

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РОСТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

С.Л. Пушенко, Е.С. Филь, Е.В.Федина

**Практикум по дисциплине  
«Безопасность жизнедеятельности»**

*Утверждено редакционно-издательским советом  
университета в качестве учебного пособия*

Ростов-на-Дону  
2013

УДК 613.6, 628.5

П\_\_\_\_\_

Рецензент: доцент кафедры  
«Производственная безопасность»  
Института энергетики и машиностроения  
Донского государственного технического университета  
В.И.Гаршин

**Пушенко С.Л., Филь Е.С., Федина Е.В.**

П\_\_ Практикум по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»: учебное пособие. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2013.– 101 с.

Состоит из 8 лабораторных работ по производственной санитарии и гигиене труда. Приводятся требования к порядку выполнения и оформлению лабораторных работ по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности». Рассматриваются основные сведения о вредных и опасных производственных факторах и их воздействии на организм человека. Изложены принципы гигиенического нормирования вредных и опасных производственных факторов, способы и методы их измерения. Даны основы оценки санитарно-гигиенической обстановки на рабочих местах и разработки мероприятий по защите от вредных и опасных производственных факторов.

Предназначено для студентов всех специальностей и направлений подготовки очной и заочной форм обучения, изучающих дисциплину «Безопасность жизнедеятельности».

Данное учебное пособие издано при непосредственной помощи и поддержке Ростовского государственного строительного университета.

УДК 613.6, 628.5

© Ростовский государственный  
строительный университет, 2013  
© Пушенко С.Л., Филь Е.С.,  
Федина Е.В., 2013

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Требования к порядку выполнения и оформлению лабораторных работ	2
2. Лабораторная работа «Оценка микроклимата производственной среды»	3
3. Лабораторная работа «Оценка концентрации пыли в воздухе рабочей зоны весовым методом»	20
4. Лабораторная работа «Оценка концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны»	28
5. Лабораторная работа «Оценка шумовой обстановки на рабочих местах»	37
6. Лабораторная работа «Оценка вибрации на рабочих местах»	49
7. Лабораторная работа «Оценка освещенности на рабочих местах»	64
8. Лабораторная работа «Оценка состояния и расчет заземления электроустановок»	79
9. Лабораторная работа «Оценка электромагнитного излучения от ПЭВМ»	93
Библиографический список	100

## **1. ТРЕБОВАНИЯ К ПОРЯДКУ ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Отчеты по лабораторным работам следует выполнять в отдельной тетради, на титульном листе которой указываются: институт; группа; фамилия, имя, отчество студента, номер зачетной книжки. Каждая последующая лабораторная работа должна начинаться с новой страницы.

Каждый отчет должен содержать:

1. Наименование лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Общие сведения (краткая теория вопроса и применяемые приборы).
4. Нормативные требования к параметрам факторов, оцениваемых в работе.
5. Экспериментальная часть (необходимые таблицы и рисунки указывает преподаватель).
6. Выводы о соответствии измеренных параметров нормативным требованиям.
7. Рекомендации (общие мероприятия по снижению воздействия вредных производственных факторов и индивидуальные средства защиты работников).

## 2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОЦЕНКА МИКРОКЛИМАТА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ»

### 2.1. Цель работы

Ознакомление с основными сведениями о параметрах воздушной среды и их влиянии на организм человека. Изучение принципов гигиенического нормирования параметров микроклимата в производственных помещениях и на рабочих местах. Освоение методов и способов измерения параметров микроклимата и измерительных приборов. Приобретение навыков санитарно–гигиенической оценки микроклимата и разработки мероприятий по улучшению условий труда.

### 2.2. Общие сведения

**Микроклимат производственных помещений** – это параметры воздушной среды помещений, совокупность которых определяет действие воздушной среды на организм человека.

**Параметры микроклимата и единицы их измерения:**

- температура воздуха, °С;
- температура поверхностей, °С;
- относительная влажность воздуха, %;
- скорость движения воздуха, м/с;
- интенсивность теплового облучения, Вт/м<sup>2</sup>.

Различают абсолютную, максимальную и относительную влажность воздуха.

**Абсолютной влажностью**  $\rho$ , г/м<sup>3</sup> называется массовое количество водяного пара, содержащегося в 1 м<sup>3</sup> влажного воздуха. **Максимальная влажность**  $\rho_m$ , г/м<sup>3</sup> – максимально возможное содержание водяного пара в воздухе при данной температуре. **Относительная влажность**  $\varphi$  – отношение абсолютной влажности  $\rho$  к максимальной влажности  $\rho_m$  при одной и той же температуре:

$$\varphi = (\rho / \rho_m) \cdot 100\% \quad (2.1)$$

**Производственная среда** – пространство, в котором осуществляется трудовая деятельность человека. К элементам производственной среды относятся: предметы труда, средства труда, продукты труда, энергия, природно-климатические факторы, растения, животные, персонал.

**Производственные помещения** – замкнутые пространства производственной среды, в которых постоянно (по сменам) или периодически (в течение рабочего дня) осуществляется трудовая деятельность людей.

**Рабочая зона** – пространство высотой до 2 м над уровнем пола, на которых находятся места постоянного или временного пребывания работающих.

**Рабочее место** – участок помещения, на котором работающий постоянно или временно пребывает в процессе трудовой деятельности.

**Холодный период года** – период года, характеризующий среднесуточной температурой наружного воздуха, равной +10° С и ниже.

**Теплый период года** – период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха выше  $+10^{\circ}\text{C}$ .

**Среднесуточная температура наружного воздуха** – средняя величина, измеренная в определенные часы суток через одинаковые интервалы времени.

**Тепловая нагрузка среды (ТНС)** – сочетанное действие на организм человека параметров микроклимата (температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое облучение), выраженное одночисловым показателем в  $^{\circ}\text{C}$ .

### **Влияние параметров микроклимата на производственную деятельность человека**

Каждый в отдельности и в различных сочетаниях параметры микроклимата оказывают влияние на функциональную деятельность человека, его самочувствие и здоровье. Как следствие, параметры микроклимата влияют на производительность труда и даже на показатели травматизма.

**Высокая температура воздуха** способствует быстрому утомлению работающего, может привести к перегреву, тепловому удару или профзаболеванию. **Низкая температура** может вызвать местное или общее охлаждение организма, стать причиной простудного заболевания или обморожения. **Высокая относительная влажность** при высокой температуре воздуха способствует перегреву организма, при низкой - усиливает теплоотдачу с поверхности кожи, что ведет к переохлаждению организма. **Низкая влажность** вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей. **Подвижность воздуха** эффективно способствует теплоотдаче организма человека и положительно влияет при высоких температурах и отрицательно – при низких.

Субъективные ощущения человека меняются в зависимости от изменения параметров микроклимата (табл. 2.1)

Таблица 2.1.

Зависимость субъективных ощущений человека от параметров рабочей среды

Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Относительная влажность воздуха, %	Субъективные ощущения
21	40	Наиболее приятное состояние
	75	Хорошее, спокойное состояние
	85	Отсутствие неприятных ощущений
	90	Усталость, подавленное состояние
24	20	Отсутствие неприятных ощущений
	65	Неприятные ощущения
	80	Потребность в покое
	100	Невозможность выполнения тяжелой работы
30	25	Неприятные ощущения отсутствуют
	50	Нормальная работоспособность
	65	Невозможность выполнения тяжелой работы
	80	Повышение температуры тела
	90	Опасность для здоровья

В определенном интервале изменения указанных параметров организм человека, представляющий собой термодинамическую систему с внутренним источником энергии, способен самостоятельно приспосабливаться к окружающим условиям. Такая способность называется терморегуляцией.

**Терморегуляция** – это совокупность физиологических и химических процессов в организме человека, направленных на поддержание постоянной температуры тела ( $36,6 \pm 0,5$  °C), независимо от внешних условий и тяжести выполняемой работы. Терморегуляция находится под контролем центральной нервной системы.

Различают химическую и физическую терморегуляции.

**Химическая терморегуляция** регулирует тепловыделение организма и достигается ослаблением обмена веществ при угрозе перегревания организма или усилением его при переохлаждении. Роль химической терморегуляции в тепловом равновесии организма с внешней средой невелика.

**Физическая терморегуляция** регулирует отдачу тепла в окружающую среду в виде инфракрасного излучения за счет нагрева воздуха, омывающего поверхность тела человека (конвекция) и испарения влаги (пота) с поверхности тела и слизистых оболочек верхних дыхательных путей. При этом свыше 80% тепла отдается через кожный покров.

Соотношение между различными видами отдачи тепла может изменяться в зависимости от метеорологических условий и сочетания параметров.

Так, например, при повышении температуры воздуха, ограждающих конструкций и предметов теплоотдача человека путем конвекции и излучения затрудняется, а испарением увеличивается. В таких условиях при ограничении испарения (качество одежды) может наступить перегрев организма, вызванный нарушением функции терморегуляции, называемый тепловым ударом. Симптомы теплового удара - повышение температуры тела, обильное потоотделение, расстройство координации движений, сильная головная боль.

Нарушение водно-солевого обмена в результате интенсивного потоотделения может привести к так называемой судорожной болезни (судороги - особенно часто в икроножных мышцах). Тепловой удар и судороги могут закончиться смертельным исходом. Неблагоприятное воздействие низкой температуры воздуха и, как следствие, переохлаждение организма человека приводит к заболеваниям периферической нервной системы, особенно пояснично-крестцовому радикулиту, невралгии лицевого, тройничного, седалищного и других нервов, обострению суставного мышечного ревматизма и др.

Повышенная влажность воздуха усугубляет отрицательное действие высоких и низких температур, затрудняет теплоотдачу за счет потения. Низкая влажность при высокой температуре приводит к появлению сухости слизистых оболочек верхних дыхательных путей (возникает сухой кашель и т.п.)

Повышенная скорость движения воздуха в условиях низкой температуры увеличивает теплоотдачу, возникают переохлаждение и простудные заболевания. В условиях высокой температуры большая скорость движения воздуха не всегда приводит к увеличению теплоотдачи тела человека.

### 2.3. Нормативные требования

Нормативные требования к воздуху рабочей зоны и параметрам микроклимата производственных помещений установлены в ГОСТ 12.1.005-88 [1] и СанПиН 2.2.4.548-96 [3], СП 60.13330.2012 [4]. Приняты **оптимальные** и **допустимые** параметры микроклимата. Выбор параметров осуществляется в зависимости от **периода года** (см. п.2.2) и **категории работ**, которая принимается на основе интенсивности общих энергозатрат организма в ккал/ч (Вт) при выполнении данного вида работ (см.табл. 2.2)

Таблица 2.2.

Разграничение работ на категории по энергозатратам

Наименование категории		Энергозатраты		Характеристика работ
		Ккал/ч	Вт	
Легкие	Ia	до 120	до 139	Работы сидя или с незначительным физическим напряжением
	Iб	121–150	140–174	Работы сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением
Средней тяжести	IIa	151–200	175–232	Работы, связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения
	IIб	201–250	233–290	Работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением
Тяжелые	III	более 250	более 290	Работы, связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

#### 2.3.1. Оптимальные параметры микроклимата

Оптимальные параметры микроклимата установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности, являются предпочтительными и принимаются, в основном, на стадии проектирования предприятий.

Оптимальные параметры микроклимата должны соответствовать величинам, приведенным в табл.2.3. Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2° С и выходить за пределы величин, указанных в табл.2.3 для отдельных категорий работ.



Таблица 2.3.

**Оптимальные величины показателей микроклимата  
на рабочих местах производственных помещений**

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22 – 24	21 – 25	60 – 40	0,1
	Iб (140-174)	21 – 23	20 – 24	60 – 40	0,1
	IIa (175-232)	19 – 21	18 – 22	60 – 40	0,2
	IIб (233-290)	17 – 19	16 – 20	60 – 40	0,2
	III (>290)	16 – 18	15 – 19	60 – 40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23 – 25	22 – 26	60 – 40	0,1
	Iб (140-174)	22 – 24	21 – 25	60 – 40	0,1
	IIa (175-232)	20 – 22	19 – 23	60 – 40	0,2
	IIб (233-290)	19 – 21	18 – 22	60 – 40	0,2
	III (>290)	18 – 20	17 – 21	60 – 40	0,3

### 2.3.2. Допустимые параметры микроклимата

Допустимые параметры микроклимата установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности. Допустимые параметры устанавливаются в случаях, когда по обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные параметры.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах должны соответствовать значениям, приведенным в табл.2.4 применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

При обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах:

- перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3° С;
- перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать:
  - при категориях работ Ia и Ib – 4°С;
  - при категориях работ IIa и IIб – 5° С;
  - при категории работ III – 6° С.

Абсолютные значения температуры воздуха не должны выходить за пределы величин, указанных в табл.2.4 для отдельных категорий работ.

При температурах воздуха 25° С и выше максимальные величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы:

- 70% - при температуре воздуха 25°С;
- 65% - при температуре воздуха 26°С;
- 60% - при температуре воздуха 27°С;
- 55% - при температуре воздуха 28°С.

Таблица 2.4.

**Допустимые величины показателей микроклимата  
на рабочих местах производственных помещений**

Период года	Категория работ по уровню энерготрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	Для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	Ia (до 139)	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75	0,1	0,1
	Iб (140-174)	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
	IIa (175-232)	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75	0,1	0,3
	IIб (233-290)	15,0-16,9	19,1-22,0	14,0-23,0	15-75	0,2	0,4
	III (более 290)	13,0-15,9	18,1-21,0	12,0-22,0	15-75	0,2	0,4
Теплый	Ia (до 139)	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75	0,1	0,2
	Iб (140-174)	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75	0,1	0,3
	IIa (175-232)	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75	0,1	0,4
	IIб (233-290)	16,0-18,9	21,1-27,0	15,0-28,0	15-75	0,2	0,5
	III (более 290)	15,0-17,9	20,1-26,0	14,0-27,0	15-75	0,2	0,5

При температурах воздуха 26 – 28°С скорость движения воздуха в теплый период года должна соответствовать диапазону:

- 0,1 - 0,2 м/с - при категории работ Ia;
- 0,1 - 0,3 м/с - при категории работ Iб;
- 0,2 - 0,4 м/с - при категории работ IIa;
- 0,2 - 0,5 м/с - при категории работ IIб и III.

Для регламентации времени работы в пределах рабочей смены в условиях микроклимата с температурой воздуха на рабочих местах выше или ниже допустимых величин рекомендуется руководствоваться табл. 2.5.

Таблица 2.5.

**Время пребывания на рабочих местах  
при температуре воздуха выше/ниже допустимых величин**

Категория работ	Температура выше допустимых значений, °С													
	32,5	32,0	31,5	31,0	30,5	30,0	29,5	29,0	28,5	28,0	27,5	27,0	26,5	26,0
Ia, Iб	1	2	2,5	3	4	5	5,5	6	7	8	–	–	–	–
IIa, IIб	–	–	1	2	2,5	3	4	5	5,5	6	7	8	–	–
III	–	–	–	–	1	2	2,5	3	4	5	5,5	6	7	8
Категория работ	Температура ниже допустимых значений, °С													
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Ia	–	–	–	–	–	–	–	1	2	3	4	5	6	7
Iб	–	–	–	–	–	–	1	2	3	4	5	6	7	8
IIa	–	–	–	–	1	2	3	4	5	6	7	8	–	–
IIб	–	–	1	2	3	4	5	6	7	8	–	–	–	–
III	1	2	3	4	5	6	7	8	–	–	–	–	–	–

### 2.3.3. Допустимые величины интенсивности теплового облучения

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.) должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников

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

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения (раскаленный или расплавленный металл, стекло, пламя и др.) не должны превышать 140 Вт/кв. м. При этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

При наличии теплового облучения работающих температура воздуха на рабочих местах не должна превышать в зависимости от категории работ следующих величин:

- 25° С – при категории работ Ia;
- 24° С – при категории работ Ib;
- 22° С – при категории работ IIa;
- 21° С – при категории работ IIб;
- 20° С – при категории работ III.

### 2.3.4. Оценка параметров микроклимата по тепловой нагрузке среды

Для оценки сочетанного воздействия параметров микроклимата в целях осуществления мероприятий по защите работающих от возможного перегревания рекомендуется использовать интегральный показатель тепловой нагрузки среды **ТНС-индекс**, который является эмпирическим показателем, характеризующим сочетанное действие на организм человека параметров микроклимата.

ТНС-индекс определяется на основе величин температуры смоченного термометра аспирационного психрометра ( $t_{вл}$ ) и температуры внутри зачерненного шара ( $t_{ш}$  – измеряется термометром, резервуар которого помещен в центр зачерненного полого шара.  $t_{ш}$  отражает влияние температуры поверхностей, температуры и скорости движения воздуха).

ТНС-индекс рассчитывается по уравнению:

$$TNC = 0,7 \times t_{вл} + 0,3 \times t_{ш} \quad (2.2)$$

ТНС-индекс рекомендуется использовать для интегральной оценки тепловой нагрузки среды на рабочих местах, на которых скорость движения воздуха не превышает 0,6 м/с, а интенсивность теплового облучения - 1200 Вт/м<sup>2</sup>.

Допустимые значения ТНС-индекса приведены в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Рекомендуемые величины интегрального показателя тепловой нагрузки среды (ТНС-индекса) для профилактики перегрева организма

Категория работ по уровню энергозатрат	Величины интегрального показателя, °С
Ia (до 139)	22,2 – 26,4
Iб (140-174)	21,5 – 25,8
IIa (175-232)	20,5 – 25,1
IIб (233-290)	19,5 – 23,9
III (более 290)	18,0 – 21,8

В производственных помещениях, в которых допустимые нормативные величины показателей микроклимата невозможно установить из-за технологических требований к производственному процессу или экономически обоснованной нецелесообразности, условия микроклимата следует рассматривать как **вредные и опасные**. В целях профилактики следует использовать защитные мероприятия (например, системы кондиционирования воздуха, воздушное душирование, компенсация неблагоприятного воздействия одного параметра микроклимата изменением другого, спецодежда и другие СИЗ, помещения для отдыха и обогрева, регламентация времени работы и др.).

## 2.4. Измерение параметров микроклимата

Требования к организации контроля, методам измерений параметров микроклимата и измерительным приборам приведены в [3].

Для производственных помещений измерения показателей микроклимата следует проводить не менее 3 раз в смену (в начале, середине и в конце) непосредственно на рабочих местах. Если рабочим местом являются несколько участков помещения, то измерения осуществляются на каждом из них.

При работах, выполняемых сидя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,0 м, а относительную влажность воздуха - на высоте 1,0 м от пола или рабочей площадки. При работах, выполняемых стоя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,5 м, а относительную влажность воздуха - на высоте 1,5 м.

В помещениях с большой плотностью рабочих мест при отсутствии источников локального тепловыделения, охлаждения или влаговыведения участки замеров распределяются равномерно по всему помещению. Минимальное количество участков замеров зависит от площади помещения и составляет:

- при площади помещения до 100 м<sup>2</sup> – 4 участка;
- при площади от 101 до 400 м<sup>2</sup> – 8 участков;
- при площади более 400 м<sup>2</sup> – через каждые 10 м.

### 2.4.1. Измерение температуры

Для измерения температуры воздуха используются термометры ртутные или с органической жидкостью (например, термометры метеорологические ТМ–6, ТМ–10; термометры технические ТТ и др.), а также термометры электрические и электронные.

Определение температуры по термометру производится через 5 – 10 минут после установки термометра в зоне постоянного рабочего места на расстоянии не ближе 25 см от работающего.

Для одновременного измерения и регистрации температуры воздуха применяются самопишущие приборы – термографы.

Термограф М-16А (С,Н) предназначен для одновременного измерения и регистрации на диаграммном бланке температуры воздуха в наземных условиях. Прибор состоит из чувствительного элемента - биметаллической пластинки, передаточной системы, регистрирующей части и корпуса. Принцип действия основан на свойстве биметаллической пластинки изменять радиус изгиба с изменением температуры воздуха. Деформация пластинки с помощью передаточного механизма преобразуется в перемещение стрелки с пером по диаграммной ленте, закрепленной на барабане часового механизма. Вращение барабана осуществляется часовым механизмом. Начальная установка пера стрелки на требуемое деление диаграммной ленты осуществляется вращением установочного винта, с помощью которого перо стрелки может перемещаться по всей высоте барабана часового механизма.

Применяются также электромеханические и электронные термографы.

### 2.4.2. Измерение относительной влажности

Для измерения относительной влажности воздуха применяются психрометры, гигрометры, гигрографы.

Принцип психрометрии заключается в определении показаний двух термометров, сухого и влажного (резервуар которого обернут влажной тканью). Влага, испаряясь с различной скоростью в зависимости от влажности и скорости движения воздуха, отнимает тепло от влажного термометра, поэтому показания влажного термометра будут ниже, чем показания сухого. На основании показаний двух термометров вычисляют относительную влажность воздуха.

Наиболее распространенными являются стационарный психрометр Августа и аспирационный психрометр Ассмана (рис.2.1).

**Психрометр Августа** (рис.2.1б) устанавливается так, чтобы на него не влияли тепловые излучения или движение воздуха, которые могут изменить точность показаний прибора. Влажность определяют на основании по психрометрической таблице, прилагаемой к психрометру.

**Аспирационный психрометр Ассмана** (рис.2.1а) дает более точные показания, так как резервуары термометра заключены в металлические гильзы 6, предохраняющие их от воздействия движения воздуха и теплового излучения. Перед началом измерений обернутую вокруг влажного термометра 2 ткань смачи-

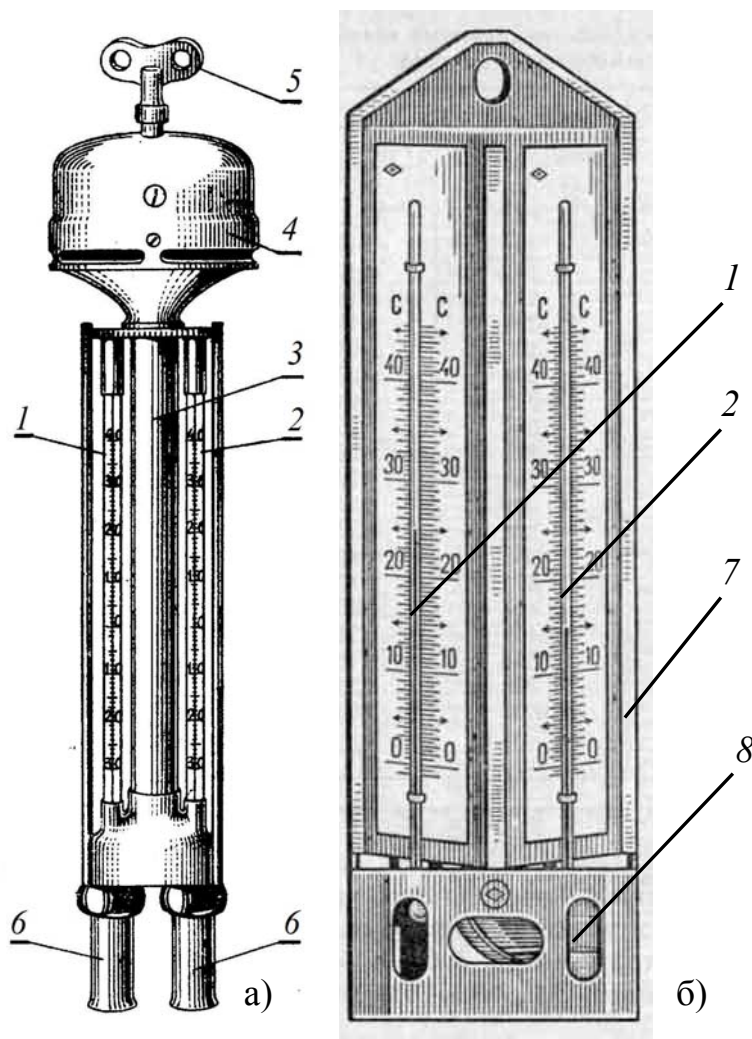


Рис.2.1. Психрометры Ассмана (а) и Августа (б)

- |                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| 1 – Сухой термометр | 2 – Влажный термометр |
| 3 – Термодержатель  | 4 – Вентилятор        |
| 5 – Заводной ключ   | 6 – Гильзы            |
| 7 – Основание       | 8 – Баллон с водой    |

вают дистиллированной водой из пипетки. Затем ключом 5 заводят пружину вентилятора 4 и через 4 – 5 мин снимают показания обоих термометров, после чего по табл.2.8 или расчетом определяют относительную влажность.

Принцип работы **гигрометра** основан на свойстве обезжиренных человеческих волос изменять свою длину в зависимости от влажности. Изменение длины волос передается стрелке, которая, перемещаясь вдоль шкалы, указывает относительную влажность воздуха в процентах.

**Гигрограф** (рис.2.2) служит для постоянного наблюдения за изменениями относительной влажности воздуха; используются суточные и недельные гигрографы. Воспринимающая часть прибора состоит из пучка (35 — 40 штук) обезжиренных человеческих волос, натянутых на раму и закрепленных с обоих концов. Изменение длины пучка при изменении влажности с помощью передаточного механизма преобразуется с помощью рычажков системы в движение стрелки с пером по диаграммной ленте.

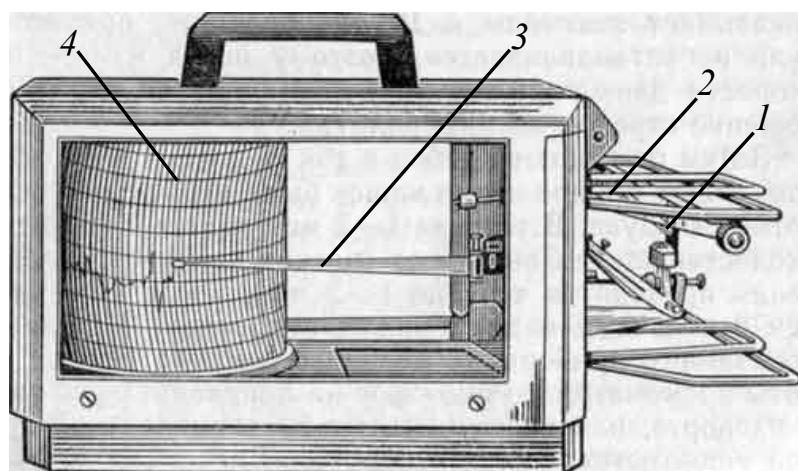


Рис.2.2. Гигрограф

- |                     |                           |
|---------------------|---------------------------|
| 1 – Пучок волос     | 2 – Передаточный механизм |
| 3 – Стрелка с пером | 4 – Диаграммная лента     |

Таблица 2.8

## Психрометрическая таблица

Показания сухого термомет- ра, °С	Показания влажного термометра																									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
8	29	40	51	63	75	87	100																			
9	21	31	42	53	64	67	88	100																		
10	14	24	34	44	54	75	76	88	100																	
11		17	26	36	46	56	66	77	88	100																
12			20	29	38	48	57	68	78	89	100															
13			14	23	31	40	49	59	69	79	89	100														
14				17	25	33	42	51	60	70	79	90	100													
15					20	27	36	44	52	61	71	80	90	100												
16					15	22	30	37	46	54	63	71	81	90	100											
17						17	24	32	39	47	55	64	72	81	90	100										
18						31	20	27	34	41	49	56	65	73	82	91	100									
19							15	22	29	36	43	50	58	66	74	82	91	100								
20								18	24	30	37	44	52	56	66	74	83	91	100							
21								14	20	26	32	39	46	53	60	67	75	83	91	100						
22									16	22	28	34	40	47	54	61	68	76	84	92	100					
23									13	18	24	30	36	42	48	55	62	69	76	84	92	100				
24										15	20	26	31	37	43	49	56	63	70	77	84	92	100			
25											17	22	27	33	38	44	50	57	63	70	77	84	92	100		
26											14	19	24	29	34	40	46	52	57	64	71	77	85	92	100	
27												16	21	25	30	36	41	47	52	58	65	71	78	85	92	100

### 2.4.3. Измерение степени подвижности воздуха

Для определения скорости движения воздуха используют анемометры (крыльчатые и чашечные), кататермометры.

Анемометры представляют собой сочетание ветроприемника, счетчика оборотов и передаточного механизма.

В **крыльчатых анемометрах** (рис. 2.3а) ветроприемник выполнен в виде крыльчатки из тонких пластинок легкого сплава. Прибор предназначен для измерения скорости движения воздуха от 0,3 до 5 м/с. В **чашечных анемометрах** (рис. 2.3б) ветроприемником служит четырехчашечная вертушка, диапазон измерений – от 1 до 20 м/с.

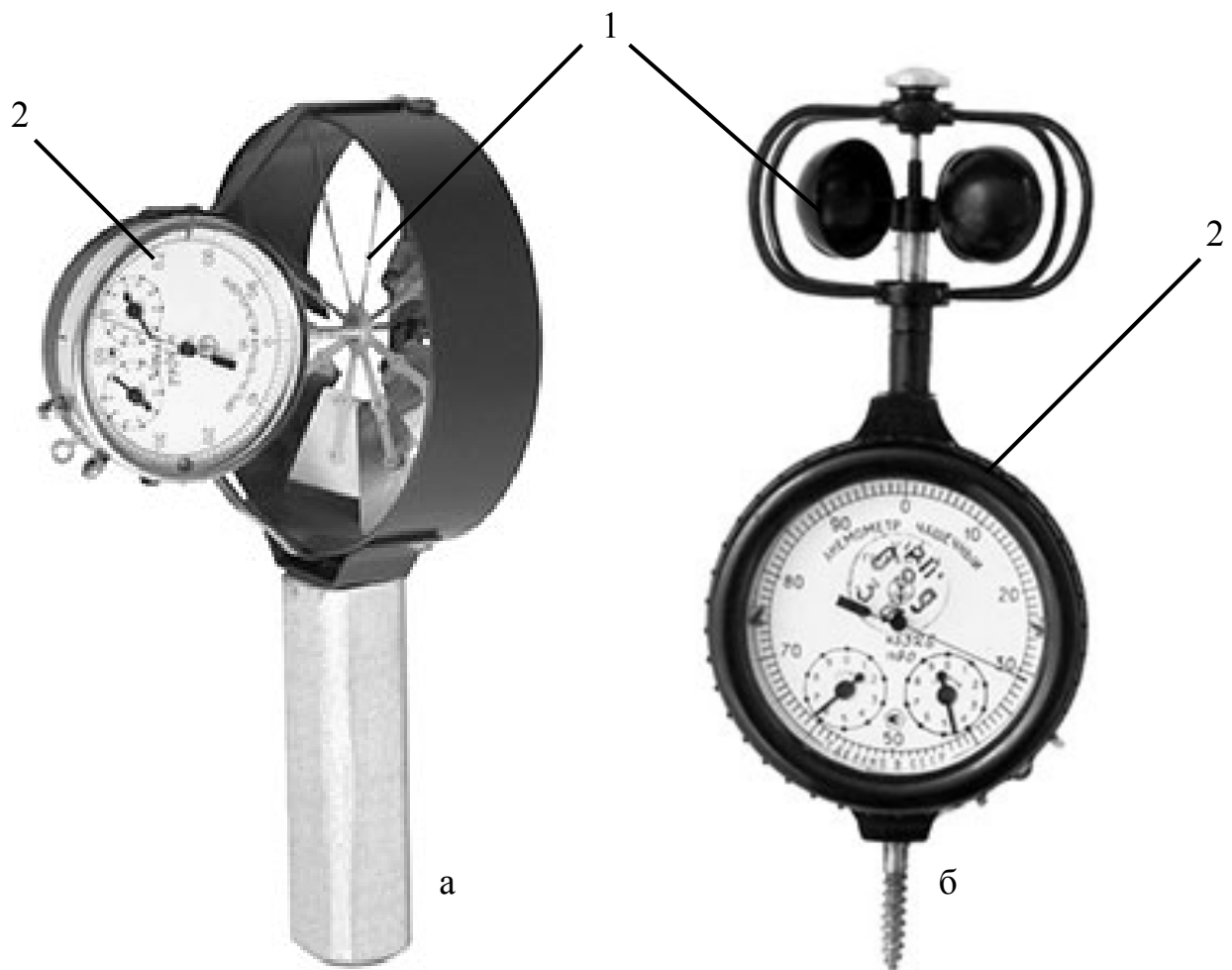


Рис. 2.3. Анемометры: а) – крыльчатый АСО–3, б) – чашечный МС–13  
1 – ветроприемник (крыльчатка, четырехчашечная вертушка), 2 – счетчик оборотов

До начала измерения скорости движения воздуха записывают исходное положение стрелки на циферблатах ( $N_1$ ), затем прибор помещают в поток воздуха таким образом, чтобы ось вращения крыльчатки крыльчатого анемометра была направлена параллельно потоку воздуха, а чашечного — перпендикулярно. После преодоления инерции и установки постоянной скорости поворотом рычажка, находящегося на боковой стороне прибора, включают счетчик оборотов и



отмечают время начала замера. Через 1 минуту выключают счетчик и записывают показания  $N_2$ . Затем определяют число оборотов в секунду:

$$n = \frac{N_2 - N_1}{\tau}, \text{ об/с} \quad (2.3)$$

где  $\tau$  – время замера (60 сек.).

Для перевода оборотов в секунду в скорость движения воздуха в м/с к каждому экземпляру прибора прилагается тарифовочный график.

#### 2.4.4. Измерение атмосферного давления

Для измерения атмосферного давления применяются барометры и барографы.

**Барометры** бывают ртутные, пружинные и anerоидные. Anerоидные наиболее распространены. Датчиком барометра-анероида является набор из последовательно соединенных между собой 5-6 anerоидных коробок. В anerоидной коробке создан вакуум, а для предотвращения ее сжатия под действием атмосферного давления внутри укреплен рессорная пружина. При повышении давления коробки сжимаются, при уменьшении – расширяются, что через систему рычагов отмечается стрелкой прибора. Точность прибора 0,1 мм.рт.ст.

**Барограф** предназначен для записи на ленту изменения атмосферного давления. Датчиком барографа является набор anerоидных коробок, которые через систему рычагов коробки связаны с пером самописца. Устройство барографа подобно устройству термографа и гигрографа.

### 2.5. Экспериментальная часть

#### 2.5.1. Задание по работе

Исходные данные, согласно номеру варианта, который задает преподаватель, принимают по табл. 2.9.

Таблица 2.9

Исходные данные по работе

Вариант	Среднесуточная температура воздуха, °С	Наименование помещения	Характер выполняемой работы, общие энергозатраты
1	-10	Деревообрабатывающий цех	Обработка древесины стоя, 140 ккал/ч
2	+18	То же	Контроль качества, 130 ккал/ч
3	+16	Арматурный цех	Обслуживание станка, 230 ккал/ч
4	-7	То же	Наладка станков, 180 ккал/ч
5	+11	Строящийся объект	Разработка грунта вручную, 400 ккал/ч
6	-13	То же	Маляр-штукатур, 220 ккал/ч
7	+5	То же	Водитель грузового автомобиля, 190 ккал/ч
8	-14	То же	Руководство работами, 145 ккал/ч
9	-2	Конструкторское бюро	Чертежник, сидя, 100 ккал/ч
10	+20	То же	Уборка помещения, 170 ккал/ч

## 2.5.2. Определение относительной влажности и температуры воздуха аспирационным психрометром

Для измерения относительной влажности воздуха батист на баллоне «мокрого» термометра смачивают при помощи пипетки. Прибор помещают на место измерения в вертикальном положении, заводят ключом механизм вентилятора (или включают электровентилятор) психрометра, после чего температура «мокрого» термометра начинает понижаться вследствие испарения воды из батиста. Снятие показаний термометров производят в момент, когда температура «мокрого» термометра достигнет минимума (через 4-5 мин). Температуру воздуха принимают по «сухому» термометру. Результаты замеров заносят в табл. 2.10.

Таблица 2.10

Определение относительной влажности воздуха

Барометрическое давление		Показания психрометра, °С		Относительная влажность $\varphi$ , %
мм. рт. ст.	Па	по «сухому» термометру $t_c$	по «мокрому» термометру $t_m$	

Относительную влажность рассчитывают по уравнению:

$$\varphi = (e/E) \cdot 100\% \quad (2.4)$$

где  $E$  – максимальная упругость водяного пара, Па, определяется по температуре «сухого» термометра по табл.2.11;

$e$  – упругость водяного пара в точке измерения, Па

$$e = E_M - 0,00066 \cdot (t_c - t_m) \cdot B \quad (2.5)$$

где  $E_M$  – максимальная упругость водяного пара при температуре «мокрого» термометра (определяется по табл. 2.11), Па;

0,00066 – постоянный психрометрический коэффициент, 1/град, при давлении 100641,5 Па или 755 мм.рт.ст. (1 мм.рт.ст. = 133,3 Па);

$t_c, t_m$  – температура воздуха, по «сухому» и «мокрому» термометрам, °С;

$B$  – барометрическое давление, Па.

Таблица 2.11

Максимальная упругость водяных паров при  $B=100641,5$  Па (755 мм.рт.ст.)

$T, ^\circ\text{C}$	$E, \text{Ем, Па}$	$T, ^\circ\text{C}$	$E, \text{Ем, Па}$	$T, ^\circ\text{C}$	$E, \text{Ем, Па}$	$T, ^\circ\text{C}$	$E, \text{Ем, Па}$
12,5	1449,0	18,0	2063,1	23,5	2894,0	29,0	4005,0
13,0	1497,1	18,5	2128,9	24,0	2982,9	29,5	4122,8
13,5	1546,8	19,0	2196,4	24,5	3073,9	30,0	4244,5
14,0	1597,9	19,5	2263,0	25,0	3166,7	30,5	4365,3
14,5	1655,5	20,0	2364,1	25,5	3262,0	31,0	4491,5
15,0	1704,8	20,5	2410,7	26,0	3360,4	31,5	4621,2
15,5	1760,2	21,0	2486,1	26,5	3461,0	32,0	4752,9
16,0	1817,4	21,5	2563,5	27,0	3564,3	32,5	4890,0
16,5	1876,3	22,0	2642,9	27,5	3670,9	33,0	5029,8
17,0	1936,9	22,5	2724,7	28,0	3778,3	33,5	5172,2
17,5	1999,1	23,0	2808,4	28,5	3890,1	34,0	5185,2

С целью облегчения расчетов для определения относительной влажности по показаниям «сухого» и «мокрого» термометров составлены психрометрические таблицы (см. табл.2.8).

### 2.5.3. Определение скорости движения воздуха

В лабораторной работе подвижность воздуха искусственно создается при помощи вентилятора, который устанавливают на расстоянии 1,5-2 м от анемометров.

Для производства замеров анемометры устанавливают так, чтобы ось вращения чашечного анемометра была перпендикулярна направлению воздушного потока, а крыльчатого – параллельна направлению потока.

Перед измерением записывают показания счетчиков по всем трем шкалам при выключенном арретире. Показания записывают в табл.2.12.

Перед проведением замеров анемометры ставят под действие воздушного потока и делают выдержку в течение 10-15 с, чтобы ветроприемник набрал скорость вращения, соответствующую скорости воздуха. Анемометр включают в действие посредством арретира одновременно с секундомером. Через определенное время (не менее 100 с) анемометр и секундомер одновременно выключают, снимают новые показания счетчиков и по формуле (2.3) определяют число оборотов в 1 с:

Скорость движения воздуха  $V$  в м/с находят по тарировочному графику, прилагаемому к каждому прибору (находится у преподавателя). Результаты расписывают в табл.2.12

Таблица 2.12

Определение скорости движения воздуха

Наименование прибора	Показания счетчиков анемометра		Время замера, с	n, об/с	Скорость V, м/с
	до измерения N <sub>1</sub> , об.	после измерения N <sub>2</sub> , об.			
Чашечный МС-13					
Крыльчатый АСО-3					

### 2.5.4. Результаты измерений и выводы по работе

Результаты эксперимента и нормативные параметры вносят в табл. 2.13. Исходные данные выбирают из табл.2.9. Нормативные значения определяются по табл.2.3 и 2.4, фактические значения – по табл.2.10 и 2.12

В выводах по работе необходимо дать заключение о соответствии каждого из замеренных параметров микроклимата нормативным значениям. Если хотя бы один из параметров выходит за пределы нормативных значений, то в целом микроклимат на рабочем месте непригоден для выполнения работ данной категории и следует разработать мероприятия устранению его вредного воздействия на работающего.

Таблица 2.13

## Результаты измерений параметров микроклимата

Период года	Характеристика производственных помещений	Категория работ	Оптимальные параметры по ГОСТ [1] и СанПиН [3]			Допустимые параметры по ГОСТ [1] и СанПиН [3]			Фактические (заме- ренные) параметры		
			Температура воздуха, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура воздуха, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Температура воздуха, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

**2.6. Мероприятия по обеспечению нормативных параметров микроклимата**

Выбрать оптимальные решения для конкретного помещения и рабочего места можно лишь при условии детального изучения причин несоответствия метеоусловий нормативным параметрам с учетом особенностей оборудования, помещения и пр. При разработке мероприятий следует пользоваться нормативной и справочной литературой.

Мероприятия по обеспечению нормальных метеоусловий и поддержания теплового равновесия работающего условно можно разделить на следующие группы:

**Архитектурно-строительные:**

- рациональная планировка помещения, рабочих мест, технологического оборудования и коммуникаций;
- устройство специальных тамбуров-шлюзов;
- устройство солнцезащитных и ветрозащитных навесов (укрытий) для работающих на открытом воздухе;
- расположение источников тепловыделения (влаги) в отдельных помещениях или на открытом воздухе.

**Технические:**

- применение прогрессивной технологии, механизация и автоматизация тяжелых и трудоемких работ;
- устройство дистанционного управления теплоизлучающими процессами и аппаратами,
- герметизация тепло- и влаговыведящего оборудования;
- теплоизоляция оборудования, аппаратов и коммуникаций, являющихся источниками излучения (температура поверхности не должна превышать 45°C);
- устройство защитных экранов, водяных и воздушных завес;
- оборудование источников тепловлаговыведения системами аспирации;
- устройство в помещении систем вентиляции и кондиционирования;
- устройство воздушного душирования;
- устройство автоматически регулируемой системы отопления.

**Организационные:**

- организация специального режима труда и отдыха;
- устройство помещений для обогрева для работающих на открытом воздухе в холодное время года;
- устройство в горячих цехах помещений для кратковременного отдыха с подачей в них очищенного и охлажденного воздуха (разность с температурой в помещении - не более 10°C);
- организация водно-солевого режима с целью профилактики обессоливания при сильном потоотделении;
- обеспечение работающих рациональной обувью и спецодеждой;
- проведение периодических медосмотров работающих;
- инструктивное и специальное обучение работающих.

**2.7. Контрольные вопросы**

1. Какие параметры определяют микроклимат производственной среды?
2. Как воздействует каждый из параметров микроклимата на организм человека?
3. Что такое терморегуляция и за счет чего она осуществляется?
4. Что называется рабочей зоной?
5. Какими документами нормируются параметры микроклимата?
6. Что такое абсолютная и относительная влажность воздуха?
7. Какие параметры называются оптимальными?
8. Какие параметры называются допустимыми?
9. Какие категории работ используют при нормировании микроклимата?
10. Какие приборы используются для измерения влажности воздуха? Принцип действия и порядок измерений.
11. Какие приборы используются для определения скорости движения воздуха? Принцип действия и порядок измерений.
12. Какие факторы влияют на установление нормативных параметров?
13. Виды рекомендаций по приведению параметров микроклимата в соответствии с требованиями нормативных документов?

### **3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ ВЕСОВЫМ МЕТОДОМ»**

#### **3.1. Цель работы**

Ознакомление с основными сведениями о производственной пыли и ее воздействии на организм человека. Изучение принципов гигиенического нормирования пылевой обстановки в производственных помещениях и на рабочих местах. Освоение методов и способов измерения концентрации пыли и измерительной аппаратуры. Приобретение навыков санитарно-гигиенической оценки пылевой обстановки и разработки мероприятий по улучшению условий труда.

#### **3.2. Общие сведения**

**Пыль** – мельчайшие частицы твердого вещества, которые способны некоторое время находиться в воздухе во взвешенном состоянии. Пыль образуется как в естественных условиях, так и на производстве, например, при дроблении и размоле твердых веществ, при изготовлении строительных изделий, их обработке и транспортировании. Промышленная пыль характеризуется широким диапазоном размеров частиц – от долей микрона до 1-2 мм и более.

В воздухе рабочей зоны чаще всего содержится пыль с размерами частиц не более 20 – 30 мкм. Более крупные частицы оседают из воздуха через непродолжительное время.

По природе образования пыли делятся на органическую, неорганическую и смешанную.

Степень вредного воздействия пыли на организм человека зависит от физико-химических свойств исходного материала, размеров частиц пыли и степени запыленности (концентрации пыли в воздухе).

Физико-химический состав пыли во многом определяет характер ее воздействия на организм. Следует отметить, что при измельчении до пылевидного состояния физико-химическая активность исходного материала может возрастать в сотни раз по причине увеличения его удельной поверхности. Например, вещество, которое является малотоксичным при проглатывании, может проявлять явно выраженные токсические свойства при вдыхании его в виде пыли.

По размерам частиц пыль делится на 5 классификационных групп: наиболее крупнодисперсная, крупнодисперсная, среднедисперсная, мелкодисперсная, наиболее мелкодисперсная. Чем меньше размеры пылевых частиц, тем большее время они находятся во взвешенном состоянии в воздухе, и тем больше вероятность их воздействия на человека.

Пыль может попадать в организм через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки.

По характеру действия на организм человека пыль можно разделить на раздражающую и токсичную.

К **раздражающим** относятся минеральная (цемент, кварц, гипс, минеральное волокно и др.), металлическая, древесная пыль. Они вызывают раздражение и воспаление органов дыхания.

Профессиональные заболевания, которые вызывают раздражающие пыли, называются пневмокониозами (пневмо - легкие, кониа - пыль) и пылевыми бронхитами. В зависимости от состава пыли, различают разновидности пневмокониоза – силикозы (воздействие кварцевой пыли), атракноз (угольной), асбестоз (асбестовой), алюминоз (пыль глины или бокситов) и пр.

Кроме того, пыль вызывает общие заболевания дыхательных путей, такие, как ларингит, фарингит, бронхит и пр.

Ряд пылей действуют раздражающе на кожные покровы, вызывая пылевые поражения кожи – шероховатости и шелушение, утолщения и огрубление кожи, выпадение волос, угри, фурункулез, бородавки, экземы. Загрязнение кожи пылью снижает ее потоотделительную функцию вследствие закупорки желез.

Целый ряд промышленных пылей вызывают ярко выраженные аллергические реакции. Это проявляются в виде различных кожных реакций – экзем, дерматитов, различных высыпаний, аллергического раздражения верхних дыхательных путей и пр.

При воздействии пыли на глаза развиваются конъюнктивиты, помутнение хрусталика, поражение роговицы.

**Токсичные** пыли образуются из веществ, которые, растворяясь в биологических средах, действуют на организм как яд и вызывают его отравление, например, мышьяк, свинец и пр. Следует отметить, что токсичное действие вещества в пылевидном состоянии многократно усиливается, некоторые вещества токсичны только в виде пыли.

Пыль способна адсорбировать из воздуха некоторые ядовитые газы, в результате чего пыль нетоксичных материалов может оказаться ядовитой. Например, сажа адсорбирует практически все токсичные вещества, образующиеся в процессах сгорания.

Имеются сведения о мутагенном и канцерогенном воздействии пылей на организм человека.

Взвешенная в воздухе пыль горючих материалов может стать причиной взрывов и пожаров, при этом взрывы пылевоздушных смесей вызывают весьма значительные разрушения. Для возникновения взрыва необходимо, чтобы концентрация пыли в воздухе находилась между нижним и верхним концентрационными пределами воспламенения.

Нижний (верхний) концентрационный предел воспламенения (НКПВ и ВКПВ) – минимальная (максимальная) концентрация пыли в воздухе при атмосферном давлении, при которой пылевоздушная смесь способна воспламениться от внешнего источника зажигания с распространением пламени в ее объеме.

### 3.3. Нормативные требования

ГОСТ 12.1.005 – 88 [1] установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) пыли и других вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Под ПДК понимается концентрация пыли в  $\text{мг/м}^3$ , которая 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 может вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений

По степени воздействия на организм пыли подразделяются на четыре класса опасности: 1-й - чрезвычайно опасный ( $\text{ПДК} < 0,1 \text{ мг/м}^3$ ); 2-й - высокоопасный ( $0,1 < \text{ПДК} < 1 \text{ мг/м}^3$ ); 3-й - умеренно опасный ( $1 < \text{ПДК} < 10 \text{ мг/м}^3$ ); 4-й - малоопасный ( $\text{ПДК} > 10 \text{ мг/м}^3$ ).

Содержание пыли в воздухе рабочей зоны подлежит систематическому контролю для предупреждения возможности превышения ПДК - максимально разовых рабочей зоны ( $\text{ПДК}_{\text{мр. рз}}$ ) и среднесменных рабочей зоны ( $\text{ПДК}_{\text{сс. рз}}$ ).

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких видов пыли однонаправленного действия сумма отношений фактических концентраций каждой из них ( $C_1, C_2, \dots, C_n$ ) в воздухе помещений к их ПДК ( $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ ) по ГОСТ [1] не должна превышать единицы.

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1. \quad (3.1)$$

Для определения содержания пыли в воздухе отбор проб должен производиться в зоне дыхания (пространство в радиусе до 50 см от лица работающего) при характерных производственных условиях с учетом основных технологических процессов, источников выделения вредных веществ и функционирования технологического оборудования.

В течение смены на отдельных этапах технологического процесса в каждой точке должно быть последовательно отобрано такое количество проб (но не менее пяти), которое явилось бы достаточным для достоверной гигиенической характеристики состояния воздушной среды. Метод отбора проб должен обеспечить избирательное определение содержания пыли на уровне  $\leq 0,5$  ПДК, а длительность отбора проб не должна превышать 30 мин.

Периодичность контроля устанавливается в зависимости от класса опасности пыли: для I класса - не реже 1 раза в 10 дней, II класса - не реже 1 раза в месяц, III и IV классов - не реже 1 раза в квартал.

### 3.4. Измерение концентрации пыли

При выполнении исследований промышленной пыли применяется качественный и количественный виды анализа.

**Качественный** анализ включает определение химического состава пыли, а также ее физико-химических свойств, таких, как абразивность, электропро-



водность, слипаемость и др. Качественный анализ выполняется в лабораториях или экспресс-методами непосредственно на месте выделения пыли.

**Количественный** анализ позволяет определить концентрацию пыли в воздухе. Для этого применяют две группы методов:

1. Методы **без предварительного осаждения** пыли являются косвенными. Концентрация пыли определяется по результатам измерений различных физических параметров пылевоздушного потока. Наибольшее распространение получили оптические методы, основанные на измерении поглощения света пылегазовым потоком или рассеяния света частицами пыли. Точность результатов замеров определяется характером движения частиц пыли и, в большинстве случаев, невысока. Достоинством этих методов являются непрерывность и скорость получения результатов замеров. Они позволяют вести непрерывный промышленный контроль, что дает возможность автоматизации управления технологическим процессом и своевременного оповещения персонала об аварийных ситуациях.

2. Методы, основанные на **предварительном осаждении пыли**, позволяют определить непосредственно весовую концентрацию пыли в воздухе.

Наибольшее распространение получил **весовой метод**. Он заключается в осаждении пыли из определенного объема воздуха на фильтры АФА-ВП, определении привеса фильтра и вычисления весовой концентрации пыли в  $\text{мг/м}^3$ . В качестве фильтрующего элемента используют гидрофобные материалы типа ФПП (фильтр-полотно Петрянова) из ультратонких волокон перхлорвинила, которые обеспечивают очень высокую степень улавливания частиц пыли размерами до 0,1 – 0,2 мкм.

### 3.5. Экспериментальная часть

#### 3.5.1. Задание по работе

Исходные данные для выполнения работы согласно номеру варианта, который задает преподаватель, принимают по табл. 3.1.

Таблица 3.1

Исходные данные

Вариант	Вещество	ПДК, $\text{мг/м}^3$	Требуемое время работы в респираторе, ч
1	Зерновая	4	1
2	Мучная	6	8
3	Хлопчатобумажная	2	4
4	Пыль стеклянного волокна	6	20
5	Пуховая	2	8
6	Древесная	6	2
7	Пыль известняка	6	16
8	Пыль асбеста	2	10
9	Пыль цемента	6	22
10	Пыль гипса	2	10

### 3.5.2. Приборы и материалы

Для выполнения работы требуются следующие приборы и материалы:

- установка для отбора проб пыли на фильтр АФА-ВП (см. рис. 3.1);
- весы аналитические класса точности не менее II (высокий) по ГОСТ [7];
- барометр-анероид;
- термометр;
- секундомер.

### 3.5.3. Порядок выполнения работы

1. Определяют вес фильтра АФА-ВП-10 на аналитических весах, для чего:

- вынимают из обоймы комплект фильтра, разворачивают пакет из кальки, затем защитное бумажное кольцо и вынимают фильтрующий элемент;
- складывают фильтрующий элемент с помощью пинцета вчетверо, кладут в центр чашечки весов и взвешивают;
- помещают фильтрующий элемент в защитное бумажное кольцо, на котором проставляют порядковый номер фильтра и его вес. Записи выполняют со стороны запыления фильтра, а затем заносят их в табл.3.2.

2. Подготавливают установку к работе. Для этого:

- взвешенный фильтрующий элемент вместе с защитным бумажным кольцом вставляют в аллонж 8 (см. рис.3.1).
- в пылевой камере 9 создают требуемую запыленность воздуха.

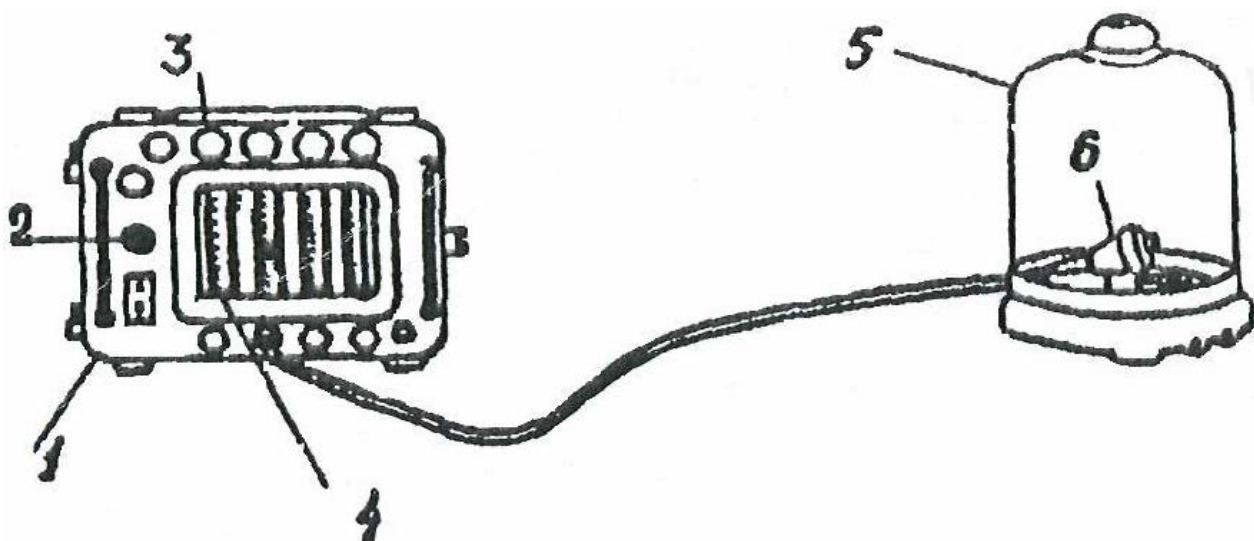


Рис. 3.1.Схема установки для отбора проб пыли на фильтр АФА-ВП

1- аспиратор; 2 – выключатель; 3 – ручки вентилялей;  
4 – ротаметр; 5 – пылевая камера; 6 – аллонж

3. Производят отбор пробы пыли. Для этого:

- включают одновременно аспиратор 1 и секундомер;
- по ротаметру 4 снимают показания расхода воздуха:  $P_1$  – в начале отбора (через 30 секунд),  $P_2$  – через 1 минуту,  $P_3$  – в конце отбора (через 2 минуты). Результаты заносят в табл. 3.2;

- по барометру и термометру определяют соответственно атмосферное давление и температуру воздуха. Результаты заносят в табл. 3.2.
- отключают аспиратор, вынимают фильтр из аллонжа и складывают его вчетверо, запыленной стороной внутрь;
- взвешивают фильтр. Результат заносят в табл. 3.2.

Если привес пыли  $25 \text{ мг} > (m_2 - m_1) > 2 \text{ мг}$ , то производят новый отбор пробы, корректируя время отбора.

4. Выполняют расчет концентрации пыли. Для этого:

- определяют усредненный объем воздуха, прошедшего через ротаметр:

$$V = \frac{(P_1 + P_2 + P_3) \cdot \tau}{3 \cdot 1000}, \text{ м}^3. \quad (3.2)$$

где  $P_1, P_2, P_3$  – показания ротаметра аспиратора, л/мин;

$\tau$  – общее время замера (2 мин)

- приводят усредненный объем воздуха к нормальным условиям ( $t = 0^\circ\text{C}$ ;  $B = 760 \text{ мм рт.ст.}$ ) по формуле:

$$V_0 = \frac{V \cdot 293 \cdot B}{(273 + t) \cdot 760}, \text{ м}^3, \quad (3.3)$$

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

$t$  – температура воздуха, проходящего через аспиратор,  $^\circ\text{C}$ .

- находят весовую концентрацию пыли по формуле:

$$C = \frac{m_2 - m_1}{V_0}, \text{ мг/м}^3, \quad (3.4)$$

где  $m_1, m_2$  – масса фильтра соответственно до и после отбора пробы, мг.

Результаты расчетов заносят в табл.3.2.

Таблица 3.2

Результаты исследования концентрации пыли в воздухе

Вид пыли	Температура воздуха $t, ^\circ\text{C}$	Барометрическое давление $B$ , мм рт.ст.	Масса фильтра, мг		Время замера $\tau$ , мин.	Показания ротаметра $P$ , л/мин.	$V, \text{ м}^3$	$V_0, \text{ м}^3$	$C, \text{ мг/м}^3$
			до замера, $m_1$	после замера $m_2$					
					0,5				
					1,0				
					2,0				

### 3.5.4. Оценка результатов измерений и выводы по работе

Оценку пылевой обстановки выполняют следующим образом:

- состав пыли принимают в соответствии с вариантом (табл.3.1);
- по веществу, из которого состоит пыль, определяют ПДК (табл.3.1).

В случае, если фактическая запыленность воздуха, полученная по формуле 3.2 превышает ПДК, следует предложить наиболее целесообразные технические и профилактические мероприятия по улучшению условий труда (см., например, [2, 5, 8] и др.).

### 3.6. Мероприятия по борьбе с пылью

Выбор способов уменьшения запыленности помещений зависит от условий работы, технологического процесса и вида пыли.

В настоящее время, в основном, идут по пути применения прогрессивной технологии, включающей замкнутые циклы, мокрый способ производства, автоматизацию, комплексную механизацию и дистанционное управление, исключая контакт человека с пылью.

Инженерно-экологические мероприятия по борьбе с пылью включают герметизацию пылящего оборудования, устройство систем местной вытяжной вентиляции, систем аспирации технологического оборудования, а также очистку воздуха в пылеуловителях и применение пневмотранспорта сыпучих материалов. Следует предусматривать систематическую уборку помещений централизованным и местным способом.

Конкретный выбор мероприятий по борьбе с пылью производится на основании сделанной оценки пылевой обстановки.

В предложениях по улучшению условий труда следует предусмотреть использование различных устройств, предотвращающих возникновение или распространение пыли, а также применение индивидуальных средств защиты.

#### 3.6.1. Определение времени защитного действия респиратора (выполняется по указанию преподавателя)

В тех случаях, когда технические мероприятия не могут полностью обеспечить снижение концентрации пыли в воздухе рабочей зоны производственного помещения до ПДК, следует дополнительно использовать средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД). К ним относятся изолирующие СИЗОД (шланговые и универсальные противогазы), а также фильтрующие СИЗОД – противопылевые респираторы [8].

Технические характеристики респираторов приведены в табл. 3.3.

Выбор типа респиратора осуществляется в зависимости от требуемой эффективности пылезадержания и продолжительности времени работы в респираторе.

Требуемую эффективность пылезадержания респиратора определяют по формуле:

$$\eta_{mp} = \frac{C - ПДК}{C} \cdot 100\%, \quad (3.5)$$

где  $C$  – концентрация пыли в воздухе, принимаемая по результатам экспериментальных замеров или по заданию преподавателя.

Необходимое время работы в респираторе выбирают из табл. 3.1 в соответствии с номером варианта, задаваемого преподавателем.

Результаты заносят в табл.3.4.

Таблица 3.3

## Технические характеристики респираторов

N	Показатель	Тип респиратора					
		ШБ-1 «Лепесток-5»	У-ГК	Ф - 6211	Астра-2	ПРШ - 741	ПРШ - 472
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Эффективность пылезадержания, %	96,0	98,0	99,0	99,3	99,9	99,99
2	Время защитного действия при запыленности, мг/м <sup>3</sup> :						
	1000	—	—	—	—	6	7
	600	—	—	—	—	11	13
	300	4	—	—	5	22	26
	100	8	1	5	10	44	52
3	Сокращение поля зрения, %	10,0	14,0	19,0	26,0	10,0	10,0
4	Начальное сопротивление (Па) при расходе (30 л/мин)						
	5·10 <sup>-4</sup> м/с: на входе	70	520	400	310	120	180
	на выходе	70	350	370	300	300	300
5	Масса респиратора, г	10	48	190	250	200	220

Примечание. Для промежуточных концентраций время защитного действия респиратора определяется путем интерполяции.

Таблица 3.4

## Подбор респиратора

Эффективность пылезадержания, %		Время защитного действия, ч		Тип респиратора	Сокращение поля зрения, %	Начальное сопротивление Па		Масса респиратора г
требуемая	фактическая	требуемое	фактическое			на входе	на выходе	

## 3.7. Контрольные вопросы

1. Как воздействует пыль на организм человека?
2. Каким образом классифицируют пыли?
3. Что понимается под предельно допустимой концентрацией пыли, единица её измерения?
4. В каком документе приведены ПДК и от чего зависит ПДК?
5. Какие мероприятия применяют при борьбе с пылью?
6. Какие методы используют для определения концентрации пыли в воздухе?
7. Какие приборы применяют для определения концентрации пыли в воздухе рабочей зоны?
8. Какие индивидуальные средства используют для защиты от пыли?
9. Что понимают под эффективностью респиратора?
10. Какие виды респираторов применяются, принцип их работы?

## **4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОЦЕНКА КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ»**

### **4.1. Цель работы**

Ознакомление с основными сведениями о вредных веществах, применяемых в промышленности и их воздействии на организм человека. Изучение принципов гигиенического нормирования концентрации вредных веществ в воздухе производственных помещений и рабочей зоны. Освоение методов и способов измерения концентрации вредных веществ в воздухе и измерительной аппаратуры. Приобретение навыков санитарно-гигиенической оценки содержания вредных веществ в воздухе и разработки мероприятий по улучшению условий труда.

### **4.2. Общие сведения**

Вредные вещества - вещества, отрицательно воздействующие на организм человека и вызывающие нарушение процессов нормальной жизнедеятельности. Результатом воздействия вредных веществ могут явиться острые или хронические отравления работающих.

Вредные вещества могут проникать в организм человека через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожу, а также через слизистые оболочки глаз. Выведение вредных веществ из организма происходит через легкие, почки, желудочно-кишечный тракт и кожу.

Токсический эффект вредных веществ зависит от ряда факторов: пола и возраста работающих, индивидуальной чувствительности организма, характера и тяжести выполняемой работы, метеорологических условий производства и др. Некоторые вредные вещества могут оказывать вредное влияние на организм человека не в момент их воздействия, а по прошествии многих лет и даже десятилетий (отдаленные последствия). Проявление этих влияний может отразиться и на потомстве. Такими отрицательными эффектами являются гонадотропное, эмбриотоксическое, канцерогенное, мутагенное действия.

Несмотря на широкое внедрение малоопасных веществ и материалов, вредные вещества продолжают использоваться в современном экономическом хозяйстве.

### **4.3. Нормативные требования**

Все вредные вещества подразделяются по опасности на четыре класса: 1-й - чрезвычайно опасные; 2-й - высокоопасные; 3-й - умеренно опасные; 4-й - малоопасные.

Класс опасности вещества устанавливают по совокупности параметров, указанных в табл.4.1.

Отнесение вещества к классу опасности выполняют по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности. Для большинства веществ таким параметром является предельно допустимая концентрация (ПДК).

Таблица 4.1

## Классификация веществ по степени воздействия на человека

Наименование показателей	Норма для класса опасности			
	1	2	3	4
Предельно допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	< 0,1	0,1 ... 1,0	1,1 ... 10,0	>10
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	<15	15 ... 150	151 ... 5000	>5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	<100	100 ... 500	501 ... 2500	>2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	<500	500 ... 5000	5001-50000	>50000
Коэффициент возможного ингаляционно-го отравления (КВИО)	>300	300 ... 30	29 ... 3	<3
Зона острого действия	<6,0	6,0 ... 18,0	18,1 ... 54,0	>54
Зона хронического действия	>10,0	10,0 ... 5,0	4,9 ... 2,5	<2,5

ПДК – такая концентрация вредного вещества в мг/м<sup>3</sup>, которая 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 может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Для производственной среды различают ПДК максимально разовые рабочей зоны (ПДК<sub>мр.рз</sub>) и ПДК среднесменные рабочей зоны (ПДК<sub>сс. рз</sub>).

Максимально разовая ПДК – это содержание вещества в зоне дыхания работника, усредненное периодом кратковременного отбора проб (15-30 мин); фактически - это характеристика безопасности вещества для данного момента с учетом установленного метода отбора проб и его длительности. Максимально разовая концентрация всегда служила и служит в основном для инспекторских целей, давая возможность оценить степень надежности и упорядоченности того или иного технологического процесса, но не дает полного ответа на вопрос о мере воздействия вредного химического вещества на человека. Исключение могут составить особо опасные вещества острого и остронаправленного действия, где ожидаемый эффект в значительной степени определяется имеющей место величиной максимально разовой концентрации.

Среднесменная допустимая ПДК вредного вещества – это средняя концентрация, полученная при непрерывном или прерывистом отборе проб воздуха при суммарном времени, равном не менее 75% продолжительности рабочей смены. Эта величина устанавливает безопасный уровень вредного вещества, распространяясь на всю продолжительность рабочей смены. Следует подчеркнуть, что для веществ, обладающих остронаправленным действием (раздражающим и др.), устанавливается только максимально разовая ПДК.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК), используемых при проекти-

ровании производственных зданий, технологических процессов, оборудования, вентиляции и, для контроля за качеством производственной среды и профилактики неблагоприятного воздействия на здоровье работающих.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ разнонаправленного действия ПДК остаются такими же, как и при изолированном воздействии.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия сумма отношений фактических концентраций каждой из них ( $K_1, K_2, \dots K_n$ ) в воздухе помещений к их ПДК (ПДК<sub>1</sub>, ПДК<sub>2</sub>, ... ПДК<sub>n</sub>) по ГОСТ [1] не должна превышать единицы.

$$\frac{K_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{K_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{K_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1. \quad (4.1)$$

#### 4.4. Измерение концентрации вредных веществ

Для измерения концентрации вредных веществ в воздухе рабочей применяют газоанализаторы.

По принципу действия газоанализаторы могут быть разделены на следующие группы:

1. Абсорбционные газоанализаторы, в которых компоненты газовой смеси последовательно поглощаются различными реагентами.
2. Объёмно-манометрические газоанализаторы, которые определяют изменение параметров газовой смеси, происходящие в результате химических реакций.
3. Газоанализаторы, принцип работы которых основан на физико-химических методах анализа (термохимические, электрохимические, хроматографические и пр.).
4. Газоанализаторы, работающие на чисто физических методах анализа (термокондуктометрические, денсиметрические, магнитные, оптические и др.).

На данный момент наиболее распространены термо- и электрохимические и оптические газоанализаторы.

Каждый газоанализатор предназначен для измерения концентрации только определенных компонентов на фоне конкретной газовой смеси в нормированных условиях. Однако принцип действия и конструктивные особенности многих типов газоанализаторов позволяют компоновать их в многофункциональные мультигазовые системы, позволяющие осуществлять одновременный контроль концентраций нескольких веществ и имеющие множество дополнительных функций.

#### 4.5. Экспериментальная часть

##### 4.5.1. Задание по работе

Исходные данные для выполнения работы согласно номеру варианта, который задает преподаватель, принимают по табл. 4.2.



Таблица 4.2

## Исходные данные

Вариант	Вид вещества	Начало смены, мин	Загрузка сырья, мин	Работа оборудования, мин	Регулировка оборудования, мин	Загрузка сырья, мин	Вспомогательные работы, мин	Визуальный контроль, мин
1	Азота диоксид	70	40	35	75	70	50	40
2	Азота оксиды (в пересчете на NO <sub>2</sub> )	70	65	35	50	50	50	40
3	Акролеин	20	30	60	20	30	30	50
4	Бензол <sup>+</sup>	50	30	30	20	20	30	60
5	Кислота азотная <sup>+</sup>	30	50	60	30	20	30	20
6	Керосин (в пересчете на С)	40	50	50	35	50	65	70
7	Кислота уксусная <sup>+</sup>	35	75	70	40	50	70	40
8	Ксилол	50	30	30	20	30	40	20
9	Толуол	70	65	35	50	50	50	40
10	Спирт этиловый	60	50	50	35	50	75	50

## 4.5.2. Приборы и материалы

При выполнении лабораторной работы используется мультигазовый переносной газоанализатор Комета.

Газоанализатор (рис. 4.1) предназначен для контроля опасных концентраций горючих, токсичных газов и кислорода в атмосфере рабочих зон промышленных объектов, на рабочих местах, в системах коммуникаций, и для оповещения об опасных уровнях концентрации. Газоанализатор Комета также может использоваться в качестве течеискателя.

Доступ воздуха на газочувствительные сенсоры осуществляется путем естественной диффузии через специальные отверстия в корпусе прибора

Функции прибора включают автоматический контроль с отображением цифровых значений концентрации газов в атмосфере; оптическое (светодиоды) и акустическое (сирена) оповещение об опасных уровнях концентраций.

Технические характеристики прибора указаны в таблице 4.3.



Рис. 4.1. Газоанализатор Комета

Таблица 4.3

## Технические характеристики газоанализатора Комета

Характеристики	Значения
Относительная погрешность измерения по горючим и токсичным газам в нормальных условиях ( $\delta$ ), %	25
Погрешность измерения по кислороду при нормальных условиях:	
- в диапазоне (12 - 30) % об., абсолютная погрешность ( $\Delta$ ), % об.	$\pm 0,5$
- в диапазоне (0,1 - 12) % об., относительная погрешность ( $\delta$ ), %	25
Габаритные размеры (с чехлом), мм, не более	170×80×85
Масса, г, не более	700
Рабочий диапазон температур, °C:	
- холодоустойчивое исполнение	от -30 до +50
- исполнение для нормальных условий	от -20 до +40
Рабочий диапазон относительной влажности, %	30 ... 95
Режим установки «0»:	
- автокалибровка	есть
- принудительная калибровка	есть
Периодичность поверки	не реже 1 раза в 12 мес.

### 4.5.3. Порядок выполнения работы

Измерение концентрации производится с помощью электрохимического детектора. В газоанализаторе используется диффузионный отбор пробы воздуха. Текущее значение выводится на электронный дисплей прибора. Встроенная включаемая подсветка позволяет считывать показания. Кроме того, прибор оснащен звуковой, световой и вибросигнализацией превышения измеряемой концентрации порогового значения (недостатка или избытка кислорода).

Результаты замеров и вычислений заносят в таблицу 4.4.

Таблица 4.4

Результаты замеров и вычислений концентрации

Наименование вещества	Основные стадии технологического процесса	Продолжительность, мин, $t_n$	$K_1$ , мг/м <sup>3</sup>	$K_2$ , мг/м <sup>3</sup>	$K_3$ , мг/м <sup>3</sup>	$K_n$ , мг/м <sup>3</sup>	$K_n^t$
	Начало смены						
	Загрузка сырья						
	Работа оборудования, снятие готовых изделий, контроль за работой оборудования						
	Регулировка оборудования						
	Загрузка сырья						
	Визуальный контроль						
	Снятие готовых изделий						

Содержание вещества в 3-х точках определяют по формуле:

$$K_n = (K_1 + K_2 + K_3) / n, \text{ мг/м}^3 \quad (4.2)$$

где  $K_1, K_2, K_3$  – концентрация вредного вещества в точке замера, мг/м<sup>3</sup>;  
 $n$  – количество точек отбора проб.

Произведение разовых измерений концентраций вредного вещества на время выполнения операции определяется по формуле:

$$K_n^t = K_n \cdot t_n, \text{ мг*мин/м}^3 \quad (4.3)$$

Сумма произведений всех результатов разовых измерений концентраций на время выполнения операции (стадии техпроцесса) равна:

$$P_{\text{конц}} = K_n^{t1} + K_n^{t2} + K_n^{tn}, \text{ мг*мин/м}^3 \quad (4.4)$$

Среднесменная концентрация вредных веществ определяется по формуле

$$K_{cc} = P_{\text{конц}} / T, \text{ мг/м}^3 \quad (4.5)$$

где  $T$  – общее время рабочей смены (без учета времени перерывов), мин.

Таблица 4.5

## Характеристики веществ, применяемых в лабораторной работе

Наименование вещества	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Агрегатное состояние в условиях производства	Класс опасности	Действие на организм
Азота диоксид	2	п	III	0
Азота оксиды (в пересчете на NO <sub>2</sub> )	5	п	III	0
Акролеин	0,2	п	II	
Бензол <sup>+</sup>	15/5	п	II	К
Кислота азотная <sup>+</sup>	2	а	III	
Керосин (в пересчете на С)	300	п	IV	
Кислота уксусная <sup>+</sup>	5	п	III	
Ксилол	50	п	III	
Толуол	50	п	III	
Спирт этиловый	1000	п	IV	

Результаты экспериментальных исследований и нормативные параметры вносятся в таблицу 4.6. Характеристики веществ, применяемых в лабораторной работе выбираются в соответствии с вариантом из табл. 4.5.

Таблица 4.6

## Результаты измерений и выводы по работе

Наименование вещества	Класс опасности	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Время рабочей смены Т, мин	Сумма произведений всех разовых результатов Р <sub>конц</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Среднесменная концентрация вредных веществ, К <sub>сс</sub> , мг/м <sup>3</sup>

## 4.5.4. Оценка результатов измерений и выводы по работе

В выводах по работе следует сделать заключение о соответствии замеренного параметра нормативным значениям.

## 4.6. Мероприятия обеспечению безопасности работ с вредными веществами

Мероприятия по обеспечению безопасности работ при контакте с вредными веществами подразделяются на общие и индивидуальные.

Применение тех или иных средств нейтрализации или предупреждения воздействия вредных веществ проводится после тщательного анализа воздуха. Анализ воздуха дает возможность изучить санитарно-гигиенические условия труда, выяснить и устранить причины попадания в воздух ядовитых веществ в концентрациях, превышающих допустимые нормы, определить концентрации ядовитых веществ на рабочих местах, эффективность и герметичность применяемой аппаратуры.

К общим мероприятиям по предупреждению загрязнения воздушной среды на производстве относятся: архитектурно-проектные и планировочные решения; назначение санитарно-защитных зон при проектировании и застройке объектов; усовершенствование технологического оборудования и технологических процессов. В проектных решениях заданий и сооружений должны быть предусмотрены технические средства, исключающие содержание в воздухе зданий и рабочих зон вредных газов и паров и образование застойных зон. При правильной планировке технологического комплекса предприятия располагается так, чтобы вредные выделения из одного цеха не попадали в другой. Поэтому технологические установки на открытых площадках и производственные здания с вредными выделениями размещают с подветренной стороны по отношению к другим цехам. Расстояние между отдельными корпусами должно быть не менее полусуммы высот противостоящих зданий и не менее 15м.

Технические и организационные мероприятия включают:

- изъятие вредных и особо токсичных веществ из технологических процессов, замена вредных веществ на менее вредные (замена красителей, растворителей, пигментов и т.д. на менее опасные);
- соблюдение правил хранения, транспортирования и применения ядовитых веществ. Токсичные вещества необходимо хранить в отдельных, закрытых, хорошо вентилируемых складских помещениях, удаленных от жилых домов, столовых, водоемов, колодцев, а также от рабочих мест. В складах обязательно необходимо вывешивать предупредительные надписи. Допуск на склад хранения токсических веществ посторонних лиц запрещен;
- эффективной мерой снижения выделения вредностей в рабочей зоне являются: усовершенствование технологического оборудования, применение замкнутых технологических циклов, непрерывных транспортных потоков, применение мокрых способов переработки сырьевых пылящих материалов;
- обязательным требованием является герметизация оборудования. Однако полная герметизация не всегда возможна из-за наличия рабочих отверстий. Наиболее эффективным является, в этом случае, аспирация агрегатов с осуществлением отсоса из-под укрытия. Конструкции таких отсосов разнообразны: вытяжные шкафы, вытяжные зонты, бортовые отсосы с искусственной или механической тягой;
- применение дистанционного управления технологическими процессами с герметизацией рабочего места оператора, применение механизации и автоматизации производственных процессов (исключающие присутствие в рабочей зоне людей);
- систематическая уборка помещений;
- вентиляция производственных помещений и применение специальных аспирационных установок;
- постоянный контроль над содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны;
- проведение медицинских осмотров работающих, профилактическое питание, соблюдение правил промсанитарии и гигиены труда.

#### **4.7. Контрольные вопросы**

1. Что такое рабочая зона?
2. Что такое вредные вещества?
3. Что такое максимально разовая концентрация и назовите единицы измерения?
4. Что такое среднесменная концентрация вредного вещества? Назовите единицы измерения.
5. В чем заключается токсический эффект вредных веществ ?
6. Назовите прибор для измерения концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, принцип его работы?
7. Какими нормативными документами определяются ПДК для вредных веществ?
8. Мероприятия по обеспечению безопасности работ при контакте с вредными веществами

## **5. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОЦЕНКА ШУМОВОЙ ОБСТАНОВКИ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ»**

### **5.1. Цель работы**

Ознакомление с основными сведениями о производственном шуме и воздействии его на организм человека. Изучение принципов гигиенического нормирования производственного шума. Освоение методов и способов измерения производственного шума и измерительной аппаратуры. Приобретение навыков санитарно-гигиенической оценки шумовой обстановки в производственных помещениях и на рабочих местах и разработки мероприятий по улучшению условий труда.

### **5.2. Общие сведения**

Шумом называют различные звуки, мешающие нормальной деятельности человека и вызывающие неприятные ощущения.

Звук или шум возникает при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах.

При воздействии шума на человека повышается кровяное давление, учащается пульс и дыхание, ухудшается зрение, а длительное воздействие шума может привести к потере слуха. Комплекс изменений, возникающих в организме под влиянием шума рассматривается как шумовая болезнь. При высоком уровне шума создается опасность несчастных случаев на производстве из-за неразличимости слуховых сигналов и непонимания устной речи.

#### **5.2.1. Параметры шума**

Звук представляет собой колебательное движение упругой среды, воспринимаемое нашим органом слуха. За единицу частоты колебательного движения принят Герц (Гц), равный одному колебанию в секунду. Человек способен различать звуки в диапазоне частот от 20 до 20000 Гц. Колебания ниже 20 Гц (инфразвук) и выше 20 000 Гц (ультразвук) не вызывают слуховых ощущений, но оказывают вредное биологическое воздействие на организм человека.

Разложение шума на составляющие его тона (звуки с одной частотой) с определением их интенсивностей называют спектральным анализом, а графическое изображение частотного состава шума – спектром.

По характеру спектра шумы подразделяют на широкополосные (с излучением звуковой энергии непрерывным спектром, шириной более 1 октавы) и тональные (с излучением звуковой энергии в отдельных тонах).

По временным характеристикам шумы следует подразделять на постоянные (уровни звука которых за 8 - часовой рабочий день изменяются по времени не более чем на 5 дБА при измерении на временной характеристике шумомера "медленно" и по шкале "А") и непостоянные (при изменении уровня звука более 5дБА). Шкала "А" шумомера позволяет определить уровни шума, являющиеся геометрической суммой всех звуков в полосе от 40 до 10000 Гц.

Непостоянные шумы в свою очередь подразделяют на колеблющиеся во времени (уровень звука непрерывно изменяется во времени), прерывистые (уровень звука которого ступенчато изменяется на 5 дБА и более, с длительностью интервалов 1 с и более) и импульсные (состоят из одного или несколько звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с).

Для получения частотных спектров шумов производят измерение уровней звукового давления на различных частотах с помощью шумомера. По результатам этих измерений на фиксированных стандартных октавных среднегеометрических частотах 31,5 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц строят спектр шума.

Среднегеометрическая частота полосы определяется соотношением

$$f_{cp} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}, \text{ Гц} \quad (5.1)$$

где  $f_1$  и  $f_2$  соответственно нижняя и верхняя граничные частоты полос спектра.

Чаще всего применяются октавные и третьоктавные полосы.

Полоса частот, в которой верхняя полоса в два раза больше нижней, называют **октавной** полосой. **Третьоктавная** полоса частот — полоса частот, в которой это соотношение равно 1,26.

При распространении звуковых колебаний в воздухе появляются области повышенного давления и разрежения, которые определяют величину звукового давления  $P$  (Па), как разность давлений в возмущенной и невозмущенной воздушной среде.

При распространении звуковых волн происходит перенос кинетической энергии, которая определяется интенсивностью звука ( $I$ ), зависящая от плотности среды ( $\rho$ ) и скорости распространения волн ( $C$ ):

$$I = \frac{P^2}{\rho \cdot C}, \text{ Вт/м}^2 \quad (5.2)$$

Интенсивность и мощность источников шума может изменяться в широких пределах.

Минимальные величины звукового давления  $P_0$  и интенсивности  $I_0$ , едва различимые органом слуха человека, называют **пороговыми**.

При  $f = 1000$  Гц  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па, а  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>.

Шум с уровнем давления звука 120-140 дБ (более 20 Па) в пределах частот от 20 до 20000 Гц носит по вызываемому ощущению название болевого порога. Звуки, превышающие болевой порог, могут привести к разрыву барабанной перепонки уха и даже смерти человека.

Практическое использование абсолютных значений акустических величин неудобно из-за громоздких графиков и расчетов, кроме того, орган слуха человека реагирует на относительное изменение звукового давления и интенсивности звука по отношению к пороговым величинам. Поэтому в акустике принято оперировать не абсолютными величинами интенсивности звука или звукового давления, а их относительными логарифмическими уровнями ( $L$ ), взятыми по отношению к пороговым значениям  $P_0$  или  $I_0$ .



За единицу измерения уровня интенсивности звука принят 1 бел (Б). Бел - это десятичный логарифм отношения интенсивности звука  $I$  к пороговой интенсивности.

Однако ухо человека четко различает изменение уровня звука на 0,1Б. Поэтому в практике акустических измерений и расчетов пользуются величиной 0,1 Б, которая названа децибелом (дБ). (1 Б =10 дБ) и определяется зависимостью

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \text{ дБ} \quad (5.3)$$

где  $P$  -среднее квадратичное значение звукового давления в точке измерения (Па), которое при гармонических колебаниях в  $\sqrt{2}$  раз меньше максимальных.

### 5.3. Нормативные требования

Основой нормирования шума является ограничение звуковой энергии, воздействующей на человека в течение рабочей смены. При нормировании шума основным нормативным документом является ГОСТ 12.1.003-83 (1999) «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» [9], а также СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [10].

Допустимый уровень шума - это уровень, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений в организме.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума - это уровень шума, который ежедневно, кроме выходных, но не более 40 часов в неделю, в течение всего рабочего стажа, не должен вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья в течение всей жизни настоящего и последующих поколений.

Нормирование шума осуществляется двумя методами:

1. По предельному спектру шума.
2. По уровню звука (дБА), измеренного при включении корректировочной частотной характеристики "А" шумомера.

По предельному спектру нормируются уровни звукового давления в основном для постоянных шумов в стандартных октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами от 31,5 до 8000 Гц

Второй метод применяют для приближенной оценки шума с уровнями звука в дБА, измеряемых по корректирующей шкале "А" шумомера. В этом случае давление звука (РА) является среднеквадратичной величиной спектра. Шум, замеренный по шкале "А", соответствует субъективному восприятию спектральной энергии звуков.

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА.

Предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука определяются для конкретных рабочих мест, разработанные с учетом категории тяжести и напряженности труда (табл.5.1).

Таблица 5.1

Нормативные значения уровней звука и звукового давления (выписка из ГОСТ [9])

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления, дБА, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Эквиви- лентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1. Творческая и научная деятельность, конструирование и проектирование, преподавание, врачебная деятельность: - рабочие места в помещениях дирекции, расчетчиков, лабораториях для теоретических работ, приема больных и т. п.	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Высококвалифицированная работа, административно-управленческая деятельность: рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, конторах и т.д.	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60
3. Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями, требующая слухового контроля, диспетчерская работа: помещения диспетчерских служб и дистанционного управления с речевой связью по телефону, машинописные бюро ит.д.	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4. Работа, требующая сосредоточенности, кабины дистанционного управления без речевой связи по телефону, лаборатории с шумным оборудованием и др.	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5. Все виды работ, кроме указанных в п.п. 1-4, на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятия.	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

#### 5.4. Измерение производственного шума

Для измерения уровня шума применяют шумомеры.

В комплект шумоизмерительной аппаратуры входит следующее оборудование:

- шумомер - измерительный прибор, предназначенный для измерения уровня звука и имеющий определенные частотные и временные характеристики;
- фильтр - устройство, предназначенное для выделения из общего спектра шума звуковых колебаний в диапазонах частот, определяемых полосой пропускания фильтра;
- измерительный микрофон – микрофон, частотная характеристика известна с большой точностью.

Шумомер имеет корректирующие частотные характеристики "А" и "Лин". Линейная характеристика (Лин) используется при измерениях уровней звукового давления в октавных полосах от 31,5 до 8000 Гц, когда шумомер имеет одинаковую чувствительность по всему частотному диапазону.

Для того чтобы показания шумомера приближались к субъективным ощущениям уровней звука человеком, используется характеристика шумомера "А", которая примерно соответствует чувствительности органа слуха при разной громкости. Диапазон измеряемых шумомером уровней шума от 30 до 140 дБ.

В лабораторной работе измерение звукового давления и уровня звука выполняют шумомером RFT 00017. Импульсный шумомер RFT 00017 - это переносной, независимый от сети прибор для определения уровня звукового давления с любой временной характеристикой (рис.5.1).

Для измерения шума следует выбирать точки на рабочих местах или в зоне постоянного пребывания людей на высоте 1,2-1,5 м от уровня пола.

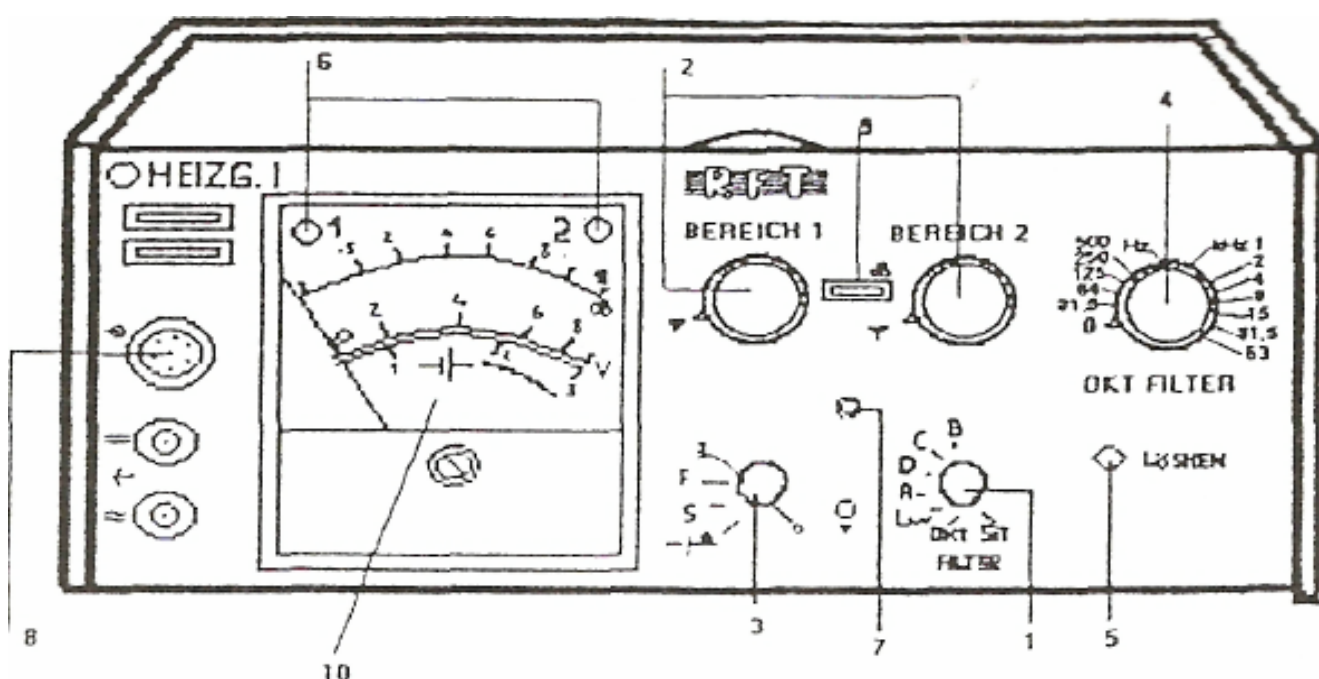


Рис. 5.1. Импульсный шумомер RFT 00017

Таблица 5.2

## Органы управления и сигнальные устройства

1. Переключатель частотного приведения	Предназначен для корректировки спектральной чувствительности прибора. Имеет положения: LIN. (без приведения), A, D, C, B – различные корректировочные характеристики, QKT FILTER – встроенный октавный фильтр, EXT FILTER – внешний октавный фильтр
2. Переключатели поддиапазонов измерений	Служат для ступенчатого переключения диапазона 0 – 120 дБ по 10дБ
3. Переключатель временного приведения	Имеет положения: S-медленно, F-быстро, I-импульс, I HALTEN-удерживание импульса, SPITZE HALTEN-удерживание пика, $\parallel$ контроль напряжения и 0-выключено
4. Переключатель «октавный фильтр»	Служит для включения срединных частот октав от 31,5 до 6300 Гц, в положении октавный фильтр выключен
5. Клавиша «гашение»	Кратковременное нажатие аннулирует сохраненное значение отсчета или сокращает время восстановления готовности прибора после перемодулировки
6. Лампочки перемодулировки 1 и 2	Загораются при превышении напряжения сигнала перед фильтрами и перед каскадом возведения в квадрат соответственно максимально допустимых значений
7. Лампочка готовности	Указывает на включенное состояние прибора
8. Гнездо микрофона	Служит для подключения микрофонного кабеля
9. Индикаторное окошко	Служит для определения значения измеряемой величины (суммарное значение переключателей 2)
10. Стрелочный индикатор	Служит для определения значения измеряемой величины

**5.4.1. Порядок выполнения измерений шумомером RFT 00017**

1. Выполнить контроль напряжения, для чего:

- переключатель 3 установить в положение  $\parallel$
- через 10 с начинает светиться лампочка готовности прибора 7 и стрелка прибора 10 занимает положение в пределах контрольного сектора  $\parallel$

2. Измерение уровня звука при частотном приведении «А» выполняют в следующем порядке:

- переключатели 2 выставить на максимальный поддиапазон;
- переключатель 1 установить на требуемое частотное приведение («А»);
- переключатель 3 установить на требуемое временное приведение;
- поворотом переключателей 2 вправо добиться положения стрелки прибора 10 в пределах шкалы;
- считать результат измерения по шкале прибора 10;
- определить значение измеряемой величины как сумму значения в индикаторном окошке 9 и показаний стрелки прибора 10.

Пример: При измерении уровня звука переключатель поддиапазонов 2 находится в положении 80 дБ, которые показаны в индикаторном окошке 9, а показания стрелки по шкале прибора 10 – 6 единиц. Результат измерения составляет 86 дБ(А), если измерение проводилось при частотном приведении «А».

3. Измерение уровней звукового давления в октавных полосах частот.

Шумомер имеет встроенный октавный фильтр, благодаря которому можно проводить частотный анализ уровня шума. Измерение уровня звукового давления в среднегеометрических октавных полосах частот производят следующим образом:

- переключатели 2 выставить на максимальный поддиапазон;
- переключатель 1 установить в положение ОКТ FILTER;
- переключатель 3 установить в положение S;
- переключатель 4 установить в положение 31,5 Гц;
- произвести измерения в соответствии с п. 2 на частоте 31,5 Гц и на других полосах частот, которые устанавливаются переключателем 4.

#### 5.4.2. Определение суммарного шума от нескольких источников

При обработке результатов измерений шума возникает необходимость определить уровни суммарного шума нескольких одновременно работающих источников по измеренным уровням каждого из них. Подобная задача возникает и при вычислении октавных уровней звукового давления после замера на октавном частотном анализаторе. Обе эти задачи требуют суммирования шума.

Так как уровни акустической мощности и звукового давления шума - логарифмические величины, над ними нельзя производить обычные арифметические действия непосредственно, например, складывать и умножать.

Сумму уровней звукового давления  $L_{\text{сум}}$  в дБ в выбранной расчетной точке от каждого источника шума  $L_i$  определяют по формуле:

$$L_{\text{СУМ}} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \quad (5.4)$$

Существует несколько приемов суммирования уровней давления звука. Наиболее удобна табличная форма расчета. При пользовании таблицей последовательно складывают уровни начиная с максимального. Определяют разность двух наибольших складываемых уровней, затем находят по полученной разности добавку к более высокому из складываемых уровней. После этого добавку прибавляют к большему из складываемых уровней.

Таблица 5.3

Шкала сложения уровней звуковой мощности или звукового давления

Разность складываемых уровней, дБ	0	1	2	3	4	5	6
Добавка к более высокому уровню, дБ	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0
Разность складываемых уровней, дБ	7	8	9	10	15	20	
Добавка к более высокому уровню	0,8	0,5	0,5	0,4	0,3	0,0	

Пример. Найти суммарный уровень для трех слагаемых уровней.

$$L_1 = 105 \text{ дБ}, L_2 = 100 \text{ дБ}, L_3 = 111 \text{ дБ}.$$

Суммируем наибольшие значения  $L_1$  и  $L_3$ . Разность слагаемых уровней  $\Delta L = 6$  дБ. По таблице 5.3 добавка к большему уровню 1,0 дБ. Тогда суммарный уровень  $L_{\text{сум}} = 111 + 1 = 112$  дБ. Полученный результат суммируем с  $L_2$ .

$$\Delta L^* = 12 \text{ дБ}.$$

По табл. 5.3 добавка равна 0,3. Сумма всех уровней

$$L_{\text{СУМ}} = 112 + 0,3 = 112,3 \text{ дБ}.$$

## 5.5. Экспериментальная часть

### 5.5.1. Задание по работе

Исходные данные для выполнения работы согласно номеру варианта, который задает преподаватель, принимают по табл.5.4.

Таблица 5.4

Исходные данные

Вариант	Источник шума и их количество	Габариты и назначение помещения
1	Эл. двигатель 4 шт.	Кабинет начальника деревообрабатывающего цеха,
2	Эл. двигатель 6 шт.	Помещение деревообрабатывающего цех
3	ЭВМ 6 шт.	Лаборатория обработки данных
4	ЭВМ 8 шт.	Машинный зал
5	Эл. двигатель 5 шт.	Машинописное бюро
6	Эл. двигатель 3 шт.	Кабина управления без телефонной связи
7	Эл. двигатель 4 шт.	Помещение диспетчерской
8	Эл. двигатель 7 шт.	Лаборатория контроля деталей
9	Эл. двигатель 3 шт.	Комната мастеров механического цеха
10	Эл. двигатель 8 шт.	Механический цех

Примечания.

1. Шум, замеренный на лабораторной установке, соответствует излучению, одного источника, указанного в табл.5.4.

2. Все источники шума идентичны и находятся внутри помещений вблизи друг от друга.

### 5.5.2. Описание лабораторной установки

Лабораторная работа выполняется на стенде для исследования шума, включающем шумовую камеру и комплект шумоизмерительной аппаратуры, который состоит из импульсного шумомера RFT 00017, измерительного микрофона и соединительных проводов.

Шумовая камера 1 (рис.5.2) выполнена в виде прямоугольного параллелепипеда, стенки которого изнутри облицованы звукопоглощающим материалом. В противоположные торцевые стенки шумовой камеры вмонтирован динамик 2, подключенный к магнитофону с записями различных видов шумов и микрофон 3. Перед динамиком установлен подвижный звукопоглощающий экран 4, позволяющий частично экранировать поступление звукового сигнала от динамика в шумовую камеру.

### 5.5.3. Порядок выполнения работы

1. Подготовить форму отчета с таблицей 5.5
2. По исходным данным (табл.5.4) согласно варианту заполнить строку 1 табл.5.5, пользуясь нормативными значениями из табл. 5.1.
3. Пользуясь сведениями раздела 5.4.1, выполнить замеры шума в шумовой камере в октавных частотах 31,5 – 8000 Гц и заполнить результатами замеров строку 2 табл. 5.5.

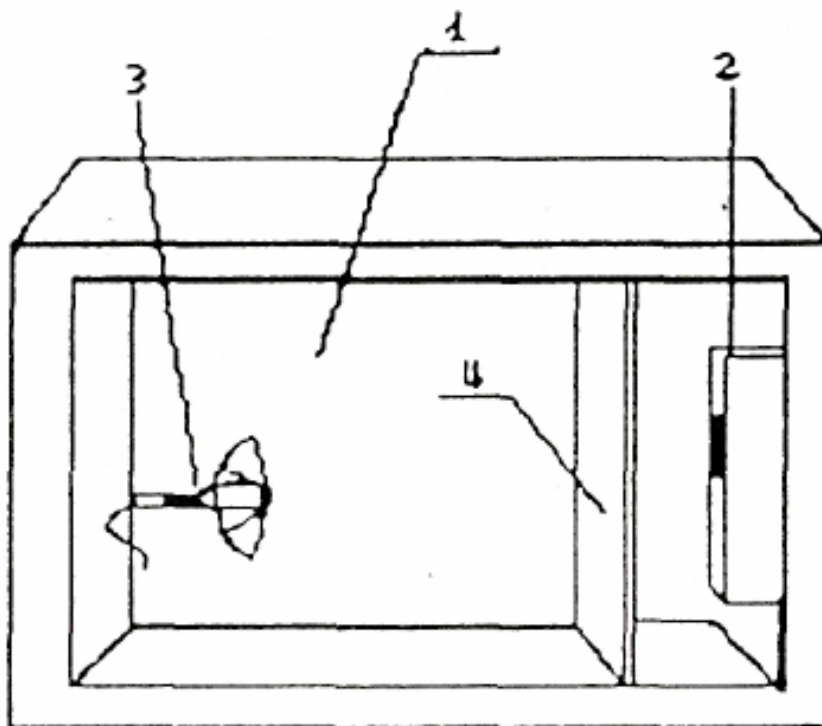


Рис. 5.2. Стенд для исследования шума

1. Шумовая камера 2. Динамик 3. Микрофон 4. Звукопоглощающий экран

4. Определить шумовую обстановку в заданном помещении, просуммировав уровни звука от всех компактно расположенных источников шума, руководствуясь разделом 5.4.2, и заполнить строку 3 табл. 5.5

5. Построить графики спектров шума предельного и замеренного по аналогии с рис. 5.3 (графики 1, 2, 3), по которым определить превышения фактических уровней звукового давления над нормативными и заполнить строку 4 табл. 5.5. Указанные превышения можно определить также как разность значений строк 3 и 1 табл. 5.5.

6. Сопоставив установленные превышения с эффективностью средств индивидуальной защиты, приведенной в табл. 5.6, подбирают марки СИЗ и выписывают их данные в строку 5 табл. 5.5.

7. Определяют уровни звука после применения СИЗ как разность значений строк 3 и 5 табл. 5.5. Результаты указывают на рис. 5.3 в виде графика 4.

8. Определяют превышение фактических уровней звука над нормативными значениями после применения СИЗ как разность значений строк 6 и 1 табл. 5.5 и заполняют полученными значениями строку 7 табл. 5.5. Отрицательные значения во всем частотном диапазоне показывают, что СИЗ выбрано правильно.

9. В случае невозможности подобрать СИЗ, а также в качестве альтернативного варианта следует разработать рекомендации по улучшению шумовой обстановки, используя указания раздела 5.6.

Таблица 5.5

## Оценка шумовой обстановки

№ п/п	Наименование и показатели	Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах									Уровни звука, дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1.	Нормативные значения по ГОСТ 12.1.003-83 [9] для рабочего места по варианту										
2.	Замеренный спектр от одного источника шума										
3.	Суммарный шум в помещении от всех источников (определяется расчетом)										
4.	Превышение фактических уровней звукового давления над нормативными										
5.	Эффективность выбранного СИЗ (марка наушника по табл.5.6 )										
6.	Уровни звука после применения СИЗ										
7.	Превышение фактических уровней звука над нормативными после применения СИЗ										

Таблица 5.6

## Эффективность средств индивидуальной защиты

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Эффективность СИЗ, дБ							
Наушники							
ВЦНИИОТ – 2 М	7	11	14	22	35	45	38
ВЦНИИОТ – 4 А	4	2	5	16	25	36	28
ВЦНИИОТ – 4 1	10	14	16	17	36	36	34
ВЦНИИОТ – 1	3	4	7	13	23	36	33
ВЦНИИОТ – 7 И	10	16	18	22	36	40	32
ПШ – ОО	4	8	10	15	20	20	27
Противошумная каска ВЦНИИОТ-2	7	11	14	22	35	45	38
«Антифоны»	10	10	10	13	24	29	25
Вкладыши «Беруши»	15	18	18	24	26	26	31



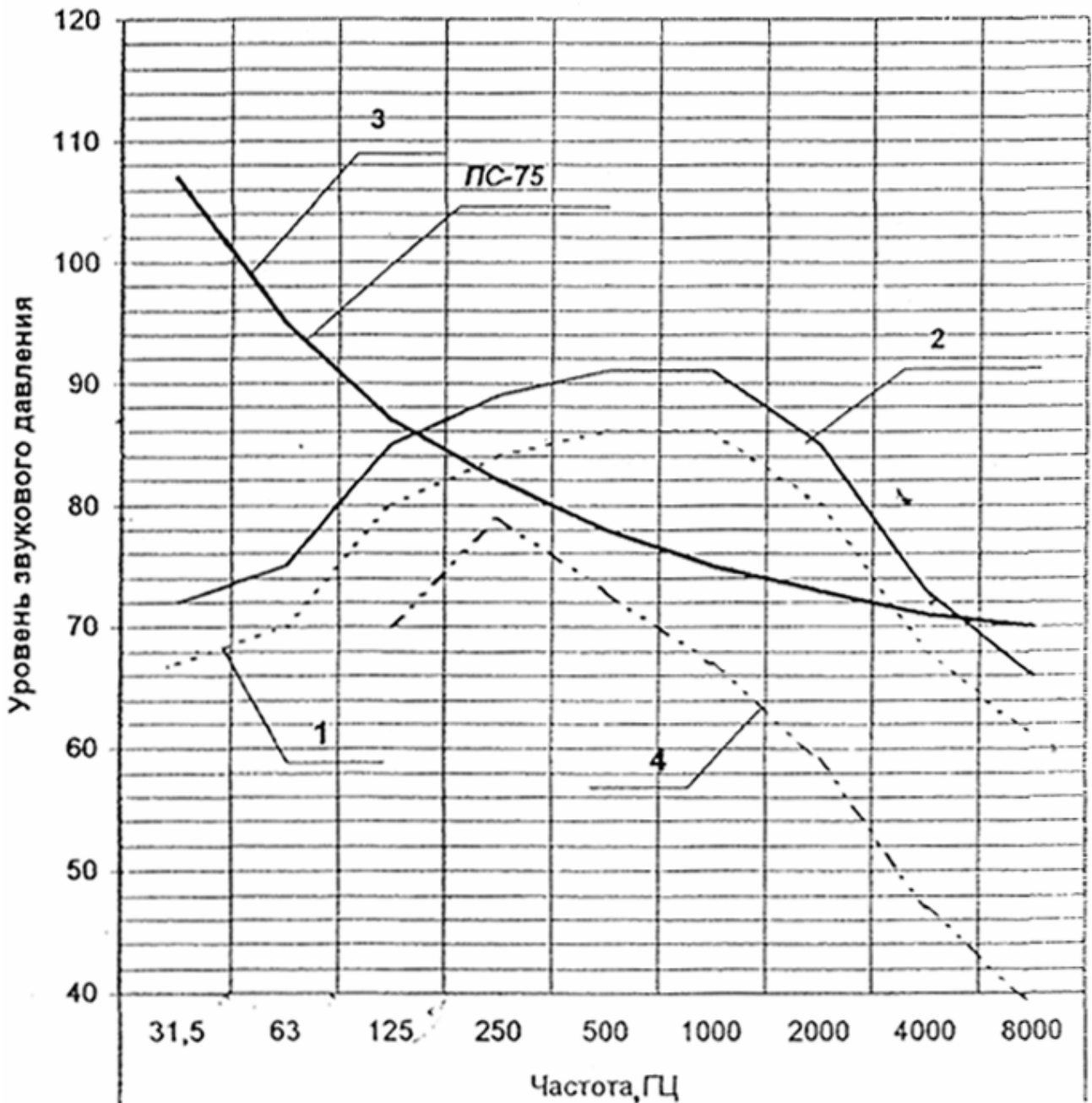


Рис. 5.3. Пример заполнения бланка «Спектр шума»

- 1 - замеренные октавные уровни звукового давления одного источника шума;
- 2 - пересчитанные октавные уровни звукового давления от всех источников;
- 3 - нормативные уровни звукового давления, где ПС - 75 предельный спектр с уровнем звукового давления 75 дБ на частоте 1000 Гц;
- 4 - уровень звукового давления после применения СИЗ

### 5.6. Мероприятия по защите от шума

На основании [12] средства и методы защиты от шума подразделяются на средства и методы коллективной и индивидуальной защиты.

Средства коллективной защиты по отношению к источнику возникновения шума подразделяются на средства, снижающие шум в источнике возникновения и на пути распространения.

Средства коллективной защиты в зависимости от способа реализации бывают:

- акустические (звукоизоляция, звукопоглощение, виброизоляция, глушение шума и т.д.);
- архитектурно-планировочные (рациональная планировка зданий, размещение оборудования, планирование транспортных потоков, создание шумозащищенных зон);
- организационно-технические (применение малошумных технологических процессов, оснащение дистанционным управлением, использование рациональных режимов труда и отдыха и т. д.)

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) от шума применяют в том случае, если избежать возникновения шума и предотвратить его распространение технически невозможно. Применение СИЗ необходимо при уровне звука 85 дБА и более, если продолжительность шума ежедневно в течение ряда лет не менее 8 ч.

СИЗ в зависимости от конструктивного исполнения подразделяются на противошумные вкладыши, наушники, противошумные шлемы и каски, противошумные костюмы.

Подбор производится по эффективности СИЗ от шума в каждой октавной полосе частот в диапазоне от 125 до 8000 Гц. Потребная эффективность средств защиты определяется как разность уровней давления звука фактического и нормативного.

### 5.7. Контрольные вопросы

1. Что такое пороговые уровни звукового давления?
2. Как влияет частота звука на восприятие человека?
3. По каким признакам нормируется шум?
4. Что такое, октавный уровень давления звука?
5. Каковы общие меры защиты от шума?
6. Каким образом учитывают шум от различных источников?
7. С помощью какого прибора измеряются уровни звука?
8. Какие индивидуальные средства защита от шума вы знаете?
9. Как выбираются индивидуальные средства защита от шума?
10. С какой целью строят график спектра шума?

## 6. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОЦЕНКА ВИБРАЦИИ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ»

### 6.1. Цель работы

Ознакомление с основными сведениями о производственной вибрации и ее воздействии на организм человека. Изучение принципов гигиенического нормирования производственной вибрации. Освоение методов и способов измерения вибрации и измерительной аппаратуры. Приобретение навыков санитарно-гигиенической оценки вибрации на рабочих местах и разработки мероприятий по улучшению условий труда.

### 6.2. Общие сведения

Вибрация – механические колебания упругих тел и механических систем, возникающие в результате действия неуравновешенных сил или масс – дисбаланса движущихся и вращающихся частей, ударных воздействий и т.д. Вибрация возникает практически в любой машине или механизме, имеющей подвижные части. Мощными источниками вибрации являются, например, строительные машины, компрессоры, насосы, дробильные установки, ручной механизированный инструмент и пр.

Вибрация является физическим фактором, который воздействует на человека путем передачи механической энергии от источника колебаний.

Вибрация вредно воздействует на организм человека. Наибольшие изменения происходят в нервной и сердечно-сосудистой системах.

Неблагоприятное действие вибраций выражается в виде утомления, головной боли, болей в суставах рук и пальцев, повышенной раздражительности.

Продолжительное воздействие вибрации на организм человек может быть причиной вибрационной болезни, которая проявляется в виде нарушения физиологических функций, при которых отмечается понижение болевой, температурной и вибрационной чувствительности, легкая отечность кончиков пальцев, повышение потливости ладоней и пальцев, поражение костей и суставов, общие нарушения со стороны нервной и сердечно-сосудистой системы.

Эффективное лечение вибрационной болезни возможно лишь на ранних стадиях. Восстановление нарушенных функций протекает крайне медленно. В тяжелых случаях в организме происходят необратимые органические изменения, приводящие к инвалидности.

#### 6.2.1. Параметры вибрации

Вибрация характеризуется следующими параметрами:

- частотой  $f$ , Гц;
- амплитудой вибросмещения  $A$ , м;
- виброскоростью  $V = 2\pi \cdot f \cdot A$ , м/с
- виброускорением  $a = (2\pi \cdot f)^2 \cdot A$ , м/с<sup>2</sup>

При выполнении расчетов принимаются среднеквадратические значения виброскорости и виброускорения  $V = V/\sqrt{2}$ ,  $a = a/\sqrt{2}$ .

Т.к. абсолютные значения виброскорости и виброускорения изменяются в очень широких пределах (примерно от  $10^{-8}$  до  $10^3$ ), то для удобства выполнения вычислений применяются их логарифмические уровни – логарифмический уровень виброскорости ( $L_v$ ) и виброускорения ( $L_a$ ), которые измеряются в децибелах (дБ):

$$L_v = 20 \lg \frac{V}{5 \cdot 10^{-8}}, \text{ дБ} \quad (6.1)$$

$$L_a = 20 \lg \frac{a}{1 \cdot 10^{-6}}, \text{ дБ} \quad (6.2)$$

где  $V$  и  $a$  – среднеквадратичные значения виброскорости и виброускорения;  
 $5 \cdot 10^{-8}$  и  $1 \cdot 10^{-6}$  – опорные значения виброскорости и виброускорения (наименьшие значения виброскорости и виброускорения, которые ощущаются человеком как вибрация)

### 6.2.2. Классификация вибраций, воздействующих на человека

#### 1. По способу передачи на человека различают:

- **локальную вибрацию**, передающуюся на человека непосредственно от источника (через руки и другие части тела, контактирующие с источником вибрации).
- **общую вибрацию**, передающуюся на тело сидящего или стоящего человека не непосредственно, а через опорные поверхности (полы, стулья и пр.);

#### 2. По источнику возникновения:

**Локальная вибрация** подразделяется на:

- вибрацию от ручного механизированного инструмента (с двигателями), органов ручного управления машинами и оборудованием;
- вибрацию от ручного немеханизированного инструмента;

**Общая вибрация** подразделяется на следующие категории:

- I категория – **транспортная**, воздействующая на рабочем месте на операторов самоходных и прицепных машин, транспортных средств при движении по местности и по дорогам. Например: автомобили, тракторы, самоходные машины, снегоуборочные машины и т.п.;
- II категория – **транспортно-технологическая**, воздействующая на операторов машин, перемещающихся по специально поверхностям производственных помещений, промплощадок и горных выработок. Например: экскаваторы, краны, путевые машины
- III категория - **технологическая**, воздействующая на человека на рабочих местах стационарных машин или передающаяся на рабочие места, не имеющие собственных источников вибрации. Например: станки, электрические машины и установки, насосы, вентиляторы, оборудование промышленности стройматериалов.

III категория по месту действия подразделяется на следующие типы:

- 3а – на постоянных рабочих местах производственных помещений;
- 3б – на рабочих местах складов, бытовых и других производственных помещений, где нет машин, генерирующих вибрацию;
- 3в – на рабочих местах в помещениях заводууправлений, конструкторских бюро и других помещениях для работников умственного труда.

**3. По направлению действия** вибрацию подразделяют в соответствии с направлением осей ортогональной системы координат:

- локальную вибрацию подразделяют на действующую вдоль осей ортогональной системы координат  $X_L, Y_L, Z_L$  где ось  $X_L$  параллельна оси места охвата источника вибрации (рукоятки, рычага управления, удерживаемого в руках обрабатываемого изделия и т.п.), ось  $Y_L$  перпендикулярна ладони, а ось  $Z_L$  лежит в плоскости, образованной осью  $X_L$  и направлением подачи или приложения силы (или осью предплечья, когда сила не прикладывается);

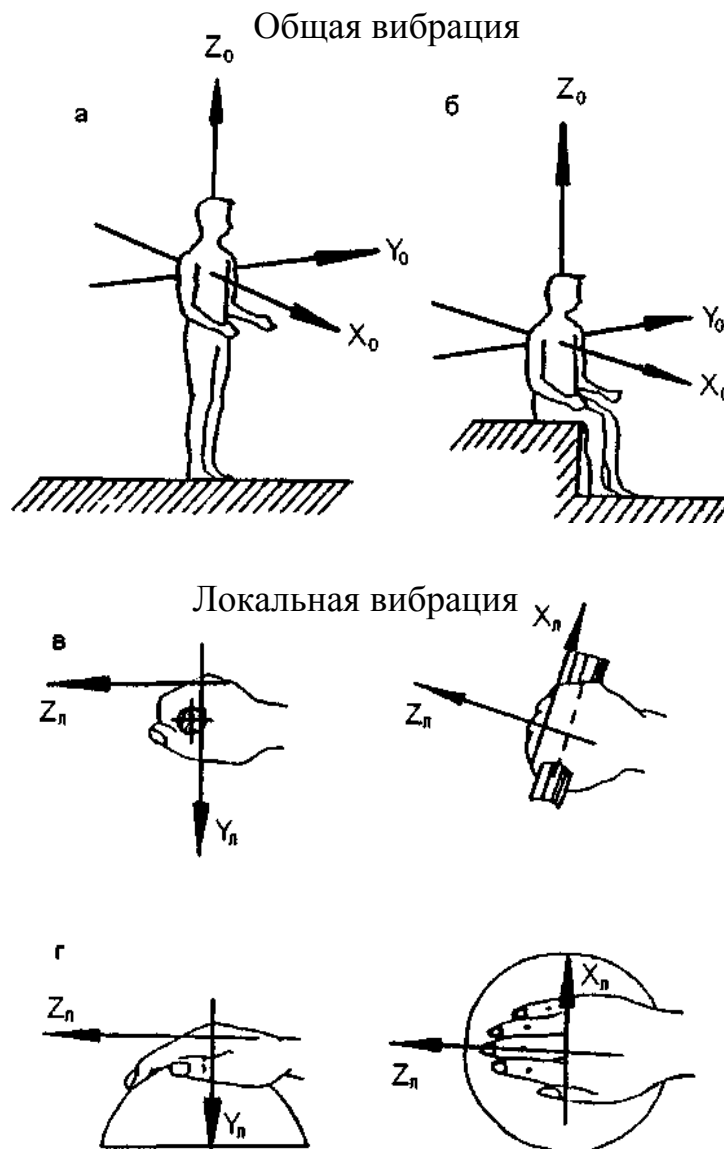


Рис. 6.1. Направление координатных осей при действии вибрации:

а – положение стоя; б – положение сидя; в – при охвате цилиндрических, торцовых и близких к ним поверхностей; г – при охвате сферических поверхностей

– общую вибрацию подразделяют на действующую вдоль осей ортогональной системы координат  $X_O, Y_O, Z_O$  где  $X_O$  (от спины к груди) и  $Y_O$  (от правого плеча к левому) — горизонтальные оси, направленные параллельно опорным поверхностям;  $Z_O$  — вертикальная ось, перпендикулярная опорным поверхностям тела в местах его контакта с сиденьем, полом и т.п.

**4. По характеру спектра** вибрации выделяют:

– **узкополосные** вибрации, у которых контролируемые параметры в одной 1/3 октавной полосе частот более чем на 15 дБ превышают значения в соседних 1/3 октавных полосах;

– **широкополосные** вибрации – с непрерывным спектром шириной более одной октавы.

**5. По частотному составу** вибрации выделяют:

– **низкочастотные** вибрации (с преобладанием максимальных уровней в октавных полосах частот 1 – 4 Гц для общих вибраций, 8 – 16 Гц – для локальных вибраций);

– **среднечастотные** вибрации (8 – 16 Гц – для общих вибраций, 31,5 – 63 Гц – для локальных вибраций);

– **высокочастотные** вибрации (31,5 – 63 Гц – для общих вибраций, 125 – 1000 Гц – для локальных вибраций).

**6. По временным характеристикам** вибрации выделяют:

– **постоянные** вибрации – для которых величина нормируемых параметров изменяется не более чем в 2 раза (6 дБ) за время наблюдения;

– **непостоянные** вибрации – величина нормируемого параметра изменяется не менее, чем в 2 раза (на 6 дБ) за время наблюдения не менее 10 мин).

В свою очередь непостоянные вибрации подразделяют на

– колеблющиеся во времени – величина нормируемого параметра непрерывно изменяется во времени;

– прерывистые - когда контакт человека с вибрацией прерывается, причем длительность контакта человека составляет более 1 с;

– импульсные вибрации – состоящие из одного или нескольких вибрационных воздействий (например, ударов), каждый длительностью менее 1 с.

### 6.3. Нормативные требования

При нормировании вибрации исходят из понятия **предельно допустимого уровня (ПДУ)** вибрации – это уровень, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, 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 жизни настоящего или последующих поколений. Соблюдение ПДУ не исключает нарушение здоровья у сверхчувствительных лиц.

Корректированный уровень вибрации – одночисловая характеристика, определяемая как результат энергетического суммирования уровней вибрации в октавных полосах частот с учетом октавных поправок.

Эквивалентный (по энергии) скорректированный уровень изменяющейся во времени вибрации - скорректированный уровень постоянной во времени вибрации, которая имеет такое же среднеквадратичное скорректированное значение виброускорения и/или скорости, что и данная непостоянная вибрация в течение определенного интервала времени.

Гигиеническая оценка вибраций, воздействующих на человека в производственных условиях, выполняется согласно ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» [15], СН 2.2. 4/2 1.8 566/96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» [14] и др.

Методы гигиенической оценки:

- частотный (спектральный) анализ нормируемого параметра;
- интегральная оценка по частоте нормируемого параметра;
- интегральная оценка с учетом времени вибрационного воздействия по эквивалентному (по энергии) уровню нормируемого параметра.

Наибольшее распространение получил метод частотного (спектрального) анализа как более наглядный и дающий расширенную информацию для решения задач снижения вибрации.

При частотном анализе нормируемыми параметрами являются среднеквадратические значения виброскорости  $V$  и их логарифмические уровни  $L_v$  в октавных полосах частот (см. раздел 6.2, формулы 6.1 и 6.2, а также раздел 5.3).

Таблица 6.1

Предельно допустимые значения логарифмических уровней виброскорости

Средне-геометрические частоты октавных полос, Гц	Общая по категориям						Локальная
	1		2	3а	3б	3в	
	$Z_0$	$X_0, Y_0$	$X_0, Y_0, Z_0$	$X_0, Y_0, Z_0$	$X_0, Y_0, Z_0$	$X_0, Y_0, Z_0$	$X_0, Y_0, Z_0$
1	132	122					
2	123	117	117	108	100	91	
4	114	116	108	99	91	82	
8	108	116	102	93	85	76	115
16	107	116	101	92	84	75	109
31,5	107	116	101	92	84	75	109
63	107	116	101	92	84	75	109
125							109
250							109
500							109
1000							109

Примечание: Работа в условиях воздействия вибрации с уровнями, превышающими приведенные в табл. 6.1 значения более чем на 12 дБ (в 4 раза) по интегральной оценке или в какой-либо октавной полосе, не допускается.

Локальная вибрация нормируется в октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500 и 1000 Гц. Общая вибрация – в октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 16,0; 31,5 и 63,0 Гц.

Вибрации нормируют по ортогональным осям x, y, z, учитывая при общей вибрации ее категорию по источнику возникновения и время воздействия, а при локальной – только время фактического воздействия. Допустимые значения логарифмических уровней виброскорости при длительности воздействия 480 мин (ПДУ) приведены в табл.6.1.

При длительности воздействия вибрации менее 8 час (480 мин.) допустимое значение виброскорости определяют по формуле:

$$V_T = V_{480} \cdot \sqrt{\frac{480}{T}}, \text{ м/с} \quad (6.3)$$

где  $V_{480}$  – допустимое значение виброскорости по [14] для длительности воздействия 480 мин (8 ч);

$T$  – фактическая длительность воздействия вибрации, мин.

При  $T < 30$  мин в качестве нормы принимают значение, вычисленное для  $T=30$  мин.

#### 6.4. Измерение производственной вибрации

Для измерения логарифмических уровней виброскорости в работе используется измеритель шума и вибрации ИШВ-1 (рис.6.2). Прибор работает по принципу преобразования механических колебаний в пропорциональные им электрические сигналы.

На панели прибора находятся следующие органы управления:

- вход 1 для подключения микрофона 14 при измерении шума или виброприемника 15 при измерении вибрации;
- переключатели 2 «Дел. I» (Делитель I) и 3 «Дел. II» (Делитель II) пределов измерения. Делитель I градуирован от 30 до 90 дБ, Делитель II – от 0 до 40 дБ. Предел измерения определяется как сумма их показаний;
- переключатель «Род измерения» 4, положения которого А, В и С определяют шкалу, предназначенную для измерения шума, «Лин» – для измерения вибрации, «Фильтры» – для определения уровней звука или вибрации в октавных полосах;
- переключатель «Род работы» 5, который устанавливается в положение «Контр.» при проверке питания, «Быстро» — при измерении стабильного шума, «Медленно» — при измерении прерывистого и импульсного шумов;
- переключатель октавных полос фильтра 6 со среднегеометрическими частотами 16, 32, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 и 16 000 Гц;
- тумблер (7) переключателя рода работы «Шум» – «Вибрация»;

Кроме того, имеются гнезда 8 со шлицами для калибровки прибора; индикатор питания 9; гнездо для подключения системы электрической калибровки прибора 10; стрелочный индикатор 11; выход 12 для подключения магнитофона или осциллографа; клемма заземления 13.



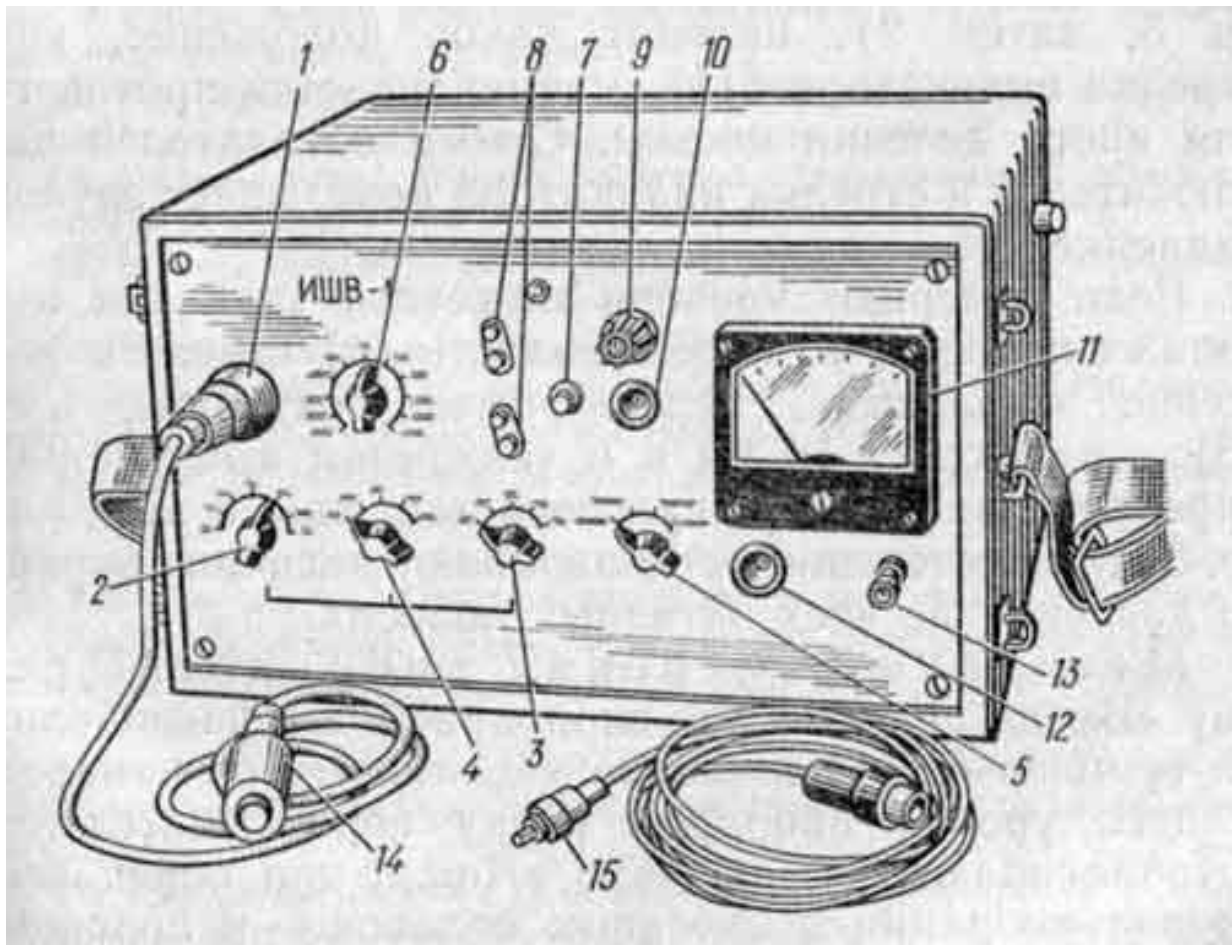


Рис. 6.2. Измеритель шума и вибрации ИШВ-1

При выполнении замеров показания снимают со стрелочного индикатора 11. Если при замерах стрелка располагается за пределами шкалы индикатора, то ее следует вывести в пределы шкалы изменением положения переключателей 2 «Дел. I», затем 3 «Дел. II»

Результирующее значение логарифмического уровня виброскорости определяется по формуле:

$$L_V = D_I + D_{II} + П + K_{II} - K_D \quad (6.4)$$

где  $D_I$ ,  $D_{II}$  и  $П$  – соответственно положения переключателей «Дел. I» и «Дел. II» и показания стрелки прибора, дБ;

$K_{II} = 46$  дБ – коэффициент ослабления интегратора;

$K_D = 8$  дБ – поправка на чувствительность преобразователя.

На практике на всех рабочих местах проводится периодическая эксплуатационная проверка вибрации в сроки, установленные нормативно-технической документацией, но не реже 1 раза в год для общей вибрации, не реже 2 раз в год для локальной вибрации, а также при изменении техпроцесса, замене оборудования и пр.

Порядок и требования к проведению замеров приведены в ГОСТ [15].

## 6.5. Экспериментальная часть

### 6.5.1. Задание по работе

Работа выполняется каждым студентом самостоятельно в соответствии с номером варианта, задаваемым преподавателем. Исходные данные для расчета и нормирования принимаются по табл.6.2.

Таблица 6.2

Исходные данные

№ варианта	Общая вибрация		Локальная вибрация	
	Помещение, в котором проводились замеры	Продолжительность воздействия вибрации, мин	Источник вибрации	Продолжительность воздействия вибрации, мин
1	Постоянные рабочие места в произв. помещениях	360	Станок с перерывом в 1 ч 20 мин	360
2	Склад продукции	240	Ручной вибратор с перерывом в 1 ч 30 мин	120
3	Конструкторское бюро в проектном институте	480	Станок с перерывом в 1 ч 40 мин	240
4	Рабочее место водителя грузового автомобиля	420	Ручной вибратор	420
5	Рабочее место экскаваторщика	240	Шпалоподбойщик с перерывом в 1 ч 20 мин	240
6	Служебное помещение на судне	300	Электродрель	300
7	Лаборатория анализа образцов грунта	420	Площадочный вибратор с перерывом в 1 ч 10 мин	480
8	Дежурное производственное помещение	180	Отбойный молоток с перерывом в 1 ч 25 мин	180
9	Вычислительный центр	300	Бензомоторная пила с перерывом в 1 ч 35 мин	420
10	Для работников умственного труда	120	Ручной абразивный круг с перерывом в 1 ч 15 мин	300

### 6.5.2. Описание лабораторной установки

Стенд (рис. 6.3) состоит из источника вибрации (станка) 1, размещенного на фундаменте 2, являющимся рабочим местом, стоя на котором рабочий выполняет руками определенные операции на станке.

Для измерений используется измеритель шума и вибрации ИШВ-1.

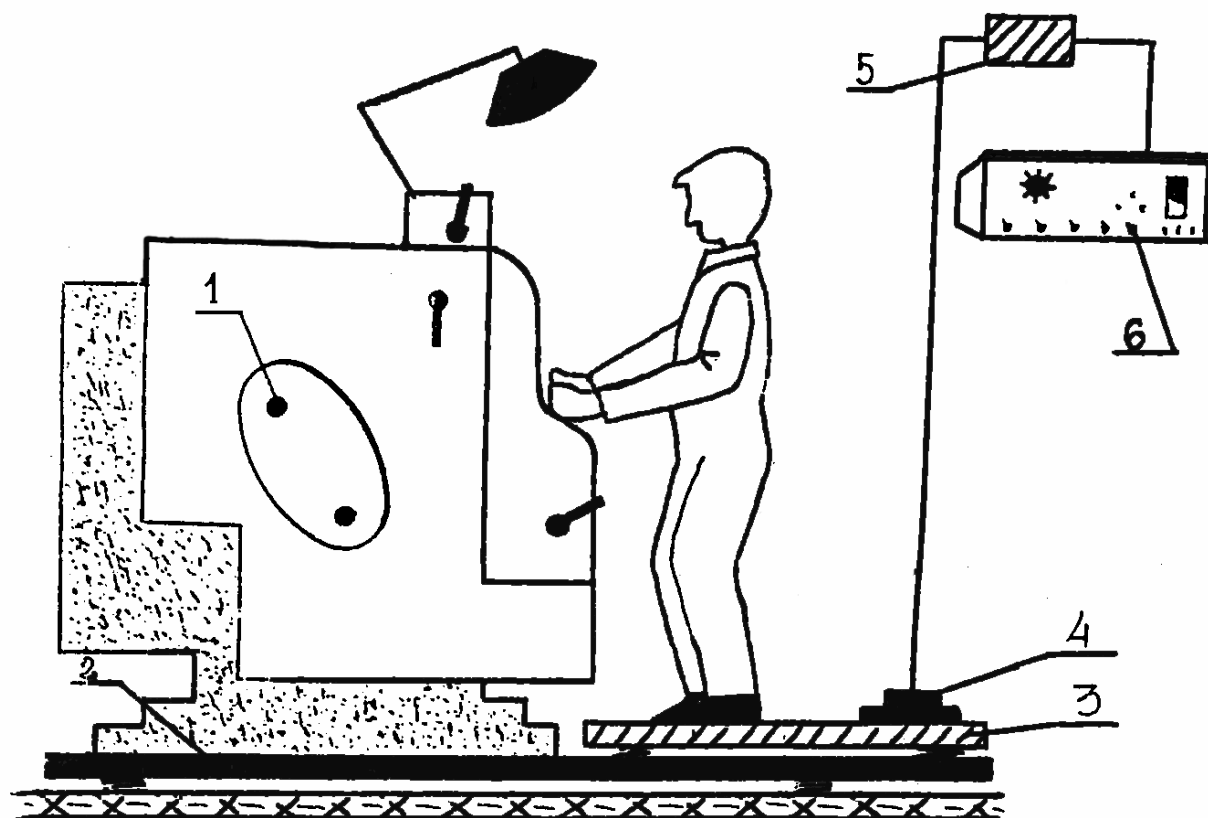


Рис. 6.3. Вибростенд: 1 – источник вибрации; 2 – основание (фундамент); 3 – виброизолирующее основание; 4 – датчик электрический виброизмерительный; 5 – интегратор; 6 – прибор ИШВ-1.

### 6.5.3. Порядок выполнения работы

После ознакомления студента с целью работы, общими сведениями о вибрации и порядке ее нормирования выполняется экспериментальная часть в следующей последовательности:

1. Подготовить форму отчета с таблицей 6.3.

2. Перед началом работы следует собрать виброизмерительный тракт и выполнить калибровку прибора ИШВ–1 согласно инструкции, а также подключить к сети источник вибрации (станок). Эти работы выполняются лаборантом по указанию преподавателя.

3. Подготовить прибор ИШВ–1 к проведению замеров. Для этого органы управления прибора устанавливают в следующие положения:

- переключатель «Дел. I» – в положение «30»;
- переключатель «Дел. II» – в положение «40»;
- тумблер «Шум» – «Вибрация» – в положение «Вибрация»;
- переключатель «Род работы» – в положение «Медленно»;
- переключатель «Род измерения» – в положение «Фильтры».

4. Выполнить замеры локальной вибрации, для чего виброприемник устанавливается на органы управления станка, затем включают станок и производят

замеры на частотах от 8 до 1000 Гц. Требуемый частотный диапазон устанавливают при помощи переключателя 6 (см.рис.6.2). Результаты замеров (положения переключателей «Дел. I», «Дел. II» и показания стрелки прибора «П») заносят в столбцы 5,6,7 соответственно табл. 6.3.

Таблица 6.3

## Результаты замеров уровней виброскорости

№ замера	Место проведения замера	Вид вибрации	Средне-геометрические частоты полос, Гц	Показания прибора, дБ			Рассчитанный уровень виброскорости, дБ	Нормативный уровень виброскорости, дБ	
				Д I	Д II	П		За 8ч	По варианту
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Органы управления станка	Локальная	8						
			16						
			31						
			63						
			125						
			250						
			500						
			1000						
2	(Согласно варианту) без амортизатора	Общая (технологическая)	2						
			4						
			8						
			16						
			31						
			63						
3	То же, с амортизатором	Общая (технологическая)	2						
			4						
			8						
			16						
			31						
			63						

5. Выполнить замеры общей вибрации без амортизатора, для чего виброприемник устанавливается на основание (фундамент) 2 (см.рис. 6.3), затем включают станок и производят замеры на частотах от 2 до 63 Гц. Требуемый частотный диапазон устанавливают при помощи переключателя 6 (см.рис.6.2). Результаты замеров (положения переключателей «Дел. I», «Дел. II» и показания стрелки прибора «П») заносят в столбцы 5,6,7 соответственно табл. 6.3.

6. Выполнить замеры общей вибрации с амортизатором, для чего виброприемник устанавливается на виброизолирующее основание 3 (см.рис. 6.3), затем включают станок и производят замеры на частотах от 2 до 63 Гц. Требуемый частотный диапазон устанавливают при помощи переключателя 6 (см.рис.6.2).

Результаты замеров (положения переключателей «Дел. I», «Дел. II» и показания стрелки прибора «П») заносят в столбцы 5,6,7 соответственно табл. 6.3.

7. Выключить и обесточить все оборудование.

#### **6.5.4. Обработка результатов измерений**

1. Для каждого измерения следует рассчитать уровень виброскорости по формуле 6.4 и заполнить результатами расчетов столбец 8 табл. 6.3.

2. Определить категорию общей вибрации для рабочего места по варианту, пользуясь сведениями п. 6.2.

3. Определить по табл.6.1 предельно допустимые значения логарифмических уровней виброскорости для локальной и общей вибрации для 8 ч работы согласно варианту и заполнить столбец 9 табл. 6.3.

4. Пользуясь формулой 6.3, определить предельно допустимые значения логарифмических уровней виброскорости локальной и общей вибрации для заданной в варианте продолжительности воздействия вибрации и заполнить полученными значениями столбец 10 табл. 6.3.

При выполнении вычислений по формуле 6.3 следует:

- Пользуясь табл.6.4, перевести нормативное значение уровня виброскорости (столбец 9 табл. 6.3) из дБ в м/с;

- Подставить полученное значение виброскорости в м/с и фактическую продолжительность воздействия вибрации (по варианту) в формулу 6.3 и выполнить вычисления;

- Пользуясь табл.6.4, выполнить перевод полученного результата вычислений уровня виброскорости из м/с в дБ.

#### **6.5.5. Анализ результатов измерений**

Основой анализа является сравнение результатов замеров уровней виброскорости локальной и общей вибрации с нормативными значениями.

Удобней и наглядней анализ проводить графически с построением спектров замеренной вибрации и предельных спектров.

Образец спектров приведен на рис. 6.4.

Нормативный спектр 1 общей вибрации для 8 часов работы строится для соответствующей категории с учетом места проведения замера по варианту (табл. 6.3, столбец 9).

Нормативный спектр при сокращенной продолжительности воздействия вибрации 2 строится аналогично спектру 1 с учетом выполненных ранее вычислений (табл. 6.3, столбец 10).

Нормативные спектры локальной вибрации 5 и 6 строятся аналогично.

Замеренные спектры локальной и общей вибрации строятся по данным табл. 6.3, столбец 8, по частоте и рассчитанному уровню виброскорости.

Таблица 6.4

Соотношение между логарифмическими уровнями  
виброскорости в дБ и ее значениями в м/с

Десятки, дБ	Единицы, дБ									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-5}$	$3,5 \cdot 10^{-5}$	$4,0 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-5}$
60	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$5,6 \cdot 10^{-5}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	$7,1 \cdot 10^{-5}$	$7,8 \cdot 10^{-5}$	$8,9 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$
70	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$4,5 \cdot 10^{-4}$
80	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$5,6 \cdot 10^{-4}$	$6,3 \cdot 10^{-4}$	$7,1 \cdot 10^{-4}$	$7,9 \cdot 10^{-4}$	$8,9 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$
90	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-3}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$
100	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$5,6 \cdot 10^{-3}$	$6,3 \cdot 10^{-3}$	$7,0 \cdot 10^{-3}$	$7,9 \cdot 10^{-3}$	$8,9 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$1,4 \cdot 10^{-2}$
110	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$2,8 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-2}$	$3,5 \cdot 10^{-2}$	$4,0 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$
120	$5,0 \cdot 10^{-2}$	$5,6 \cdot 10^{-2}$	$6,3 \cdot 10^{-2}$	$7,1 \cdot 10^{-2}$	$7,9 \cdot 10^{-2}$	$8,9 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$1,1 \cdot 10^{-1}$	$1,3 \cdot 10^{-1}$	$1,4 \cdot 10^{-1}$
130	$1,6 \cdot 10^{-1}$	$1,8 \cdot 10^{-1}$	$2,0 \cdot 10^{-1}$	$2,2 \cdot 10^{-1}$	$2,5 \cdot 10^{-1}$	$2,8 \cdot 10^{-1}$	$3,2 \cdot 10^{-1}$	$3,5 \cdot 10^{-1}$	$4,0 \cdot 10^{-1}$	$4,5 \cdot 10^{-1}$
140	$5,0 \cdot 10^{-1}$	$5,6 \cdot 10^{-1}$	$6,3 \cdot 10^{-1}$	$7,0 \cdot 10^{-1}$	$7,9 \cdot 10^{-1}$	$8,9 \cdot 10^{-1}$	1,0	1,1	1,3	1,4

09

Таблица 6.5

Допустимое суммарное время воздействия локальной вибрации

Превышение вибрации, дБ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$T_n$ , мин	381	302	240	191	151	120	95	76	60	48	38	30

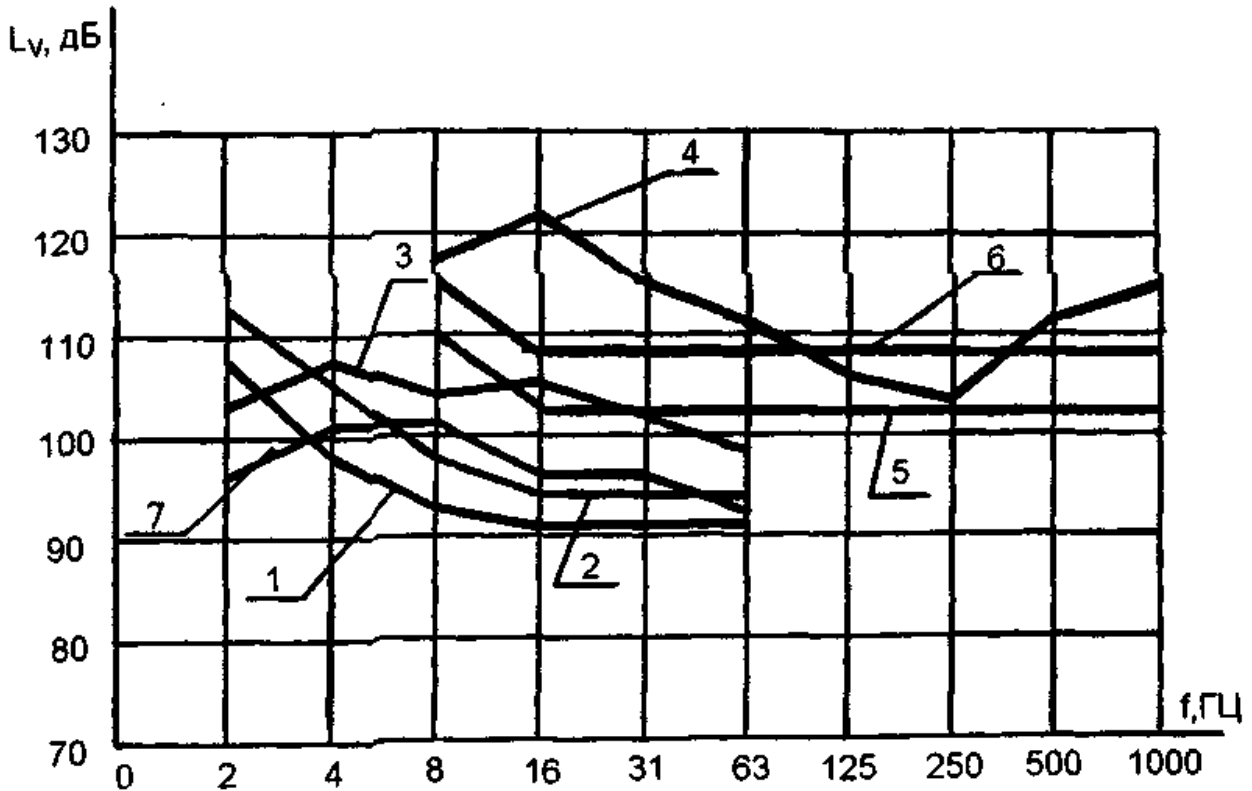


Рис. 6.4. Нормативные и измеренные спектры вибрации

- 1 — нормативный спектр для соответствующей категории общей вибрации;
- 2 — то же, при сокращенной продолжительности воздействия вибрации;
- 3 — измеренный спектр общей вибрации без амортизатора;
- 4 — то же с амортизатором;
- 5 — нормативный спектр локальной вибрации;
- 6 — то же при сокращении продолжительности воздействия;
- 7 — измеренный спектр локальной вибрации

#### 6.5.6. Выводы по работе

В выводах отдельно для общей и локальной вибрации следует установить возможность работы человека в рассматриваемых условиях на основании сравнения фактического уровня вибрации и гигиенической нормы с обязательной ссылкой на нормативный документ, из которого взята норма. Следует привести обоснование принятого решения с указанием диапазона частот, где измеренный спектр не соответствует нормативному.

Режим труда устанавливается при показателе превышения уровня вибрации не менее 1 дБ, но не более 12 дБ. При уровне выше 12 дБ работы проводить запрещается.

В течение смены необходимо сокращать длительность непрерывного воздействия вибрации введением регулярно повторяющихся перерывов (защита временем). Допустимое суммарное время ( $T_n$ ) непрерывного воздействия локальной вибрации на рабочего за смену представлено в табл. 6.5.

### 6.6. Мероприятия по борьбе с вибрацией

Для снижения воздействия вибрации на рабочих местах рекомендуются следующие методы:

1. Уменьшение сил, возбуждающих вибрацию, в источнике их возникновения путем уменьшения площади вибрирующих элементов, правильной эксплуатации механического оборудования, уменьшения скорости вращающихся деталей, своевременного проведения профилактических ремонтов и качественного монтажа.

2. Ослабление вибрации на путях ее распространения через опорные связи источника к другим машинам:

- пассивная виброизоляция в сочетании с применением виброгасящих оснований;

- уменьшение динамической силы от машины к основанию, а от основания к рабочим местам посредством размещения между ними виброизоляторов (амортизаторов, рессор и пр.)

- активная виброизоляция, если для уменьшения вибраций используется дополнительный источник энергии.

3. Применение метода вибропоглощения, который заключается в нанесении на вибрирующую поверхность упруговязких материалов (резины, пластиков, вибропоглощающих мастик), обладающих большим внутренним трением.

4. Дистанционное управление, исключающее передачу вибрации на рабочие места.

5. Замена оборудования или инструмента с вибрирующими органами на невибрирующие аналоги.

6. Индивидуальные средства защиты – виброзащитные рукавицы, виброзащитная обувь, для защиты отдельных частей тела - нагрудники, пояса, спец. костюмы, изготавливаемые из упруго-демпфирующих материалов.

Кроме мероприятий и методов технического характера для уменьшения воздействия на рабочих следует проводить гигиенические и лечебно-профилактические мероприятия:

- ограничение времени контакта с источниками вибрации (время воздействия не должно превышать 2/3 длительности рабочего дня);

- технологические операции должны распределяться между рабочими так, чтобы продолжительность непрерывного воздействия вибрации, включая микропаузы, не превышало 15-20 мин;

- проведение в течение смены 2 перерывов (один – до обеда, другой – после);

- температура в помещении с вибрирующим инструментом должна обеспечивать температуру рук не ниже 20 °С;

- работа на открытом воздухе при низких температурах должна через каждый час приостанавливаться на десятиминутный перерыв в отапливаемом помещении с температурой более 20°С.



### **6.7. Контрольные вопросы**

1. Какое воздействие оказывает вибрация на человека?
2. Какие параметры характеризуют вибрацию?
3. Как подразделяется вибрация по способу передачи на человека и по источнику воздействия?
4. Какими способами нормируется вибрация?
5. Как учитывается при нормировании сокращение времени воздействия вибрации?
6. В чем принципиальное различие нормирования общей и локальной вибрации?
7. Что такое активное и пассивное виброгашение?
8. Что такое виброизоляция?
9. В каких октавных частотах нормируется общая и локальная вибрация?
10. Какие приборы используют для замера вибрации?

## 7. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОЦЕНКА ОСВЕЩЕННОСТИ НА РАБОЧИХ МЕСТАХ»

### 7.1. Цель работы

Ознакомление с основными сведениями о производственном освещении и его влиянии на организм человека. Изучение принципов гигиенического нормирования производственного освещения. Освоение методов и способов измерения освещенности и измерительной аппаратуры. Приобретение навыков санитарно–гигиенической оценки производственного освещения в производственных помещениях и на рабочих местах и разработки мероприятий по улучшению условий труда.

### 7.2. Общие сведения

Свет является естественным условием существования человека. Он влияет на состояние психических функций и физиологические процессы в организме, обладает высоким биологическим и тонизирующим действием. Правильно спроектированное освещение способствует повышению производительности труда, оказывает положительное психологическое воздействие на работающих, повышает безопасность труда, снижает вероятность травматизма. Ошибки при проектировании и эксплуатации освещения могут явиться причиной профзаболеваний и травматизма. Недостаточное освещение затрудняет работу, вызывает повышенное утомление, увеличивает опасность травм и способствует развитию близорукости. Излишне яркий свет слепит, приводит к перевозбуждению нервной системы, уменьшает работоспособность. Чрезмерная яркость может вызвать фотоожоги глаз и кожи, катаракты и другие нарушения.

Поэтому к производственному освещению предъявляются высокие требования как гигиенического, так и технико-экономического характера.

#### 7.2.1. Основные понятия

**Видимый свет** – это электромагнитное излучение с длиной волны от 380 до 780 нм.

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

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

Производственное освещение характеризуется количественными и качественными показателями. К основным количественным показателям относятся:

**Световой поток ( $F$ )** – это мощность световой энергии, оцениваемой по зрительному восприятию. Единицей светового потока является люмен (лм) – световой поток, излучаемый точечным источником света силой 1 кд в телесный угол 1 стерadian.

**Сила света ( $I$ )** – это пространственная плотность светового потока  $dF$  в пределах единичного телесного угла  $d\Omega$ , единица измерения – кандела (кд):

$$I = dF/d\Omega \quad (7.1)$$

**Освещенность** ( $E$ ) – поверхностная плотность светового потока  $dF$  в пределах площади освещаемой поверхности  $dS$ , единица измерения – люкс (лк):

$$E = dF/dS \quad (7.2)$$

**Яркость** ( $L$ ) – это отношение силы света  $dI_a$ , излучаемой поверхностью объекта в заданном направлении, к проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную этому направлению,  $\text{кд/м}^2$ :

$$L = dI/dS \times \cos \alpha \quad (7.3)$$

**Коэффициент отражения** ( $\rho$ ) – способность объекта отражать падающий свет, определяется как отношение отраженного  $F_{отр}$  светового потока к падающему  $F_{пад}$ :

$$\rho = F_{пад}/F_{отр} \quad (7.4)$$

При  $\rho < 0,2$  фон считается темным, при  $0,2 < \rho < 0,4$  – средним, при  $\rho > 0,4$  – светлым.

К основным качественным показателям освещенности относятся:

**Контраст** объекта с фоном ( $K$ ) - определяется из соотношения яркостей или коэффициентов отражения объекта и фона:

$$K = |L_{\phi} - L_o|/L_{\phi} = |\rho_{\phi} - \rho_o|/\rho_{\phi} \quad (7.5)$$

Контраст считается большим при  $K > 0,5$  (объект резко выделяется на фоне); при  $0,2 < K < 0,5$  – средним (объект и фон заметно отличаются); при  $K < 0,2$  – малым (объект слабо заметен на фоне).

**Коэффициент пульсации** ( $K_{\Pi}$ ), % – колебания освещенности вследствие периодического изменения во времени светового потока источника света:

$$K_{\Pi} = [(E_{MAX} - E_{MIN})/2E_{CP}] \times 100\% \quad (7.6)$$

Здесь  $E_{MAX}$ ,  $E_{MIN}$  и  $E_{CP}$  – максимальное, минимальное и среднее значение освещенности за период ее колебания; для газоразрядных ламп  $K_{\Pi} = (25 \div 65)\%$ , для ламп накаливания и галогенных  $K_{\Pi} = 1 \div 7\%$ .

**Показатель ослепленности** ( $P$ ) - критерий оценки слепящего действия, создаваемого осветительной установкой:

$$P = (S - 1) \times 100\% \quad (7.7)$$

Здесь  $S$  – коэффициент ослепленности, равный отношению пороговых разностей яркости при наличии и отсутствии слепящих источников в поле зрения.

### 7.2.2. Системы производственного освещения

Для освещения производственных помещений применяются:

- естественное освещение, которое обеспечивается прямым солнечным светом или диффузным рассеянным светом небосвода
- искусственное освещение, которое формируется искусственными источниками света
- совмещенное освещение – одновременное использование естественного и искусственного освещения.

**Естественное освещение** наиболее благоприятно и привычно для работы органов зрения. Для большинства работ естественное освещение является ос-

новным видом освещения. Однако естественное освещение зависит от времени суток, погодных условий и постоянно изменяется во времени.

Естественное освещение подразделяют на **боковое** (одно- и двухстороннее), осуществляемое через световые проемы в наружных стенах; **верхнее** - через световые фонари, проемы в кровле и перекрытиях; **комбинированное** - сочетание верхнего и бокового освещения. Верхнее и комбинированное обеспечивают более равномерное освещение, боковое создает значительную неравномерность на участках, расположенных вблизи и вдали от окон.

**Искусственное освещение** применяется, как правило, при недостаточности естественного освещения, в т.ч. в темное время суток, а также в установленных случаях, когда отсутствие естественного освещения допускается нормативными документами, либо необходимо по роду работ.

Искусственное освещение проектируется общим либо комбинированным.

Общее освещение предназначено для освещения всего помещения и может быть равномерным (обеспечивает равномерное освещение всего помещения) и локализованным (обеспечивает большую освещенность на рабочих местах).

Комбинированное освещение состоит из общего и местного, применяется для работ высокой точности. Местное освещение предназначено только для освещения рабочих поверхностей и не создает необходимой освещенности в помещении. Применение местного освещения без общего запрещается.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, охранное и дежурное.

Рабочее освещение предназначено для обеспечения нормальной работы и является обязательным для всех производственных помещений.

Аварийное освещение устраивается для продолжения работы в помещениях, где отключение рабочего освещения может привести к пожарам, взрывам, отравлениям и др.

Аварийное освещение предусматривается на случай нарушения питания основного (рабочего) освещения для производств, где и подключается к источнику питания, не зависящему от источника питания рабочего освещения. Минимальная освещенность рабочих поверхностей должна составлять 5% от нормируемой рабочей освещенности, но не менее 2 лк.

Эвакуационное освещение предназначено для эвакуации людей из производственных помещений при авариях или отключении рабочего освещения. Оно организуется в опасных для прохода людей: на лестничных клетках, вдоль основных проходов производственных помещений, в которых работают более 50 человек. Минимальная освещенность на полу должна составлять в помещениях не менее 0,5 лк, на открытых территориях - не менее 0,2 лк.

Охранное освещение устраивают вдоль границ территорий, охраняемых специальным персоналом. Наименьшая освещенность 0,5 лк.

Сигнальное освещение применяется для фиксации границ опасных зон; оно указывает на наличие опасности либо на безопасный путь эвакуации.

### 7.2.3. Источники света и осветительные приборы

Источники света, применяемые для искусственного освещения, делят на газоразрядные и тепловые (лампы накаливания). В лампах накаливания видимое излучение получается за счет нагрева электрическим током вольфрамовой нити. В газоразрядных лампах свечение люминофора возникает в результате электрического разряда в атмосфере инертных газов и паров металлов.

При выборе источника света учитывают номинальное напряжение (В), мощность лампы (Вт), максимальную силу света (кд), световую отдачу (лм/Вт), спектральный состав.

Лампы накаливания имеют широкое распространение в промышленности. Они просты в изготовлении, удобны в эксплуатации, надежны при колебаниях напряжения и метеорологических условий. Их недостатками являются низкая световая отдача (7 - 20 лм/Вт), малым сроком службы (до 2,5 тыс.ч), в их спектре преобладают желтые и красные лучи, что сильно отличается от солнечного света.

В последние годы широко распространены **галогеновые** лампы - лампы накаливания с йодным циклом, световой отдачей до 40 лм/Вт. Пары вольфрама, испаряющиеся с нити накала, соединяются с йодом, превращаясь в йодистый вольфрам, вновь оседают на вольфрамовую спираль, восстанавливают ее, увеличивая срок службы до 3 тыс. ч. Спектр галогеновых ламп близок к естественному.

Газоразрядные лампы имеют преимущества по сравнению с лампами накаливания. У них большая световая отдача (40 - 100 лм/Вт), срок службы 8-12 тыс. ч. Газоразрядные лампы бывают низкого давления - люминесцентные и высокого давления. С помощью люминесцентных ламп, подбирая люминофор, инертные газы и металл, можно получить желаемый спектр. По спектральному составу различают лампы дневного света (ЛД), холодного белого (ЛХБ), теплого белого (ЛТБ), белого (ЛБ), дневного света с улучшенной световой отдачей (ЛДЦ)

Основным недостатком газоразрядных ламп является пульсация светового потока, что может привести к появлению стробоскопического эффекта - искажения зрительного восприятия, когда вместо одного предмета видны несколько. К недостаткам газоразрядных ламп относят длительный период их разгорания, необходимость применения специальных пусковых приспособлений, зависимость работоспособности от температуры окружающей среды.

Газоразрядные лампы высокого давления: ДРЛ (дуговые ртутные люминесцентные); ДРИ (дуговые ртутные с йодидами); ЛКСТ (дуговые ксеноновые трубчатые) - в основном применяются для освещения территорий предприятий; ДНСТ (дуговые натриевые трубчатые) используются для освещения высоких цехов.

Светильники - специальные устройства для перераспределения светового потока и защиты ламп от воздействия окружающей среды.

Важной характеристикой светильника является коэффициент полезного действия - отношение светового потока светильника к световому потоку лампы.

По конструктивному исполнению светильники делятся на открытые, закрытые, пыленепроницаемые, влагозащищенные, взрывозащищенные и взрывобезопасные

По распределению светового потока - прямого, преимущественно прямого, рассеянного и отраженного света. Основные типы светильников приведены на рис. 7.1.

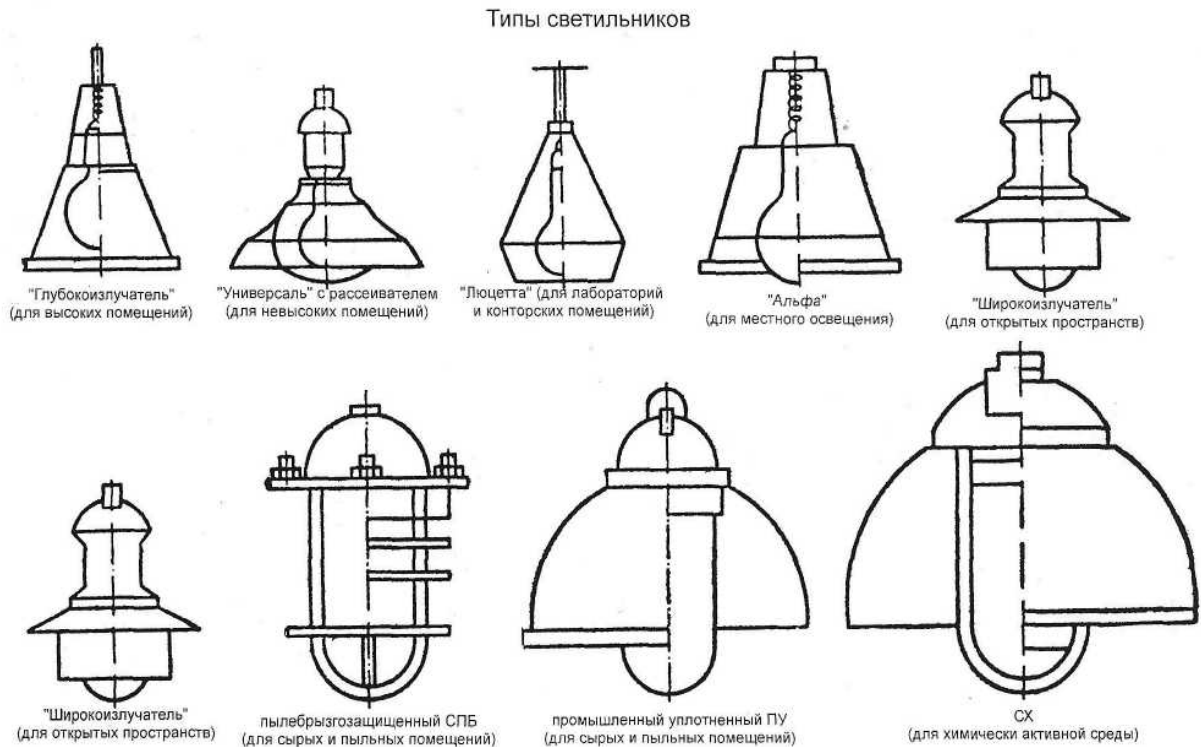


Рис. 7.1. Промышленные типы светильников с лампами накаливания

#### 7.2.4. Влияние освещенности на работоспособность человека

Освещенность определённым образом влияет на работоспособность человека и это необходимо учитывать при планировании использования естественного, искусственного и комбинированного освещения в производственном помещении. Кроме того, целесообразно организовывать мероприятия по восстановлению уровня работоспособности специалиста, снижающейся под влиянием освещённости его рабочего места.

Для решения поставленных задач необходимо знать следующие константы и способы профилактики снижения качества труда вследствие дефектов освещенности в производственном помещении:

- динамику работоспособности человека, с учётом «пиковой работоспособности» с 9 до 12 и с 15 до 18 часов. Именно в это время ускоряется усвоение, осмысление, переработка и использование полученной информации для выполнения поставленной задачи. Оптимально подобранный способ освещения рабочего места специалиста способствует повышению производительности труда на 15-20 %. При неадекватном освещении рабочего места вероятность ошибочных действий может возрасть в 3 раза;

- знать и учитывать спектральную характеристику освещения;
- знать и учитывать отражающую характеристику предметов на рабочем месте (светоотражающие, светопоглощающие поверхности и их сочетание в рабочей среде «операционном поле» специалиста, влияние на концентрацию внимания и утомляемость специалиста, взаимодополняющие источники света);
- знать и применять оптимальное для обеспечения идеальных условий трудовой деятельности направление световых потоков, способствующее сохранению уровня работоспособности;
- знать влияние материалов, препятствующих прохождению световых потоков (оконные стекла, светорассеивающие покрытия ламп, шторы, жалюзи и пр.) на работоспособность зрительного анализатора и работоспособность в целом;
- знать способы защиты зрительного анализатора от негативного воздействия освещения в условиях трудовой деятельности (дополнительное фокусированное освещение, использование светофильтров, ношение защитных очков, светозранирование, применение отраженного света и пр.);
- знать способы сохранения и улучшения качества работы зрительного анализатора с учетом особенностей условий трудовой деятельности (длительное пребывание в затемнённом помещении, работа с компьютером, работа со светоотражающими поверхностями и пр.

### 7.3. Нормативные требования

Освещенность нормируется СП 52.13330.2011 [16]. Требования к освещению промышленных предприятий приведены в табл. 7.1.

Все виды работ делятся на VIII разрядов в зависимости от наименьшего или эквивалентного размера объекта, с которым производятся работы (объекта различения), а также от характера работ. I - V разряды делятся на подразряды в зависимости от фона и контрастности объекта.

Для искусственного освещения нормируемым параметром является минимальная освещенность ( $E_{мин}$ ) на рабочей поверхности в горизонтальной плоскости на расстоянии 0,8 м от пола. В табл. 7.1 приведены значения освещенности для любых источников света. Нормируемые значения освещенности в люксах, отличающиеся на одну ступень, следует принимать по шкале: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 10; 15; 20; 30; 40; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 4500; 5000.

Для систем естественного освещения нормируемым параметром является коэффициент естественного освещения КЕО ( $e_H$ ), %.

$$KEO = e_H = (E_{BH} / E_{НАР}) \times 100\% \quad (7.8)$$

где  $E_{BH}$  и  $E_{НАР}$  – соответственно освещенность внутри помещения и снаружи здания рассеянным светом небосвода.

Таблица 7.1

## Требования к освещению помещений промышленных предприятий

Характери- стика зри- тельной работы	Наимень- ший или эквива- лентный размер объ- екта разли- чения, мм	Характер зри- тельной рабо- ты		Контраст объекта с фоном	Характе- ристика фона	Вид освещения								
						Искусственное					Естественное		Совмещенное	
		Раз- ряд	Под- разряд			Освещенность, лк		Сочетание пока- зателя ослеп- ленности и к-та пульсации	КЕО $e_H$ , %, при освещении:					
						при системе ком- бинированного ос- вещения	при системе общего осве- щения		верхнем или ком- бинир.	боковым	верхнем или ком- бинир.	боковым		
													Всего	в т.ч. от общего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Наивысшей точности	Менее 0,15	I	а	Малый	Темный	5000 4500	500 500	- -	20 10	10 10	-	-	6,0	2,0
			б	" Средний	Средний Темный	4000 3500	400 400	1250 1000	20 10	10 10				
						в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2500 2000	300 200				
			г	Средний Большой "	Светлый "				1500 1250	200 200				
						Очень вы- сокой точ- ности	От 0,15 до 0,30	II	а	Малый				
б	" Средний	Средний Темный	3000 2500	300 300	750 600				20 10	10 10				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный				2000 1500	200 200	500 400	20 10	10 10	
г	Средний Большой "	Светлый "							1000 750	200 200	300 200	20 10	10 10	



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	а	Малый	Темный	2000 1500	200 200	500 400	40 20	15 15	-	-	3,0	1,2
			б	" Средний	Средний Темный	1000 750	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				
			г	Средний Большой "	Светлый " Средний	400	200	200	40	15				
Средней точности	Св. 0,5 до 1,0	IV	а	Малый	Темный	750	200	300	40	20	4,0	1,5	2,4	0,9
			б	" Средний	Средний Темный	500	200	200	40	20				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200	200	40	20				
			г	Средний Большой "	Светлый " Средний	-	-	200	40	20				
Малой точности	Св. 1 до 5	V	а	Малый	Темный	400	200	300	40	20	3,0	1,0	1,8	0,6
			б	" 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	3,0	1,0	1,8	0,6

Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII		Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном	-	-	200	40	20	3,0	1,0	1,8	0,6
Общее наблюдение за ходом производственного процесса:		VIII		Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном									
постоянное			а		-	-	200	40	20	3,0	1,0	1,8	0,6
периодическое при постоянном пребывании людей в помещении			б		-	-	75	-	-	1,0	0,3	0,7	0,2
то же, при периодическом			в		-	-	50	-	-	0,7	0,2	0,5	0,2
общее наблюдение за инженерными коммуникациями			г		-	-	20	—	—	0,3	0,1	0,2	0,1

При боковом одностороннем освещении КЕО нормируется по наиболее удаленной точке рабочей поверхности на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов, при двухстороннем освещении - в середине помещения.

Освещенность, создаваемая светом неба, зависит от географической широты расположения здания, поэтому вся территория РФ разделена на 5 районов по ресурсам светового климата (см. табл.7.2). Кроме того, естественная освещенность в помещении зависит от ориентации его световых проемов по сторонам горизонта. Сочетание этих параметров учитывается коэффициентом светового климата  $m_N$  (табл.7.3). Тогда нормативное значение КЕО определяется по формуле:

$$e_N = e_H \times m_N, \% \quad (7.9)$$

где  $e_H$  – значение КЕО по табл.7.1, %;

$m_N$  – коэффициент светового климата (табл.7.3);

$N$  – номер группы обеспеченности естественным светом для административного района.

Таблица 7.2

## Группы административных районов по ресурсам светового климата

Номер группы	Административный район
1	Владимирская, Калужская области, Камчатский край, Кемеровская область, Красноярский край (севернее 63° с.ш.), Курганская, Московская, Нижегородская, Новосибирская, Омская области, Пермский край, Рязанская область, Республика Башкортостан, Республика Мордовия, Республика Татарстан, Республика Саха (Якутия) (севернее 63° с.ш.), Свердловская, Смоленская, Тульская, Тюменская области, Удмуртская Республика, Хабаровский край (севернее 55° с.ш.), Челябинская область, Чувашская Республика, Чукотский автономный округ
2	Белгородская, Брянская, Волгоградская, Воронежская области, Забайкальский край, Кабардино-Балкарская Республика, Красноярский край (южнее 63° с.ш.), Курская, Липецкая, Магаданская, Оренбургская, Орловская, Пензенская области, Республика Алтай, Республика Бурятия, Республика Ингушетия, Республика Коми, Республика Саха (Якутия) (южнее 63° с.ш.), Республика Северная Осетия - Алания, Республика Тыва, Самарская, Саратовская, Сахалинская, Тамбовская, Ульяновская области, Хабаровский край (южнее 55° с.ш.), Ханты-Мансийский автономный округ, Чеченская Республика
3	Вологодская, Ивановская, Калининградская, Кировская, Костромская, Ленинградская, Ненецкий автономный округ, Новгородская, Псковская области, Республика Карелия, Тверская область, Ямало-Ненецкий автономный округ, Ярославская область
4	Архангельская, Мурманская области
5	Астраханская, Амурская области, Краснодарский край, Приморский край, Республика Дагестан, Республика Калмыкия, Ростовская область, Ставропольский край

Таблица 7.3

## Коэффициенты светового климата

Световые проемы	Ориентация световых проемов по сторонам горизонта	Коэффициент светового климата $m$				
		Номер группы административных районов				
		1	2	3	4	5
В наружных стенах зданий	С	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	СВ, СЗ	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	З, В	1	0,9	1,1	1,1	0,8
	ЮВ, ЮЗ	1	0,85	1	1,1	0,8
	Ю	1	0,85	1	1,1	0,75
В прямоугольных и трапециевидных фонарях	С-Ю	1	0,9	1,1	1,2	0,75
	СВ-ЮЗ	1	0,9	1,2	1,2	0,7
	ЮВ-СЗ	1	0,9	1,2	1,2	0,7
	В-З	1	0,9	1,1	1,2	0,7
В фонарях типа "шед"	С	1	0,9	1,2	1,2	0,7
В зенитных фонарях	-	1	0,9	1,2	1,2	0,75

## 7.4. Измерение освещенности

Для измерения освещенности применяются люксометры. Принцип их действия которых основан на фотоэлектрическом эффекте – возникновении ЭДС в материалах при воздействии на них светового излучения. Наиболее часто применяется селен, у которого величина ЭДС прямо пропорциональна его освещенности.

Структурно люксометры представляет собой замкнутый контур из фотоэлемента и измерительного прибора, шкала которого размечена в люксах. Для расширения пределов измерений используются наборы светофильтров. В настоящее время получили распространение цифровые комбинированные приборы. Например, люксометр-яркометры могут измерять освещенность и яркость, люксометр-пульсометры – освещенность и коэффициент пульсации освещенности и т.д.

В лабораторной работе используется люксометр типа Ю-116.

Люксометр Ю-116 состоит из селенового фотоэлемента 2 (рис. 7.2) с набором поглощающих насадок 3, 4, 5, 6 и миллиамперметра 1 магнитоэлектрической системы. Световой поток, падающий на селеновый фотоэлемент, вызывает электрический ток, величина которого фиксируется стрелкой прибора 1 пропорционально величине светового потока.

Прибор имеет два предела измерений: от 0 до 30 лк и от 0 до 100 лк и соответствующие им кнопки управления. При нажатии левой кнопки отсчет показаний ведется по шкале 0-30 лк, при нажатии правой — по шкале 0-100 лк. Наибольшую погрешность измерений прибор дает при малых отклонениях стрелки прибора, поэтому на каждой шкале точкой обозначена зона начала измерения. На шкале 0-30 лк эта точка находится над делением 5 лк, а на шкале 0-100 лк — над делением 20 лк.

Для расширения диапазона измерений на фотоэлемент устанавливают светопоглощающие насадки (К, М, Р, Т). Насадка (К) выполнена в виде полусферы

из белой полупрозрачной пластмассы. Насадка (К) применяется только вместе с одной из насадок (М, Р или Т). При использовании насадок (К) и (М) коэффициент ослабления светового потока составляет 10, при использовании насадок (К) и (Р) — 100, а насадка (К) и (Т) — 1000. Показания прибора при использовании насадок умножают на соответствующий коэффициент ослабления.

Градуировка люксметра производится при свете ламп накаливания, поэтому при измерении освещенности другими источниками показания люксметра необходимо умножать на поправочный коэффициент, величина которого составляет:

Для газоразрядных ламп: ЛБ ( $k = 1,17$ ), ЛД ( $k = 0,99$ ), ЛРП ( $k = 1,09$ ).

Для естественного освещения ( $k = 0,8$ ).

При измерениях фотозащитный люксметр размещается в плоскости рабочей поверхности.

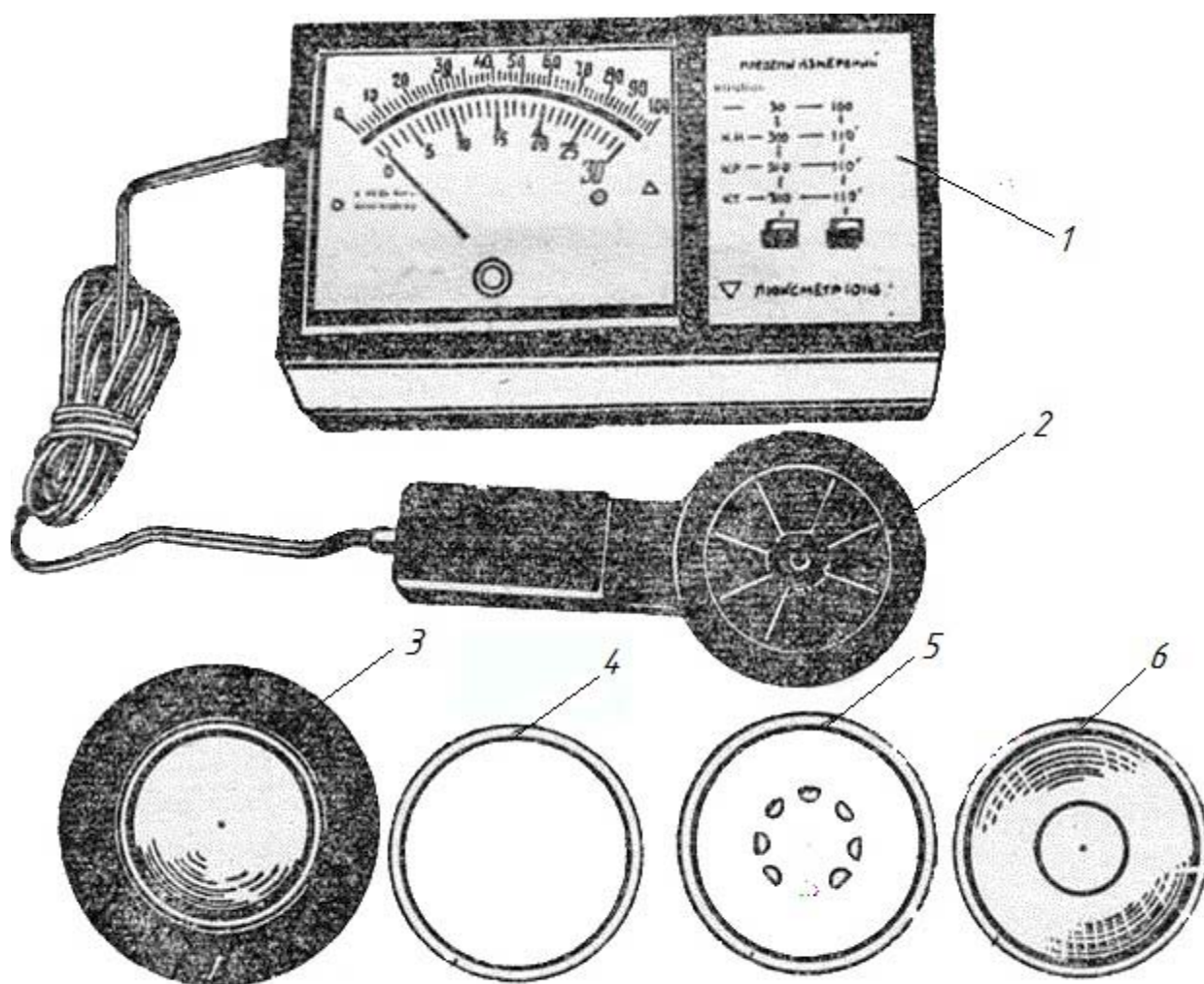


Рис. 7.2. Люксметр Ю-116

1 — миллиамперметр; 2 — фотозащитный; 3 — насадка «К»;  
4 — насадка «Т» (x1000); 5 — насадка «Р» (x100); 6 — насадка «М» (x10).

## 7.5. Экспериментальная часть

### 7.5.1. Задание по работе

Работа выполняется каждым студентом самостоятельно в соответствии с номером варианта, задаваемым преподавателем. Исходные данные для расчета принимаются по табл.6.2.

Вариант	Место расположения здания	Группа адм. района	Ориентация световых проемов	Наименьший размер объекта различения, мм	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона
1	Ростов н/Д	5	С	0,31	а	Малый	Темный
2	Барнаул	2	СВ	0,5	б	Малый	Средний
	Воронеж	2	В	1,00	в	Малый	Светлый
4	Архангельск	4	ЮВ	0,35	г	Средний	Светлый
5	Москва	1	ЮЗ	1,05	б	Малый	Средний
6	Екатеринбург	1	З	0,39	в	Малый	Светлый
7	Новгород	3	СЗ	0,4	г	Средний	Светлый
8	Ставрополь	5	В	0,45	в	Малый	Светлый
9	Махачкала	5	ЮЗ	0,46	б	Малый	Средний
10	Нальчик	2	СЗ	1,2	г	Малый	Светлый
11	Краснодар	5	Ю	0,8	а	Малый	Темный
12	Назрань	2	ЮЗ	1,3	б	Малый	Средний
13	Грозный	2	СВ	0,31	б	Малый	Средний
14	Казань	1	В	0,9	в	Средний	Светлый
15	Санкт-Петербург		ЮВ	1,4	г	Средний	Средний
16	Элиста	5	ЮЗ	0,95	б	Малый	Средний

### 7.5.2. Порядок выполнения замеров люксметром

1. Расположить измерительный прибор, не вынимая из футляра, горизонтально, а фотоэлемент - в плоскости измерения освещенности (горизонтальной, вертикальной или наклонной).

2. До начала замеров необходимо выполнить проверку прибора при неподключенном фотоэлементе. Стрелка должна находиться в нулевом делении шкалы.

3. Поставить переключатель, прибора на предел «100 лк», а на фотоэлемент надеть насадки «К» и «Т» (x1000).

4. Подключить фотоэлемент к измерителю, соблюдая полярность, указанную на зажимах. Если стрелка прибора находится вне пределов зоны измерений, то следует переключить предел измерений на шкалу «30 лк». Если отклонение стрелки недостаточно, то следует заменить насадку «Т» (x1000) на насадку «Р» (x100) и т.д.

5. Подобрать такую комбинацию насадок и предела измерений, при которой показания стрелки прибора будут находиться в зоне измерений.

6. Снять показания прибора.

### 7.5.3. Порядок выполнения работы

1. Определить в соответствии с заданием нормативные значения искусственной  $e_{иск}$  освещенности и КЕО  $e_H$  по табл.7.1. Пользуясь табл. 7.2 и 7.3, определить коэффициент светового климата  $m_N$ . По формуле 7.9 определить нормативное значение КЕО  $e_N$ .
2. Выполнить замеры искусственной освещенности в заданных точках помещения (по указанию преподавателя). Результаты занести в табл.7.4.
3. Выполнить одновременные замеры естественной освещенности снаружи здания при открытом небосводе и в заданных точках помещения (по указанию преподавателя). Точка N выбирается на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов и характеризует КЕО помещения в целом.
4. По формуле 7.8 рассчитать фактические значения КЕО и занести результаты расчетов в табл.7.4.
5. Сравнить результаты замеров с нормативными требованиями и сделать выводы о соответствии замеренной освещенности нормативным значениям.
6. Построить графики распределения искусственной и естественной освещенности по помещению. Сделать выводы о характере распределения освещенности и возможном его влиянии на безопасность трудового процесса.
7. На основании выводов дать рекомендации по обеспечению требуемой освещенности в помещении.

Таблица 7.4

Результаты замеров освещенности

Точки помещения	Значения параметров						
	1	2	3	4	5	6	N
Искусственная освещенность							
Замеренная, лк							—
Фактическая (с учетом к-та ламп)							—
Естественная освещенность							
На рабочей поверхности, лк							
Наружная освещенность, лк							
КЕО фактический, %							

### 7.6. Мероприятия по обеспечению нормативной освещенности

На рабочих местах, где отсутствует естественное освещение могут применяться:

- «защита временем» – ограничение времени пребывания работника в помещении без естественного света менее 25% рабочей смены;
- улучшение условий, создаваемых искусственным освещением;
- профилактическое ультрафиолетовое облучение.

При недостатке на рабочем месте естественного освещения применяются следующие мероприятия:

- «защита временем» – ограничение времени пребывания работника в помещении с недостаточным естественным светом менее 50% рабочей смены;
- улучшение условий, создаваемых искусственным освещением;
- анализ степени загрязнения стекол в светопроемах, их чистка и последующие контрольные измерения КЕО;
- если недостаток естественного освещения обусловлен затенением зелеными насаждениями, обеспечение обрезки деревьев;
- в случае наличия в помещении зон с достаточным и недостаточным естественным освещением — изменение расположения рабочих мест с их перемещением в зону с достаточным естественным освещением;
- косметический ремонт помещения с использованием светлых отделочных материалов и последующие контрольные измерения КЕО.

Одним из путей повышения освещенности помещений является возможность использования более эффективных источников света в тех же светильниках. При этом в ряде случаев не только обеспечиваются требуемые уровни освещенности, но снижается расход электроэнергии.

### **7.7. Контрольные вопросы**

1. Какие существуют источники света ?
2. Назовите системы искусственного освещения.
3. Назовите основные светотехнические параметры.
4. Какой нормативный документ нормирует освещенность?
5. Укажите нормируемые параметры при искусственном освещении.
6. От чего зависит конкретное значение нормируемой величины параметра при искусственном освещении?
7. Назначение и устройство люксметра.
8. Каков порядок измерения с помощью люксметра?
9. С какой целью в люксметре применяются насадки?
10. Назовите виды ламп, используемых для искусственного освещения.



## 8. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ И РАСЧЕТ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК»

### 8.1. Цель работы

Ознакомление с основными сведениями о защитном заземлении электроустановок. Освоение методики проектирования и расчета защитного заземления. Изучение методов и способов измерения параметров заземлителей и измерительных приборов. Приобретение навыков натурных испытаний защитного заземления.

### 8.2. Общие сведения

**Заземление** – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических частей электроустановок.

**Защитное заземление** – заземление нетоковедущих частей электроустановок, которые могут оказаться под напряжением вследствие каких-либо аварийных ситуаций. Используется для обеспечения электробезопасности

**Рабочее заземление** – заземление токоведущих частей электроустановок. Необходимо для обеспечения нормальной работы электроустановок.

**Заземление молниезащиты** – заземление молниеприемников и разрядников с целью отвода в землю токов молнии.

**Заземляющее устройство (ЗУ)** – совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

**Заземлитель** – один или несколько соединенных между собой проводников, находящихся в соприкосновении с землей.

**Заземляющий проводник** – проводник, соединяющий заземляемые части электроустановки с заземлителем.

Согласно [18], в РФ разрешены следующие виды электрических сетей:

- переменного тока – трехфазные трехпроводные и однофазные двухпроводные с изолированной нейтралью, трехфазные четырехпроводные и однофазные двухпроводные с заземленной нейтралью;
- постоянного тока – с изолированной от земли или с заземленной средней точкой трансформатора.

В нормальном режиме работы более безопасными являются сети с изолированной нейтралью или средней точкой, в аварийном – сети с заземленной нейтралью или средней точкой. Бытовые электросети выполняются только с заземленной нейтралью.

По величине рабочего напряжения электрические сети и установки разделяются на две группы – высоковольтные с рабочим напряжением выше 1 кВ (1000В) и низковольтные (1кВ и ниже). В низковольтных сетях в основном используются следующие значения напряжений: 380, 220, 36 и 12 В переменного тока; 550, 440, 110, 36 и 12 В постоянного тока. Напряжения 36 и 12 В являются безопасными для человека, поэтому используются в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и вне помещений.

К работе на высоковольтных электроустановках допускается только специально подготовленный персонал, поэтому количество поражений людей электрическим током в них очень невелико. Низковольтные электроустановки широко распространены в промышленности и быту, и именно на них приходится большинство несчастных случаев, в том числе до 50% от общего числа случаев со смертельным исходом.

Одной из эффективных мер защиты человека от поражения электрическим током является защитное заземление.

Защитное заземление предназначено для устранения опасности поражения человека электрическим током в случае прикосновения к корпусу или другим электропроводящим (металлическим) нетоковедущим в нормальном режиме работы частям электроустановки, которые могут в результате аварии оказаться под опасным напряжением. Следует отличать защитное заземление от рабочего заземления и заземления молниезащиты.

Защитное заземление представляет собой преднамеренное соединение металлических нетоковедущих частей электроустановок с землей или ее эквивалентом.

При аварийных ситуациях на корпусе электроустановки может оказаться полное напряжение сети  $U_\phi$  (обычно 220 В), а ток, возникающий при касании человеком незаземленной электроустановки и проходящий через его тело, может превышать пороговый ток, опасный для жизни человека (0,1 А).

При наличии защитного заземления ток распределяется по двум ветвям – через заземлитель и через тело человека. В этом случае величина тока, проходящего через человека, определяется сопротивлениями защитного заземлителя  $R_z$  и человека  $R_q$  (для расчетов  $R_q$  принимается равным 1000 Ом). Для обеспечения безопасности необходимо, чтобы большая часть тока прошла через заземлитель, для чего необходимо обеспечить соотношение  $R_z \ll R_q$ .

Исходя из этого, в [18] для низковольтных электроустановок рекомендованы наибольшие допустимые сопротивления ЗУ в зависимости от суммарной мощности питающих электроустановку трансформаторов:

- при мощности более 100 кВА сопротивление ЗУ должно составлять не более 4 Ом;
- при мощности 100 кВА и менее – 10 Ом.

Заземлители могут быть естественными и искусственными. Искусственные предназначены исключительно для целей заземления. В качестве естественных могут использоваться любые находящиеся в земле металлические предметы (водопроводные трубы, опоры, железобетонные фундаменты и пр.). Правилами [18] рекомендуется использовать естественные заземлители.

Искусственное заземляющее устройство (рис.8.1) включает вертикальные заземлители (стержни) 1, соединенные между собой горизонтальной заземляющей магистралью (соединительной полосой) 2. Кроме того, в состав ЗУ входят заземляющие проводники 3, соединяющие заземлитель с заземляемой электроустановкой 4.

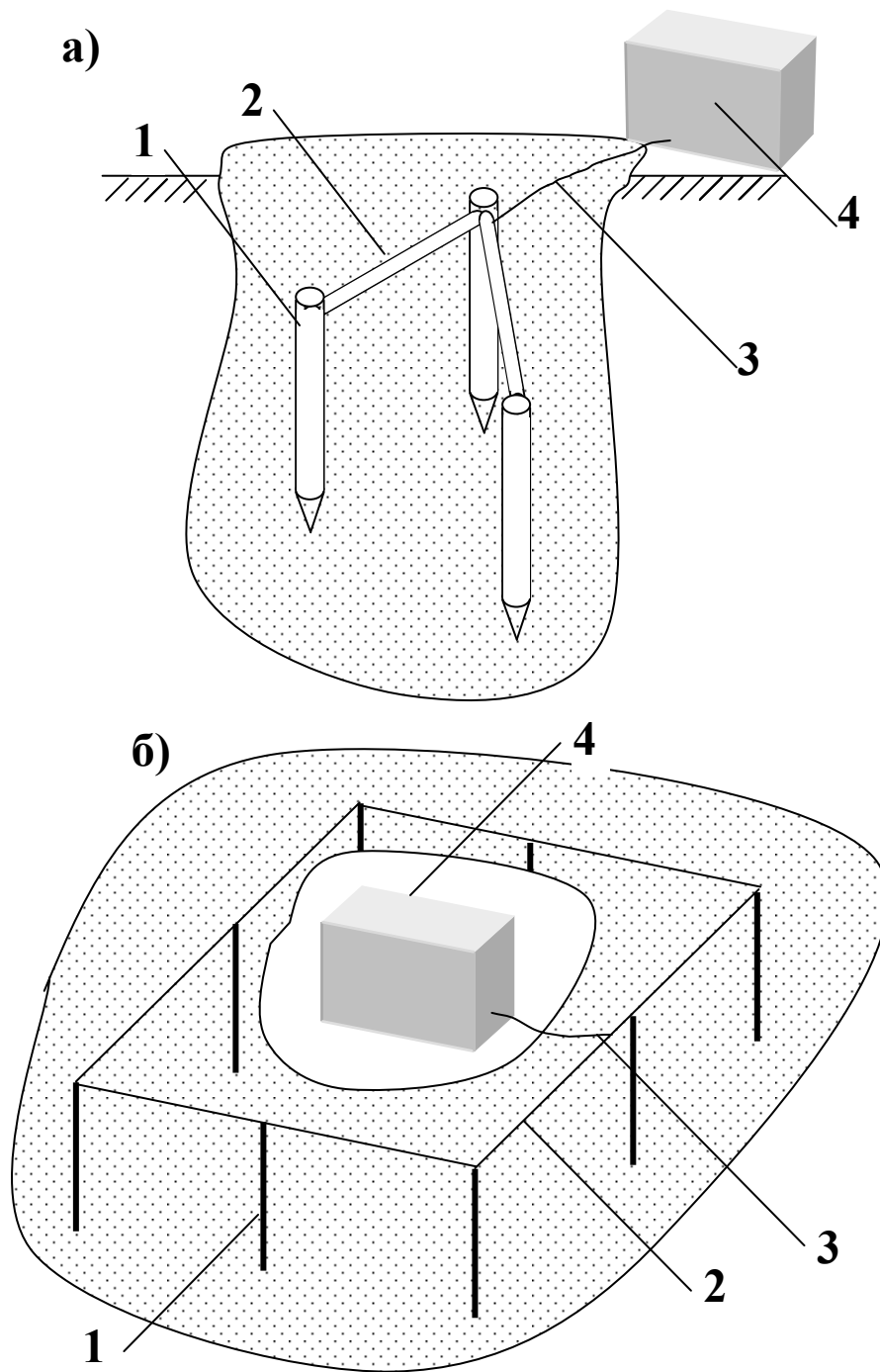


Рис. 8.1. Искусственное заземляющее устройство:

(а) – выносное, (б) – контурное

1 – вертикальные заземлители; 2 – соединительная полоса; 3 – заземляющий проводник, 4 – заземляемое оборудование.

В зависимости от места размещения различают выносные заземлители, сосредоточенные в некоторой зоне площадки под оборудование (см.рис.8.1,а), и контурные (распределенные), электроды которого размещаются по периметру площадки с оборудованием или внутри нее (см.рис.8.1,б).

Выносные заземлители используют для заземления временно устанавливаемого оборудования, контурные – для стационарного.

При контурном размещении заземлителей обеспечивается выравнивание потенциала на всей площадке, поэтому они обеспечивают лучшую защиту человека от поражения электрическим током. Соединительные полосы могут быть размещены в один или несколько рядов (см.рис. 8.1а), либо по периметру замкнутого контура (см.рис. 8.1,б).

Для вертикальных стержней искусственных заземлителей применяют стальные трубы с толщиной стенки не менее 3 мм, прутковую сталь диаметром не менее 12 мм, либо уголки с толщиной полок не менее 4 мм. В качестве горизонтальных заземлителей используют полосовую сталь сечением не менее 4х12 мм или стальной прутки диаметром не менее 6 мм. Все соединения вертикальных стержней с полосой выполняются сваркой, а заземлителя с электроустановкой – сваркой или болтовыми соединениями.

Сопротивление контура заземления складывается из сопротивления вертикальных стержней и горизонтальной полосы, общее сопротивление ЗУ включает сопротивление контура заземления и заземляющего проводника.

Сопротивление контура заземлителя растеканию тока определяется сопротивлением контура заземления и удельным сопротивлением грунта, которое зависит от типа и влажности грунта, содержания солей, температуры и пр.

### **8.3. Нормативные требования**

Защитное заземление следует применять:

1. При напряжении выше 1 кВ – во всех случаях, независимо от рода тока и вида электрической сети.

2. При напряжении 1 кВ и ниже – в следующих видах электрических сетей:

- трехфазные трехпроводные переменного тока с изолированной нейтралью;
- однофазные двухпроводные переменного тока, изолированные от земли;
- постоянного тока с изолированной средней точкой источника тока.

Для этих сетей предусмотрено выполнять защитное заземление в следующих случаях:

- при напряжении 380 В и выше переменного тока или 440 В и выше постоянного тока – во всех случаях;
- при напряжении от 42 до 380 В переменного тока или от 110 до 440 В постоянного тока – только в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, а также в наружных установках;
- при любых напряжениях постоянного и переменного тока – во взрывоопасных помещениях.

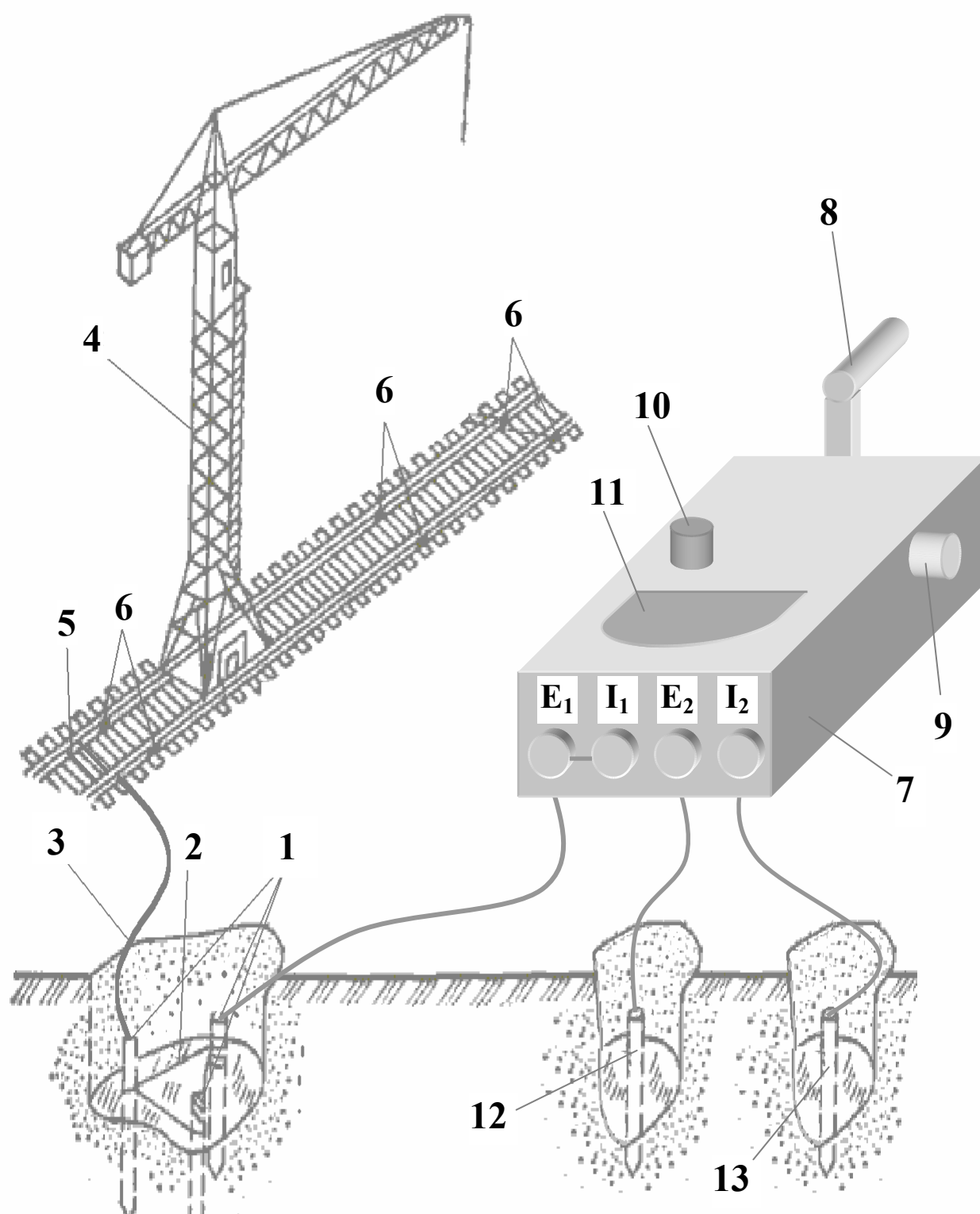


Рис. 8.2. Заземление башенного крана

1 – заземлители; 2 – соединительная полоса; 3 – заземляющий проводник, 4 – заземляемое оборудование; 5 – междурельсовые перемычки; 6 – перемычки между стыками рельс; 7 – прибор МС-08; 8 – рукоятка привода генератора; 9 – ручка «Установка нуля»; 10 – переключатель диапазонов; 11 – шкала прибора; 12 – потенциальный зонд; 13 – токовый зонд

Защитному заземлению подлежат корпуса электрических машин, аппаратов, светильников и т.п.; металлические конструкции, предназначенные для размещения электрических кабелей и электропроводки (оболочки, трубы); металлические конструкции, на которых устанавливается электрооборудование; металлические корпуса передвижных и переносных электроустановок; электрооборудование, размещенное на движущихся частях машин и механизмов.

В строительстве наиболее часто защитное заземление применяется для обеспечения электробезопасности башенных кранов (рис.8.2). В этом случае заземляется не размещенное на подвижной части крана электрооборудование, а подкрановые пути, поскольку металлические части крана через колеса имеют с путями хороший электрический контакт, при этом все части крана, требующие заземления, надежно соединяются с остовом. Рельсы подкрановых путей для создания непрерывной электрической цепи надежно (сваркой) соединяются на стыках перемычками 6 и между собой (междурельсовыми перемычками 5) и заземляются не менее чем в двух точках, сосредоточенными заземлителями.

Заземление может применяться и в сетях с заземленной нейтралью, однако в этом случае оно не является защитной мерой, а служит для обеспечения работоспособности других способов защиты, например, защитного отключения.

Энергоснабжение жилых и общественных зданий должно обеспечиваться только от сети с заземленной нейтралью, поэтому защитное заземление здесь не применяется. Основной мерой защиты данной категории потребителей является зануление – электрическое соединение металлических нетоковедущих частей с нулевым проводом сети. Занулению подлежат: металлические корпуса электроприборов мощностью более 1,3 кВт – во всех случаях, мощностью 1,3 кВт и менее – только при возможности одновременного касания корпуса электроприбора и открытых радиаторов системы отопления, водопроводных труб и других заземленных конструкций. Зануление таких электроприборов выполняется с помощью третьего провода шнура питания и соответствующей трехпроводной розетки.

#### **8.4. Измерение сопротивления заземлителей**

При сдаче в эксплуатацию строительных объектов на каждое отдельное ЗУ составляется паспорт с его схемой, основными техническими характеристиками, сведениями о ремонтах и внесенных изменениях в конструкцию.

В процессе эксплуатации ЗУ возможно повышение сопротивления растеканию тока сверх расчетного значения, при этом ЗУ теряет способность обеспечить безопасность людей при замыкании на корпус, поскольку возрастает потенциал заземлителя, а следовательно, и величины напряжений прикосновения и шага. Повышение сопротивления растеканию тока может быть следствием сезонных колебаний сопротивления грунта, высушивания почвы под воздействием близко расположенных горячих поверхностей (трубопроводов пара, горячей воды и т.п.), ухудшения электрического контакта между элементами ЗУ в результате случайных механических воздействий, при прохождении аварийных токов, коррозии болтовых и сварных соединений.

Чтобы своевременно обнаружить неисправность и восстановить защитные функции ЗУ, Правилами [18] предусматриваются периодические проверки состояния ЗУ, включающие внешний осмотр видимых частей ЗУ с проверкой цепи между заземлителем и электроустановки, измерение сопротивления ЗУ, выборочное вскрытие грунта для осмотра подземных элементов ЗУ.

Внешний осмотр ЗУ осуществляется при всех видах проверки электроустановки. Измерение сопротивления ЗУ производится в сроки, устанавливаемые системой планово-предупредительных ремонтов для данного заземляемой установки (обычно 1 раз в год) в наиболее неблагоприятных для работы ЗУ условиях, т.е. в периоды наибольшего удельного сопротивления грунта: летом – при максимальном просыхании почвы и зимой – при наибольшем промерзании. Вскрытие грунта производится при каждом измерении сопротивления.

Для измерения чаще всего используется метод вольтметра-амперметра. Сущность метода заключается в том, что производится одновременное измерение: амперметром – тока  $I_x$ , пропускаемого через заземлитель в землю, вольтметром – потенциала  $\varphi_x$  заземлителя относительно земли (рис.8.3). Сопротивление растеканию тока от заземлителя

$$R_{изм} = \varphi_x / I_x, \text{ Ом} \quad (8.1)$$

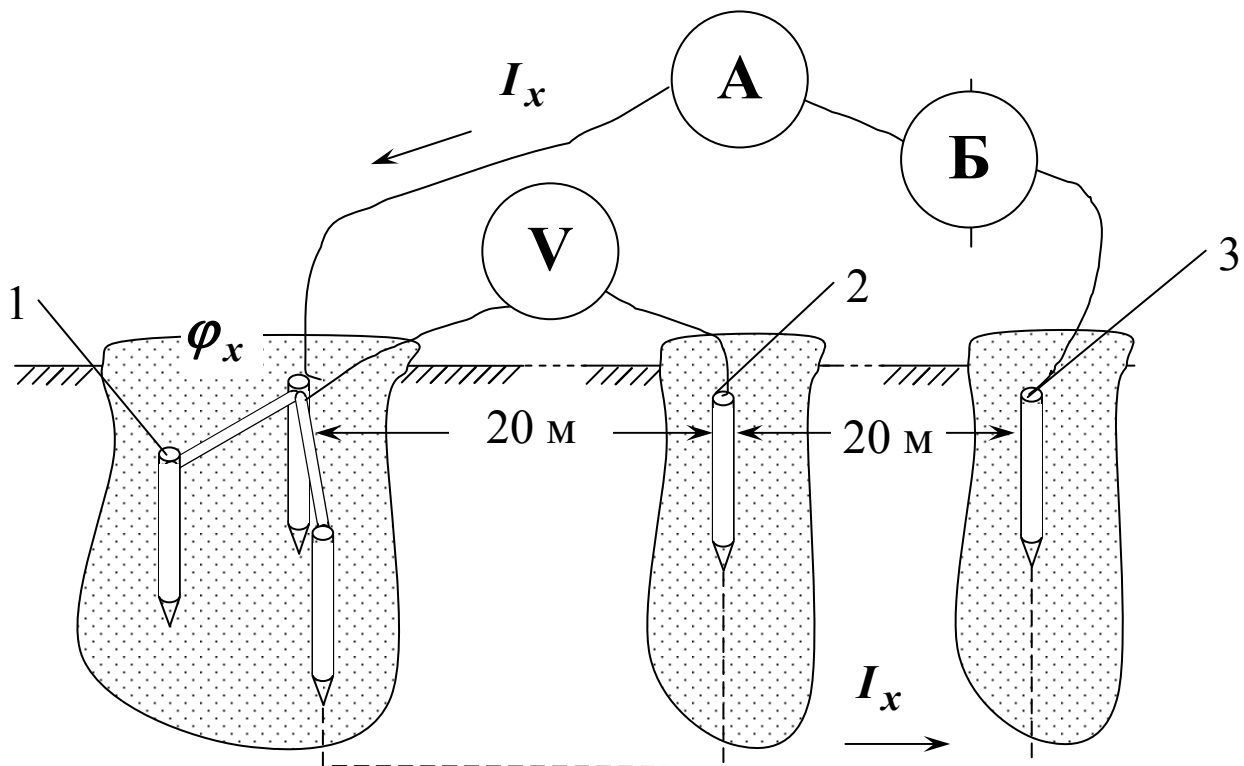


Рис. 8.3. Измерение сопротивления растеканию тока методом вольтметра-амперметра

1 – заземлитель; 2 – потенциальный зонд; 3 – токовый зонд;  
А – амперметр; V – вольтметр; Б – источник питания.

Для измерения необходимо два вспомогательных зонда – токовый 3, служащий для создания токовой цепи, и потенциальный 2, служащий для подключения вольтметра к точке с нулевым потенциалом.

В промышленности для измерения сопротивления ЗУ применяются комбинированные приборы – измерители сопротивления. Отличительная особенность их в том, что конструктивно в приборе совмещены функции амперметра и вольтметра, вычисления по формуле 8.1 производятся автоматически, и на стрелку выводится готовое значение сопротивления. Приборы, измеряющие несколько различных величин, производящие над ними арифметические действия и выдающие результат этих действий называются логометрами.

В лабораторной работе используется логометрический измеритель сопротивления МС-08. Прибор содержит две рамки – токовую, включаемую как амперметр между заземлителем и токовым зондом, и рамку напряжения, включаемую как вольтметр между заземлителем и потенциальным зондом. Источником электроэнергии является встроенный генератор постоянного тока с ручным приводом.

## 8.5. Экспериментальная часть

### 8.5.1. Задание по работе

Работа выполняется каждым студентом самостоятельно в соответствии с номером варианта, задаваемым преподавателем.

Номер варианта состоит из двух цифр. Первая определяет тип объекта (табл.8.1), вторая – размеры заземлителей (табл.8.2).

Таблица 8.1

№ п/п	Тип грунта	Тип и характеристики объекта		Мощность трансформатора
		Влажность грунта	Климатическая зона	
0	Песок	Малая	I	90
1	Песок	Нормальная	II	120
2	Супесь	Повышенная	III	150
3	Супесь	Малая	IV	200
4	Чернозем	Нормальная	I	80
5	Чернозем	Повышенная	II	50
6	Суглинок	Малая	III	400
7	Суглинок	Нормальная	IV	110
8	Глина	Повышенная	I	100
9	Глина	Малая	II	180



Таблица 8.2

## Размеры заземлителей

№ п/п	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Длина стержня $l_c$ , м	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0
Диаметр стержня $d_c$ , м	0,02	—	0,03	—	0,02	—	0,04	—	0,03	—
Ширина полки уголка $b$ , м	—	0,04	—	0,05	—	0,03	—	0,05	—	0,04
Расстояние между стержнями $a$ , м	6,0	4,4	5	2,7	6,0	6,0	2,2	7,5	5,4	3,0
Ширина соединительной полосы, $b_n$ , м	0,03	0,05	0,04	0,03	0,07	0,05	0,04	0,03	0,05	0,07
Глубина заложения соединительной полосы, $t_o$ , м	0,5	0,4	0,3	0,4	0,6	0,4	0,3	0,5	0,6	0,5
Размещение соединительных полос	ряд	кон тур	ряд	кон тур	ряд	кон тур	ряд	кон тур	ряд	кон тур

## 8.5.2. Расчет заземляющих устройств

Для расчета ЗУ необходимо иметь: электрические характеристики установки; план размещения электрооборудования; допустимые значения напряжений прикосновения и шага; расчетный ток замыкания на землю.

Кроме того, необходимо знать:

- форму, размеры, материал и предполагаемое заглубление вертикальных стержней заземлителя;
- измеренное удельное сопротивление грунта  $\rho$  на участке размещения ЗУ.

При отсутствии таких данных сопротивление грунта принимается по табл.8.3;

Таблица 8.3

## Средние значения удельного сопротивления грунта, Ом·м

Тип грунта	Удельное сопротивление грунта $\rho$ , Ом·м
Песок	700
Супесь	300
Чернозем	200
Суглинок	100
Глина	40

- климатические условия региона (приведены в табл. 8.1), по которым выбираются соответствующие коэффициенты  $K_{мв}$  и  $K_{мг}$  (табл. 8.4)

Таблица 8.4

Коэффициенты климатических условий для вертикальных и горизонтальных заземлителей

Климатическая зона	Для вертикального заземлителя (стержня) $K_{мв}$			Для горизонтального заземлителя (соединительной полосы) $K_{мг}$		
	Влажность грунта			Влажность грунта		
	Повышенная	нормальная	малая	повышенная	нормальная	малая
I	2,0	1,9	1,8	7,0	5,7	4,5
II	1,8	1,65	1,5	4,5	4,0	3,5
III	1,6	1,5	1,4	2,5	2,2	2,0
IV	1,4	1,3	1,2	2,0	1,7	1,5

Расчет ЗУ выполняется по характеристикам электроустановки (рабочему напряжению, мощности трансформатора и пр.) в следующем порядке.

1. Вначале выбирают допустимое сопротивление ЗУ  $R_{Д}$ , Ом (см. п.8.2.).

2. Затем по формуле (8.2) рассчитывают сопротивление одиночного стержневого заземлителя:

$$R_{oc} = 0,366 \frac{\rho K_{мв}}{l_c} \left( \lg \frac{2l_c}{d_c} + \frac{1}{2} \lg \frac{4h_c + l_c}{4h_c - l_c} \right), \text{ Ом} \quad (8.2)$$

Здесь:

$h_c$  – глубина заложения стержня, м, равная расстоянию от поверхности земли до середины стержня

$$h_c = h_o + 0,5l_c, \text{ м} \quad (8.3)$$

$K_{мв}$  – коэффициент климатических условий, определяется по табл. 8.4 для вертикального заземлителя (стержня) в зависимости от климатической зоны и влажности грунта;

$l_c$  и  $d_c$  – соответственно длина и наружный диаметр стержня, м;

Для заземлителей из уголкового стали эквивалентный диаметр стержня принимают по формуле:

$$d_c = 0,95b, \text{ м} \quad (8.4)$$

$b$  – ширина полки уголка, м.

3. Определяют ориентировочное количество стержней:

$$n_x = R_{oc} / R_3 \quad (8.5)$$

4. Находят требуемое количество вертикальных заземлителей

$$n = R_{oc} / (\eta_e R_z) \quad (8.6)$$

где  $\eta_e$  – коэффициент использования вертикальных заземлителей, выбирается из табл.8.5 с учетом отношения  $a/l_c$  (расстояния  $a$  между стержнями к их длине  $l_c$ ), предполагаемого размещения соединительных полос и ориентировочного количества стержней  $n_x$ .

Полученное значение  $n$  округляется до ближайшего целого числа. Если  $n$  отличается от  $n_x$ , то следует выбрать из табл. 8.5 по значению  $n$  новое значение  $\eta_e$  и пересчитать  $n$  по формуле (8.6).

Таблица 8.5

Коэффициенты использования вертикальных заземлителей  $\eta_e$

Количество заземлителей $n(n_x)$	Соединительные полосы размещены в ряд			Соединительные полосы размещены по периметру замкнутого контура		
	Отношение расстояния $a$ между стержнями к их длине $l_c$					
	1	2	3	1	2	3
2	0,85	0,91	0,94	—	—	—
4	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,85
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80
10	0,59	0,74	0,81	0,56	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	—	—	—	0,41	0,58	0,66

5. Суммарное сопротивление стержней

$$R_c = nR_{oc}, \text{ Ом} \quad (8.7)$$

6. Сопротивление соединительной полосы

$$R_n = \frac{0,366}{\eta_z l_n} \rho K_{мг} \lg \frac{2l_n^2}{b_n t_0}, \text{ Ом} \quad (8.8)$$

Здесь  $\eta_z$  – коэффициент использования горизонтального заземлителя, выбирается из табл.8.6 аналогично  $\eta_e$ ;

$l_n$  – длина полосы, м. Определяется по формуле (8.10) при рядном расположении заземлителей или (8.9) – при контурном:

$$l_n = 1,05an, \text{ м} \quad (8.9)$$

$$l_n = 1,05a(n-1), \text{ м} \quad (8.10)$$

$b_n$  – ширина полосы, м;  $t_o$  – глубина заложения полосы, м.

Таблица 8.6

Коэффициенты использования горизонтальных заземлителей (полос)  $\eta_z$ 

Количество заземлителей $n(n_x)$	Соединительные полосы размещены в ряд			Соединительные полосы размещены по периметру замкнутого контура		
	Отношение расстояния $a$ между стержнями к их длине $l_c$					
	1	2	3	1	2	3
2	0,85	0,94	0,96	—	—	—
4	0,77	0,80	0,92	0,45	0,55	0,70
6	0,72	0,84	0,88	0,40	0,48	0,64
10	0,62	0,75	0,82	0,34	0,40	0,56
20	0,42	0,56	0,68	0,27	0,32	0,45
40	—	—	—	0,22	0,29	0,33

## 7. Общее сопротивление контура заземления

$$R = \frac{R_c R_n}{R_c + R_n}, \text{ Ом} \quad (8.11)$$

8. Сравнивают расчетные значения общего сопротивления  $R$  с допустимым значением  $R_d$ . В случае, если  $R > R_d$  увеличивают количество стержней  $n$  или их длину  $l_c$ , либо уменьшают расстояние  $a$  между ними и производят перерасчет, начиная с п.4.

### 8.5.3. Порядок выполнения работы по расчету сопротивления контура заземления

1. По заданной мощности трансформатора (табл. 8.1) определить допустимое сопротивление ЗУ  $R_z$  (см. рекомендации п.8.2.).

2. Определить расчетное сопротивление одиночного заземлителя по формуле (8.2). Длину  $l_c$  и диаметр  $d_c$  стержня выбрать из исходных данных (табл.8.2); если в качестве вертикального заземлителя используется уголок, рассчитать  $d_c$  по формуле (8.4). Удельное сопротивление грунта  $\rho$  принимается из табл.8.3 по заданному типу грунта (табл.8.1); коэффициент климатических условий для вертикальных заземлителей  $K_{mv}$  – из табл.8.4 по климатической зоне и влажности грунта (табл.8.1).

3. Определить ориентировочное количество стержней  $n_x$  по формуле (8.5). Результат округлить до целого числа.

4. Определить требуемое количество вертикальных заземлителей  $n$  по формуле (8.6). Для этого:

- найти отношение расстояния между электродами к их длине  $L = a/l_c$ . Расстояние  $a$  между стержнями берется из табл.8.2.
- выбрать из табл. 8.5 коэффициент использования вертикальных заземлителей  $\eta_e$ , пользуясь  $L$ , полученным ранее, количеством стержней  $n_x$  (п.3) и видом размещения соединительных полос (таблица 8.2).

Полученное значение  $n$  округлить до ближайшего целого числа. Если  $n$  отличается от  $n_x$ , то следует выбрать из табл. 8.5 по значению  $n$  новое значение  $\eta_e$  и вновь пересчитать  $n$  по формуле (8.6).

5. Определить суммарное сопротивление стержней  $R_c$  по формуле (8.7).

6. Вычислить сопротивление соединительной полосы  $R_n$  по формуле (8.8).

Для этого:

- выбрать из табл. 8.6 коэффициент использования горизонтального заземлителя  $\eta_z$ . Выбор производится аналогично выбору  $\eta_e$ .
- выбрать из табл. 8.4 коэффициент климатических условий для горизонтальных заземлителей  $K_{мг}$ . Выбор производится аналогично выбору  $K_{мв}$ .
- определить по формуле (8.10) при рядном расположении заземлителей или формуле (8.9) – при контурном) длину соединительной полосы  $l_n$ .

7. Рассчитать сопротивление контура заземления  $R$  по формуле (8.11).

8. Проверить соответствие полученного сопротивления контура заземления  $R$  допустимому сопротивлению ЗУ  $R_z$ . В случае несоответствия увеличить количество заземлителей и повторить расчет с п.4 до п.8.

#### 8.5.4. Порядок выполнения натуральных замеров

1. Установить соответствующими переключателями на стенде заданный в варианте тип грунта, полученное количество вертикальных заземлителей и мощность трансформатора.

2. Подключить прибор МС-08 к стенду в соответствии со схемой (рис.8.2). Клеммы Е1 и I1 прибора соединяются перемычкой и подключаются к выводу ЗУ, клемма I2 – к выводу токового зонда, клемма Е2 – к выводу потенциального зонда.

3. Перед измерением сопротивления ЗУ переключатель диапазонов 10 установить в положение «Регулировка», затем вращая ручку 8 привода генератора (см. Рис.8.2) со скоростью 90 – 150 об/мин одновременно ручкой 9 «Установка нуля» добиться совмещения стрелки с красной риской на шкале 11 прибора.

4. Для измерения сопротивления ЗУ растеканию тока установить переключатель диапазонов 10 в положение «х1,0» и вращая ручку 8 генератора одновременно снять отсчет по шкале 11. Если измеренное сопротивление менее 100 Ом, необходимо установить переключатель диапазонов 10 в положение «х0,1» и снять более точный отсчет; если измеренное сопротивление менее 10 Ом, необходимо повторить измерение в диапазоне «х0,01».

5. Сравнить замеренное сопротивление контура заземления растеканию тока с допустимым значением  $R_d$  для заданного варианта.

### **8.6. Мероприятия по обеспечению нормативных параметров заземления**

Для обеспечения длительного времени работы заземлителей все электрические соединения при установке контура заземления следует выполнять сваркой. Контактные соединения должны отвечать требованиям государственных стандартов.

Следует выполнять регулярный контроль сопротивления растеканию тока заземлителей – не реже одного раза в год в самый холодный и самый жаркий месяцы.

### **8.7. Контрольные вопросы**

1. Что называется защитным заземлением? Опишите принцип его действия.
2. При каких значениях напряжений и в каких помещениях используется защитное заземление?
3. Опишите виды и конструкцию заземлителей.
4. Какие меры электробезопасности используются в жилых помещениях?
5. Каким образом нормируется защитное заземление?
6. Как и какими приборами измеряется сопротивление контура заземления растеканию тока?
7. От каких параметров зависит расчетная величина ЗУ?
8. От чего зависит сопротивление ЗУ растеканию тока?
9. В чем особенности эксплуатации ЗУ?
10. Назовите известные Вам способы защиты человека от воздействия электрического тока.

## **9. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОТ ПЭВМ»**

### **9.1. Цель работы**

Ознакомление с основными сведениями о низкочастотных и высокочастотных электромагнитных излучениях, их источниках и влиянии на организм человека. Изучение принципов гигиенического нормирования электромагнитных излучений. Освоение методов и способов измерения электромагнитных излучений и измерительной аппаратуры. Приобретение навыков санитарно-гигиенической оценки уровней электромагнитных полей в производственных помещениях и на рабочих местах и разработки мероприятий по улучшению условий труда.

### **9.2. Общие сведения**

Электромагнитное поле (ЭМП) - физическое поле движущихся электрических зарядов, в котором осуществляется взаимодействие между ними. Частные проявления ЭМП - электрическое и магнитное поля. Поскольку изменяющиеся электрическое и магнитное поля порождают в соседних точках пространства соответственно магнитное и электрическое поля, эти оба связанных между собой поля распространяются в виде единого ЭМП. ЭМП характеризуются частотой колебаний  $f$  (или периодом  $T = 1/f$ ), амплитудой  $E$  (или  $H$ ) и фазой, определяющей состоянии волнового процесса в каждый момент времени

При использовании электрических приборов пользователь подвергается воздействию низко- и высокочастотных электромагнитных излучений, что весьма пагубно сказывается на его здоровье. К вредным воздействиям относятся электростатические, низко- и высокочастотные электромагнитные поля.

На пользователей компьютеров наибольшее воздействие оказывает монитор. Монитор, как и любое устройство, должен соответствовать требованиям безопасности и государственным стандартам. Требования на мониторы разделяют на две основные группы стандартов и рекомендаций - по безопасности и эргономике, что отражено в Российских санитарных нормах и правилах Сан-ПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [19].

Электромагнитные поля, возникающие при работе компьютера, обладают способностью биологического, специфического теплового воздействия на организм человека. Последствия длительного действия электромагнитного излучения: повышенная утомляемость; головная боль; сонливость; боль в области сердца; гипотония. Наибольшее влияние они оказывают на иммунную, нервную, эндокринную и половую систему. Иммунная система снижает выработку ферментов, выполняющих защитную функцию, происходит ослабление системы клеточного иммунитета. Эндокринная система начинает выбрасывать в кровь большее количество адреналина, как следствие, возрастает нагрузка на сердечно-сосудистую систему организма. Происходит сгущение крови, в результате чего клетки недополучают кислород.

### 9.3. Нормативные требования

Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг видеодисплейных терминалов (ВДТ) по электрической и магнитной составляющим, согласно СанПиН [19] приведена в табл.9.1.

Таблица 9.1

Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	В диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Классы условий труда при действии неионизирующих электромагнитных полей и излучений указаны в табл. 9.2

Таблица 9.2

Классы условий труда при действии неионизирующих ЭМП и излучений

Фактор	Класс условий труда						
	Оптимальный	Допустимый	Вредный - 3				Опасный (экстрем.)
	1	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Превышение ПДУ (раз)							
Геомагнитное поле (ослабление) [20]	естественный фон	<= ВДУ	<= 5	> 5	–	–	–
Электростатическое поле [20]	естественный фон	<= ПДУ	<= 5	> 5	–	–	–
Постоянное магнитное поле [20]	естественный фон	<= ПДУ	<= 5	> 5	–	–	–
Электрические поля промышленной частоты (50 Гц) [20]	естественный фон	<= ПДУ	<= 5	<= 10	> 10	–	> 40
Магнитные поля промышленной частоты (50 Гц) [20]	естественный фон	<= ПДУ	<= 5	<= 10	> 10	–	–
Электромагнитные поля на рабочем месте пользователя ПЭВМ [19]	–	<= ВДУ	> ВДУ	–	–	–	–

Значения ПДУ, с которыми проводится сравнение измеренных на рабочих местах величин ЭМП, определяются в зависимости от времени воздействия фактора в течение рабочего дня.



## 9.4. Измерение уровней электромагнитного излучения

### 9.4.1. Описание измерителя параметров электрического и магнитного полей ВЕ-МЕТР-АТ-002

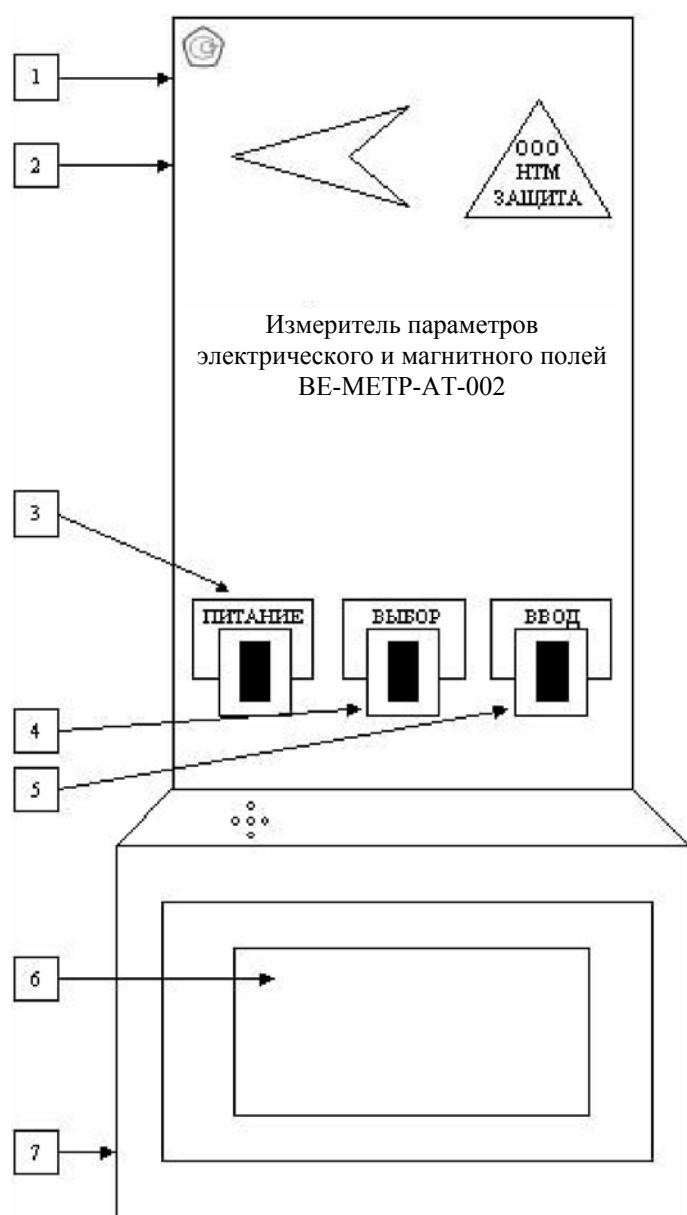


Рис. 9.1. Внешний вид измерителя со стороны лицевой панели.

- 1 – корпус прибора.
- 2 – гнездо включения внешней антенны.
- 3 – выключатель питания.
- 4 – кнопка выбора режимов измерения.
- 5 – кнопка запуска измерений и ввода результатов в память процессора.
- 6 – жидкокристаллический строчный дисплей.
- 7 – гнездо подключения зарядного устройства.

Измеритель параметров электрического и магнитного полей ВЕ-метр-АТ-002 предназначен для измерения параметров электрического и магнитного полей видео дисплейных терминалов, контроля норм по электромагнитной безопасности в соответствии с требованиями СанПиН [19].

Внешний вид измерителя представлен на рис. 9.1.

Измеритель выполнен в виде портативного прибора, объединяющего в одном корпусе датчики-измерители плотности магнитного потока и напряженности электрического поля, блок полосовых (НЧ и ВЧ) усилителей-детекторов, блок цифровой обработки результатов регистрации, блок управления и индикации, и блок питания. Корпус прибора выполнен из синтетического материала с низким уровнем диэлектрических потерь. Для удобства пользователя все управляющие органы измерителя (выключатель питания, кнопки выбора режима и запуска измерений) вынесены на переднюю панель прибора и объединены в один блок управления. В боковой части прибора (слева под индикаторной панелью) расположено гнездо подключения зарядного устройства.

### 9.4.2. Устройство и работа измерителя 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 колебания электрического и магнитного полей анализируются встроенным в измеритель микропроцессором. Результат измерений индицируется на матричном жидкокристаллическом индикаторе.

Функциональная блок-схема измерителя приведена на рис.9.2. Прибор состоит из каналов измерения плотности магнитного потока I и напряженности электрического поля II. Регистрация полей производится датчик-измерителями 1 и 2 одновременно во всем диапазоне частот. Полученные сигналы после предварительного усиления в усилителях 3 и 4 разделяются частотными фильтрами 5, 6, 7, 8 на НЧ и ВЧ полосы и далее детектируются в независимых каналах 9, 10, 11, 12. Обработка результатов измерений и вывод информации осуществляется блоком III/

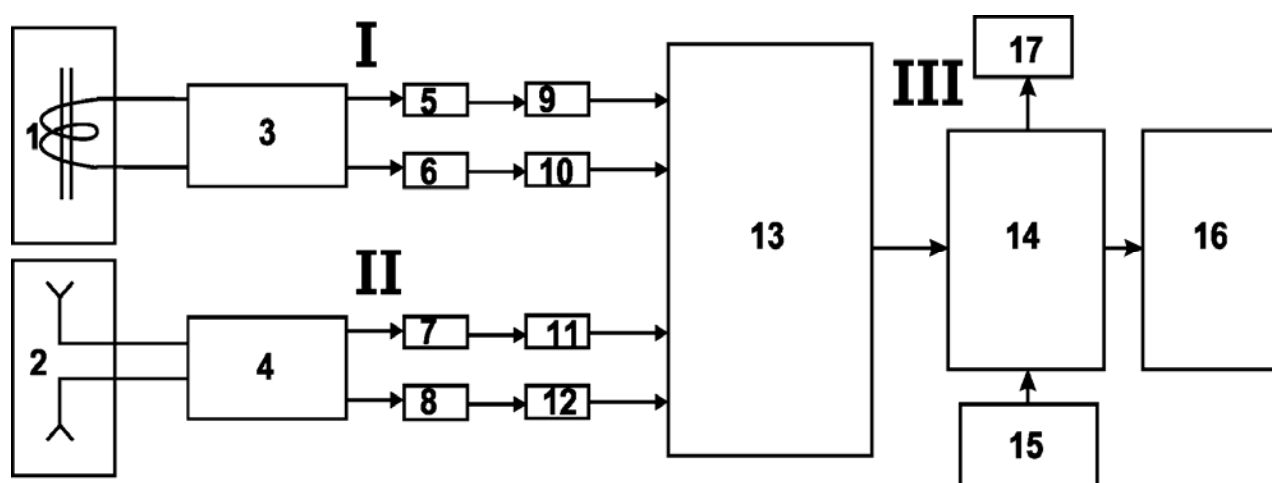


Рис. 9.2. Функциональная блок-схема измерителя «ВЕ-МЕТР-АТ-002»

I – канал измерения плотности магнитного потока (МП):

1 – датчик-измеритель МП; 3 – предварительный усилитель сигналов датчика МП; 5, 6 – активные полосовые фильтры высоких и низких частот (АПФВЧ и АПФНЧ) МП; 9,10 – каналы детектирования ВЧ и НЧ сигналов датчика МП

II – канал измерения напряженности электрического поля (ЭП):

2 – датчик-измеритель ЭП; 4 – предварительный усилитель сигналов датчика ЭП; 7, 8 – АПФВЧ и АПФНЧ ЭП; 11,12 – каналы детектирования ВЧ и НЧ сигналов датчика ЭП

III – блок обработки сигнала и вывода информации

13 – аналогово-цифровой преобразователь; 14 – процессор; 15 – блок управления процессором; 16 – жидкокристаллический алфавитно-цифровой дисплей матричного типа; 17 – звуковой сигнализатор.

Таблица 9.3

Технические характеристики измерителя ВЕ-МЕТР-АТ-002

Параметр	Диапазон	Значение
Диапазон частот: от 5 Гц до 400 кГц	полоса 1 (НЧ поля)	5 Гц – 2000 Гц
	полоса 2 (ВЧ поля)	2 кГц – 400 кГц
Диапазон среднеквадратических значений напряженности электрического поля	полоса 1	от 8 В/м – 100 В/м
	полоса 2	0,8 В/м – 10 В/м
Диапазон среднеквадратических значений плотности магнитного поля	полоса 1	0,08 мкТл – 1 мкТл
	полоса 2	8 нТл – 100 нТл
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения напряженности электрического поля	полоса 1	±20%
	полоса 2	±20%
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерения плотности магнитного поля	полоса 1	±20%

### 9.5. Экспериментальная часть

1. Для проведения замеров на экране прибора отражено "Выберите режим" кнопкой "Выбор" выбрать (добиваясь мигания соответствующей надписи) режим «Аттестация» (измерение полного поля). Кнопкой "Ввод" включить выбранный режим измерений.

2. Поместить измеритель так, чтобы геометрический центр передней торцевой панели прибора находился в точке измерения (на расстоянии 0.5 м от экрана ВДТ на перпендикуляре к его центру). Начальная ориентация прибора должна быть такой, чтобы стрелка на лицевой панели была расположена горизонтально, перпендикулярно плоскости экрана ВДТ. Нажатием кнопки "Ввод" включить измерение.

3. Дождавшись звукового сигнала, свидетельствующего о выполнении измерения, переориентировать измеритель так, чтобы стрелка, оставаясь в горизонтальной плоскости, была ориентирована параллельно плоскости экрана ВДТ. Нажатием кнопки "Ввод" включить измерение.

4. Дождавшись звукового сигнала, свидетельствующего о выполнении измерения, переориентировать измеритель так, чтобы стрелка на лицевой панели была расположена вертикально. Нажатием кнопки "Ввод" включить измерение.

5. 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.

6. После окончания измерений следует записать результаты в протокол измерений и, нажав на кнопку "Питание", выключить прибор. Индикатор на панели измерителя погаснет. Результаты замеров занести в протокол по приведенной ниже форме.

### ***ПРОТОКОЛ №*\_\_\_\_\_**

#### **измерения напряженности электромагнитного поля и электростатического потенциала на рабочих местах (РМ)**

от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_ года

1. Место проведения измерений: \_\_\_\_\_
2. Нормативно-техническая документация: \_\_\_\_\_
3. Измерения проводились в присутствии преподавателя:
4. Средства измерений: \_\_\_\_\_
5. Характер работы оборудования: \_\_\_\_\_

#### **Результаты измерений:**

Место проведения измерений	Напряжённость электрического поля, В/м				Плотность магнитного потока, нТл			
	В диапазоне частот				В диапазоне частот			
	5 Гц–2 кГц		2 – 400 кГц		5 Гц–2 кГц		2 – 400 кГц	
	Фактические параметры	СанПиН	Фактические параметры	СанПиН	Фактические параметры	СанПиН	Фактические параметры	СанПиН
Величина отклонения		<25		<2,5		<250		<25
Класс условий труда								

Примечание: Измерения проводить троекратно, в протокол заносить средние значения.

Закключение: В результате проведенных инструментальных измерений и на основании нормативно-технической документации установлено:

- уровень напряжённости электрического поля в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц (не)/соответствует допустимым значениям;
- уровень напряжённости электрического поля в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц (не)/соответствует допустимым значениям;
- уровень магнитной индукции в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц (не)/соответствует допустимым значениям;
- уровень магнитной индукции в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц (не)/соответствует допустимым значениям.

## 9.6. Мероприятия по снижению уровней электромагнитных излучений

**Использование малоизлучающих видеодисплейных терминалов (ВДТ).** Поскольку источник высокого напряжения дисплея с электронно-лучевой трубкой (ЭЛТ) – строчный трансформатор – помещается в задней или боковой части ВДТ, то необходимо использовать ВДТ, экранированные с этих сторон металлическим кожухом. В качестве экранирующего кожуха, может выступать корпуса и кожухи из формовочных материалов с алюминиевым, латунным и другими металлическими наполнителями. ЭМИ с поверхности и через поверхность экрана ЭЛТ экранируется с помощью проводящего покрытия, наносимого на внутреннюю или внешнюю поверхность предохранительного стекла; или же с помощью дополнительного защитного фильтра, который располагается перед экраном.

**Применение внешних защитных фильтров.** Установка защитного фильтра на ЭЛТ снижает уровень ЭМИ в 2 – 4 раза для человека, сидящего перед экраном, уменьшая электрическую составляющую ЭМИ ПЭВМ в непосредственной близости от экрана, и вовсе не снижая, а может даже увеличивая интенсивность поля в стороны от экрана по оси ЭЛТ на расстояниях более 1 – 1,5 м. Поэтому более эффективным является применение конструкций фильтров с дополнительным экранированием боковых сторон дисплеев.

**Рациональное расположение рабочих мест.** При рассмотрении вопроса о размещении рабочих мест операторов ПЭВМ в помещении необходимо учитывать, что в этом случае на оператора может оказывать негативное воздействие не только тот компьютер, за которым он работает, но и другие компьютеры, находящиеся в данном помещении.

Для исключения такого влияния ВДТ должны, по возможности, размещаться в один ряд на расстоянии более одного метра от стен.

Рабочие места операторов должны быть на расстоянии не менее 1,2 метров между собой. Допускается также размещение ВДТ в форме «ромашки». Однако следует учитывать, что каким бы ни было расположение компьютеров в рабочем помещении, задняя стенка компьютера не должна быть направлена в сторону других рабочих мест. Если этого невозможно достичь с помощью рациональной планировки помещения, то в конструкции рабочего стола необходимо предусмотреть возможность монтирования электромагнитного экрана со стороны, к которой обращена тыльная часть ВДТ.

## 9.7. Контрольные вопросы

1. В чем заключается цель выполнения данной лабораторной работы?
2. Что такое электромагнитные поля, область их возникновения?
3. Какими документами нормируются параметры электрических и магнитных полей?
4. Каким прибором измеряются электромагнитные поля, принцип его работы?
5. Как влияют электромагнитные поля на организм человека?
6. Мероприятия по снижению параметров электромагнитных полей?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
2. Пчелинцев В.А. Охрана труда в строительстве: учебник для вузов по специальности "Промышленное и гражданское строительство" / В.А.Пчелинцев, Д.В.Коптев, Г.Г.Орлов. – М.: Высшая школа, 1991. – 272 с. – (Промышленное и гражданское строительство). - ISBN 5-06-002031-2.
3. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
4. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003.
5. ГОСТ 12.1.007-76 (1999). ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
6. ГОСТ 12.1.016–79 (2001). ССБТ. Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентрации вредных веществ.
7. ГОСТ Р 53228-2008 - Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания
8. ГОСТ 12.4.041–2001. ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов дыхания фильтрующие. Общие технические требования.
9. ГОСТ 12.1.003-83 (1999). ССБТ. Шум. Общие требования безопасности
10. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки
11. ГОСТ 12.1.050-86 (2003) ССБТ. Методы измерения шума на рабочих местах
12. ГОСТ 12.1.029-80 (2001). ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация
13. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003
14. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
15. ГОСТ 12.1.012-2004. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования
16. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*
17. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий с изменениями и дополнением № 1 (СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585-10).
18. Правила устройства электроустановок. Утверждены Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204.
19. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы с изменениями №1 (СанПиН 2.2.2/2.4.2198-07), №2 (СанПиН 2.2.2/2.4.2620-10), №3 (СанПиН 2.2.2/2.4.2732-10).
20. СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях (ред. от 02.03.2009).

Учебное издание

**Сергей Леонардович Пушенко  
Евгений Сергеевич Филь  
Екатерина Вадимовна Федина**

Практикум по дисциплине  
«Безопасность жизнедеятельности»

*Учебное пособие*

Редактор Н.Е.Гладких  
Компьютерная верстка и макет Е.С.Филь  
Темплан 2013 г., поз. \_\_\_\_\_

---

Подписано в печать \_\_\_\_\_. Формат 60x84/16. Бумага писчая. Ризограф.  
Уч.-изд.л. \_\_\_\_\_. Усл.-печ.л. \_\_\_\_\_. Тираж \_\_\_\_\_ экз. Заказ \_\_\_\_\_

---

*Редакционно-издательский центр  
Ростовского государственного строительного университета  
344022, Ростов-на-Дону. Ул. Социалистическая, 162*