологического оборудования, его совершенствование (герметизация, капсуляция, частичное или полное укрытие с устройством вытяжки воздуха).

Большая роль в оздоровлении условий труда в цехах с вредными выделениями отводится вентиляции. Наиболее эффективна местная вытяжная вентиляция от мест образования вредностей. Местные отсосы от оборудования и аппаратуры должны выполняться встроенными и сблокированными с оборудованием. Общеобменная вентиляция должна рассчитываться на разбавление до безопасного уровня вредностей, не удаленных местной вентиляцией. В случае наличия в помещении нескольких вредностей необходимый объем вентиляционного воздуха должен рассчитываться по каждой из них, а окончательно приниматься наибольшее значение.

В производственных помещениях, в которых возможно внезапное поступление больших количеств вредных веществ, должны устанавливаться газоанализаторы для контроля предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ. При содержании вредных веществ, превышающих ПДК, должна автоматически включаться аварийная светозвуковая сигнализация, оповещающая о наличии опасных концентраций.

При работе с особо вредными веществами, например, свинцом, необходимо устройство бытовых помещений типа санпропускников с обязательной очисткой спецодежды. Обязательно мытье в душе после работы, запрещение приема пищи и курения в производственных помещениях, раздельное хранение в индивидуальных шкафчиках личной одежды и спецодежды. Рекомендуется включение в рацион питания продуктов, которые повышают сопротивляемость организма воздействию вредных веществ.

Обязательно проведение предварительных и периодических медицинских осмотров, сроки их устанавливаются в соответствии с характером работ и вредностью вещества.

Одним из мероприятий по оздоровлению условий труда является дегазация помещений путем промывки полов и стен 1%-ным раствором марганцовокислого калия с добавлением соляной кислоты в количестве 5 мг/л.

Применением комплекса технических мероприятий не всегда удается обеспечить нормальные санитарно-гигиенические условия труда в производствах. В этих условиях возникает необходимость в использовании средств индивидуальной защиты работающих.

Для защиты тела работающих применяют спецодежду различных типов, изготовленную из разных материалов. Голову рабочего защищают каской, шлемом и др. Разнообразны виды специальной обуви в соответствии с условиями рабочей среды. Часто ее делают на нескользящей подошве, стойкой к воздействию загрязнений рабочей среды. Для защиты рук применяют перчатки и рукавицы, прорезиненные или из кислотостойких материалов. Лицо работающего от брызг агрессивных жидкостей защищают щитками из светопрозрачных материалов или шлем-маской от противогаса. Органы зрения защищают очками.

При работе в условиях загазованности воздушной среды применяются фильтрующие (снабженные большими и малогабаритными коробками) и изолирующие противогазы (согласно ГОСТ 12.4.034). Фильтрующими противогазами можно пользоваться в том случае, когда содержание кислорода в воздухе составляет более 18% об.

При содержании вредных веществ выше ПДК или недостаточно кислорода (менее 18% об.) применяются шланговые противогазы, которые изолируют органы дыхания только от воздуха, находящегося в зоне рабочего места.

Шланговые противогазы делятся:

- на самовсасывающие (ПШ-1);
- с принудительной подачей (ПШ-2).

При работе в наиболее загазованных зонах используются автономные средства защиты органов дыхания, которые полностью изолируют органы дыхания рабочего от окружающей среды.

### **1.3. Нормирование параметров**

Воздух рабочей зоны производственного помещения должен соответствовать санитарно-гигиеническим требованиям и параметрам микроклимата, содержанию вредных веществ в соответствии с ГОСТ 12.1.005.

«ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 11-19-94 «Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ».

Класс опасности вредных веществ устанавливают в зависимости от показателей, представленных в табл. 12.1, из которых наибольшее практическое значение для характеристики токсичности веществ представляют их ПДК в воздухе рабочей зоны.

Таблица 12.1

**Показатели токсичности вредных веществ**

Показатель	Норма для класса опасности			
	1	2	3	4
Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	менее 0,1	0,1 – 1,0	1,1 – 10	более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	менее 15	15 – 150	151 – 5000	более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	менее 100	100 – 500	501 – 2500	более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	менее 500	500 – 5000	5001 – 50000	более 50000
Порог острого действия, мг/м <sup>3</sup>	менее 10	10 – 100	101 – 1000	более 1000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления	более 300	30–300	3,0–29	менее 3,0
Зона острого действия	менее 6,0	6,0 – 18,0	18,1 – 54,0	более 54
Порог хронического действия	менее и равно 1	1,1 – 10,0	10,1 – 100	более 100
Зона хронического действия	более 10	10,0 – 5,0	4,9 – 2,5	менее 2,5
Зона биологического действия	50000	5001 – 50000	501 – 5000	менее 500

*Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны* – концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 40 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Каждое конкретное вредное вещество относится к классу опасности по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности (табл. 12.2).

В соответствии с ГОСТ 12.1.007 «ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» по степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделяют на четыре класса:

1 – вещества чрезвычайно опасные (ртуть, свинец и его соединения, тетраэтилсвинец, озон и др.);

2 – вещества высокоопасные (оксиды азота, марганец, медь, серная и соляная кислоты, сероводород, сероуглерод, формальдегид, хлор, растворы едких щелочей и др.);

3 – вещества умеренноопасные (ксилол, спирт метиловый, толуол, фенол, сернистый ангидрид и др.);

4 – вещества мало опасные (аммиак, ацетон, бензин, керосин, нафталин, спирт этиловый, оксид углерода и др.).

Таблица 12.2

**Классификация вредных веществ  
по степени воздействия на организм человека**

Показатель	Нормы для класса опасности			
	1	2	3	4
Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	менее 0,1	0,1 – 1,0	1,1 – 10,0	Более 10,0

По агрегатному состоянию в воздушной среде все вещества делятся на газы, пары, аэрозоли. Последние подразделяются на аэрозоли конденсации и аэрозоли дезинтеграции.

Для анализа воздушной среды применяют различные методы: фотометрические, люминесцентные, полярографические, спектрографические, хроматографические и т.д. Перечисленные методы анализа являются лабораторными, позволяют определить наличие небольших количеств токсичных веществ в воздухе, однако требуют сравнительно много времени для проведения анализа.

При любой форме отравления характер действия вредного вещества определяется степенью его физиологической активности – токсичностью (см. табл. 12.1).

*Коэффициент возможного ингаляционного отравления КВИО* – отношение максимально достижимой концентрации вещества при 20 °С к среднесмертельной концентрации:

$$КВИО = \frac{C_{20}^{0 \max}}{CL_{50}}.$$

*Порог острого действия* – минимальная концентрация вещества, вызывающая острое отравление:  $\lim_{ac}$ .

*Зона острого действия* – отношение среднесмертельной концентрации к порогу острого действия:

$$Z_{ac} = \frac{CL_{50}}{\lim_{ac}}.$$

*Порог хронического действия* – наименьшая концентрация вещества, вызывающая хроническое отравление:  $\lim_{ch}$ .

*Зона хронического действия* – отношение порога острого действия к порогу хронического действия:

$$Z_{ch} = \frac{\lim_{ac}}{\lim_{ch}}$$

*Зона биологического действия* – отношение среднесмертельной концентрации к порогу хронического действия:

$$L_{bio} = \frac{CL_{50}}{\lim_{ch}}.$$

*Токсический процесс* – это взаимодействие яда, организма и окружающей среды.

*Средняя смертельная доза при введении в желудок* – доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном введении в желудок, мг/кг.

*Средняя смертельная доза при нанесении на кожу* – доза вещества, вызывающая гибель 50% животных при однократном нанесении на кожу, мг/кг.

*Средняя смертельная концентрация в воздухе* – концентрация вещества, вызывающая гибель 50% животных при двух – четырехчасовом ингаляционном воздействии, мг/м<sup>3</sup>.

Для определения содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны должен проводиться контроль. Периодичность контроля устанавливается в зависимости от класса опасности вредного вещества:

- для 1 класса опасности – не реже 1 раз в 10 дней;
- для 2 класса опасности – не реже 1 раз в месяц;
- для 3 и 4 класса опасности – не реже 1 раз в квартал.

Фактическая концентрация вредного вещества  $C_{\phi}$  (мг/м<sup>3</sup>) в воздухе рабочей зоны не должна превышать ПДК, т.е. должно соблюдаться соотношение:

$$\frac{C_{\phi}}{ПДК} \leq 1. \quad (12.1)$$

Для воздуха рабочей зоны устанавливаются:

- максимальноразовая ПДК (время отбора проб 20...30 мин);
- среднесменная ПДК (время отбора проб в течение смены).

## 2. Экспериментальная часть

### 2.1. Определение содержания вредных веществ с помощью газоанализатора типа «Элан»

Газоанализатор типа «Элан», общий вид которого приведен на рисунке 12.1, работает следующим образом. Измеряемый газ через «Вход газа» подается с помощью насоса на рабочий электрод ячейки, потенциал которого поддерживается на заданном уровне потенциостатом. Измеряемый газ окисляется на рабочем электроде ячейки.

Газоанализатор собран в корпусе из ударопрочной пластмассы. На рис. 12.2 представлена блок-схема газоанализатора.

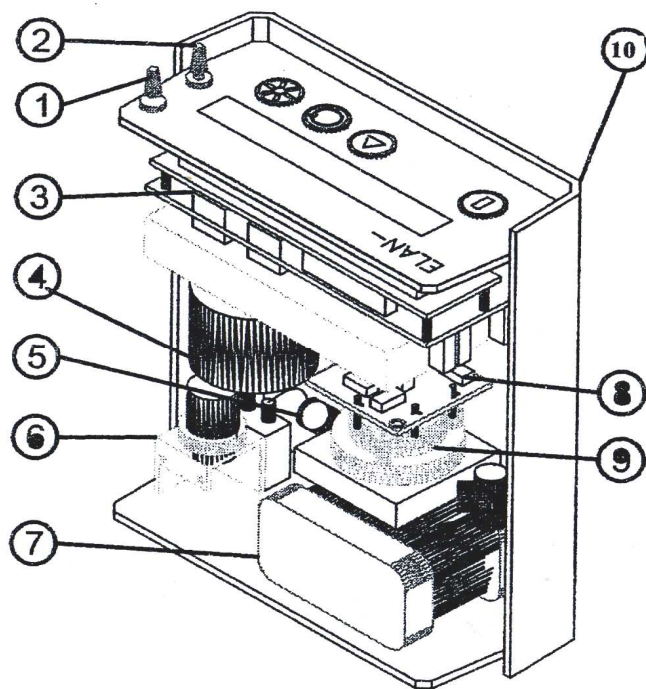


Рис. 12.1. Общий вид газоанализатора типа «Элан»:

1 – штуцер «Вход газа»; 2 – штуцера «Выход газа»; 3 – процессорный модуль; 4 – фильтр; 5 – тройник; 6 – насос; 7 – аккумуляторная батарея; 8 – потенциостат; 9 – электрохимическая ячейка; 10 – корпус

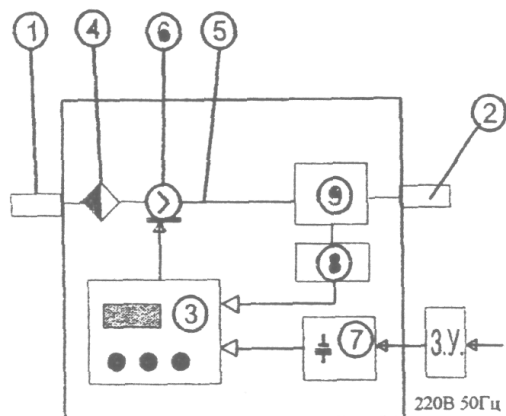


Рис. 12.2. Блок-схема газоанализатора:

1 – штуцер «Вход газа»; 2 – штуцера «Выход газа»; 3 – процессорный модуль; 4 – фильтр; 5 – тройник; 6 – насос; 7 – аккумуляторная батарея; 8 – потенциостат; 9 – электрохимическая ячейка; ЗУ – зарядное устройство

Выходной ток ячейки, пропорциональный концентрации определяемого компонента в анализируемом газе, усиливается в схеме и преобразуется в цифровую форму в единицах концентрации  $ppm$  или  $мг/м^3$ . Информация о концентрации отображается на цифровом индикаторе. Если концентрация превышает установленный уровень, срабатывает сигнализация (прерывистый гудок и сообщение на дисплее) при условии установки функции «Тревога» («Тревога вкл») с помощью меню.


Очистка анализируемого газа от пыли производится в фильтре 4 (см. рис. 12.2), а от мешающих компонентов в фильтре, встроенном в ячейку. Работой газоанализатора руководит процессорный модуль. Газоанализатор питается от встроенного NiCd аккумулятора 9,6 В (см. рис. 12.2). В стационарных условиях питание газоанализатора может осуществляться от зарядного устройства. При этом, если выключена подсветка, происходит подзарядка аккумуляторов в блоке питания.

#### *Порядок работы*


1. Включите прибор, нажав на кнопку «Вкл». После включения прибор покажет состояние аккумуляторной батареи. Если заряд менее 60%, рекомендуется произвести подзарядку. Затем прибор продует систему и перейдет в режим прогрева на 5 минут. По окончании прогрева происходит установка «0», затем прибор готов к работе.

2. Установите газоанализатор вблизи точек отбора пробы.

3. Дождитесь окончания прогрева после включения.

4. В режиме измерения нажатием на кнопку  включите насос для забора пробы. Дождитесь стабилизации показаний.




5. Включение и выключение подсветки дисплея осуществляется в режиме измерения нажатием на кнопку .

6. В паузах между замерами целесообразно отключать подсветку и насос для экономии батареи.





7. После окончания замеров выключить прибор кнопкой .

8. Управление работой и настройками газоанализатора.




8.1. Включение/выключение газоанализатора осуществляется кнопкой .

8.2. Включение/выключение насоса осуществляется кнопкой .

8.3. Включение/выключение подсветки осуществляется кнопкой .

8.4. Управление остальными функциями осуществляется через меню. Переход из режима измерения в режим меню осуществляется кнопкой . В режиме меню кнопки имеют следующие функции:  – перемещение к следующему параметру или увеличение значения;  – возврат, а в режиме калибровки – уменьшение значения;  – выбор.

Функции, доступные в меню:

– *Единицы* – позволяет выбрать единицы измерения ppm или мг/м<sup>3</sup>;  
– *Тревога – Включить сигнал – Выключить сигнал – Уровень тревоги*. Уровень тревоги (в мг/м<sup>3</sup>) можно изменять с помощью кнопок:  – увеличение текущей цифры на «1»,  – переход к следующей цифре числа,  – выбор и запоминание;

– *Температура* – позволяет проконтролировать температуру измеряемого газа.

## 2.2. Устройство и принцип работы автоматического пробоотборника воздуха (аспиратора) модели ОП-442ТЦ

Принцип действия aspirатора ОП-442ТЦ основан на отборе проб воздуха с заданным расходом и временем отбора через поглотитель при помощи встроенного в прибор ротаметра, таймера и насоса.

Аспиратор ОП-442ТЦ выполнен единым блоком (рис. 12.3). На передней панели расположены: регуляторы расхода газа по каждому каналу, ротаметры, входные штуцера, табло таймера, 4 управляющие кнопки таймера. На задней панели расположены: сетевой разъем 220 В, клеммы подключения источника питания 12 В, выключатель «Сеть», предохранитель 3А.



Рис. 12.3. Внешний вид aspirаторов модели ОП-442ТЦ

Блок-схема электрических соединений aspirатора ОП представлена на рис. 12.4.



Рис. 12.4. Блок-схема электрических соединений aspirатора ОП

Блок питания преобразует напряжение сети переменного тока 220 В в напряжение постоянного тока 12 В для обеспечения работы всех внутренних электронных компонентов aspirатора. Преобразователь напряжения служит для преобразования =12 В (при аккумуляторном питании aspirатора) в ~220В для обеспечения работы насоса *H*. Блок управления предназначен для управления работы насоса.

Индикатор имеет 8 разрядов: 1 – крайний левый разряд – индикация разряда «Режим»; 2, 3 не задействованы; 4, 5, 6, 7, 8 – индикация текущего времени и времени, устанавливаемого в режиме «Будильник» (час – мин); 7, 8 – индикация времени таймера (мин).

Разряд «Режим». Работа индикатора представлена в табл. 12.3.

**Работа индикатора**

Индикация в первом разряде табло	Режим работы часов – таймера
Отсутствует световая индикация	Режим текущего времени
Непрерывная индикация 1	Режим «Будильник» индикация времени
Прерывистая индикация 1	Работа в режиме «Будильник»
Непрерывная индикация 2	Режим «Таймер» индикация времени
Прерывистая индикация 2	Работа в режиме «Таймер»

Режим «Текущее время» предназначен для работы aspirатора в течение длительного времени с ручным включением и выключением насоса.

Режим «Будильник» предназначен для автоматического включения насоса в заданное время.

Режим «Таймер» предназначен для автоматического отключения насоса по окончании времени, установленному по таймеру, но не более 99 мин.

Режим «Будильник» и «Таймер» – предназначены для автоматического включения в работу насоса в заданное по «будильнику» время и автоматического отключения насоса по окончании установленного по таймеру времени.

*Описание управляющих кнопок таймера*

«Вкл» включает насос на длительное время в режиме «Текущее время»; включает насос в режиме «Будильник» или в режиме «Таймер».

«Откл» отключает насос в любом режиме.

«↑» выбор режима («Текущее время», «Будильник» или «Таймер»), выбор режима осуществляется по кольцевому алгоритму.

«→» выбор корректируемого разряда.

*Порядок работы*

1. Убедиться, что сетевой тумблер выключен, после чего подключить вилку сетевого кабеля к розетке 220 В или к источнику =12В через разъем на задней панели.

**ВНИМАНИЕ!**

**Для безотказной работы насоса aspirатора необходимо исключить попадание в газовый тракт жидкости и твердых частиц.**

2. Подключить поглотитель через фильтр каплеотбойника к штуцеру выбранного канала.

### **ВНИМАНИЕ!**

**Во избежание выхода из строя aspirатора суммарный расход потребляемого воздуха (по всем каналам) не должен быть менее 5 дм<sup>3</sup>/мин.**

### 3. Работа с aspirатором ОП-442ТЦ.

3.1. Нажать клавишу «Сеть», расположенную на задней панели, при этом на табло индикатора появятся нули. Нажать кнопку «Вкл», при этом включится насос. При помощи вентиля выбранного канала установить расход газа по шкале ротаметра. Если суммарный расход потребляемого воздуха ожидается менее 5 дм<sup>3</sup>/мин, то необходимо открыть вентили дополнительных каналов. Нажать кнопку «Выкл». Выбрать режим работы.

#### 3.2. Режим «Текущее время».

Для установления режима «Текущее время» необходимо выполнить следующие операции.

Нажать клавишу «↑» и выберите режим «Текущее время» (при этом отсутствует световая индикация в разряде «Режим»). На табло включится отсчет текущего времени на разрядах 4, 5, 6, 7, 8 (соответственно часы – минуты). Откорректировать текущее время по часам (реальное время). Например, 12 часов 33 минуты.

Нажать клавишу «→», при этом индикация в 8 разряде табло станет прерывистой.

Нажатием клавиши «↑» набрать «3» (при последовательном нажатии клавиши «↑», цифра в корректируемом разряде будет изменяться в последовательности 0, 1, 2, ..., 9,0, ...). Нажать клавишу «→», при этом прерывистая индикация появится в 7 разряде. Установить аналогичным способом цифру «3» в 7 разряде.

Время в минутах установлено.

При следующем нажатии клавиши «→» прерывистая индикация появится одновременно в 4 и 5 разрядах табло. Нажатием клавиши «↑» набрать «12». Нажать на клавишу «→», текущее время установлено.

Для включения работы насоса вручную нажать клавишу «Вкл». После окончания отбора пробы нажать клавишу «Откл».

#### 3.3. Режим «Будильник».

Для установления режима «Будильник» выполнить следующие операции:

- Нажать клавишу «↑» для выбора режима «Будильник». В первом разряде должна появиться непрерывная индикация «1».

- Установить время автоматического включения работы насоса по будильнику.
- Для включения в работу насоса в режиме «Будильник» нажать клавишу «Вкл». В первом разряде табло появится прерывистая индикация «1». В заданное по «будильнику» время произойдет автоматическое включение насоса.

#### 4. Режим «Таймер».

Для установки режима «Таймер» необходимо выполнить следующие операции.

4.1. Клавишей «↑» выбрать режим «Таймер», при этом в 1 разряде появится непрерывная индикация «2» и «00» в 7-м и 8-м разрядах.

4.2. Установить время отбора анализируемой пробы, выполнив операции установки текущего времени в минутах, описанные в п. 3.2.

4.3. Для включения насоса в режиме «Таймер» нажать клавишу «Вкл». При этом в 1-м разряде табло появится прерывистая индикация «2» и в 4, 5, 6, 7 разрядах текущее время. По достижении заданному по таймеру времени отбора пробы произойдет автоматическое отключение насоса.

#### 5. Режим работы «Будильник» и «Таймер».

Для установления режима «Будильник» и «Таймер» выполните следующие операции.

5.1. Установить время включения насоса в режиме «Будильник».

5.2. Установить время отбора пробы.

5.3. Перейте в режим «Будильник». Нажать клавишу «Вкл». В 1-м разряде табло появится прерывистая индикация «1». По достижении заданного времени автоматически включится насос и в 1-м разряде табло появится прерывистая индикация «2», а на 4, 5, 6, 7 разрядах индикация текущего времени.

5.4. По окончании отбора пробы произойдет автоматическое отключение работы насоса и в 1-м разряде табло исчезнет световая индикация, на 4, 5, 6, 7 разрядах появится индикация текущего времени.

При автоматическом отключении таймера сохраняются прежние установки задания времени (до момента отключения aspirатора от сети питания).

5.5. Для принудительной остановки насоса нажать кнопку «Откл» (производится остановка таймера и насоса). Затем, если требуется продолжение работы, необходимо нажать кнопку «Вкл» – запустится насос и продолжится отсчет времени таймера, при этом сохраняются прежние установки задания времени таймером (до момента отключения aspirатора от сети питания). Если требуется прекращение работы, то кнопку «Откл» нажать дважды.

6. Расчет объема газа  $V_a$ , прошедшего через аспиратор (дм<sup>3</sup>), производят по формуле

$$V_a = Q_s \cdot T, \quad (12.1)$$

где  $Q_s$  – расход воздуха, заданный по ротаметру на выбранном канале, дм<sup>3</sup>/мин;

$T$  – время установленное таймером, мин.

Привести его к нормальным условиям по формуле

$$V_n = \frac{V_a \cdot 273 \cdot B}{(273 + t) \cdot 760}, \quad (12.2)$$

где  $B$  – барометрическое давление, мм рт. ст.;

$t$  – температура воздуха в месте отбора пробы пыли, °С;

760 – нормальное барометрическое давление, мм рт. ст.

7. Выключение аспиратора производится нажатием клавиши «Сеть».

### 3. Порядок выполнения и оформление отчета

#### 3.1. Анализ содержания вредных веществ с помощью газоанализатора типа «Элан»

##### **ВНИМАНИЕ!**

**Работа проводится в вытяжном шкафу.**

1. Ознакомиться с работой прибора.
2. Вскрыть ампулу с аммиаком (смешать в колбе  $H_2SO_4$  с  $Na_2SO_3$  или добавить в  $H_2SO_4$   $Cu$ ,  $C$  (графит),  $KBr$ ).
3. Включить газоанализатор.
4. Включить насос.
5. Протягивать воздух до установления стабильных показаний концентрации вредного вещества.
6. Заполнить табл. 12.4.

Таблица 12.4

**Результаты анализа концентрации вредных веществ в воздухе**

Вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Концентрация, мг/м <sup>3</sup>
CO			
SO <sub>2</sub>			
NH <sub>3</sub>			

7. Сравнить измеренную концентрацию вредного вещества с ПДК, если необходимо подобрать СИЗ по табл. 12.5.

**3.2. Анализ содержания вредных веществ в воздухе  
с помощью автоматического пробоотборника воздуха (аспиратора)  
модели ОП-442ТЦ**

1. Ознакомиться с работой прибора.
2. Выполнить необходимые измерения. Рассчитать объема газа  $V_a$ , прошедшего через аспиратор (дм<sup>3</sup>).
3. Результаты занести в табл. 12.4.

**4. Безопасность при проведении работы**

1. Оберегать глаза и руки от осколков стекла.
2. Не допускать попадания реактива на руки, в глаза и дыхательные пути.
3. Не вскрывать аппарат Киппа.

**Перечень выпускаемых поглощающих  
и фильтрующе-поглощающих коробок**

Марка коробки	Назначение
А	Для защиты от паров органических соединений (бензин, керосин, ацетон, бензол, толуол, ксилол, сероуглерод, спирты, эфиры, анилин, галоидорганические соединения, нитросоединения бензола и его гомологи, тетраэтиленсвинец, фосфор и хлорорганические ядохимикаты)
В	Для защиты от кислых газов и паров (сернистый ангидрид, хлор, сероводород, синильная кислота, хлористый водород, фосген, фосфор- и хлорорганические ядохимикаты)
Г	Для защиты от ртути и ртутьорганических соединений
Е	Для защиты от мышьяковистого и фосфористого водорода
ВР	Для защиты от кислых газов и паров, радионуклидов, в том числе радиоактивного йода и его соединений
И	Для защиты от радионуклидов, в том числе от органических соединений радиоактивного йода
К	Для защиты от аммиака
КД	Для защиты от аммиака и сероводорода
МКФ БКФ	Для защиты от кислых газов и паров, паров органических соединений, мышьяковистого и фосфористого водорода (но с меньшим временем защитного действия, чем коробки марок А и В)
Н	Для защиты от оксидов азота
СО	Для защиты от оксида углерода
М	Для защиты от оксида углерода в присутствии паров органических веществ, кислых газов, аммиака, мышьяковистого и фосфористого водорода
Б	Для защиты от бороводородов (диборан, пентаборан, этилпентаборан, диэтилдекарборан, декарборан) и их аэрозолей
ФОС	Для защиты от паро- и газообразных, фторпроизводных непредельных углеводородов, фреонов и их смесей, фтор и хлормономеров
ГФ	Для защиты от газообразного гексафторида урана, фтора, фтористого водорода, радиоактивных аэрозолей
УМ	Для защиты от паров и аэрозолей гептила, амила, самина, нитромеланжа, амидола
П-2У	Для защиты от паров карбониллов никеля и железа, оксида углерода и сопутствующих аэрозолей
С	Для защиты от оксидов азота и сернистого ангидрида



## Литература

1. О внесении изменений и дополнений в Закон Республики Беларусь «Об охране труда»: Закон Респ. Беларусь от 12 июля 2013 г. № 61-З.
2. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Закон Респ. Беларусь от 07 янв. 2012 г. № 340-З.
3. ТКП 181-2009. Правила технической эксплуатации (ПТЭ) электроустановок потребителей.
4. ГОСТ 12.0.002-2003 ССБТ. Термины и определения.
5. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования.
6. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
7. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
8. СанПиН 13-2-2007. Гигиеническая классификация условий труда.
9. ГОСТ 12.1.005. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
10. СанПиН 11-19-94. Перечень регламентированных в воздухе рабочей зоны вредных веществ.
11. СанПиН 9-98РБ98. Санитарные правила и нормы ионизации воздушной среды производственных и общественных помещений.
12. ГОСТ 12.1.003. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
13. СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32-2002. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
14. СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-33-2002. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
15. ГОСТ 12.1.012. Вибрационная безопасность. Общие требования.
16. СНБ 2. 04.05-98. Естественное и искусственное освещение.
17. СанПиН 2.2.4.11-5-003. Переменное магнитное поле промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях.
18. СН 9-85 РБ 98. Постоянное магнитное поле. Предельно допустимые уровни на рабочих местах.
19. ГОСТ 12.1.002-84. ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.
20. НПБ 5-2005. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

## Содержание

Введение .....	1
Глоссарий .....	2
Лабораторная работа № 1	
<b>Исследование метеорологических условий рабочей зоны производственных помещений .....</b>	<b>4</b>
Лабораторная работа № 2	
<b>Исследование интенсивности теплового излучения .....</b>	<b>13</b>
Лабораторная работа № 3	
<b>Исследование запыленности воздуха .....</b>	<b>23</b>
Лабораторная работа № 4	
<b>Исследование производственного шума .....</b>	<b>30</b>
Лабораторная работа № 5	
<b>Исследование производственной вибрации и методов ее снижения ...</b>	<b>39</b>
Лабораторная работа № 6	
<b>Исследование освещенности в производственном помещении .....</b>	<b>48</b>
Лабораторная работа № 7	
<b>Исследование сопротивления заземляющего устройства .....</b>	<b>64</b>
Лабораторная работа № 8	
<b>Исследование сопротивления изоляции электрических сетей .....</b>	<b>68</b>
Лабораторная работа № 9	
<b>Определение температуры вспышки горючих жидкостей .....</b>	<b>79</b>
Лабораторная работа № 10	
<b>Исследование электрического, магнитного и электростатического полей при работе на персональном компьютере .....</b>	<b>83</b>
Лабораторная работа № 11	
<b>Исследование уровней ионизации воздуха помещений при работе на персональном компьютере .....</b>	<b>94</b>
Лабораторная работа № 12	
<b>Исследование содержания вредных веществ в воздухе .....</b>	<b>102</b>
Литература .....	119

*Учебное издание*

ХАРЛАШОВА Наталья Викторовна  
ГОРУНОВА Светлана Александровна  
ЛЕМАЧКО Снежана Николаевна

## ОХРАНА ТРУДА

Методические указания  
к выполнению лабораторных работ

Редактор *Т. А. Дарьянова*

---

Подписано в печать 02.09.15. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.  
Ризография. Усл. печ. л. 6,96. Уч.-изд. л. 6,38. Тираж 30 экз. Заказ 1077.

---

Издатель и полиграфическое исполнение –  
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.14.

Ул. Блохина, 29, 211440, г. Новополоцк.