

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ  
УЗБЕКИСТАН**

**НАВОИЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ  
КОМБИНАТ**

**НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ  
ИНСТИТУТ**

**КАФЕДРА  
«БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»**

## **Лабораторный практикум**

по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»  
для студентов всех направлений бакалавриата



**Навои 2014**

Рекомендованы к изданию по решению учебно-методического Совета от \_\_\_\_\_ (протокол №\_\_\_\_)

Составитель: старший преподаватель Ахмедова Н.М.

Лабораторный практикум по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех направлений бакалавриата.

Навоий: НГГИ, 2014 г. с.

Практикум содержит методические рекомендации для проведения лабораторных работ. Темы занятий выбраны в соответствии с учебной программой дисциплины «Безопасность жизнедеятельности».

Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

Рецензенты: Кувондикова Д. – Заведующая кафедрой «Основы медицинских знаний»

Салимов Х.В. - доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности» НГГИ

## **ВВЕДЕНИЕ**

Практикум является руководством для проведения лабораторных работ по курсу «Безопасность жизнедеятельности». В нее включены 8 лабораторных работ.

Цель настоящего лабораторного практикума – приобретение будущими специалистами практических навыков по выявлению (идентификации) и количественной характеристике опасных и вредных факторов в различных сферах жизнедеятельности; приобретение практических навыков пользования нормативными документами; умение сравнить фактический уровень воздействия фактора на организм с гигиеническими нормативами и дать оценку качества среды обитания.

В описании каждой лабораторной работы приводятся: цель исследований, необходимые теоретические сведения по данному разделу, описание применяемых установок и приборов, методика проведения работы и оформление результатов, контрольные вопросы для самостоятельной подготовки студентов.

## **ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К БЕЗОПАСНОМУ ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ**

Перед началом работ в лаборатории руководитель занятий проводит инструктаж по общим правилам безопасности, приемам работы с отдельными приборами и установками, мерам пожарной профилактики. По окончании инструктажа студенты расписываются в специальном журнале, где указывается дата проведения инструктажа и фамилия преподавателя.

В процессе работы студенты должны строго придерживаться основных указаний методики:

работать со стеклянной посудой следует очень осторожно;

категорически запрещается демонтаж ограждаемых средств защиты (кожухов, ограждений и др.);

все установки после проведения лабораторных работ необходимо незамедлительно обесточить;

при определении сопротивления заземления следует обесточить линию, подлежащую проверке, и проверить указатели напряжения (переносным вольтметром, неоновой лампочкой), а также отсутствие напряжения на проверяемом участке;

при выполнении лабораторной работы разрешается пользоваться только комплектными приспособлениями.

## Лабораторная работа № 1

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

**Цель работы:** определить содержание пыли в воздухе весовым и счетным методами и дать санитарную оценку запыленности производственной среды.

#### Общие сведения

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

Пыль — мельчайшие частицы твердого вещества, которые образуются при производстве при дроблении и размоле твердых веществ, при изготовлении изделий, их обработке и транспортировании.

Степень вредного воздействия пыли на организм человека зависит от количества вдыхаемой пыли, степени дисперсности пылинок, их формы и химического состава. Количество вдыхаемой пыли зависит от степени запыленности помещения, поэтому для охраны здоровья трудящихся является обязательным выполнение требований норм предельно допустимых концентраций пыли в воздухе производственных помещений (см. табл. 2 ирплож. I).

По характеру действия на организм человека промышленная пыль разделяется на раздражающую и токсическую. К раздражающим пылям относятся минеральная (угольная, кварцевая, наждачная и др.), металлическая (чугунная, стальная, цинковая и пр.) и древесная пыль. Проникая в легкие и лимфатические железы, пыль вызывает их заболевание. Продолжительная работа в условиях запыленного воздуха может привести к хроническим заболеваниям легких — пневмокониозам, которые ведут к ограничению дыхательной поверхности легких и Изменениям во всем организме человека.

Токсические пыли (пыль ртути, мышьяка, свинца и т. д.), растворяясь в биологических средах, действуют как введенный в организм яд и вызывают его отравление. Пыль способна адсорбировать из воздуха некоторые ядовитые газы, в результате чего неядовитая пыль может оказаться ядовитой. Например, угольная пыль и сажа могут адсорбировать окись углерода.

Пыль может обладать электрическим зарядом, которым облегчает осаждение ее в легких, увеличивая количество задерживающейся в организме пыли.

Кроме вредного воздействия на организм человека Пыль также повышает износ оборудования, главным образом трущихся частей, увеличивает брак продукции. При определенном содержании горючих пылей в воздухе могут образоваться взрывоопасные смеси.

При работе в помещениях с высокой запыленностью следует пользоваться индивидуальными защитными средствами: респираторами (маска со специальными противопыльными фильтрами), кислородно-изолирующими приборами, устройствами, подающими свежий воздух для дыхания извне, а также противопыльными очками и спецодеждой.

Для оценки запыленности воздушной Среды данного помещения необходимо знать массу пыли, ее качественный состав — количество пылинок в единице объема воздуха, растворимость и токсичность, а также их форму. Чистоту воздуха можно определить весовым, счетным, электрическим и фотоэлектрическим методами. В данной работе изучаются весовой и счетный методы.

**Весовой метод** служит для определения массы пыли, содержащейся в единице объема воздуха. Для этого взвешивают специальный фильтр до и после протягивания через него некоторого объема запыленного воздуха, а затем подсчитывают массу пыли. Весовая концентрация пыли ( $\text{мг/м}^3$ )

$$Q = (P_1 - P)/V_0, \quad (2.1)$$

где  $P$  — масса фильтра до отбора пробы, мг;  $P_1$  — масса фильтра после отбора пробы, мг;  $V_0$  — объем воздуха,

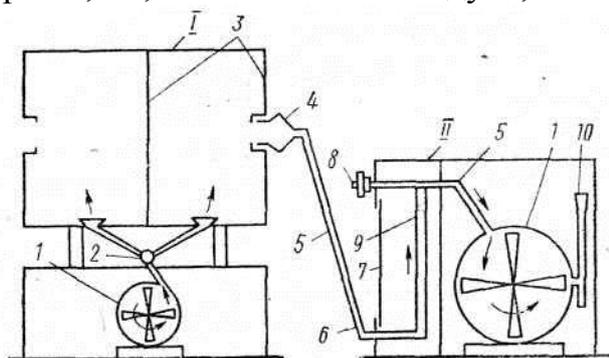


Рис. 5. Установка для определения запыленности воздуха весовым методом:

*I* — пылевая камера, *II* — аспиратор, 1 — воздушодувки; 2 — трехходовой кран; 3 — оргстекло; 4 — аллонж с фильтром; 5 — резиновые трубки; 6 — штуцера; 7 — стекло; 8 — ручки вентилялей, регулирующих скорость отбора проб; 9 — ротаметр; 10 — пылесборник

протянутого через фильтр, приведенный к нормальным условиям, т. е. к такому объему, который он занимал бы при температуре  $0^\circ\text{C}$  и давлении 760 мм рт. ст. ( $\text{м}^3$ )

$$V_0 = \frac{V_t 273 B}{(273 + t) 760}, \quad (2.2)$$

где  $V_t$  — объем воздуха, протянутого через фильтр при температуре  $t$  и давлении  $B$ ;  $B$  — барометрическое давление в месте отбора пробы, мм рт. ст.;  $t$  — температура воздуха в месте отбора пробы,  $^\circ\text{C}$ .

Недостатком весового метода является то, что он не дает представления о качественной характеристике пыли, без которой невозможна полная гигиеническая оценка запыленности. Одно и то же весовое количество пыли может быть при наличии в воздухе небольшого числа крупных частиц и множества мелких, а с точки зрения поведения пыли в воздухе и воздействия ее на организм человека эти случаи совершенно различны.

**Счетный метод** служит для определения числа пылинок, находящихся в  $1 \text{ см}^3$  воздуха. Подсчет пылинок производят с помощью микроскопа, для чего пыль, содержащуюся в определенном объеме воздуха, предварительно осаждают на предметное стекло.

Расчет ведут по формуле

$$X = \frac{N}{V} = \frac{\kappa n_{cp} F}{V} = \frac{\kappa n_{cp} \pi R^2}{n r^2 h} = \frac{\kappa n_{cp}}{h}, \quad (2.3)$$

где  $X$  — искомое число пылинок в  $1 \text{ см}^3$  исследуемого объема воздуха;  $N$  — общее количество пылинок в емкости;  $V$  — объем емкости;  $\kappa$  — количество клеток (полей зрения) в  $1 \text{ см}^2$  окуляра микроскопа;  $n_{cp}$  — среднее число пылинок, подсчитываемых в пяти различных полях зрения окуляр-микрометра;  $F$  — площадь основания емкости,  $\text{см}^2$ ;  $h$  — высота емкости, равная 3 см.

## Применяемые приборы и оборудование

Установка для определения запыленности воздуха (рис. 5) состоит из пылевой камеры, аспиратора и укладочного ящика с аллонжами и фильтром.

Пылевая камера, в которой производят исследование воздуха, искусственно создает пылевоздушную смесь. Камера представляет собой горизонтально расположенный цилиндр. В нижней части камеры расположен вентилятор, создающий в ней движение воздуха. В боковой части пылевой камеры имеется люк с откидной крышкой, через который производится забор воздуха для определения его запыленности, и отверстием для подсоединения фильтродержателя.

**Аспиратор** (рис. 6) — прибор для протягивания запыленного воздуха через аллонж и измерения объема этого воздуха.

**Аллонж** — фильтродержатель — металлический или стеклянный цилиндр, в который вставляется фильтр. Рекомендуется в лабораторной работе применять металлический фильтродержатель и использовать аналитические аэрозольные фильтры (АФА).

Последние представляют собой слой равномерно уложенных ультратонких волокон из полимеров с опрессованными краями и защитных колец с выступами. Применение аналитических фильтров АФА позволяет производить анализы аэрозолей с высокой степенью точности.

При определении запыленности воздуха счетным методом требуется также микроскоп М-10 и прибор ТБ-2, для подготовки препарата пыли (рис. 7).

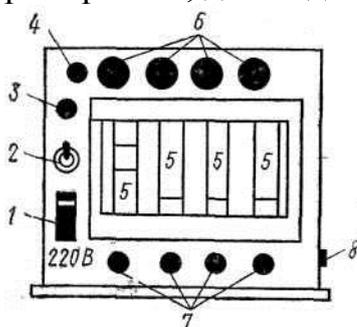


Рис. 6. Аспиратор для отбора проб воздуха:

1 — колодка подключения питания; 2 — тумблер включения и выключения; 3 — предохранитель; 4 — предохранительный клапан; 5 — реометры; 6 — ручки вентиля; 7 — штуцера; 8 — клемма заземления

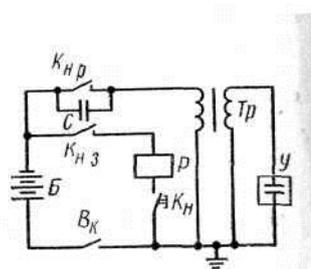


Рис. 7. Упрощенная электрическая схема прибора ТБ-2:

Б — аккумуляторная батарея; Тр — катушка зажигания (трансформатор); Р — реле; С — конденсатор; Вк — тумблер; Кн.р — кнопочный замыкатель; У — контакты стаканчика; Кн.р — контакт нормально разомкнутый; Кн.з — контакт нормально замкнутый

Прибор состоит из двух основных частей — камеры для забора пробы запыленного воздуха и устройства для осаждения пыли на предметное стекло.

Камера для забора пробы запыленного воздуха представляет собой стаканчик из оргстекла с рукояткой, который имеет две съемные крышки с контактами. В нижней крышке стаканчика предусмотрено сквозное отверстие 2x25 мм для установки предметного стекла и пружина, поджимающая это стекло к торцу стаканчика.

Устройство для осаждения пыли смонтировано в корпусе прибора ГБ-2 и состоит из аккумуляторной батареи, катушки зажигания, роле, конденсатора, тумблера и кнопочного замыкателя. Принцип работы прибора основан на получении электростатического поля в стаканчике при подаче на его контакты напряжения; при этом пылинки, находящиеся в отобранной пробе воздуха, быстро осаждаются на предметное стекло.

Микроскоп М-10 позволяет изучать пылевой препарат при различных увеличениях в пределах от 56 до 600 раз при нормальной длине тубуса, равной 160 мм.

### Порядок проведения эксперимента

1. Отсоединить aspirator от пылевой камеры, для этого снять резиновую трубку со штуцера.
2. Включить aspirator и ручкой вентиля отрегулировать необходимую объемную скорость отбора проб.
3. Взвесить фильтр на аналитических весах с точностью до миллиграмма и вставить его в аллонж.
4. Аллонж подсоединить при помощи резиновых трубок к пылевой камере и aspiratorу так, чтобы более широкий конец аллонжа был обращен к камере.
5. Включить вентилятор в пылевой камере.
6. Включить aspirator и в течение 3—4 мин протягивать, запыленный воздух через аллонж.
7. Выключить aspirator и вентилятор камеры, отсоединить аллонж и взвесить его на аналитических весах с точностью до миллиграмма.
8. По соответствующим приборам снять показания пирометрического давления и температуры в месте отбора пробы.
9. Зная объемную скорость и длительность опыта, определить объем прошедшего через фильтр воздуха  $V_t$  и, подставляя полученное значение в формулу (2.2), привести его к нормальным условиям.
10. Расчет весовой концентрации произвести по формуле (2.1). Полученные данные занести в табл. 1 протокола № 2.
11. Оценку результатов исследования запыленности по весовому методу произвести путем сопоставления их с предельно допустимыми концентрациями пыли в рабочей зоне производственных помещений (СН 245-71).
12. Для счетного определения количества пыли во время работы вентилятора камеры и aspiratorа следует нести забор запыленного воздуха из камеры цилиндром. Для этого необходимо снять с плексигласового цилиндра боковую крышку, в прорезь боковой крышки вставить предметное стекло, открыть люк

пылевой камеры, вынуть из камеры цилиндрик, закрыть его обеими крышками и закрыть люк камеры.

13. Цилиндрик с отобранной пробой воздуха поместить в устройство для осаждения пыли так, чтобы контакты крышек касались контактов устройства, а предметное стекло было снизу. Включить кнопочный замыкатель ИМ 10 15 с, и под действием электрического поля пыль, находящаяся в цилиндрике, осядет на предметное стекло.

14. Предметное стекло с осажденной на него пылью осторожно (отжав его вниз) вынуть из цилиндрика и произвести исследование препарата пыли под микроскопом: определить число пылинок, содержащихся в единице объема воздуха, размеры пылинок и их форму.

**Определение числа пылинок:** подсчитать число пылинок в поле зрения, ограниченное большим квадратом (сеткой, окуляр-микрометром), затем препарат переместить и вновь произвести подсчет пылинок. Из трех таких подсчетов вычислить среднее арифметическое.

Одновременно определить размер пылинок — наибольший размер самой крупной и самой малой пылинок, встречающихся в препарате. Для этого сравнить размеры пылинок с известной ценой деления сетки окуляр-микрометра. Необходимо выявить также характерную форму пылинок.

Число пылинок определяют по формуле (2.3).

Результат исследований заносят в табл. 2 протокола № 2.

## ПРОТОКОЛ № 1 ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Таблица № 1

Результаты исследования воздуха весовым методом

№ опыта	Место отбора пробы	Температура воздуха в помещении, °С	Давление, мм рт. ст.	Вес фильтра до отбора пробы, мг	Вес фильтра после отбора пробы, мг	Вес задержанной пыли, мг	Длительность опыта, мин.	Объем, прошедшего через фильтр воздуха, приведенный к н.у., м <sup>3</sup>	Концентрация пыли в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	Предельно допустимая концентрация пыли по нормам, мг/м <sup>3</sup>
---------	--------------------	-------------------------------------	----------------------	---------------------------------	------------------------------------	--------------------------	--------------------------	--	--	---

Таблица №2

Результаты исследования запыленности воздуха счетным методом

Подсчет числа пылинок в пяти разных полях					Среднее число пылинок из пяти разных подсчетов	Площадь основания стаканчика, см <sup>3</sup>	Объем стаканчика, см <sup>3</sup>	Количество клеточек в 1см <sup>2</sup> окуляр-микрометра	Искомое число пылинок в 1 см <sup>3</sup>
1	2	3	4	5					

Таблица 3

**Предельно допустимые концентрации основных вредных веществ в воздухе рабочей зоны.**

№	Наименование веществ	Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup>
1	Бериллий и его соединения (в пересчете на бериллий)	0,001
2	Молибден (нерастворимые соединения)	6
3	Никель и его окись, закись. Сульфид (в пересчете на никель)	0,5
4	Свинец и его неорганические соединения	0,01
5	Пыль трехвалентных сульфидов сурьмы (в пересчете на сурьму)	1
6	Фтористоводородная кислота соли (в пересчете на фтористый водород)	1

<b>Аэрозоли преимущественно фиброгенного действия</b>		
7	<b>Барит</b>	<b>6</b>
8	<b>Доломит</b>	<b>6</b>
9	<b>Известняк</b>	<b>6</b>
10	<b>Магнезит</b>	<b>10</b>
11	<p><b>Кремнеземсодержащие пыли;</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-кремния двуокись кристаллическая: кварц, кристобалит, тридимит, при содержании ее в пыли свыше 70% (кварцит, диас и др.)</li> <li>-кремния двуокись кристаллическая при содержании ее в пыли от 10 до 70 % (гранит. Шамот, слюдасырец, углепородная пыль и др.)</li> <li>-кремния двуокись кристаллическая при содержании ее в пыли от 2 до 10 % (горючие кукерситовые сланцы, медносульфидные руды, углепородная и угольная пыли, глина и др.)</li> </ul>	<p><b>1</b></p> <p><b>2</b></p> <p><b>4</b></p>
12	<p><b>Силикаты и силикатосодержащие пыли:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-асбест природный и искусственный, а также смешанные асбестоопродные пыли при содержании в них асбеста более 10 %</li> <li>-асбестоцемент</li> <li>-асбестобакелит (волокнит), асбесторезина</li> <li>-тальк, слюда-флагопит и мусковит</li> <li>-стеклянное и минеральное волокно</li> <li>-цемент, оливин, апатит, глина</li> </ul>	<p><b>2</b></p> <p><b>6</b></p> <p><b>8</b></p> <p><b>4</b></p> <p><b>4</b></p> <p><b>4</b></p>
13	<p><b>Углерода пыли:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-кокс нефтяной, песковый, сланцевый, электродный</li> <li>-алмазы природные и искусственные</li> <li>-каменный уголь с содержанием двуокиси кремния менее 2 %</li> </ul>	<p><b>6</b></p> <p><b>8</b></p> <p><b>10</b></p>
14	<b>Фосфорит</b>	<b>6</b>

## Лабораторная работа № 2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В РАБОЧИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

**Цель работы:** изучить принципы работы газоанализаторов и определение концентрации вредных веществ в рабочих помещениях

#### Общие сведения

Одним из основных элементов анализа качества атмосферного воздуха является отбор проб. Если отбор проб выполнен неправильно, то результаты самого тщательного анализа теряют всякий смысл. Отбор проб атмосферного воздуха осуществляется аспирационным способом путем пропускания воздуха через поглотительный прибор с определенной скоростью или заполнения сосудов ограниченной емкости.

В результате пропускания воздуха через поглотительный прибор осуществляется концентрирование анализируемого вещества в поглотительной среде. Для достоверного определения концентрации вещества расход воздуха должен составлять десятки и сотни литров в минуту. Пробы подразделяются на разовые (период отбора 20-30 мин.) и средние суточные (определяются путем осреднения не менее четырех разовых проб атмосферного воздуха, отобранных через равные промежутки времени в течение суток).

Обычно для получения средних значений концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе пробы воздуха отбирают в 7, 13, 19 ч. по местному времени. Средняя суточная концентрация может быть получена и при более частых отборах проб воздуха в течение суток, но обязательно через равные промежутки времени.

Наилучшим способом получения средних суточных значений является непрерывный отбор проб воздуха в течение 24 ч.

Для отбора проб воздуха используются газоанализаторы и другие приборы.

#### Применяемые приборы Газоанализатор ГИАМ-15.

Газоанализатор предназначен для контроля в технологических процессах различных производств одного из компонентов: Окиси углерода.

Газоанализатор представляет собой стационарный автоматический прибор непрерывного действия. Газоанализатор может применяться самостоятельно, а также в системах контроля технологических процессов, окружающей среды и газовых выбросов промышленных предприятий.

Газоанализатор предназначен для работы в следующих условиях эксплуатации:

- 1) температура окружающей среды от 5 до 45<sup>0</sup>С.
- 2) атмосферное давление в пределах от 84 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм.рт.ст.).

- 3) относительная влажность от 30 до 80 %.
- 4) окружающая среда взрывобезопасная.
- 5) вибрации частотой не более 25 Гц, амплитудой до 0,1 мм.
- 6) напряжение питания переменного тока ( $220 \pm$  )В.
- 7) частота питания переменного тока ( $50 \pm$  )Гц.

измеряе- мый компонент	диапазон измерения	Единица физической величины	Содержание измеряемого компонента				
			CO	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	NO	CH <sub>4</sub>
CO	0-5;0-15	г/м <sup>3</sup>	-	0-294	0-6	0-2	0-1
NO	0-1;0-2	г/м <sup>3</sup>	0-15	0-294	0-6	-	0-1

Пределы допускаемой основной приведённой погрешности  $\pm 5\%$  CO;

### Порядок проведения эксперимента

Прибор можно использовать для анализа отдельных проб. При анализе отдельных проб газоанализатор устанавливают в химлаборатории. Отбор проб из газохода отбирают через пробоотборную трубку в ёмкость насосом или грушей с обратным клапаном. Объём отобранной пробы должен быть не менее 1,5 л. в качестве ёмкостей могут быть использованы резиновые камеры, стеклянные пипетки.

Диапазон измерений на газоанализаторе 0-1000 мг/м<sup>3</sup>. Порядок установки, подготовка к работе, измерение параметров, регулирование и настройка см. «Техническое описание и инструкция по эксплуатации».

Источники выбросов энергетики (ГРЭС, котельные) литейного производства имеют выбросы оксида углерода более 1% объёма. Для контроля таких источников выбросов на окись углерода можно использовать газоанализаторы ГИАМ-15.

Производить контроль этими приборами можно непосредственно в газоходах, а можно использовать как для анализа отдельных проб, отобранных в резиновые камеры или стеклянные пипетки.

Камеры производят в лаборатории и анализируют на приборах или на месте отбора проб.

### ПРОТОКОЛ № 2 ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Концентрацию оксида углерода при использовании приборов ГИАМ-15 для замеров источников выбросов, определяют по формуле:

$$C_{CO} = \frac{a \cdot 10 \cdot 28 \cdot 1000}{22,4}$$

1% объёма CO = 12500 мг/м<sup>3</sup>.

28 – молекулярный вес окиси углерода.

1000 – перевод л в м<sup>3</sup>.

a – показание прибора в % объёма.

***Контрольные вопросы для самостоятельной подготовки студентов:***

1. Какова цель выполнения данной лабораторной работы?
2. Назовите принцип работы газоанализатора?
3. В какое время суток, и на какой высоте проводятся измерения?
4. В каких условиях эксплуатируются газоанализаторы?

## Лабораторная работа № 3

### 3.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

**Цель работы:** изучить основные принципы нормирования метеорологических условий в производственных помещениях, исследовать параметры микроклимата на рабочих местах и оценить их на основании СН 245-71.

#### Общие сведения

Для того чтобы физиологические процессы в организме человека протекали нормально, окружающая среда должна обладать способностью воспринимать тепло, вырабатываемое организмом. Соотношение между определенным количеством тепла, вырабатываемого организмом, и охлаждающей способностью среды характеризует ее как комфортную. Метеорологические условия производственных помещений являются комфортными, если они обеспечивают хорошее самочувствие работающего и оптимальные условия для наиболее высокой производительности труда.

Тепло  $Q$ , выделяемое человеком, отводится в окружающую среду благодаря конвекции воздуха телом  $q_K$ , теплопроводности через одежду  $q_T$ , излучению  $q_H$  и процессу массообмена (при испарении влаги, выводимой на поверхность потовыми железами  $q_P$ , и при дыхании  $q_D$ ):

$$Q = q_K + q_T + q_H + q_P + q_D.$$

Изменение параметров микроклимата вызывает изменение соотношения величин  $q$ . Так, при нормальных условиях во время легкой физической работы доля  $q_K + q_T$  составляет ~30% всей теплоотдачи,  $q_H$  ~45%,  $q_P$  ~20% и  $q_D$  ~5%. Чем выше температура окружающих предметов, тем меньше теплоотдача излучением. При повышении температуры окружающего воздуха до температуры тела человека и более эффективность  $q_T$ ,  $q_K$  и  $q_H$  уменьшается и решающее значение приобретает отвод тепла путем испарения пота  $q_P$ .

Регулирование тепловыделения для поддержания постоянной температуры (терморегуляция) в организме человека осуществляется тремя способами: биохимическим, изменением интенсивности кровообращения и потовыделением.

Количество тепла, выделяемого в результате биохимических превращений в организме взрослого человека, находящегося в покое, равно примерно 70 ккал/ч. При физической работе количество выделяемого тепла возрастает.

В комфортных условиях теплоотдача равна теплообразованию, благодаря чему температура тела человека сохраняется на уровне 36,5—37° С. Если тепловое равновесие нарушено, например теплоотдача меньше теплообразования, то в организме происходит накопление тепла — перегрев. Если теплоотдача больше, чем теплообразование, то происходит переохлаждение организма.

Метеорологические условия — оптимальные и допустимые температуры  $t$  (°С), относительная влажность  $\varphi$  (%) и скорость движения воздуха  $\mathcal{V}$  (м/с) — устанавливаются для рабочей зоны помещения (пространство высотой 2 м над уровнем

пола или площадки, где находятся рабочие места) в соответствии с СН 245—71 и табл. 1 прилож. I.

В нормах учитываются: 1. Время года — холодный и переходный периоды с температурой  $+10^{\circ}\text{C}$  и выше.

Категория работ: а) легкие — затраты энергии до 150 ккал/ч; б) средней тяжести — затраты энергии от 150 до 250 ккал/ч; в) тяжелые — затраты энергии более 250 ккал/ч, связанные с систематическим физическим напряжением и подъемом тяжестей более 10 кг.

Характеристика помещений по теплоизбыткам: с незначительными избытками явного тепла, приходящимися на  $1\text{ м}^3$  объема помещения, — 20 ккал/ ( $\text{м}^3\text{ч}$ ) и менее, со значительными избытками—более 20 ккал/ ( $\text{м}^3\text{ч}$ ).

Тепловое ощущение человека определяется действием температуры, влажности, скорости движения воздуха и температуры окружающих поверхностей. Поэтому необходима величина, которая определяла бы тепловое ощущение человека и в то же время являлась функцией величин, характеризующих состояние среды. В последние годы наиболее широкое распространение для определения и качественного учета тепловых ощущений получил метод эффективных температур.

Было замечено, что благодаря способности организма к терморегуляции среди равноценных по тепловому ощущению сочетаний температур и относительной влажности (при нулевой скорости движения воздуха, т. е. при  $\vartheta=0$ ) имеется и такое сочетание, при котором относительная влажность  $\varphi=100\%$ . Под эффективной температурой (ЭТ) понимают температуру насыщенного неподвижного воздуха, обладающего такой же охлаждающей способностью, как воздух с заданными значениями температуры и влажности.

Если при определенной категории работ и значении ЭТ воздуха тепловое ощущение находится на уровне комфортного, то при более высокой ЭТ оно характеризуется как ощущение перегрева, при более низкой ЭТ возникает ощущение излишнего охлаждения. Чем больше отклонение ЭТ от комфортного, тем выше степень дискомфорта. В то же время для любого сочетания  $t$ ;  $\varphi$  и  $\vartheta$  можно найти температуру неподвижного насыщенного воздуха, который создает то же тепловое

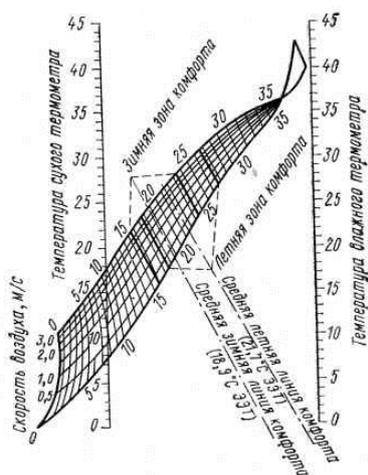


Рис. 1. Номограмма эквивалентно-эффективных температур

ощущение, т. е. обладает той же охлаждающей способностью. Эта температура называется эквивалентно-эффективной (ЭЭТ). По номограмме, изображенной на рис. 1, можно определять значения ЭТ и ЭЭТ для разнообразных сочетаний.

### Применяемые приборы

Для определения метеорологических условий труда применяют следующие приборы: стационарный и электрический психрометры, гигрометр, анемометр.

**Стационарный психрометр** состоит из сухого и влажного термометров. К последнему подведена вода из мензурки. Резервуар с ртутью влажного термометра обвязан гонкой тканью, концы которой находятся в открытой части мензурки. Вода, испаряясь на поверхности резервуара термометра, поглощает тепло, вследствие чего показания влажного термометра меньше, чем сухого.

На основании разницы этих показаний определяют относительную влажность по табл. 1 прилож. I.

**Электрический психрометр**, предназначенный для определения температуры и влажности воздуха, состоит из датчиков температуры и измерительного прибора.

Кроме того, применяются психрометры ПБ1А (рис. 2) и Ассмана (рис. 3).

При работе психрометра без вентилятора величина абсолютной влажности (г/м<sup>3</sup>)

$$a = F_{\text{вл}} - \alpha(t - t_1) B, \quad (1.1)$$

где  $F_{\text{вл}}$  — максимальная влажность при температуре  $t_1$  влажного термометра; и психрометрический коэффициент, зависящий от скорости движения воздуха;  $t, t_1$  — показания температуры сухим и влажным термометрами, °С;  $B$  — барометрическое давление, мм рт. ст.

Величина относительной влажности (%)

$$r = a/E_{\text{сух}} \cdot 100, \quad (1.2)$$

где  $E_{\text{сух}}$  — максимальная влажность при температуре сухого термометра.

$$a = F_{\text{вл}} - 0,5(t - t_1) B/755. \quad (1.3)$$

При использовании психрометра с вентилятором абсолютная влажность вычисляется по другой зависимости:

**Анемометр чашечный** предназначен для измерения скорости движения воздуха в пределах от 1 до 20 м/с. Прибор состоит из крестовины / с четырьмя полыми металлическими полушариями, установленной на вертикальной вращающейся оси, связанной со счетчиком частоты вращения 2 (рис. 4). Показания чашечного анемометра не зависят от направления воздушного потока.

Показания анемометра (число делений в секунду) переводят в значения скорости воздушного потока в метрах в секунду, используя тарировочный график, прилагаемый к анемометру.

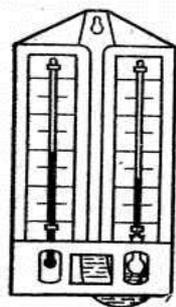


Рис. 2. Стационарный психрометр ПБ1А.

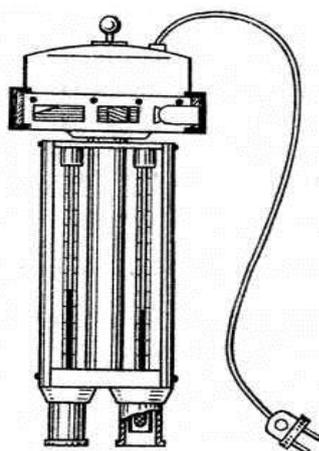


Рис. 3. Аспирационный психрометр Ассмана

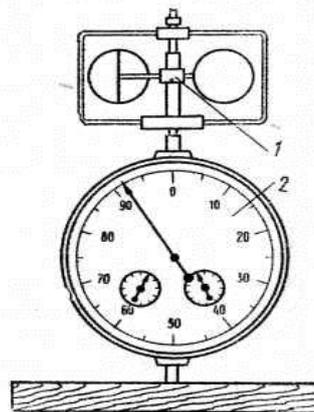


Рис. 4. Анемометр чашечный

### Порядок проведения эксперимента

1. Определить относительную влажность воздуха в помещении с помощью стационарного психрометра и электропсихрометра.
2. Сравнить полученные результаты. Расхождения в показаниях приборов не должны превышать 10%.
3. Определить эффективную и эффективно-эквивалентную температуры на рабочем месте:
  - а) записать показания влажного и сухого термометрии стационарного психрометра при неподвижном воздухе;
  - б) создавая различные скорости движения воздуха, записать показания сухого и влажного термометров при каждом значении скорости воздушного потока. При каждой установившейся скорости воздушного потока обдув психрометра производить не менее 5 мин до смятия показаний психрометра. Вентилятор установить на расстоянии 50 см от стационарного психрометра;
  - в) определить по номограмме (см. рис. 1) эффективную температуру, которой соответствует точка пересечения прямой, соединяющей показания сухого и влажного термометров, с нижней кривой (скорость движения воздуха равна 0).
4. Определить по номограмме эффективно-эквивалентную температуру (с учетом скорости движения воздуха).
5. Построить график зависимости эффективно-эквивалентной температуры от скорости движения воздуха в помещении. Результаты занести в таблицу протокола № 1.

### ПРОТОКОЛ № 2 ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Результаты исследования метеорологических условий на рабочих местах

Условие	Показания психрометра		Показания анемометра	ЭТ	ЭЭТ	Соответствие параметров микроклимата (СН 245-71)
	Стационарного	Электрического				
Неподвижный воздух						
Подвижный воздух						

Таблица 1

Абсолютная влажность воздуха при полном насыщении и упругость насыщенных водяных паров при нормальном атмосферном давлении

Температура воздуха по сухому термометру, С <sup>0</sup>	Абсолютная влажность воздуха при полном его насыщении, г/м <sup>3</sup>	Упругость насыщенных водяных паров, Па	Температура воздуха по сухому термометру, С <sup>0</sup>	Абсолютная влажность воздуха при полном его насыщении, г/м <sup>3</sup>	Упругость насыщенных водяных паров, Па
-20	1,05	102,7	14	12,03	1598,5
-15	1,58	165,3	15	12,86	1705,2
-10	2,30	260,0	16	13,59	1817,2
-5	3,37	401,3	17	14,43	1937,2
0	4,89	610,6	18	15,31	2063,8
1	5,23	657,3	19	16,25	2197,1
2	5,60	705,3	20	17,22	2337,1
3	5,98	758,6	21	18,25	2486,5
4	6,39	813,3	22	19,33	2577,1
5	6,82	871,9	23	20,48	2809,1
6	7,28	934,6	24	21,68	2983,7
7	7,76	1001,2	25	22,93	3167,7
8	8,28	1073,2	26	24,24	3361,0
9	8,82	1037,2	27	25,64	3565,0
10	9,39	1227,9	28	27,09	3779,7
11	10,01	1311,9	29	28,62	4005,0
12	10,64	1402,5	30	30,21	4242,3
13	11,32	1497,2	31	31,89	4493,0

Таблица 2

**Относительная влажность воздуха при показаниях смоченного термометра  
от -5 до -25 С**

Показание смоченного термометра, С <sup>0</sup>	Разность показаний сухого и смоченного термометров, С <sup>0</sup>																				
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
-5	100	87	75	64	54	44	35	27	18	11	4										
-4	100	88	77	66	56	47	38	30	23	15	9										
-3	100	89	78	68	58	50	41	34	26	20	13	7									
-2	100	89	79	69	60	52	44	37	30	23	17	12	6								
-1	100	90	80	71	62	64	47	40	33	27	21	16	10	6							
0	100	90	81	72	64	56	49	42	36	30	24	19	14	10	5						
1	100	91	82	73	66	58	51	45	39	33	28	23	18	13	9						
2	100	91	83	75	67	60	53	49	41	36	31	26	21	17	13	9	6				
3	100	91	83	76	69	62	55	51	44	39	34	29	24	20	16	13	9	6			
4	100	92	84	77	70	63	57	53	46	41	36	31	27	23	19	16	12	9	6		
5	100	92	85	78	71	64	59	55	48	43	38	34	30	26	22	19	16	12	9	7	4
6	100	93	85	78	72	66	60	57	50	45	40	36	32	29	25	21	18	15	13	10	7
7	100	93	86	79	73	67	62	58	52	47	43	39	35	31	28	24	21	18	15	13	10
8	100	93	86	80	74	69	63	60	54	49	45	41	37	34	30	27	24	21	18	16	13

9	10 0	93	87	81	75	70	65	61	55	51	47	43	39	36	32	29	26	23	20	18	15
10	10 0	94	88	81	76	71	66	62	57	53	49	44	41	38	34	31	28	25	23	20	18
11	10 0	94	88	82	77	72	67	64	58	54	50	46	43	40	36	33	30	28	25	23	20
12	10 0	94	88	83	78	73	68	64	59	55	52	48	45	41	38	35	32	30	27	25	23
13	10 0	94	89	83	79	74	69	64	60	57	53	49	46	43	40	37	34	32	29	27	25
14	10 0	95	89	84	79	74	70	66	62	58	54	51	47	44	41	39	36	33	31	29	27
15	10 0	95	89	84	79	75	71	67	63	59	56	52	49	46	43	40	38	35	33	31	28
16	10 0	95	90	85	81	75	71	67	64	60	57	54	50	47	44	42	39	37	34	32	30
17	10 0	95	90	85	81	76	72	68	65	61	58	55	52	49	46	43	41	38	36	34	32
18	10 0	95	90	85	81	77	73	70	66	63	59	56	53	50	47	44	42	40	37	35	33
19	10 0	95	90	86	82	78	74	70	67	63	60	57	54	51	49	46	44	41	39	37	34
20	10 0	95	91	87	82	78	74	71	67	64	61	58	55	52	50	47	45	42	40	38	36
21	10 0	96	91	87	83	79	75	72	68	65	62	59	56	53	51	48	46	43	41	39	37
22	10 0	96	91	87	83	79	76	72	69	66	63	60	57	54	52	49	47	45	43	40	39
23	10 0	96	92	88	84	80	76	73	70	66	63	61	58	55	53	50	48	46	44	42	40
24	10 0	96	92	88	84	80	77	74	70	67	64	61	59	56	54	51	49	47	45	43	41
25	10 0	96	92	88	84	81	77	74	71	68	65	62	60	57	55	52	50	48	46	44	42

***Контрольные вопросы для самостоятельной подготовки студентов:***

5. Какова цель выполнения данной лабораторной работы?
6. Назовите основные элементы микроклимата?
7. В какое время суток, и на какой высоте проводится измерение основных элементов микроклимата?
8. Какими параметрами характеризуются влажность воздуха?
9. Что собой представляет упругость водяного пара?
10. Что собой представляет абсолютная влажность воздуха?

## Лабораторная работа № 3

### 3.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МИКРОКЛИМАТА КАРЬЕРОВ

**Цель работы:** изучить основные принципы нормирования метеорологических условий в карьере, исследовать параметры микроклимата в карьере и оценить их на основании СН 245-71.

#### Общие сведения

Основными элементами микроклимата карьеров являются температура и влажность воздуха, атмосферное давление, скорость и направление ветра. Наблюдения над этими элементами проводятся в установленные сроки 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 и 21 час. Ташкентского декретного времени (тдв). Для исключения неопределенности температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра измеряются на высоте 2 м от подстилающей поверхности.

Атмосферное давление измеряется различными барометрами, устанавливаемыми, в помещении, где исключаются быстрые изменения температуры и попадание прямой солнечной радиации.

Влажность воздуха характеризуется упругостью водяного пара, абсолютной и относительной влажностью, влажности и точкой росы.

Упругость водяного пара есть парциальное (частичное) давление водяного пара  $P_n$  которое выражается в мвар или в мм рт.ст., и ли в Па. При данной температур упругость  $P_n$  не превышает некоторого максимального значения. Максимальная упругость водяного пара  $P_n$  представляет собой парциальное давление водяного пара  $P_n$  находящегося в состоянии насыщения по отношению и плоской поверхности химически чистой воды.

Абсолютной влажностью  $\varphi_a$  называется масса водяного пара в граммах, содержащегося в 1 м<sup>3</sup> воздуха, т.е.

$$\varphi_a = \frac{n \cdot \varphi_n}{100}, \quad \text{г/м}^3$$

Относительной влажностью называется отношение упругости водяных паров при данном насыщении воздуха влагой  $P_n$  к упругости водяных паров, насыщающих данный объем при той же температуре и том же давлении,  $P_n$  выраженное в процентах или в долях единицы, т.е.

$$n = \frac{P_n}{P_n} \cdot 100\%$$

Для определения относительной влажности воздуха обычно пользуются аспирационным психрометром и психрометрической таблицей.

Дефицит влажности (недостаток насыщения) определяется как разность между максимальной упругостью водяного пара  $P_n$  при данной температуре и фактической упругостью водяного пара  $P_n$  содержащегося в воздухе.

Точка росы – это температура, при которой содержащийся в воздухе водяной пар при неизменном общем атмосферном давлении и упругости становится насыщенным по отношению к плоской поверхности чистой воды.

Отношение массы водяного пара при данном насыщении к единице массы сухого воздуха, содержащегося в смеси, называется влагосодержанием и измеряется в граммах на 1 кг сухого воздуха.

Определение влагосодержания воздуха производится по формуле

$$d = 622 \frac{n \cdot P_n}{B - n P_n}, \text{ г/кг сух воздуха}$$

Под скоростью воздушных потоков подразумевают векторную величину в точке, имеющую определенное направление, или расстояние, на которое перемещаются частицы воздуха в единицу времени. Скорость измеряется в м/с. Для измерения скорости движения воздуха применяются анемометры чашечные типа МС-13, крыльчатые АСО-3, термоэлектроданемометры и другие приборы, которые позволяют производить измерение средней величины скорости воздуха.

Для установления направления ветров пользуются флюгерами.

С целью приобретения практических навыков производится измерение последующим определением других элементов микроклимата.

#### **Применяемые приборы.**

1. Анемометр чашечный с тарировочным графиком.
2. Психрометр.
3. Барометр-анероид с паспортом.
4. Секундомер.

#### **Порядок выполнения лабораторной работы.**

Выполнение работы осуществляется в следующей последовательности:

1. Изучают устройства и правила пользования приборами.
2. В аэродинамической трубе с помощью психрометра и чашечного анемометра производят измерение влажности и средней скорости движения воздуха. Для этого психрометр подвешивают в точке замера. Через определенный промежуток времени в зависимости от температуры воздуха, как указано в описании прибора, смачивают водой батистовый материал, намотанный на резервуар одного термометра. Заводят вентиляторную шайбу до отказа, но осторожно, чтобы не сорвать пружину и при положительной температуре воздуха по истечении 4 минут снимают отсчеты по обоим термометрам. Затем в определенной точке замерного сечения аэродинамической трубы измеряют скорость движения воздушного потока. Для этого по счетчику анемометра снимают начальный отсчет. После установки анемометра в замерной точке одновременно включают арретир прибора и секундомер. Через 100 с выключают арретир прибора и снимают конечный отсчет. При этом одновременно измеряют барометрическое давление атмосферы с учетом поправок. Следует учесть, что измерение элементов микроклимата производится в установленные срочные часы и по одному разу.

1. Замеренные данные записывают в журнал лабораторной работе

## Журнал работы

Дата \_\_\_\_\_

Фамилия и инициалы студента \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_

Результаты замеров и вычислений

1. Показание психрометра: сухого термометра \_\_\_\_\_ °С;  
мокрого термометра \_\_\_\_\_ °С;
2. Показание анемометра: начальный отсчет \_\_\_\_\_  
конечный отсчет \_\_\_\_\_  
разность отсчетов \_\_\_\_\_
3. Продолжительность замера анемометра \_\_\_\_\_
4. Число делений в с \_\_\_\_\_
5. Средняя скорость движения воздуха \_\_\_\_\_
6. Барометрическое давление с учетом \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ мм рт.ст. \_\_\_\_\_ Па;
7. Исходя из показания сухого термометра по табл. находят абсолютную влажность воздуха при полном его насыщения водяными парами.
8. Исходя из показаний термометра психрометра по табл. Определяют относительную влажность воздуха \_\_\_\_\_ %.
9. Вычисляют абсолютную влажность воздуха при данном его насыщении \_\_\_\_\_ г/м<sup>3</sup>
10. Исходя из показания сухого термометра по табл. Определяют упругость насыщенных водяных паров \_\_\_\_\_ Па;
11. Вычисляют влагосодержание воздуха \_\_\_\_\_ г/кг сухого воздуха.

### ***Контрольные вопросы для самостоятельной подготовки студентов:***

1. Какова цель выполнения данной лабораторной работы?
2. Назовите основные элементы микроклимата карьеров?
3. В какое время суток, и на какой высоте проводится измерение основных элементов микроклимата?
4. Какими параметрами характеризуются влажность воздуха?
5. Что собой представляет упругость водяного пара?
6. Что собой представляет абсолютная влажность воздуха?
7. Что собой представляет относительная влажность воздуха?
8. Что собой представляет дефицит влажности?
9. Что собой представляет точка росы?
10. Что собой представляет скорость воздушного потока и какая единица ее измерения?
11. Что собой представляет влагосодержание воздуха?
12. Какими приборами пользуются для измерения атмосферного давления, влажности и скорости движения воздуха?
13. Каков принцип действия анемометра?
14. Что собой представляет барометр-анероид?

15. Что собой представляет аспирационный психрометр и каковы правила пользования?
16. Каков порядок проведения замера влажности и скорости движения воздуха?
17. Какие получены результаты замеров и вычислений?

Таблица 2.1

Абсолютная влажность воздуха при полном насыщении и упругость насыщенных водяных паров при нормальном атмосферном давлении

Температура воздуха по сухому термометру, С <sup>0</sup>	Абсолютная влажность воздуха при полном его насыщении, г/м <sup>3</sup>	Упругость насыщенных водяных паров, Па	Температура воздуха по сухому термометру, С <sup>0</sup>	Абсолютная влажность воздуха при полном его насыщении, г/м <sup>3</sup>	Упругость насыщенных водяных паров, Па
-20	1,05	102,7	14	12,03	1598,5
-15	1,58	165,3	15	12,86	1705,2
-10	2,30	260,0	16	13,59	1817,2
-5	3,37	401,3	17	14,43	1937,2
0	4,89	610,6	18	15,31	2063,8
1	5,23	657,3	19	16,25	2197,1
2	5,60	705,3	20	17,22	2337,1
3	5,98	758,6	21	18,25	2486,5
4	6,39	813,3	22	19,33	2577,1
5	6,82	871,9	23	20,48	2809,1
6	7,28	934,6	24	21,68	2983,7
7	7,76	1001,2	25	22,93	3167,7
8	8,28	1073,2	26	24,24	3361,0
9	8,82	1037,2	27	25,64	3565,0
10	9,39	1227,9	28	27,09	3779,7
11	10,01	1311,9	29	28,62	4005,0
12	10,64	1402,5	30	30,21	4242,3
13	11,32	1497,2	31	31,89	4493,0

Таблица 2.2

Относительная влажность воздуха при показаниях смоченного термометра от –5 до –25  
С

Показания смоченного термометра, С <sup>0</sup>	Разность показаний сухого и смоченного термометров, С <sup>0</sup>																				
	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10
-5	100	87	75	64	54	44	35	27	18	11	4										
-4	100	88	77	66	56	47	38	30	23	15	9										
-3	100	89	78	68	58	50	41	34	26	20	13	7									
-2	100	89	79	69	60	52	44	37	30	23	17	12	6								
-1	100	90	80	71	62	64	47	40	33	27	21	16	10	6							
0	100	90	81	72	64	56	49	42	36	30	24	19	14	10	5						
1	100	91	82	73	66	58	51	45	39	33	28	23	18	13	9						
2	100	91	83	75	67	60	53	49	41	36	31	26	21	17	13	9	6				
3	100	91	83	76	69	62	55	51	44	39	34	29	24	20	16	13	9	6			
4	100	92	84	77	70	63	57	53	46	41	36	31	27	23	19	16	12	9	6		
5	100	92	85	78	71	64	59	55	48	43	38	34	30	26	22	19	16	12	9	7	4
6	100	93	85	78	72	66	60	57	50	45	40	36	32	29	25	21	18	15	13	10	7
7	100	93	86	79	73	67	62	58	52	47	43	39	35	31	28	24	21	18	15	13	10
8	100	93	86	80	74	69	63	60	54	49	45	41	37	34	30	27	24	21	18	16	13
9	100	93	87	81	75	70	65	61	55	51	47	43	39	36	32	29	26	23	20	18	15
10	100	94	88	81	76	71	66	62	57	53	49	44	41	38	34	31	28	25	23	20	18
11	100	94	88	82	77	72	67	64	58	54	50	46	43	40	36	33	30	28	25	23	20
12	100	94	88	83	78	73	68	64	59	55	52	48	45	41	38	35	32	30	27	25	23
13	100	94	89	83	79	74	69	64	60	57	53	49	46	43	40	37	34	32	29	27	25
14	100	95	89	84	79	74	70	66	62	58	54	51	47	44	41	39	36	33	31	29	27
15	100	95	89	84	79	75	71	67	63	59	56	52	49	46	43	40	38	35	33	31	28
16	100	95	90	85	81	75	71	67	64	60	57	54	50	47	44	42	39	37	34	32	30
17	100	95	90	85	81	76	72	68	65	61	58	55	52	49	46	43	41	38	36	34	32
18	100	95	90	85	81	77	73	70	66	63	59	56	53	50	47	44	42	40	37	35	33
19	100	95	90	86	82	78	74	70	67	63	60	57	54	51	49	46	44	41	39	37	34
20	100	95	91	87	82	78	74	71	67	64	61	58	55	52	50	47	45	42	40	38	36
21	100	96	91	87	83	79	75	72	68	65	62	59	56	53	51	48	46	43	41	39	37
22	100	96	91	87	83	79	76	72	69	66	63	60	57	54	52	49	47	45	43	40	39
23	100	96	92	88	84	80	76	73	70	66	63	61	58	55	53	50	48	46	44	42	40
24	100	96	92	88	84	80	77	74	70	67	64	61	59	56	54	51	49	47	45	43	41
25	100	96	92	88	84	81	77	74	71	68	65	62	60	57	55	52	50	48	46	44	42

## Лабораторная работа № 4

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

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

#### Общие сведения

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

Производственное освещение, правильно спроектированное и выполненное, улучшает условия зрительной работы, снижает утомляемость, способствует повышению производительности труда и качества выпускаемой продукции; благоприятно влияет на производственную среду, что оказывает положительное психологическое воздействие на работающего; повышает безопасность труда и снижает травматизм.

Во всех производственных помещениях с постоянным пребыванием в них людей для работ в дневное время следует предусматривать естественное освещение, как более экономичное и совершенное с точки зрения медико-санитарных требований по сравнению с искусственным освещением.

Различают три системы естественного освещения: боковое, верхнее и комбинированное.

Боковое освещение помещения осуществляется через световые проемы в наружных стенах или светопрозрачные ограждающие конструкции.

Верхнее освещение помещения устраивают через световые проемы в покрытии, фонари и зенитные купола, а также через световые проемы в местах перепадов высот смежных зданий.

Комбинированное освещение — совокупность бокового и верхнего освещения — является наиболее рациональным, так как создает равномерное по площади помещения освещение.

Для количественной оценки совершенства производственного освещения важной светотехнической характеристикой является освещенность рабочей поверхности. Освещенность ( $E$ , лк) — это плотность световой энергии по площади:

$$E = dF/dS,$$

где  $dF$  — световой поток, характеризующий мощность светового излучения (лм), равномерно падающий на площадь  $dS$  ( $m^2$ ).

Естественное освещение характерно тем, что создаваемая в помещении освещенность изменяется в чрезвычайно широких пределах. Эти изменения обуславливаются временем дня, временем года и метеорологическими факторами: состоянием облачности и отражающими свойствами земного покрова. Поэтому характеризовать естественное освещение абсолютным

значением освещенности на рабочем месте не представляется возможным, В качестве нормируемой величины взята относительная величина — коэффициент естественной освещенности (КЕО), который представляет собой выраженное в процентах отношение освещенности в дайной точке внутри помещения  $E_v$  к одновременной наружной горизонтальной освещенности  $E_n$ , создаваемой рассеянным светом всего небосвода:

$$e = (E_v/E_n) \cdot 100\% . \quad (3.1)$$

Значение нормы КЕО определяется по табл. 3 прилож- I с учетом следующих четырех факторов: 1) характеристики зрительной работы (определяется в зависимости от размера объекта различения — рассматриваемый предмет, отдельная часть его или различаемый дефект, которые необходимо различать в процессе работы); 2) системы освещения; 3) коэффициента светового климата, определяемого в зависимости от района расположения здания на территории Республики Узбекистан; 4) коэффициента солнечности, зависящего от ориентации здания относительно сторон света. Для зданий, расположенных в центре европейской части России, независимо от их ориентации коэффициенты светового климата и солнечности равны 1.

**Расчет естественного освещения.** Коэффициент естественной освещенности может быть рассчитан по экспериментальным данным. Для этого необходимо предварительно измерить освещенность внутри помещения на рабочем месте и одновременно наружную освещенность горизонтальной плоскости, освещаемой всем небосводом.

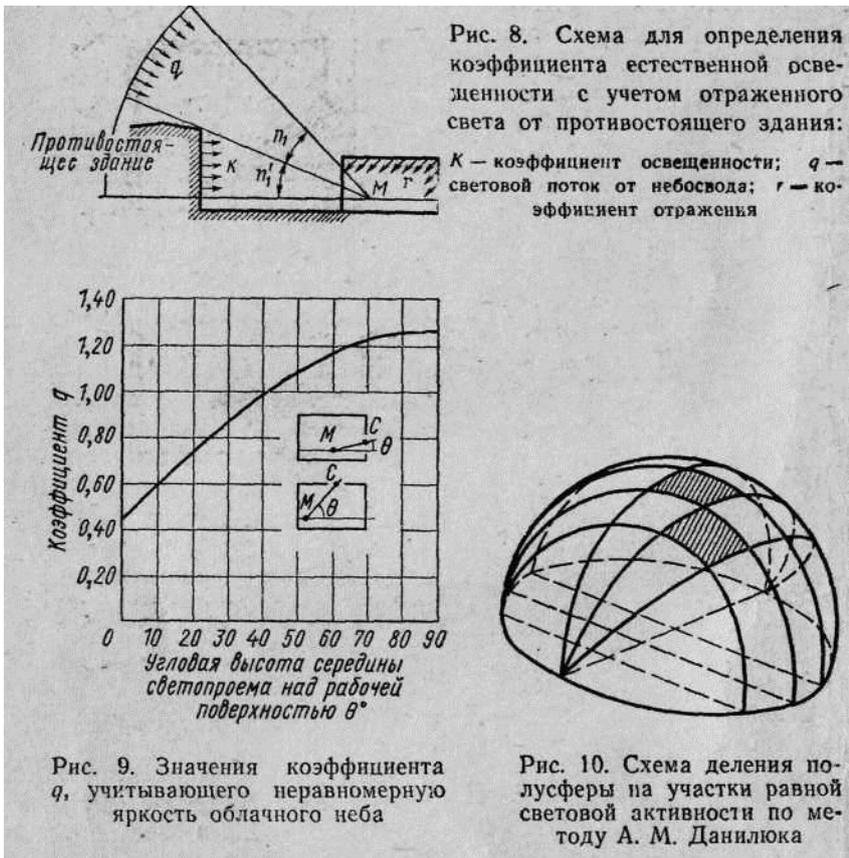
При определении достаточности естественного освещения на стадии проектирования производственного здания для правильной расстановки оборудования и размещения рабочих мест с различной степенью зрительного напряжения необходимо уметь аналитически определять коэффициенты естественной освещенности.

Световой поток, падающий на расчетную точку М (рис.8) производственного помещения, складывается из прямого диффузного света части небосвода, видимого через светопроем, а также света, отраженного от внутренних поверхностей помещения и от противостоящих зданий.

При боковом освещении КЕО определяется из следующего выражения:

$$e_b = (\xi_b q + \xi_{зд} K) \tau_0 r, \quad (3.2)$$

где  $\xi_b$  и  $\xi_{зд}$  — геометрические коэффициенты естественной освещенности в расчетных точках при боковом освещении соответственно от небосвода и противостоящего здания (их значения определяются с помощью графического метода Л. М. Данилюка и предположении, что оконные проемы не имеют остекления и переплетов, а внутренние поверхности помещения не отражают света);  $q$  — коэффициент,



учитывающий неравномерность яркости небесной полусферы от горизонта к зениту (*q* определяют по графику рис. 9 в зависимости от угла  $\theta$  между горизонтом и линией, соединяющей точку рабочего места и середину светопроема); *K* — коэффициент, характеризующий относительную яркость противостоящего здания.

При расчете учитывается общий коэффициент светопропускания

$$\tau_0 = \tau_1 \tau_2 \tau_3 \tau_4, \quad (3.3)$$

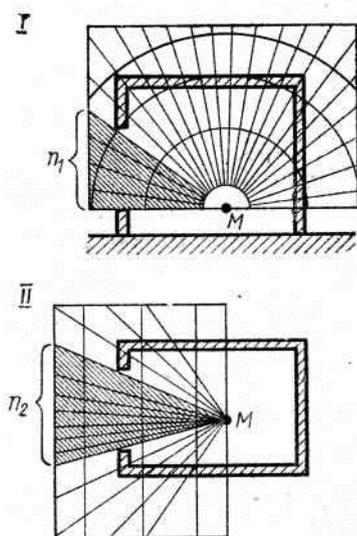


Рис. 11. Пример использования графиков А. М. Данилюка для подсчета числа лучей, захватываемых светопроемом

Где  $\tau_1; \tau_2; \tau_3; \tau_4$  — соответственно коэффициенты, учитывающие потери света в материале остекления, переплетах светопроемов, слое загрязнения остекления и солнцезащитных устройствах (см. табл. 4 прилож. I). При отсутствии на окнах солнцезащитных устройств  $\tau_4=1$ . Повышенно КЕО за счет отраженного света от потолка и стен помещения учитывается коэффициентом  $r$  (см. табл. 5 прилож. I).

Геометрические коэффициенты естественной освещенности определяют методом А. М. Данилюка. Полусферу небосвода условно разбивают на 10 000 участков равной световой активности (рис.10), определяют количество участков небосвода, видимых из данной точки помещения через светопроем, т. е. графически определяют, какая часть светового потока от всей небесной полусферы непосредственно попадает в расчетную точку.

Количество видимых через светопроемы участков небосвода определяют при помощи двух графиков (рис.11), представляющих собой проекцию пучка лучей, соединяющих центр полусферы небосвода с участками равной световой активности по высоте (график I) и по ширине (график II) светового проема.

Определение КЕО сводится к наложению графиков I и II соответственно на поперечный разрез и план помещения и к подсчету числа лучей, пропускаемых светопроемом по его высоте и ширине.

Геометрическое значение КЕО в данной точке помещения

$$\varepsilon = 0,01 n_1 n_2 \% , \quad (3.4)$$

где  $n_1$  — число лучей графика I, проходящих через светопроем на поперечном разрезе помещения;  $n_2$  — число лучей графика II, проходящих через светопроем на плане помещения.

## Применяемые приборы

**1. Фотоэлектрический люксметр типа Ю-16** (рис. 12) предназначен для измерения освещенности (лк). Принцип действия прибора основан на явлении фотоэлектрического эффекта. При освещении фотоэлемента в замкнутой цепи, состоящей из фотоэлемента и измерителя,

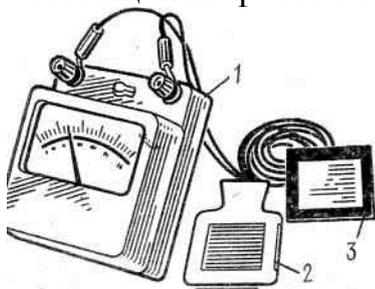


Рис. 12. Люксметр Ю-16

возникает ток, пропорциональный падающему световому потоку. Прибор имеет три основных предела измерения: до 25, 100 и 500 лк. Переход с одного предела на другой достигается включением соответствующих шунтов. На корпусе люксметра 1 расположены две клеммы для подсоединения селенового фотоэлемента 2 и переключателя пределов измерения. Для измерения больших уровней освещенности на фотоэлемент надевается фильтр 3, состоящий из двух матовых стекол. Фильтр повышает пределы измерений в 100 раз, что дает возможность определения освещенности соответственно до 2500, 10 000, 50 000 лк.

Погрешность люксметра имеет максимальную величину в начале шкалы, поэтому для большей точности измерения при малых отклонениях стрелки прибора следует переходить на меньший предел измерения.

Измеряя освещенность от источников света с иным, чем у ламп накаливания, спектральным составом необходимо учитывать поправочные коэффициенты. Для естественного света поправочный коэффициент равен 0,8; для люминесцентных ламп ЛБ — 1,15; ЛД — 0,88; для ДРЛ — 1,12. Подготовить к работе два прибора.

2. Для расчета естественной освещенности используют график Данилюка I и II (см. рис. 11), выполненные на плексигласе, и схемы помещения лаборатории (разрез и план), выполненные на бумаге.

3. Два хронометра или двое часов с секундной стрелкой.

### Порядок проведения эксперимента

**Задание 1.** Определить коэффициент естественной освещенности по экспериментальным данным (искусственное освещение при проведении замеров должно быть выключено)

а. Ознакомиться с устройством люксметра Ю-16.

б. Замерить освещенность в помещении лаборатории на расстоянии 1, 2, 3, 4, 5 м от окна в соответствии с метками на полу. При этом пластину фотоэлемента держать параллельно полу, обращенной вверх, на уровне высоты стола (0,8 м от пола). Одновременно замерить наружную освещенность.

Так как наружная освещенность определяется на горизонтальной плоскости, освещаемой всей небесной полусферой, то замерять следует на открытой со всех сторон площадке, где небосклон не затенен близко стоящими зданиями или деревьями. Засекается по хронометру момент и через условленное время одна группа студентов замеряет освещенность внутри помещения  $Eв$ , другая - наружную  $Eн$ .

В случае неудобства или невозможности точно определить наружную освещенность фотоэлемент поместить снаружи окна в горизонтальном положении. Показание люксметра удвоить, так как пластинку фотоэлемента освещает только половина небосвода (вторая половина закрыта зданием), т. е. действительная наружная освещенность вдвое больше. Это возможно только при условии, что окно не затеняется деревьями и зданиями.

в. По формуле (3.1) для каждой из пяти точек подсчитать значение КЕО.

г. По полученным данным построить в протоколе № 3 график изменения КЕО в лаборатории.

д. В зависимости от величины КЕО с учетом системы освещения определить вид и разряд зрительной работы, которую можно выполнить на расстоянии от окна в 1,2, 3 м и т. д. Результаты записать в таблицу протокола № 3.

е. Определить, можно ли выполнить следующие работы: чертежные (толщина 0,3 мм) и 3 м от окна; с мерительным инструментом (толщина риски микрометра 0,15 мм) в 5 м от окна. Полученные данные и выводы записать в протокол № 3.

**Задание 2.** Определить КЕО графическим методом в заданной точке  $M$ .

а. Наложить график I (см. рис. 11) на поперечный разрез помещения так, чтобы полюс графика совпадал с точкой  $M$ , заданной на чертеже. Основание графика должно быть параллельно плоскости пола. Подсчитать количество лучей  $n_1$ , проходящих через оконный проем по его высоте (луч — пространство между двумя условными прямыми на графике).

б. Определить длину среднего луча, т. е. расстояние от полюса графика I до середины светопроема по его высоте на поперечном разрезе помещения.

в. Определить местоположение точки  $M$  на плане помещения.

Наложить график II (см. рис. 11) на план помещения так, чтобы его основание было параллельно плоскости расположения светопроема, а полюс графика — на расстоянии, равном длине среднего луча, уже определенного в пункте «б».

г. Подсчитать число лучей  $n_2$ , захватываемых световым проемом по его ширине.

д. По формуле (3.4) подсчитать значение геометрического коэффициента естественной освещенности от небосвода. Если против окон лаборатории нет противостоящих зданий, закрывающих часть небосвода, то  $\xi_{30} = 0$ .

е. По формулам (3.2) и (3.3) подсчитать КЕО в точке М, приняв, например, что средневзвешенный коэффициент отражения потолка, стен и пола для помещения

лаборатории  $\rho_{cp} = 0,4$ , глубина помещения  $B = 6,3$  м, расстояние от верха окна до рабочей поверхности  $h_l = 2,9$  м, ширина помещения  $L_{II} = 3,6$  м. В каждом конкретном случае размеры помещения необходимо измерить. Результаты расчета занести в протокол № 3.

ж. По нормам (см. табл. 3 прилож. I) определить, можно ли проводить в точке М данную лабораторную работу по условиям естественного освещения. Вывод записать в протокол № 3.

### ПРОТОКОЛ № 3 ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

1. Построить график изменения КЕО в лаборатории. По оси ординат отложить %, по оси абсцисс — расстояние (мм.) от окна до точки замера

Результаты эксперимента

Точка замера	Ен, лк	Евн, лк	КЕО	Разряд работы	Вид работы	Размер объекта, мм
1						
2						
3						
4						
5						

2. Выводы (можно ли выполнять чертежные работы и работы с мерительным инструментом в 3 и 5 м от окна).

3. Расчет КЕО в точке М.

4. Выводы (можно ли выполнять данную лабораторную работу в точке М).

#### ***Контрольные вопросы для самостоятельной подготовки студентов:***

1. По какой формуле определяется коэффициент естественной освещённости?

2. В каких единицах определяется естественная и искусственная освещённость?

3. Как называется прибор, применяемый для замера освещённости, каково его устройство и принцип действия?

## Лабораторная работа № 5

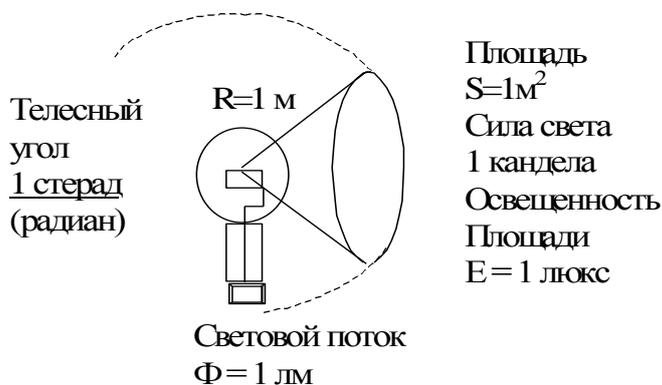
### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

**Цель работы:** ознакомиться с порядком нормирования и расчета искусственного освещения, с приборами и методами определения качества искусственного освещения на рабочих местах.

#### Общие сведения

Правильно выполненная система освещения играет существенную роль в снижении производственного травматизма, уменьшения потенциальной опасности многих производственных факторов, создает нормальные условия работы, повышает общую работоспособность. По данным НИИ труда увеличение освещенности от 100 до 1000 Лк при напряженной зрительной работе, способствует повышению производительности труда на 10 – 20%, уменьшение брака на 20 % и снижению количества несчастных случаев на 30 %. Недостаточное освещение, помимо роста количества несчастных случаев, может привести к проф. заболеванию: прогрессирующая близорукость. В случае, если частично или полностью лишит человека естественного света, может возникнуть световое голодание.

Освещение характеризуется качественными и количественными показателями. Количественными являются: световой поток, сила света, освещенность, яркость, коэффициент отражения. Качественными показателями являются: фон, контраст объекта с фоном, ослепленность, степень дискомфорта, коэффициент пульсации освещенности.



Световой поток  $\Phi$  = часть лучистого потока, которая воспринимается зрением как свет (люмен – лм).

Сила света  $I$  – величина, оценивающая пространственную плотность светового потока и представляющая собой отношение светового потока  $d\Phi$  к телесному углу  $d\omega$ , в пределах которого световой поток

распространяется:

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega} \text{ (кандела – КД)}$$

Освещенность  $E$  – поверхностная плотность, светового потока, представляет собой отношение светового потока  $d\Phi$ , падающего на элемент поверхности  $dS$ , к площади этого элемента

$$E = \frac{d\Phi}{dS} \quad (\text{люкс – лк})$$

Яркость поверхности  $L$  – отношение силы света, излучаемого в рассматриваемом направлении к площади светящейся поверхности.

$$L = \frac{I}{S} \quad (\text{кд/м}^2)$$

Коэффициенты отражения  $\rho$  – отношение отраженного от поверхности светящегося потока  $\Phi_{\text{отр}}$  к падающему на нее световому потоку  $\Phi_{\text{пад}}$ .

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

К основным качественным показателя освещения относятся фон, контраст объекта с фоном, видимость, показатель ослепленности и дискомфорта, коэффициент пульсации.

Фон – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон считается: светлым при  $c > 0,4$ , средним при  $c = 0,2-0,4$ , темным при  $c < 0,2$ .

$$K = \frac{L_0 - L_{\Phi}}{L_{\Phi}} \quad \text{где:}$$

Контраст объекта с фоном

$L_0, L_{\Phi}$  – яркость объекта и фона.

При  $K > 0,5$  - контраст большой

$K = 0,2 \dots 0,5$  – средний

$K < 0,2$  – малый.

Показатель ослепленности  $P$  – критерий оценки слепящего действия осветительной установки:

$$P = (S - 1) \cdot 1000$$

где:  $S$  – коэффициент ослепленности равный  $V_1/V_2$ ;

$V_1$  и  $V_2$  – видимость объекта наблюдения при экранировании блёстких источников света и без экранирования соответственно.

Показатель дискомфорта  $M$ - критерий оценки дискомфортной блесткости, вызывающий неприятные ощущения при неравномерном распределении яркости в поле зрения.

Коэффициент пульсации освещенности  $K_{п}(\%)$ .

Критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока (применяется в основном для газоразрядных ламп при питании их переменным током).

$$K_{п} = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{\text{ср}}} \cdot 100$$

где  $E_{\max}$ ,  $E_{\min}$  - значения освещенности за период.

$E_{\text{ср}}$  - среднее значение освещенности за период.

Основная задача освещенности на производстве – создание наилучших условий для видения. Эта задача решается осветительной системой, отвечающей следующим требованиям:

освещенность на рабочем месте должна соответствовать гигиеническим нормам,

яркость на рабочей поверхности и в пределах окружающего пространства, должна распределяться по возможности равномерно,

на рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени,

в поле зрения не должно быть прямой и отраженной блескости (т.е. повышенной яркости светящихся поверхностей, вызывающих ослепление),

величина освещенности должна быть постоянной во времени,

оптимальная направленность светового потока и необходимый спектральный состав света,

все элементы осветительных установок должны быть долговечными, электро-и пожаробезопасными, удобными в эксплуатации и отвечать требованиям эстетики.

(Источники света – на самостоятельную проработку). Здесь – лампы накаливания, газоразрядные источники света.

### **Расчет искусственного освещения.**

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

По назначению светильники делятся на светильники общего и местного освещения, соответственно искусственное освещение может быть общим (равномерным или локализованным) и комбинированным (к общему добавляется местное). Применение только местного освещения запрещается.

Задачей расчета искусственного освещения является определение требуемой мощности электрической осветительной установки для создания в производственном помещении заданной освещенности.

## Применяемые приборы

**Фотоэлектрический люксметр типа Ю-16** (рис. 12) предназначен для измерения освещенности (лк). Принцип действия прибора основан на явлении фотоэлектрического эффекта. При освещении фотоэлемента в замкнутой цепи, состоящей из фотоэлемента и измерителя,

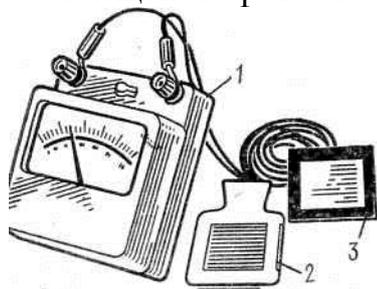


Рис. 12. Люксметр Ю-16

возникает ток, пропорциональный падающему световому потоку. Прибор имеет три основных предела измерения: до 25, 100 и 500 лк. Переход с одного предела на другой достигается включением соответствующих шунтов. На корпусе люксметра 1 расположены две клеммы для подсоединения селенового фотоэлемента 2 и переключателя пределов измерения. Для измерения больших уровней освещенности на фотоэлемент надевается фильтр 3, состоящий из двух матовых стекол. Фильтр повышает пределы измерений в 100 раз, что дает возможность определения освещенности соответственно до 2500, 10 000, 50 000 лк.

Погрешность люксметра имеет максимальную величину в начале шкалы, поэтому для большей точности измерения при малых отклонениях стрелки прибора следует переходить на меньший предел измерения.

Измеряя освещенность от источников света с иным, чем у ламп накаливания, спектральным составом необходимо учитывать поправочные коэффициенты. Для естественного света поправочный коэффициент равен  $0,8$ ; для люминесцентных ламп ЛБ —  $1,15$ ; ЛД —  $0,88$ ; для ДРЛ —  $1,12$ . Подготовить к работе два прибора.

2. Для расчета естественной освещенности используют график Данилюка I и II (см. рис. 11), выполненные на плексигласе, и схемы помещения лаборатории (разрез и план), выполненные на бумаге.

3. Два хронометра или двое часов с секундной стрелкой.

### Порядок проведения эксперимента

Порядок расчета осветительной установки:

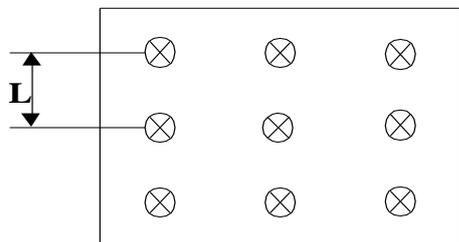
1. Выбрать тип источника света (в основном рекомендуется газоразрядные лампы, для местного освещения – лампы накаливания),

2. Определить систему освещения (общая, локализованная или равномерная, комбинированная),

3. Выбрать тип светильников с учетом характеристики светораспределения, условий среды и т.п.

4. Распределить светильники и определить их количество.

5. Определить норму освещенности на рабочем месте.



Расстояние  $L$  между светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = h_p \cdot \lambda$$

где  $h_p$  - высота светильника над расчетной поверхностью (на высоте 0,8 м от уровня пола).

$\lambda$  - относительное расстояние между светильниками, определяется в зависимости от характера светораспределения светильника и типа лампы.

Расстояние от светильника до ламп принимается равным: (0,3 ... 0,5)  $L$ .

При расчете общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей обычно принимается:

Метод коэффициента использования светового потока.

Количество светильников определяется по формуле:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K \cdot z}{n \cdot \Phi \cdot \eta}$$

где:  $E$  – требуемая освещенность по нормам (лк),

$S$  - освещаемая площадь ( $m^2$ ),

$K$  – коэф. запаса (1,15 ... 1,8),

$Z$  – коэф. неравномерности (1,1 ... 1,2),

$n$  - количество ламп светильника,

$\Phi$  – световой поток одной лампы (лм),

$z$  – коэф. использования осветит. установки (0,2 ... 0,7).

Значение  $z$  определяют в зависимости от показателя помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p (A + B)}$$

где:  $A$  и  $B$  – длина и ширина помещения (м),

$h_p$  – высота светильников над рабочей поверхностью (м), а также от коэффициентов отражения внутренней поверхности помещений (пола, стен, потолка, рабочих поверхностей).

Более простым является метод удельной мощности.

Определяется мощность светильников.

$$P = W \cdot S \quad \text{где} \quad W = f(h_p, \rho, S, E)$$

где  $h_p$  – высота,

$\rho$  – коэффициент отражения,

$S$  – площадь помещения,

$$N = \frac{P}{n \cdot P_{л}}$$

$E$  – требуемая освещенность. Количество светильников:

где  $P_{л}$  – мощность одной лампы (Вт),

$n$  – количество ламп в светильнике .

Для прожектора удельная мощность определяется из выражения:

$$W = 0,25 E_{\min} \cdot K,$$

где:  $E_{\min}$  – заданный минимальный уровень освещенности данной поверхности,

$K$  – коэффициент запаса (1,3 ...2).

Такой метод расчета применим в основном для приближенных расчетов освещенности в помещениях с равномерным расположением светильников.

Точечный метод позволяет определить зависимость освещенности данной точки от силы света светящихся её источников в соответствующих направлениях. По этому методу рассчитывают локализованное, местное, наружное, а также общее равномерное освещение для любого расположения освещаемых поверхностей, но не учитывают отраженный световой поток потолка и стен.

Сделаем допущение, что при выбранном расположении светильников, в каждом из них установлена лампа со световым потоком 600 лм, создающая освещенность  $E$ . Если выбранная точка лежит на наклонной плоскости, то освещенность  $E_n = E_g \cdot \psi$ ,

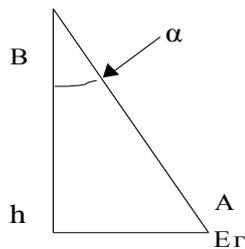
где:  $E_g$  – освещенность горизонтальной плоскости,

$\psi$  – переходной коэффициент.

Если  $i$  – тый светильник создает в точке  $i$  освещенность  $\psi E_i$  , то все

светильники создают освещенность:  $\mu \sum_{i=1}^n \psi E_i$  в выбранной точке, где  $\mu$  – коэффициент дополнительной освещенности (учитывает отраженный от стен и потолка)  $\mu = 1,1 \dots 1,2$ .

Для горизонтальной плоскости  $\psi = 1$ , и  $\sum \psi E_i = \sum E_i$ , тогда освещенность точки А от одного светильника, находящегося в точке В определяется по формуле:



$$E_{\Gamma} = \frac{I_{\alpha} \cos^3 \alpha}{h^2 K}$$

где  $I_{\alpha}$  – сила света лампы со светильником,

$\alpha$  – угол падения светового потока,

$h$  – высота подвеса светильника

$K$  – коэф. запаса.

Вертикальная освещенность определяется по формуле:

$$E_B = \frac{I_{\alpha} \cos^3 (90 - \alpha)}{h^2 \cdot K}$$

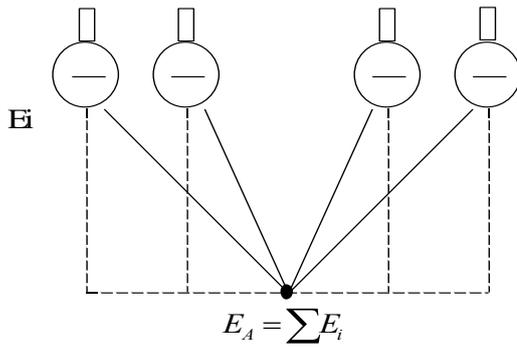
Таким образом: при увеличении угла  $\alpha$  –  $E_{\Gamma}$  уменьшается, в тоже время как  $E_B$  требуется увеличивать.

Учитывая это обстоятельство, расстояние между светильниками выбирают в пределах (1,5 ... 2)H с целью обеспечения достаточной равномерности освещения выбранной поверхности.

В случае, если точка одновременно освещается несколькими светильниками – подсчитывают ее освещенность отдельно от каждого светильника и полученные результаты суммируют.

$$E = \sum_{i=1}^n E_i$$

где  $n$  – число учитываемых светильников.



Для получения нормированной освещенности  $E_n$  в выбранной точке с учетом коэффициента запаса  $K$  при одинаковой мощности всех ламп световой поток принимают равным:

Далее определяют на основании данных специальных таблиц и выбирают лампы для контрольной точки с минимальной освещенностью. В случае если известны графики пространственных изолюкс светильников, то освещенность подсчитывается по формуле:

$$E = \frac{n \cdot \Phi_l \cdot \mu \cdot e}{1000 \cdot K}$$

где  $e$  - условная горизонтальная освещенность, определяемая по графику изолюкс.

***Контрольные вопросы для самостоятельной подготовки студентов:***

1. По какой формуле определяется коэффициент освещенность?
2. В каких единицах определяется сила света?
3. Как называется прибор, применяемый для замера освещенности, каково его устройство и принцип действия?

## Лабораторная работа № 6

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА

**Цель работы:** ознакомиться с акустическими приборами и нормативными требованиями к производственным шумам, произвести измерения шума объекта, определить эффективность некоторых мероприятий по его уменьшению.

#### Общие сведения

За последние десятилетия защита человека от шума стала одной из актуальнейших проблем. Внедрение в промышленность новых технологических процессов, рост мощности оборудования и машин привели к тому, что человек подвергается действию шума высокой интенсивности. Действуя на центральную нервную систему, шум оказывает неблагоприятное влияние на деятельность организма человека, вызывая тяжелые заболевания, головную боль, головокружение, ослабление внимания, а иногда и нарушение функций слуховых органов.

Сильный шум в условиях производства значительно снижает производительность труда и может явиться причиной несчастного случая.

С физической точки зрения шум представляет собой беспорядочное сочетание различных по частоте и силе звуков, с физиологической — звуковой процесс, который в большей или меньшей степени неприятен человеку. Звуковые волны возникают всегда в том случае, когда в упругой среде имеется колеблющееся тело или когда частицы упругой среды (газообразной, жидкой или твердой) приходят в колебательное движение под действием какой-либо возмущающей силы. Человек может слышать только те звуки, частота которых находится в пределах от 16 до 20 000 Гц. Колебания с частотой менее 16 Гц называются инфразвуковыми, с частотой выше 20 000 Гц — ультразвуковыми. И те и другие колебания ухом не воспринимаются, хотя при определенной интенсивности являются вредными для человека.

При действии источника звука происходит небольшое колебание давления в среде. Разность между мгновенным значением полного давления и средним давлением, которое наблюдается в среде при отсутствии звуковых волн, называется *звуковым давлением*. В практике борьбы с шумом приходится иметь дело с огромным диапазоном значений звукового давления, соответствующим его изменению в  $10^4$ — $10^9$  раз. Поскольку оперировать многозначными числами неудобно, а также вследствие способности уха человека оценивать не абсолютное, а относительное изменение звукового давления, введено понятие *уровня звукового давления* (дБ), величина которого выражается зависимостью

$$L = 20 \lg \frac{P}{P_0},$$

где  $P$  — звуковое давление, создаваемое источником звука, Н/м<sup>2</sup>;  $P_0$  — пороговое звуковое давление ( $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Н/м<sup>2</sup>). Оно является порогом слышимости при частоте звука 1000 Гц.

Уровни звукового давления измеряются с помощью шумомера.

Разложение сложного колебательного процесса (шума) на простейшие составляющие, называют *частотным анализом шума*, а зависимость амплитуд отдельных составляющих от частоты колебаний (Гц)— *спектром шума*. Звуки различных частот при одинаковых уровнях звукового давления по-разному воздействуют на орган слуха человека. Наиболее неблагоприятны для восприятия звуки высоких частот. Это обстоятельство учитывается при составлении норм, а также при проектировании различных шумоглушащих конструкций, эффективность которых также зависит от частоты.

Для того чтобы эффективно вести борьбу с шумами, необходимо знать их звуковой спектр.

Анализ шума производится с помощью устройств, состоящих из набора электрических фильтров; каждый из них вырезает в исследуемом шуме определенную полосу частот, которая характеризуется граничными частотами ( $f_1$ — нижняя и  $f_2$ — верхняя граничные частоты), шириной и средней частотой (Гц), за которую обычно принимают среднегеометрическую величину

$$f_{\text{ср}} = \sqrt{f_1 f_2}.$$

При исследовании шумов обычно пользуются фильтрами с постоянной относительной полосой пропускания ( $f_2/f_1 = \text{const}$ ). Полоса, в которой  $f_2/f_1 = 2$ , называется *октавой*. В этом случае говорят, что анализ производится в октавных полосах частот. Если  $f_2/f_1 = 1,26$ , то ширина полосы равна 1/3 октавы. В данной работе используются октавные фильтры.

Стандартные граничные и среднегеометрические частоты полос пропускания приведены в табл. 10 прилож. I.

На рис. 15 показаны различные типы спектров шума. Спектр, в котором отдельные составляющие синусоиды

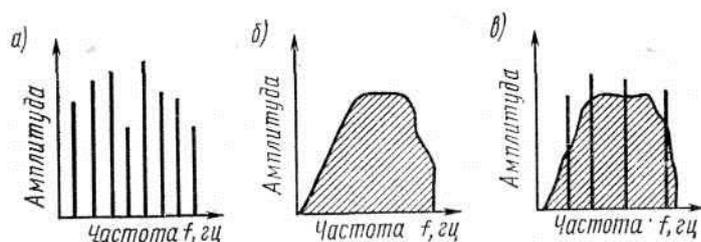


Рис. 15 Типы спектров шума:

а — линейчатый, или дискретный; б — сплошной; в — смешанный

отделены друг от друга частотными интервалами, называется *линейчатым*, или *дискретным* (рис. 15,а). Спектр, в котором интервалы между частотными составляющими бесконечно малы (т. е. составляющие следуют друг за другом непрерывно),— *сплошным* (рис. 15,б). В случае, если на участок сплошного спектра накладываются отдельные дискретные составляющие, его называют *смешанным* (рис. 15, в).

Нормативные требования к производственным шумам изложены в СН 245—71 (см. табл. 11 прилож. I). Установлены предельно допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот со среднегеометрическими

частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц при непрерывном действии шума не менее 4 ч за рабочую смену, а также уровни звука в дБА, измеряемые шумомером с использованием частотной характеристики «А».

В зависимости от характера шума и суммарного времени воздействия за рабочую смену в предельно допустимые уровни звукового давления вносятся поправки (см. табл. 12 прилож. I).

Основные методы борьбы с шумом: 1) ослабление шума в его источнике; 2) изоляция шума; 3) поглощение шума.

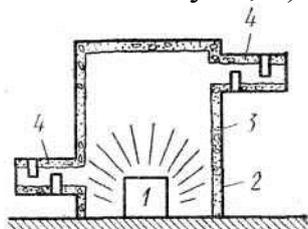


Рис 16. Звукоизолирующий кожух:

1 — источник шума; 2 — стенка кожуха; 3 — звукопоглощающий материал; 4 — вентиляционные устройства с глушителями

Наиболее радикальная мера борьбы с шумом — применение малошумных машин и механизмов. Однако это не всегда возможно из-за сложности конструктивных изменений в машинах, поэтому чаще пользуются методами изоляции и поглощения.

В данной лабораторной работе исследуется эффективность установки звукоизолирующего кожуха на источник шума и звукопоглощающей облицовки в помещении.

Звукоизолирующими кожухами закрывают наиболее шумные механизмы. Кожухи выполняют из дерева, металла или пластмассы, а внутреннюю поверхность стенок облицовывают звукопоглощающим материалом (рис. 16). Во избежание перегрева механизма кожух снабжается вентиляционными устройствами с глушителями.

Эффективность установки кожуха (дБ)

$$\Delta L_{\text{к}} = 3И + 10 \lg \alpha, \quad (5.1)$$

где  $\alpha$  — коэффициент звукопоглощения материала, нанесенного на внутреннюю поверхность кожуха и представляющий собой отношение поглощенной звуковой энергии к падающей; 3И — звукоизоляция стенок кожуха (дБ):

$$3И = 20 \lg (Gf) - 60, \quad (5.2)$$

где  $G$  — масса 1 м<sup>2</sup> стенок кожуха, кг;  $f$  — частота, Гц. Подставив выражение (5.2) в (5.1), получим

$$\Delta L_{\text{к}} = 20 \lg (Gf) - 60 + 10 \lg \alpha, \text{ дБ.} \quad (5.3)$$

Звуковое поле в помещении создается прямыми (идущими от источника шума) и отраженными от стен помещения звуковыми волнами. Снижение шума за счет применения звукопоглощающей облицовки в помещении основано на уменьшении энергии отраженных волн вследствие их поглощения.

$$\Delta L_{\text{обл}} = 10 \lg \frac{A_2}{A_1}, \quad (5.4)$$

где  $A_1$  и  $A_2$ —суммарное звукопоглощение в помещении до и после облицовки,  $\text{м}^2$ ;

$$A_1 = \alpha_1 S,$$

Эффективность установки звукопоглощающей облицовки в помещении (дБ) где  $\alpha_1$ — коэффициент звукопоглощения поверхностей не-облицованных стен, потолка и пола помещения;  $S$  — площадь этих поверхностей,  $\text{м}^2$ ;

$$A_2 = \alpha_2 S_{\text{обл}} + \alpha_1 (S - S_{\text{обл}}).$$

Где  $\alpha_2$ — коэффициент звукопоглощения облицовки;  $S_{\text{обл}}$ — площадь поверхности помещения с облицовкой,  $\text{м}^2$ .

Подставив выражения для  $A_1$  и  $A_2$  в формулу (5.4), получим

$$\Delta L_{\text{обл}} = 10 \lg \frac{\alpha_2 S_{\text{обл}} + \alpha_1 (S - S_{\text{обл}})}{\alpha_1 S}, \quad \text{дБ.} \quad (5.5)$$

Примеры значений параметров см. в протоколе № 5, табл. 2, 3.

### Применяемые приборы и оборудование

Общий вид установки показан на рис. 17. Камера б с откидной крышкой размером порядка 1,2X0,6X0,6 м имитирует производственное лабораторное помещение, в котором имеется источник шума, 8— центробежный вентилятор (могут быть использованы и другие источники шума), включаемый в сеть через трансформатор 7. Для измерения шума в камере установлен микрофон 9, соединенный кабелем с шумомером 2. К шумомеру подсоединены октавные фильтры 1.

Звукоизолирующий кожух 4 выполнен из фанеры толщиной 3—4 мм ( $G = 2—4 \text{ кг/м}^2$ ) с внутренней звукопоглощающей облицовкой— поролоном толщиной 20 мм. Кожух снабжен вентиляционными устройствами 5 с глушителями. Звукопоглощающая облицовка 3 из минераловатных плит выполнена в виде щитов, которые устанавливаются по стенкам и потолку камеры б.

**Шумомер Ш-63** (рис. 18). Диапазон измерений этого прибора 30—140 дБ, частотный диапазон 40— 10 000 Гц. Питание прибора осуществляется от батарей 2,6 В.

На лицевой панели шумомера расположены: микрофонная стойка 1 с разъемом, имеющая шарнирное сочленение с панелью; индикаторный стрелочный прибор

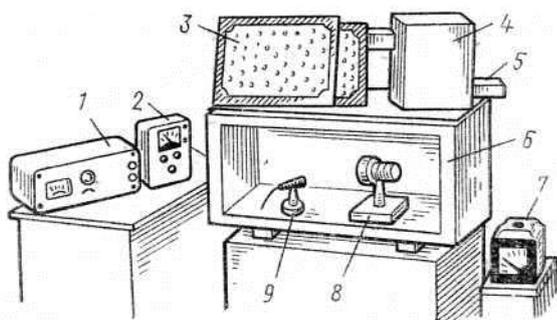


Рис. 17. Общий вид установки для определения эффективности мер борьбы с шумом

3 с диапазоном уровней от  $-5$  до  $+10$  дБ; переключатель 6 временных характеристик индикатора, также контролирующей напряжения батарей «Бат» и работу преобразователя «Пр»; переключатель частотных характеристик 5; переключатель уровней чувствительности 7 (делитель)  $30-130$  дБ; гнездо «Вход» 4 для подключения внешних фильтров; выходные гнезда «Доп. вых» 2 для подключения к шумомеру внешних анализирующих и записывающих устройств.

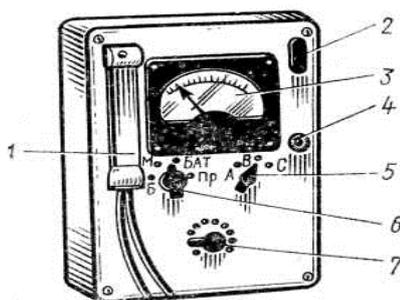


Рис. 18. Шумомер Ш-63

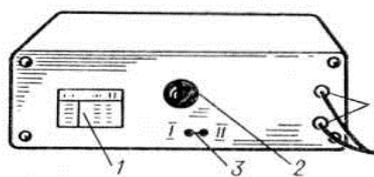


Рис. 19. Октавный фильтр

Принцип работы шумомера состоит в том, что мембрана микрофона, воспринимая звуковые колебания, создает переменное электрическое напряжение, величина которого пропорциональна уровню звукового давления. Это напряжение поступает на вход специального усилителя, увеличивается в определенное число раз, выпрямляется и измеряется стрелочным индикатором, проградуированным в децибелах.

Подготовка шумомера Ш-63 к работе: 1) установить переключатель контроля 6 в положение «Бат». Микрофонную стойку 1 установить вертикально, при этом включится питание шумомера. Стрелка индикатора 3 должна установиться в пределах красного сектора шкалы; 2) перевести переключатель контроля 6 в положение «Пр». Стрелка индикатора должна установиться на зеленой метке шкалы; 3) перевести переключатель 6 в положение «М», 4) переключатель, 5 поставить в положение «С»; 5) опустить микрофонную стойку 1.

**Октавный фильтр** (рис. 19). Прибор состоит из восьми октавных фильтров. На лицевой панели расположены: указатель номеров фильтров 1 и соответствующих им среднегеометрических частот октавных полос, ручка для

переключения фильтров 2, переключатель 3, гнезда для подключения исследуемого сигнала 4.

Подготовка фильтров к работе: 1) подсоединить фильтры к шумомеру, вставив штеккер соединительного кабеля в гнездо 4 шумомера (см. рис. 18); 2) переключатель 3 фильтров поставить в положение II; 3) ручку 2 поставить в положение I (63 Гц).

### **Порядок проведения эксперимента**

#### **Измерение спектра шума вентилятора в камере без средств шумоглушения.**

1. Включить вентилятор через трансформатор в сеть и установить нужное напряжение, поворачивая ручку трансформатора вправо. Крышка камеры должна быть закрыта.

2. Включить шумомер, подняв микрофонную стойку 1, и измерить уровни звукового давления во всех восьми полосах частот, начиная с первой, последовательно переключая ручку 2 фильтров. Если стрелка прибора устанавливается левее нуля, то переключатель уровней следует вращать против часовой стрелки (в сторону более низких уровней) до получения показаний прибора. Занести полученные данные  $L$  (дБ) в табл. 1 протокола № 5.

Отсчет показаний шумомера  $L$  (дБ) производится суммированием показаний переключателя и индикатора, когда стрелка его расположена правее нуля на шкале. Например, если переключатель находится в положении 60 дБ, а стрелка стоит на делении 6, то измеренный уровень шума равен:  $60+6 = 66$  дБ.

Во время измерений следить за тем, чтобы стрелка индикатора шумомера не зашкаливала, своевременно переключать уровни на более высокие ручкой 7 шумомера (см. рис. 18) вправо.

3. На графике 1 протокола № 5 по данным измерений построить спектр шума и сравнить его с кривой допустимого шума. Сделать выводы.

4. По окончании измерений выключить питание шумомера и вентилятора.

#### **Определение эффективности установки звукопоглощающей облицовки.**

1. Открыть крышку камеры и, не меняя положение микрофона и вентилятора, аккуратно установить щиты с облицовкой по стенам и потолку камеры и закрыть крышку. Включить вентилятор и приборы, провести измерения шума и его анализ так же, как это делалось в предыдущем случае. Полученные данные занести в гр. 1 табл. 2 протокола № 5. После окончания этих измерений выключить приборы и вентилятор и вынуть облицовку из камеры.

2. Построить на графике № 1 спектр шума вентилятора в камере со звукопоглощающей облицовкой.

3. По результатам измерений шума вентилятора в камере без облицовки и с облицовкой (табл. 1 и 2 протокола № 5) определить эффективность установки звукопоглощающей облицовки, которая равна разности этих показаний:  $L - L_{обл}$ , дБ. Занести в гр. 2 табл. 2 протокола № 5 полученные значения, а на графике

протокола № 5 построить кривую измеренной эффективности установки облицовки. На этом же графике построить кривую (пунктирной линией)  $\Delta L_{\text{обл}}$ , рассчитанную по формуле (5;5) эффективности облицовки, взяв необходимые величины из табл. 2 протокола № 5.

4. Сравнить измеренную и рассчитанную кривые. Сделать выводы по данным измерениям.

### **Определение эффективности установки звукоизолирующего кожуха.**

1. Открыть крышку камеры (облицовка должна быть вынута) и надеть на вентилятор кожух таким образом, чтобы вентиляционные патрубки были направлены поперек камеры, а сам вентилятор не касался облицовки кожуха. Закрыть крышку. Включить вентилятор и приборы и провести измерения шума так же, как в предыдущих случаях. Занести полученные данные  $L_K$  (дБ) в гр. 1 табл. 3 протокола № 5.

2. После окончания измерений выключить приборы и вентилятор и, вынув кожух из камеры, закрыть ее.

3. Построить на графике 1 протокола № 5 спектр шума вентилятора, заключенного в кожух.

4. По результатам измерений шума вентилятора в камере без облицовки (табл. 1 протокола № 5) и с установленным кожухом (гр. 1 табл. 3 протокола

№ 5) определить эффективность установки кожуха, равную разности этих показаний:  $L - L_K$  (дБ). Занести в гр. 2 табл. 3 протокола № 4 полученные значения, а на графике 2 построить кривую измеренной эффективности установки кожуха. На этом же графике построить кривую (пунктирной линией)  $\Delta L_K$ , рассчитанную по формуле (5.3) эффективности кожуха, взяв величины из табл. 3 протокола № 5.

5. Сравнить измеренную и рассчитанную кривые. Сделать выводы.

## **ПРОТОКОЛ № 4 ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА**

Таблица №1

Результаты измерений спектра шума вентиляторов в камере без средств шумоглушения

Параметр	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L$ , дБ								

Таблица №2

Результаты измерений шума вентиляторов в камере без облицовки и с облицовкой

№ графы	Параметр	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	$L_{обл}$ , дБ								
2	$L - L_{обл}$ , дБ								
3	$\Delta L_{обл}$ , дБ								
4	$\alpha_2$	0,12	0,2	0,2	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9

$$S=2,6 \text{ м}^2; S_{обл}=1,4 \text{ м}^2; \alpha_1 \approx 0,1$$

Таблица №3

Результаты измерений спектра шума вентилятора в камере при его установки в звукоизолирующий кожух

№ графы	Параметр	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	$L_{к}$ , дБ								
2	$L - L_{к}$ , дБ								
3	$\Delta L_{к}$ , дБ								
	$\alpha$ , дБ	0,15	0,2	0,22	0,3	0,75	0,77	0,71	0,6

График 1. Спектры шума вентилятора (по оси ординат — уровни звукового давления в дБ, по оси абсцисс — среднегеометрические значения октавных полос в Гц).

График 2. Построить график эффективности установки звукоизолирующего кожуха и звукопоглощающей облицовки (По оси ординат отложить  $\Delta L$  (дБ), по оси абсцисс —  $f$  (Гц)).

### **Контрольные вопросы для самостоятельной подготовки студентов:**

1. Какая болезнь возникает у работника при воздействии шума?
2. Какое биологическое воздействие оказывает шум на организм человека?
3. Какой величиной характеризуется звуковая волна?
4. Как оценивается уровень силы звука (шума)?
5. Назовите интенсивность звуков:  
шепотная речь - ?

## Лабораторная работа № 7

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ВИБРАЦИИ

**Цель работы:** изучить вибрационные характеристики машин и механизмов, определить параметры вибраций и эффективность виброизоляции.

#### Общие сведения

**Вибрации и их влияние на организм человека.** Различают общие и локальные вибрации. Общие вибрации вызывают колебания всего организма, а локальные лишь отдельных его частей (например, рук при работе с ручным механизированным инструментом). Наиболее чувствительны к воздействию вибраций нервная и сердечно-сосудистая системы, а также костно-суставный аппарат.

Длительное воздействие вибраций может привести к трудно излечимой вибрационной болезни — стойкому нарушению физиологических функций организма. Особенно опасны общие вибрации с частотой 3—30 Гц. В этом диапазоне частот лежат собственные частоты большинства внутренних органов, головы и конечностей человека. При совпадении их с частотой возмущающей силы колебания происходят в резонансном режиме. Такие частоты называют резонансными.

Сильные вибрации также мешают нормальной работе машин и механизмов: снижают точность станков и агрегатов, сокращают срок их службы, ухудшают качество обработки, иногда вызывают разрушение машин и строительных конструкций. Таким образом, борьба с вибрациями на производстве является важной технической и санитарно-гигиенической проблемой.

**Основные параметры вибраций.** Основными величинами, характеризующими вибрации, является частота  $f$ , Гц, и смещение  $x$ , мм (или скорость  $v$ , мм/с, и ускорение  $a$ , мм/с<sup>2</sup>). Амплитуда смещения используется в качестве критерия, для ограничения вибрации агрегатов и фундаментов; амплитуда колебательной скорости поверхности характеризует уровень возникающего шума; амплитуда ускорения определяет действующие динамические силы.

В случаях, когда колебания близки к синусоидальным, достаточно определить одну из этих величин (т. е.  $x$ ,  $v$  или  $a$ ) и частоту колебаний  $f$ , остальные две величины могут быть вычислены из соотношений:

$$v = x2\pi f = x\omega, \quad (6.1)$$

$$a = x2\pi f^2 = x\omega^2, \quad (6.2)$$

где  $\omega$  — круговая частота, рад/с ( $\omega = 2\pi f$ ).

Вибрации часто оценивают по уровню вибрации, измеряемому в логарифмических единицах — децибелах:

$$L_v = 20 \lg \frac{v}{v_0}; \quad (6.3)$$

$$L_a = 20 \lg \frac{a}{a_0}, \quad (6.4)$$

где  $v$  и  $a$  — действующие или эффективные значения скорости и ускорения;  $v_0=5 \cdot 10^{-5}$  мм/с и  $a_0 = 3 \cdot 10^{-1}$  мм/с<sup>2</sup> — пороговые значения (скорости и ускорения приняты в соответствии с международным соглашением).

На практике чаще приходится иметь дело со сложными вибрациями — несколькими или многими простыми колебаниями различной амплитуды и частоты. Для того чтобы эффективно вести борьбу с вибрациями, необходимо знать частотный состав колебательного процесса. Изображение колебательного процесса или отдельных его составляющих в функции времени называется осциллограммой процесса (рис. 20,а). Чаще используется спектрограмма процесса (рис. 20,б) — изображение составляющих вибрации в функции частоты.

Для измерения вибраций существует ряд методов. В основном они могут быть объединены в две группы: а) механические (непосредственные) методы измерения амплитуд; б) электрические.

Анализ частотного состава сложных вибраций проводится анализаторами, которые вырезают в исследуемом частотном диапазоне каждую частоту или определенную полосу частот. Чаще анализ ведется в октавных, а также в треть-октавных полосах частот. В октавной полосе  $f_2/f_1 = 2$ , где  $f_2$  и  $f_1$  — верхняя и

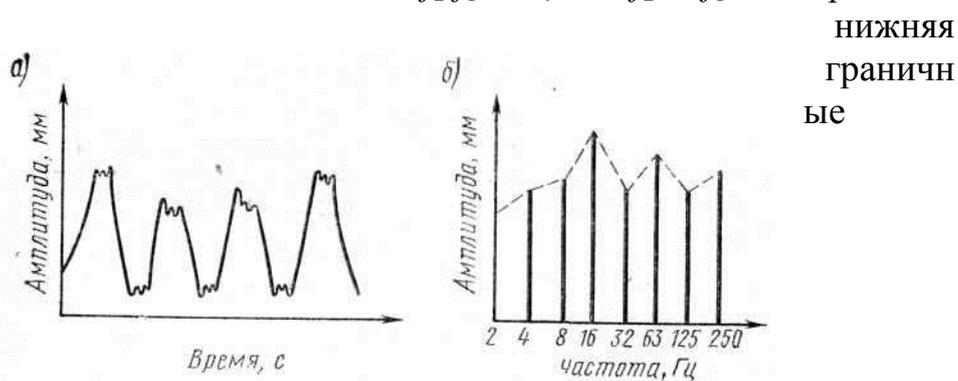


Рис. 20. Осциллограмма (а) и спектрограмма колебательного процесса (б)

нижняя граничные частоты полосы. В треть-октавных полосах  $f_2 / f_1 = \sqrt[3]{2}$ . При этом полоса частот характеризуется среднегеометрическим значением  $f_{cp} = \sqrt{f_2 f_1}$

Методы борьбы с вибрацией; устранение (уменьшение) вибрации в источнике ее возникновения; демпфирование вибраций; динамическое гашение вибраций; виброизоляция.

Устранение причин возникновения вибраций в машинах и механизмах конструктивными и технологическими методами является наиболее радикальной мерой. Примером борьбы с вибрацией в источнике ее возникновения является устранение небаланса вращающихся масс, люфтов, зазоров в машинах, замена кривошипно-шатунных механизмов кулачковыми, шарикоподшипников — подшипниками скольжения.

При демпфировании уменьшение амплитуды колебаний деталей машин достигается их изготовлением из материалов с большим внутренним трением или применением покрытий на вибрирующих поверхностях из материалов с большим внутренним трением или вязкостью.

Гашение колебаний предусматривает увеличение инерционного и упругого сопротивления колебательных систем либо введение в механизмы специальных устройств — динамических гасителей.

В случаях, когда устранить или снизить вибрацию в машине не удастся, используется метод виброизоляции — уменьшение уровня вибрации защищаемого объекта путем уменьшения передачи колебаний этому объекту от источника колебаний.

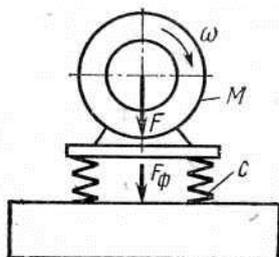


Рис. 21. Схема виброизоляции агрегата

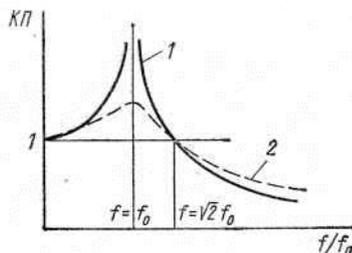


Рис. 22. Зависимость коэффициента передачи (КП) от частоты возбуждения:

1 — без учета затухания (трения в виброизоляторах); 2 — с учетом затухания

В данной лабораторной работе определяются параметры вибраций и исследуется эффективность ослабления вибраций, передающихся от машины к фундаменту в случае использования виброизоляции. Ослабление вибрации в этом случае достигается путем введения упругих элементов виброизоляторов, помещаемых между источником вибрации (машиной, механизмом) и фундаментом. Виброизоляторы можно выполнять в виде стальных пружин, рессор, прокладок из резины, резинометаллических конструкций и др.

Основным показателем, определяющим качество виброизоляции машины, установленной на виброизоляторы с жесткостью  $c$  и массой  $M$  (рис. 21), является коэффициент передачи (или коэффициент виброизоляции) КП. Он показывает, какая доля динамической силы  $F_\phi$  или ускорения  $a_\phi$  от общей силы  $F$  или ускорения  $a$ , действующих со стороны машины, передается виброизоляторами фундаменту:

$$\text{КП} = \frac{F_{\text{ср}}}{F} = \frac{a_{\text{ср}}}{a} = \frac{1}{(f/f_0)^2 - 1}, \quad (6.5)$$

где  $f = \frac{\omega}{2\pi}$  — частота возмущающей силы; в случае неуравновешенности ротора машины (электродвигателя, вентилятора, турбины и т. д.)

$$f = \frac{nm}{60}, \text{ Гц}, \quad (6.6)$$

где  $n$  — частота вращения, об/мин;  $m$  — номера гармоник ( $m=1, 2, 3, \dots$ ). Если причиной источников колебаний не является неуравновешенность ротора, имеют место другие частоты возмущающих сил.

Частота собственных колебаний (Гц) машины

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c}{M}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\delta_{\text{ст}}}}, \quad (6.7)$$

где  $\delta_{cm} = M_0 / c$  — статическая осадка виброизолятора под действием собственной массы машины, см.

Зависимость коэффициента передачи от частоты возмущающей силы показана на рис. 22. Из рисунка видно, что амортизаторы начинают приносить эффект ( $KП \ll 1$ ) лишь при частоте возмущения. При  $f \leq f_0 \sqrt{2}$  виброизоляторы полностью передают вибрации фундаменту ( $KП = 1$ ) или даже усиливают их ( $KП > 1$ ). Эффект виброизоляции тем выше, чем больше отношение  $f/f_0$ . Следовательно, для лучшей виброизоляции фундамента от вибраций машин при известной частоте возмущающей силы  $f$  необходимо уменьшить частоту собственных колебаний машины на виброизоляторах  $f_0$  для получения больших отношений  $f/f_0$ , что достигается либо увеличением массы машины  $M$ , либо снижением жесткости виброизоляции  $c$ . При известной же собственной частоте  $f_0$  — эффект виброизоляции будет тем выше, чем больше возмущающая частота  $f$  по сравнению с частотой  $f_0$ . Ослабление передачи вибраций на фундамент обычно характеризуется величиной виброизоляции (ВИ). Величина виброизоляции на данной частоте (дБ):

$$ВИ = L_{v1} - L_{v2} = 20 \lg \frac{v_1}{v_0} - 20 \lg \frac{v_2}{v_0} = 20 \lg \frac{v_1}{v_2}; \quad (6.8)$$

$$ВИ = 20 \lg \frac{F}{F_{\Phi}} = \frac{1}{KП} = 20 \lg \left[ \left( \frac{f}{f_0} \right)^2 - 1 \right], \quad (6.9)$$

где  $L_{v1}$  и  $v_1$  — уровень вибраций и виброскорость машины или фундамента при отсутствии виброизоляторов между машиной и фундаментом;  $L_{v2}$  и  $v_2$  — уровень вибраций и виброскорость фундамента при наличии виброизоляторов между машиной и фундаментом.

Нормирование вибраций. Существует два вида норм: санитарно-гигиенические и технические. Примером санитарно-гигиенических норм являются нормы по ограничению вибраций ручного пневмо- и электроинструмента СН 626—66 (см. табл. 13 прилож. I), а также норм по ограничению вибраций рабочих мест на производстве СН 245—71 (см. табл. 14 прилож. I). Примером технических норм являются нормы по ограничению вибраций электрических машин, турбин и др.

### Применяемые приборы и оборудование

Схема установки для измерения параметров вибрации и эффективности виброизоляции показана на рис. 23. Объектом исследования является электродвигатель 5, жестко закрепленный на платформе 3. Платформа установлена на фундаменте 1 с помощью пружин-виброизоляторов 2.

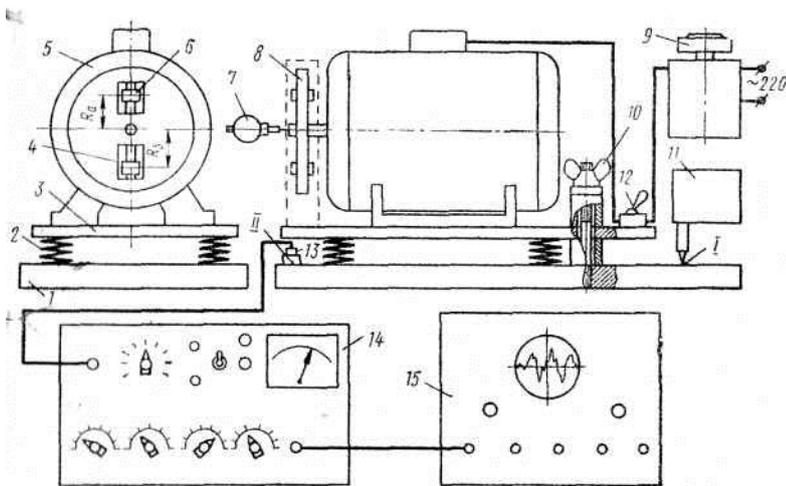


Рис. 23. Схема экспериментальной установки

Прижимной винт 10 позволяет жестко соединить платформу и фундамент. В этом случае они будут колебаться как одно целое- (виброизоляция выключена). Если прижимной винт ослабить, то платформа будет покоиться на виброизоляторах (виброизоляция включена). Включение электродвигателя производится тумблером 12. Частота вращения электродвигателя регулируется с помощью лабораторного трансформатора 9 и фиксируется по тахометру 7.

Амплитуда вибраций электродвигателя изменяется с помощью грузиков 6 и 4 балансирующего устройства 8, насаженного на ротор электродвигателя. Измерение вибрации производится вибрографом ВР-1 (11) в точке I фундамента и измерителем шума и вибрации ИШВ-1 (14) в комплексе с вибродатчиком 13 в точке II фундамента.

При необходимости с помощью осциллографа 15 может производиться осциллографирование.

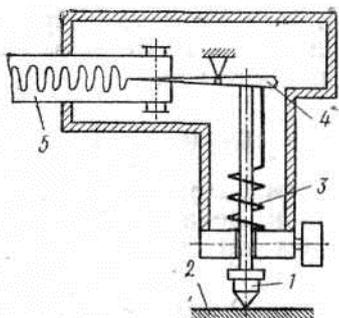


Рис. 24. Принципиальная схема вибрографа ВР-1:

1 — объект, вибрации которого измеряются; 2 — наконечник вибрографа; 3 — натяжная пружина; 4 — пишущее перо; 5 — лента

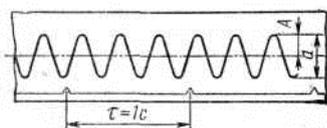


Рис. 25. Расшифровка записи колебаний с помощью вибрографа ВР-1

осциллографирование.

### Виброграф ВР-1 (рис. 24)

относится к классу механических приборов. Чувствительность его невелика — он позволяет регистрировать амплитуды колебаний от 0,05 до 6 мм при частотах от 5 до 100 Гц. Прибор используется как контрольный для проведения оценочных замеров амплитуд и частот вибраций и состоит из передающего рычажного и лентопротяжного механизмов.

Записываются осциллограммы на восковом слое ленты острием пера. Наконечник вибрографа надевается специальная насадка. Колебания с размахом 0,05—1,5 мм записывают с шестикратным увеличением, 1,5—6,0 мм — в натуральную величину или с двукратным увеличением. На ленте наряду с записью измеряемого колебания прибор через каждую секунду дает отметку времени (рис. 25). Амплитуда колебаний  $A = a/2$ , где  $a$  — размах колебаний. Для случая шестикратного увеличения  $A = a/2 \cdot 6$ . Частота колебаний  $f(\text{Гц})$

рассчитывается непосредственно по ленте: определяется число колебаний  $K$  на отрезке  $\tau$ , соответствующем 1 с, отсюда  $f=K/\tau$ .

**Измеритель шума и вибрации ИШВ-1.** Электроизмерительные приборы позволяют измерять вибрации на значительном расстоянии, что важно с точки зрения безопасности и удобства экспериментальных работ. Принцип измерения заключается в преобразовании механической энергии в электрическую с помощью пьезокварцевого вибродатчика. Электрические методы измерения колебаний имеют существенные преимущества перед механическими: допускают исследования в широком диапазоне частот вибраций большой и малой амплитуды без непосредственного влияния на вибрирующую конструкцию.

Прибор ИШВ-1, используемый в данной работе, обеспечивает измерение общих и октавных уровней виброскорости от 70 до 160 дБ относительно порогового значения  $5 \cdot 10^{-5}$  мм/с в диапазоне частот 10—2800 Гц.

**Тахометр** предназначен для определения частоты вращения роторов машин в диапазоне от 30 до 30000 об./мин.

### Порядок проведения эксперимента

**Задание 1.** Определить параметры вибрации установки (см. рис.23).

1. Вычислить собственную (резонансную) частоту колебаний установки по формуле (6.4) (принять, например, статическую осадку виброизоляторов установки  $\delta_{ст} = 0.18$  см).

2. Определить собственную частоту колебаний установки экспериментально: а) с помощью балансирующего устройства 8 (см. рис. 23) разбалансировать ротор электродвигателя 1, установив грузики 4 и 6 асимметрично относительно оси вращения электродвигателя; б) отпустить прижимной винт 10 установки, включить виброизоляцию; в) подсоединить электродвигатель через лабораторный трансформатор 9 в сеть ( $U=220$  В) и включить установку тумблером 12; г) изменяя лабораторным трансформатором напряжение (в пределах от 50 до 110 В), можно менять частоту вращения электродвигателя и частоту возмущающей силы от дисбаланса. Получив резонансный режим (электродвигатель совершает интенсивные вертикальные колебания), закрепить прижимным винтом 10 платформу к фундаменту и измерить с помощью тахометра частоту вращения двигателя  $n_o^o$  об/мин (индекс э — обозначает эксперимент, индекс о — резонансное число оборотов). Подсоединение тахометра производят в соответствии со схемой рис. 26. При измерении числа оборотов тахометром нажать кнопку на его головке на 4—5 с; д) подсчитать резонансную частоту  $f_o^o$  формуле  $f_o^o = n_o^o / 60$  Гц; е) включить электродвигатель. Результаты, полученные по пп. 1 и 2 данного раздела занести в табл. 1 протокола № 6.

3. В соответствии с условием  $f > f_{э\phi} = \sqrt{2}f_o$  определить диапазон частоты вращения электродвигателя, где сказывается, а в соответствии с условием

$f < f_{эф}$  определить диапазон, где не сказывается эффект виброизоляции на установке (в первом случае соответственно  $n > n_{эф} = 60f$ , во втором —  $n < n_{эф}$ ). Результаты занести в табл. 2 протокола №6.

4. Определить параметры вибрации установки с помощью вибрографа ВР-1: а) изучить устройство вибрографа ВР-1; б) заправить ленту в лентопротяжный механизм (выполняется в присутствии лаборанта); в) ручку прибора поставить в положение «выкл»; г) завести пружину (по направлению стрелки); д) проверить правильность положения ленты и арретира, прижимающего перо к ленте (см. рис. 24), натяжение пружины, обеспечивающей точное следование пера самописца за колебаниями исследуемого объекта; е) не раскрепляя прижимного винта 10, включить установку; ж) с помощью трансформатора установить число оборотов  $n = 1100—1500$  об/мин и проконтролировать его тахометром (напряжение в пределах  $U < 200$  В); з) вибрографом ВР-1 записать вибрации электродвигателя в точке I фундамента (см. рис. 23). Для этого поставить наконечник вибрографа в точку I и включить прибор на 3—5 с.

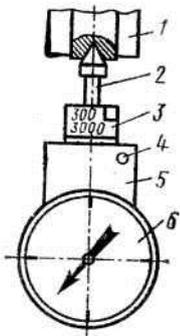


Рис 26. Схема подключения тахометра:

1 — вращающийся вал; 2 — наконечник; 3 — переключатель диапазонов; 4 — стопор; 5 — корпус тахометра; 6 — индикатор

При записи колебаний следить, чтобы пишущее перо находилось посередине ленты; и) определить параметры возмущающих вибраций — частоту  $f$  и амплитуду смещения  $A$ . Расшифровку осциллограммы вести согласно описанию на с.50. Полученные данные занести в табл.3 протокола № 6. Осциллограмму наклеить на лист отчета.

5. Сравнить показания вибрографа ВР-1 с санитарными нормами (см. табл. 14 прилож. I) и дать заключение в протоколе № 6 о необходимости применения виброизоляции.

**Задание II.** Определить эффективность виброизоляции (см. рис. 23).

1. Вычислить эффективность виброизоляции расчетным путем: а) по формуле (6.4) вычислить собственную (резонансную) частоту колебаний  $f_c$  экспериментальной установки № 2 и резонансную частоту вращения  $n_0 = 60$  (осадка пружин установки  $\delta_{cm} = 0,18$  см); б) определить основную частоту возмущающих сил от небаланса  $f = n_{раб}/60$ , где  $n_{раб}$  — рабочую частоту вращения электродвигателя на установке следует принять равной 1450 об/мин; в) по формуле (6.3) вычислить

коэффициент передачи КП; г) по формуле (6.6) рассчитать величину виброизоляции (ВИ) в децибелах. Полученные данные занести в табл. 1.

2. Определить эффективность виброизоляции экспериментально: а) прижимным винтом 10 соединить платформу с фундаментом (виброизоляция выключена). Включить электродвигатель с помощью тахометра, установить рабочую частоту вращения  $n_{\text{раб}} = 1450$  об/мин; б) при включенной виброизоляции (в точке II фундамента) измерить общий уровень вибрации  $L_{\text{общ}1}$  и октавные уровни вибрации  $L_{vi}$  в полосах со среднегеометрическими частотами 16, 31,5, 63, 125 и 250 Гц.

Измерение уровней вибрации производится измерителем шума и вибрации ИШВ-1 (см. блок-схему на рис.23).

Для измерения общего уровня вибрации  $L_{\text{общ}}$  установить переключатели ИШВ-1 (на панели прибора) в следующие положения: «ДЕЦИБЕЛЫ I» — 90; «ДЕЦИБЕЛЫ II» — 40; «РОД ИЗМЕРЕНИЯ» «ЛИН»; «ТУМБЛЕР «МИКРОФОНДАТЧИК» - «ДАТЧИК». «РОД РАБОТЫ» — «БЫСТРО».

Если стрелка прибора располагается в левой части шкалы, ее следует вывести в правую часть (за отметку «0») переключателем «ДЕЦИБЕЛЫ I», а потом при необходимости переключателем «ДЕЦИБЕЛЫ II».

Отсчет показания по прибору производится суммированием показаний переключателей «ДЕЦИБЕЛЫ I», «ДЕЦИБЕЛЫ II» и стрелочного прибора.

*Пример:* а) «ДЕЦИБЕЛЫ I» — 50 дБ; б) «ДЕЦИБЕЛЫ II» — 40 дБ; в) по шкале прибора — 6 дБ;  $L_v = 50 + 40 + 6 = 96$  дБ; к подсчитанному уровню вибрации добавляется поправка на чувствительность вибродатчика К (задается лаборантом по паспорту прибора). Окончательно  $L_v + K$ .

Измеренное значение  $L_{\text{общ}}$  занести в табл. 1 протокола № 5.

Измерение уровней вибрации в октавных полосах частот производится после измерения по общему уровню: а) переключатель «РОД ИЗМЕРЕНИЯ» поставить в положение «ФИЛЬТРЫ»; б) переключатель «ЧАСТОТА» перевести поочередно в положения 16; 31,5; 63 Гц; в) устанавливая переключатель «ДЕЦИБЕЛЫ II» в требуемое положение, произвести отсчет показаний в октавных полосах путем суммирования показаний переключателей «ДЕЦИБЕЛЫ I», «ДЕЦИБЕЛЫ II» и стрелочного прибора.

Результаты измерений октавных уровней вибрации  $L_{vi1}$  занести в табл. 2 протокола №6.

3. Отпустить прижимные винты 10 (виброизоляция включена). При включенной виброизоляции повторно измерить общий уровень вибрации  $L_{\text{общ}2}$ , и октавные уровни вибрации  $L_{vi2}$  в полосах со среднегеометрическими частотами 16; 31,5; 63 Гц по схеме, изложенной в п. 2.

Результаты измерений  $L_{\text{общ}2}$  и  $L_{vi2}$  занести в таблицы 1 и 2 протокола № 6.

4. По данным измерений построить спектрограммы вибраций установки при выключенной и включенной виброизоляции (по типу спектрограмм на рис. 20,6)

и сравнить их с кривой норм допустимых вибраций по СН 245—71. Сделать выводы, зарегистрировав их в протоколе № 6.

5. По формуле  $VH = Lv_1 - Lv_2$  вычислить величину виброизоляции для общих и октавных уровней вибрации, и сравнить с расчетной величиной виброизоляции, дать заключение о ее эффективности. Полученные результаты занести в табл. 1 протокола № 6.

### ПРОТОКОЛ № 5 ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Таблица №1

Результаты эксперимента

№ п/п	Расчет		Показания тахометра	
	$\delta_{cm}$	$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{g / \delta_{cm}}$	$n_o^{\circ}$ , об/мин	$f_o^{\circ} = \frac{n_o^{\circ}}{60}$ , Гц

Таблица №2

Результаты эксперимента

№ п/п	Диапазон частоты вращения, в котором включенная виброизоляция	
	Дает эффект	Не дает эффект
	$n > n_{эф} = 60f; f > f_{эф} = f_0 \sqrt{2}$	$n < n_{эф}; f < f_{эф}$

Показания на ленте вибрографа ВР-1 и вывод необходимости виброизоляции.

Таблица №3

Результаты эксперимента

№ п/п	Нормы		Показания			
			Тахометра		Вибрографа	
	$A$ , мм	$f$ , Гц	$n_{раб}$ , об/мин	$f_{раб}$ , Гц	$A$ , мм	$f$ , Гц

### ПРОТОКОЛ № 6 ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Таблица №1

Результаты эксперимента

№ п/п	Расчет				Экспериментальные данные		
	$f_0$ , Гц	$f$ , Гц	$KП =$ $= \frac{1}{(f / f_0)^2 - 1}$	$ВИ =$ $= 20 \lg \times$ $\times \frac{1}{KП}$ дБ	$L_{g_{обц1}}$ , дБ	$L_{g_{обц2}}$ , дБ	$ВИ =$ $= L_{g_{обц1}} -$ $- L_{g_{обц2}}$ дБ

## Лабораторная работа №8, 9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

**Цель работы:** изучить зависимость сопротивления заземлителей растеканию тока от геометрических размеров одиночных заземлителей (электродов), их взаимного расположения и количества.

### Общие сведения

Ток стекает в землю через проводник, находящийся в непосредственном контакте с землей. Такой контакт может быть случайным или преднамеренным. В последнем случае проводник или группа проводников, находящихся в контакте с землей, называется заземлителем. Каждый отдельный проводник, находящийся в контакте с землей, называется одиночным заземлителем или электродом.

Если заземлитель состоит из нескольких электродов, соединенных между собой параллельно, он называется групповым заземлителем.

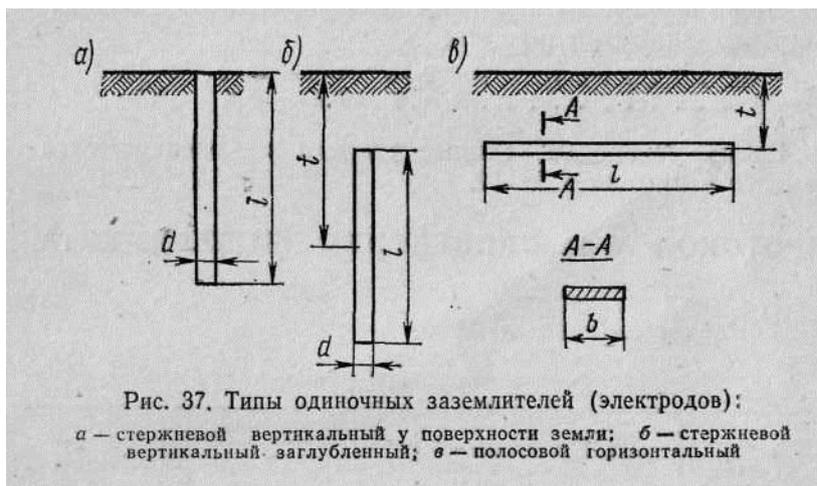


Рис. 37. Типы одиночных заземлителей (электродов):  
а — стержневой вертикальный у поверхности земли; б — стержневой вертикальный заглубленный; в — полосовой горизонтальный

Ток, проходящий через заземлитель в землю, преодолевает сопротивление, называемое сопротивлением заземлителя растеканию тока или просто сопротивлением растеканию. Это сопротивление состоит из трех частей: сопротивления самого заземлителя, переходного сопротивления между заземлителем и грунтом, сопротивления грунта. Две первые части по сравнению с третьей весьма малы, поэтому под сопротивлением заземлителя растеканию тока понимают сопротивление грунта растеканию тока.

Поскольку плотность тока в земле на расстоянии больше 20 м от заземлителя весьма мала, можно считать, что сопротивление стекающему току оказывает лишь соответствующий объем земли, например, при одиночном полушаровом заземлителе это полусфера радиусом 20 м. Однако при

разных формах и размерах заземлителя сопротивление этого объема различно. Так для стержневого электрода (труба), забитого в землю вертикально (рис. 37, а), сопротивление растеканию (Ом)

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}, \quad (12.1)$$

где  $l$  и  $d$  — длина и диаметр стержня, м;  $\rho$  — удельное объемное сопротивление грунта, Ом\*м.

Для наиболее часто применяемых электродов — вертикального стержневого, заглубленного в землю (рис. 37, б), и горизонтального полосового, уложенного на некоторой глубине параллельно поверхности земли (рис. 37, в), сопротивления растеканию (Ом) определяются следующим образом:

для вертикального электрода

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right), \quad (12.2)$$

где  $t$  — заглубление электрода, т. е. расстояние от поверхности земли до середины электрода, м;

для горизонтального электрода

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l^2}{bt}, \quad (12.3)$$

где  $l$  и  $b$  — длина и ширина полосы, м;  $t$  — заглубление полосы, м.

При больших (более 40 м) расстояниях между электродами, составляющими групповой заземлитель, поля растекания тока вокруг электродов практически не взаимодействуют друг с другом, т. е. ток каждого электрода проходит по «своему» отдельному участку земли, в котором токи других электродов не проходят. В этом случае сопротивление растеканию (Ом) группового заземлителя

$$R_{гр} = R_0/n, \quad (12.4)$$

где  $R_0$  — сопротивление растеканию одного электрода, Ом (считаем, что все электроды имеют одинаковые размеры и, следовательно, одинаковые сопротивления растеканию тока);  $n$  — число электродов.

При малых расстояниях между электродами (менее 40 м) поля растекания токов как бы накладываются одно на другое, в результате чего в общих участках земли, по которым проходят токи нескольких электродов, увеличивается плотность тока и, следовательно, на этих участках повышается падение напряжения. Это явление, равноценное уменьшению сечения земли, по которому проходит ток от электрода, приводит к увеличению сопротивления растеканию одиночных заземлителей и группового заземлителя в целом.

В этом случае сопротивление (Ом) группового заземлителя (при равенстве сопротивлений растеканию одиночных заземлителей)

$$R_{гр} = R_0/n\eta, \quad (12.5)$$

где  $\eta \leq 1$  — коэффициент использования заземлителя. Таким образом, коэффициент использования есть отношение действительной проводимости группового заземлителя  $1/R_{гр}$  к наибольшей возможной его проводимости  $1/R_0$ , т. е. при бесконечно больших (практически больше 40 м) расстояниях между его электродами:

$$\eta = R_{\text{гр}} / R_{\text{гр}} = R_0 / n R_{\text{гр}} \quad (12.6)$$

Значение коэффициента использования зависит от количества, формы и взаимного расположения электродов, составляющих групповой заземлитель. Как видно из уравнений (12.1 — 12.3), сопротивление заземлителя растеканию тока прямо пропорционально удельному объемному сопротивлению грунта  $\rho$ , т. е. сопротивлению куба грунта с ребром длиной 1 м. Удельное объемное сопротивление имеет размерность Ом·м.

Значение  $\rho$  земли колеблется в широких пределах — от десятков Ом·м до десятков тысяч Ом·м, так как оно зависит от многих факторов, в том числе: от влажности грунта, температуры, рода грунта, степени его уплотненности, а также от времени года.

Абсолютно сухой грунт является плохим проводником тока. Малейшее увлажнение резко снижает его сопротивление.

При низкой температуре (ниже 0°C) земля обладает очень большим сопротивлением. Поэтому в районах вечной мерзлоты качественное заземление, т. е. с малым сопротивлением, выполнить очень трудно.

Грунты разного рода при одних и тех же условиях имеют различные объемные удельные сопротивления. Глина хорошо проводит ток и долго удерживает влагу, поэтому в глинистой почве заземление выполнить легче, чем в других грунтах, стоимость его меньше и работает это заземление надежнее и дольше. Песок плохо проводит ток и практически не удерживает влагу. Поэтому в песчаном грунте заземление работает плохо, т. е. сопротивление его может резко возрасти при незначительных изменениях погодных условий. Чернозем и другие почвы занимают примерно среднее положение между глиной и песком.

Уплотненность, т. е. утрамбованность грунта, также влияет на удельное объемное сопротивление: чем плотнее грунт, тем меньше  $\rho$ .

Время года влияет на сопротивление грунта, поскольку атмосферные условия, изменяющиеся в течение года, изменяют содержание влаги в грунте, его температуру, количество растворенных в нем солей и др. Уменьшение удельного объемного сопротивления происходит, как правило, в весенние и осенние месяцы, когда увеличивается содержание влаги в почве. Весной благоприятное влияние оказывает повышение температуры почвы.

Увеличение удельного сопротивления происходит зимой вследствие замерзания, а летом вследствие испарения влаги, причем более высокие значения  $\rho$  наблюдаются зимой.

Наибольшему влиянию атмосферных условий подвержены верхние слои земли. Более глубокие слои земли обладают достаточно стабильным сопротивлением, поэтому заземлители, глубоко погруженные в землю, например вертикальные стержневые, выполняют свою задачу лучше, чем горизонтальные полосовые, прокладываемые обычно вблизи поверхности земли.

При проектировании заземляющих устройств необходимо и качестве расчетного брать наибольшее возможное в течение года значение удельного

объемного сопротивления грунта,  $\rho_{\text{расч}}$ , т. е. ориентироваться на худший случай. Однако, поскольку в самое неблагоприятное время года производить измерения сопротивления земли не всегда возможно,  $\rho_{\text{расч}}$  принимают равным произведению измеренного удельного объемного сопротивления  $\rho_{\text{изм}}$  на коэффициент сезонности  $\psi$ , учитывающий возможное повышение  $\rho_{\text{изм}}$  за счет изменения погодных условий, т.е.

$$\rho_{\text{расч}} = \rho_{\text{изм}} \psi. \quad (12.7)$$

При этом  $\rho_{\text{изм}}$  получают измерением при средней влажности грунта, когда ему предшествовало выпадение небольшого дождя, а коэффициент  $\psi$  берется из табл. 1.

При проектировании заземляющего устройства необходимо знать удельное объемное сопротивление грунта в том месте, где будет сооружаться заземление. Пользоваться для этой цели данными справочников нельзя, так как в них приведены ориентировочные значения  $\rho$ , которые могут отличаться от истинных в десятки и сотни раз.

Удельное объемное сопротивление грунта определяют в два этапа: сначала измеряют сопротивление растеканию  $R_{\text{изм}}$  одиночного заземлителя, погруженного в землю на участке, где будет сооружаться заземление (называемого в этом случае контрольным электродом), затем, подставив  $R_{\text{изм}}$  в формулу для определения растекания данного электрода, вычисляют  $\rho_{\text{изм}}$ .

В качестве контрольных следует применять такие же электроды, какие будут использоваться при устройстве заземления. Обычно это стержневой вертикальный электрод и полосовой, прокладываемый параллельно поверхности земли и служащий для соединения между собой стержневых электродов. Определять  $\rho$  грунта путем измерения сопротивления образца грунта нельзя, поскольку этот способ дает большую ошибку из-за неучета разнородности слоев почвы на разных глубинах и в различных местах, а также вследствие того, что у извлеченного образца плотность и структура обычно иные, чем в реальном грунте.

## Применяемые приборы и оборудование

Работу выполняют в полевых условиях, т. е. на участке земли, где размещены специальные заземлители (или же на стенде, на котором заземлители имитированы резисторами).

Для определения зависимости сопротивления растеканию одиночного вертикального стержневого заземлителя  $R_{oc}$  от его диаметра  $d$  и длины  $l$  предназначены забитые в землю вертикально два ряда металлических стержней круглого сечения или труб (рис. 38): первый ряд — 4 стержня одинаковой длины (2—2,5 м) диаметром 25, 50, 75 и 100 мм; второй ряд — 4 стержня одинакового диаметра (25—50 мм) длиной 1, 2, 3 и 4 м.

Для определения коэффициентов использования групповых заземлителей  $\eta_c$  и  $\eta_n$  предназначены две группы одиночных заземлителей (рис. 39): первая

группа— 4 вертикальных стержневых заземлителя, имеющих одинаковые длины (2—2,5 м) и одинаковые диаметры (25— 50 мм) и размещенных в ряд (рис. 39, а); вторая группа — 4 горизонтальных полосовых электрода, имеющих одинаковые длины (5—7 м) и одинаковые сечения (4X 40 мм) и размещенных параллельно друг другу (рис. 39, б).

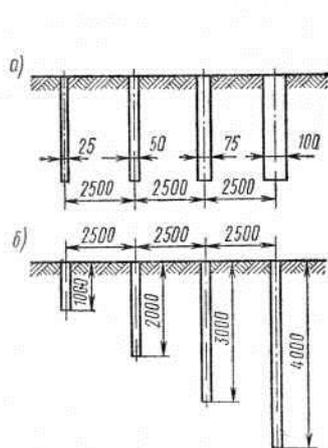


Рис. 38. Размещение вертикальных одиночных заземлителей (электродов), предназначенных для определения зависимости сопротивления растеканию тока от диаметра и длины электрода:

а — электроды разного диаметра;  
б — электроды разной длины

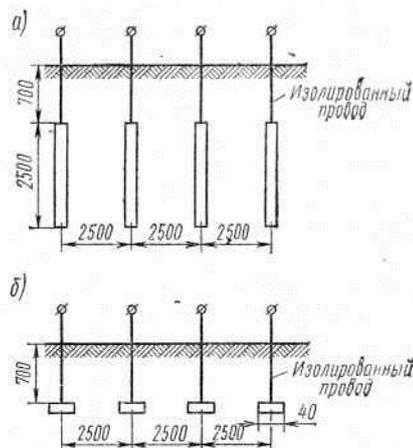


Рис. 39. Расположение одиночных заземлителей (электродов), предназначенных для определения сопротивления растеканию групповых заземлителей, коэффициента использования заземлителей и удельного объемного сопротивления грунта:

а — стержневые вертикальные; б — горизонтальные полосовые (показаны с торца)

Для определения расчетных удельных объемных сопротивлений грунта  $\rho_{\text{расч.с}}$  и  $\rho_{\text{расч.п}}$  используют по одному одиночному заземлителю из указанных выше групп (один — стержневой, другой — горизонтальный полосовой).

В качестве измерительного прибора используют измеритель заземления типа МС-08, схема которого приведена на рис. 40. Основными частями этого измерителя являются: генератор постоянного тока 3 с ручным приводом; прерыватель тока 2 и выпрямитель 1, жестко закрепленные на валу генератора; магнитоэлектрический логометр 4; резисторы 5.

При вращении генератора возникает постоянный ток, который прерывателем преобразуется в переменный

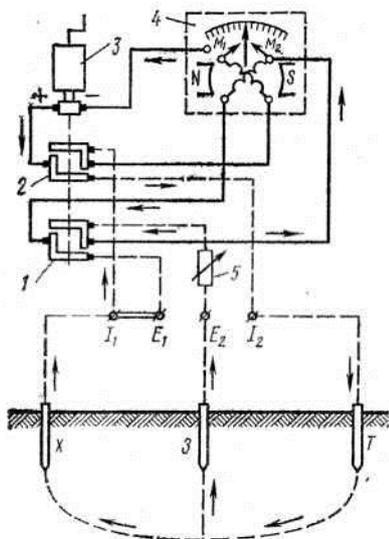


Рис. 40. Упрощенная схема измерителя заземления типа МС-8 и размещение электродов — исследуемого и вспомогательных:

1 — выпрямитель; 2 — прерыватель; 3 — генератор постоянного тока; 4 — логометр; 5 — резисторы; X — заземлитель, сопротивление растеканию которого измеряется; T — вспомогательный токовый электрод; Z — вспомогательный электрод-зонд

(см. пунктир па рис. 40). Пройдя внешнюю цепь, переменный ток преобразовывается в постоянный (сплошные линии). Величина тока и падение напряжения в измеряемом сопротивлении определяют логометром, что и позволяет измерить величину искомого сопротивления.

Прибор имеет четыре зажима: два токовых, обозначенных буквами  $I_1$  и  $I_2$ , через которые проходит ток внешней цепи, и два потенциальных —  $E_1$  и  $E_2$ , к которым подводится напряжение с измеряемого сопротивления. МС-08 позволяет измерять сопротивление растеканию заземлителей, сопротивления проводников и других элементов электрических цепей, не содержащих индуктивностей и больших емкостей, например сопротивления контактов и т. п. Предел измерения прибора велик: от десятых долей ома до 1000 Ом.

### Порядок проведения эксперимента

#### I. Определение зависимости сопротивления растеканию одиночного вертикального стержневого заземлителя $R_{0.c}$ от его диаметра ( $d$ ) и длины ( $l$ ).

1. Измерить с помощью измерителя МС-08 сопротивление растеканию  $R_{0.c}$  каждого из восьми одиночных стержневых заземлителей: четырех разного диаметра и четырех разной длины. Для этого: а) прибор установить возможно ближе к испытуемому заземлителю;

б) забить в землю на глубину не менее 0,5 м и на расстоянии не менее 20 м друг от друга и от испытываемых заземлителей два вспомогательных электрода — стальные стержни диаметром 25—50 мм: токовый электрод и электрод-зонд (на рис. 40 обозначены буквами T и Z);

в) зажим  $I_1$  прибора соединить с испытываемым электродом (X), зажим  $I_2$  — с вспомогательным токовым, зажим  $E_1$  — специальной перемычкой с зажимом  $I_1$

зажим  $E_2$  — с зондом. В этом случае сопротивление проводника, соединяющего зажим  $I_1$  с испытуемым заземлителем, войдет в схему измерения, поэтому во избежание ошибки этот провод должен иметь сечение не менее 4—6 мм<sup>2</sup> и длину не более 2 м. При большей длине провода, чтобы исключить влияние его на результаты измерения, следует снять перемычку между зажимами  $I_1$  и  $E_1$  и соединить зажим  $E_1$  с испытуемым заземлителем отдельным проводом;

г) произвести компенсацию внешних сопротивлений потенциальной цепи. Для этого переключатель МС-08, (служащий как для выбора режима работы, так и выбора пределов измерения) поставить в положение «Регулировка»;

д) вращая генератор со скоростью 120—135 об/мин, производить отсчет измерений по шкале с учетом положения переключателя.

2. Пользуясь формулой (12.1), вычислить сопротивление растеканию  $R_{o.c}$  каждого из восьми электродов как функцию  $\rho$ , т. е.  $R_{o.c} = f(\rho)$ , поскольку удельное сопротивление грунта неизвестно.

3. Результаты измерений  $R_{o.c}$  и вычислений  $R_{o.c} = f(\rho)$  занести в табл. 2 протокола № 13.

4. В протоколе № 13 построить 4 графика зависимости  $R_{o.c} = f(d)$  и  $R_{o.c} = f(l)$  по данным табл. 2. При этом измеренное и вычисленное сопротивления первого в группе заземлителя принять за 1.

## II. Определение коэффициентов использования групповых заземлителей.

1. Измерить с помощью измерителя МС-08 сопротивления растеканию одиночных заземлителей: четырех вертикальных стержневых  $R_{o.c}$  и четырех горизонтальных полосовых  $R_{o.p}$  (каждого в отдельности), как указано выше. Вычислить среднеарифметические значения измеренных сопротивлений  $R_{o.c}$  и  $R_{o.p}$

2. Соединяя перемычкой выводы одиночных заземлителей, измерить сопротивление растеканию групповых заземлителей, состоящих из: а) 2, 3, 4 вертикальных стержневых электродов ( $R_{гр.c}$ ); б) 2, 3, 4 горизонтальных полосовых электродов ( $R_{гр.p}$ ).

В этом случае так же, как и при измерении сопротивления растеканию одиночных заземлителей (см. с. 97) должны быть забиты в землю два вспомогательных электрода на расстоянии не меньше 20 м друг от друга и от испытуемого заземлителя.

3. По данным измерений  $R_o$  и  $R_{гр}$ , пользуясь формулой (12.6), вычислить коэффициенты использования групповых заземлителей, состоящих из: а) 2, 3, 4 вертикальных стержневых электродов ( $\eta_c$ ); б) 2, 3, 4 горизонтальных полосовых электродов ( $\eta_p$ )

4. Результаты расчета и измерений занести в таблицы 3 и 4 протокола № 6.

### **III. Определение расчетного удельного сопротивления грунта.**

1. Пользуясь данными среднеарифметических значений сопротивлений растеканию тока одиночных заземлителей—вертикального стержневого и горизонтального полосового, полученных измерениями для определения коэффициентов использования (табл. 3 протокола № 13), вычислить по формулам (12.2) и (12.3) значения измеренных удельных объемных сопротивлений грунта  $\rho_{\text{измс}}$  и  $\rho_{\text{измп}}$ .
2. Руководствуясь табл. 1 и указаниями преподавателя о климатической зоне местности, определить коэффициенты сезонности при вертикальном и горизонтальном заземлителях  $\psi_{\text{с}}$  и  $\psi_{\text{п}}$ .
3. Вычислить по формуле (12.7) и занести в протокол № 9 проведения эксперимента расчетные значения удельных объемных сопротивлений грунта при вертикальном стержневом и горизонтальном полосовом заземлителях —  $\rho_{\text{расчс}}$  и  $\rho_{\text{расчп}}$ .
4. Сделать пояснение: для чего необходимо учитывать коэффициент сезонности и по каким условиям выбраны используемые при вычислении значения коэффициентов сезонности.

### **ПРОТОКОЛ № 6 ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА**

1. Вывод о влиянии взаимного расположения электродов группового заземлителя на его сопротивление и пояснение необходимости сравнительно близкого (друг к другу) размещения электродов группового заземлителя.
2. Расчетные удельные объемные сопротивления грунта при вертикальном и горизонтальном электродах.

Таблица №1

**Признаки климатических зон и соответствующие им коэффициенты  
сезонности**

Характеристика климатической зоны	Климатические зоны			
	1	2	3	4
<b>Признаки климатических зон</b>				
Средняя многолетняя низшая температура (январь), °С	От -20 до-15	От-14 до-10	От-10 до0	От 0 до +5
Средняя многолетняя высшая температура (июль), °С	От+10 до+18	От+18 до+22	От+22 до+24	от +24 до +26
Среднегодовое количество осадков, см	≈40	≈50	≈50	30-50
Продолжительность заморозания вод, дни	190-170	150	100	0
<b>Коэффициенты сезонности <math>\psi</math></b>				
Вертикальные электроды длиной 2-3 м при глубине заложения вершин 0,5-0,8 м				
Горизонтальные электроды при глубине заложения 0,8 м	1,8 – 2,0	1,5 – 1,8	1,4 – 1,6	1,2 – 1,4
	4,5 – 7,0	3,5 – 4,5	2,0 – 2,5	1,5 – 2,0

**ПРОТОКОЛ № 9 ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА**

Таблица №2

**Измеренные и вычисленные сопротивления растеканию одиночных  
вертикальных стержневых заземлителей**

№ заземлителя	Диаметр, мм	Длина, м	Сопротивление растеканию $R_{0.c.}$ , Ом	
			Измеренное	Вычисленное
<b>Заземлители одинаковой длины</b>				
1	25			
2	50			
3	75			
4	100			
<b>Заземлители одинакового диаметра</b>				
1		1,0		
2		2,0		
3		3,0		
4		4,0		

Измеренные сопротивления растеканию одиночных заземлителей, Ом.

№ заземлителя	Сопротивление растеканию заземлителя, Ом	
	Вертикального стержневого $R_{O.C}$	Горизонтального полосового $R_{O.C}$
1		
2		
3		
4		
Среднеарифметическое значение сопротивления		

**Контрольные вопросы для самостоятельной подготовки студентов:**

1. Дайте определение сопротивлению растеканию тока?
2. Как называется отдельный проводник, находящийся в контакте с землей?
3. Какие проводники могут быть заземлителями?
4. Какие материалы используются в качестве искусственных заземлителей?
5. Какое сопротивление заземляющего устройства принимают в электроустановках напряжением более 1000 В?

## Лабораторная работа №10, 11

### ИЗУЧЕНИЕ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

**Цель работы:** Ознакомление с конструкцией и принципом действия огнетушителей.

#### **Общие сведения**

*Огонь* безжалостен, но люди, подготовленные к этому стихийному бедствию, имеющие под руками даже элементарные средства пожаротушения выходят победителями в борьбе с огнем.

**Средства пожаротушения подразделяют на :**

- подручные (песок, вода, одеяло, кошма и т.п.),
- табельные (огнетушитель, топор, багор, ведро).

Эффективность тушения пожара и затраты на его ликвидацию зависят от своевременного обнаружения загорания и умения людей пользоваться первичными средствами пожаротушения.

Наиболее распространенными из первичных средств пожаротушения являются огнетушители. В качестве огнегасительного вещества в них используются пенообразующие составы, инертные газы и порошковые составы.

#### **Основные типы огнетушителей**

##### *Назначение и классификация огнетушителей*

**Огнетушители** - технические устройства, предназначенные для тушения пожаров в начальной стадии их возникновения.

Огнетушители классифицируются по виду используемого огнетушащего вещества, объему корпуса и способу подачи огнетушащего состава.

**По виду огнетушащего вещества:**

- пенные;
- газовые;
- порошковые,
- комбинированные.

**По объему корпуса:**

- ручные малолитражные с объемом корпуса до 5 л;
- промышленные ручные с объемом корпуса от 5 до 10 л;
- стационарные и передвижные с объемом корпуса свыше 10 л.

**По способу подачи огнетушащего состава:**

- под давлением газов, образующихся в результате химической реакции компонентов заряда;
- под давлением газов, подаваемых из специального баллончика,

размещенного в корпусе огнетушителя;

- под давлением газов, закаченных в корпус огнетушителя;
- под собственным давлением огнетушащего средства.

***По виду пусковых устройств:***

- с вентильным затвором;
- с запорно-пусковым устройством пистолетного типа;
- с пуском от постоянного источника давления.

Этой классификацией не исчерпываются все показатели много численной группы огнетушителей. Постоянное совершенствование конструкции, повышение таких показателей как надежность, технологичность, унификация и др. ведет к созданию новых, более совершенных огнетушителей.

Огнетушители маркируются буквами, характеризующими вид огнетушителя, и цифрами, обозначающими его вместимость.

## ***Применяемые огнетушители***

### ***1. Огнетушители пенные***

Предназначены для тушения пожаров огнетушащими пенами: химической (огнетушители ОХП) или воздушно-механической (огнетушитель ОВП).

Химическую пену получают из водных растворов кислот и щелочей, воздушно-механическую образуют из водных растворов и пенообразователей потоками рабочего газа: воздуха, азота или углекислого газа. Химическая пена состоит из 80 % углекислого газа, 19,7 % воды и 0,3 % пенообразующего вещества, воздушно-механическая примерно из 90 % воздуха, 9,8 % воды и 0,2 % пенообразователя.

Пенные огнетушители применяют для тушения пеной начинающихся загораний почти всех твердых веществ, а также горючих и некоторых легковоспламеняющихся жидкостей на площади не более 1 м<sup>2</sup>. Тушить пеной загоревшиеся электрические установки и электросети, находящиеся под напряжением, нельзя, так как она является проводником электрического тока. Кроме того, пенные огнетушители нельзя применять при тушении щелочных металлов натрия и калия, потому что они, взаимодействуя с водой, находящейся в пене, выделяют водород, который усиливает горение, а также при тушении спиртов, так как они поглощают воду, растворяясь в ней, и при попадании на них пена быстро разрушается.

К недостаткам пенных огнетушителей относится узкий температурный диапазон применения (+5 °С - +45 °С), высокая коррозионная активность заряда, возможность повреждения объекта тушения, необходимость ежегодной перезарядки.

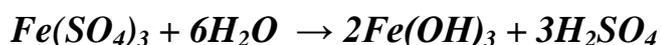
Из химических пенных огнетушителей наибольшее применение получили огнетушители: ОХП-10, ОП-М и ОП-9ММ (густо пенные химические), ОХВП-10 (воздушно-пенный химический).

***Химический пенный огнетушитель типа ОХП-10*** (рисунок ) представляет собой стальной сварной корпус с горловиной, закрытой крышкой с запорным устройством. Запорное устройство, имеющее шток,

пружину и резиновый клапан, предназначено для того, чтобы закрывать вставленный внутрь огнетушителя полиэтиленовый стакан для кислотной части заряда огнетушителя. Кислотная часть является водной смесью серной кислоты с сернокислым окисным железом. Щелочная часть заряда (водный раствор двууглекислого натрия с солодковым экстрактом) залита в корпус огнетушителя. На горловине корпуса имеется насадка с отверстием (спрыск). Отверстие закрыто мембраной, которая предотвращает вытекание жидкости из огнетушителя. Мембрана разрывается (вскрывается) при давлении 0,08 - 0,14 МПа.

Для приведения огнетушителя в действие поворачивают рукоятку запорного устройства на 180°, переворачивают огнетушитель вверх дном и направляют спрыск в очаг загорания. При повороте рукоятки клапан закрывающий горловину кислотного стакана поднимается, кислотный раствор свободно выливается из стакана, смешивается с раствором щелочной части заряда. Образовавшийся в результате реакции углекислый газ интенсивно перемешивает жидкость, обволакивается пленкой из водного раствора, образуя пузырьки пены.

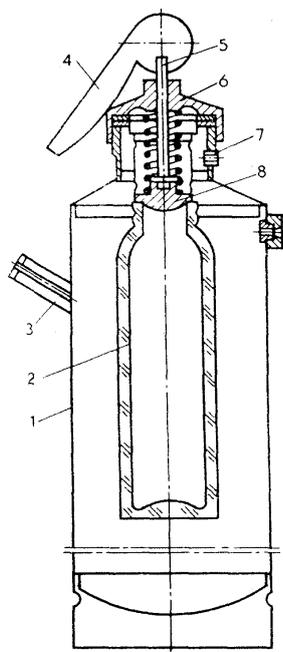
Образование пены идет по следующим реакциям:



Давление в корпусе огнетушителя резко повышается и пена выбрасывается через спрыск наружу.

При тушении твердых материалов струю направляют непосредственно на горящий предмет под пламя, в места наиболее активного горения. Тушение горящих жидкостей, разлитых на открытой поверхности, начинают с краев, постепенно покрывая пеной всю горящую поверхность, во избежании разбрызгивания.

Огнетушитель химический воздушно-пенный ОХВП-10 аналогичен по конструкции, но дополнительно имеет специальную пенную насадку, навинчиваемую на спрыск огнетушителя и обеспечивающую подсосывание воздуха. За счет этого при истечении химической пены образуется и воздушно-механическая пена. Кроме того, в этом огнетушителе щелочная часть заряда обогащена небольшой добавкой пенообразователя типа ПО-1.



**Рисунок — Химический пенный огнетушитель ОХВП -10**

1- корпус; 2- стакан с кислотной частью заряда; 3-ручка; 4- рукоятка; 5- шток; 6- крышка; 7- спрыск; 8- клапан.

**Таблица 1** - Технические характеристики химических пенных огнетушителей

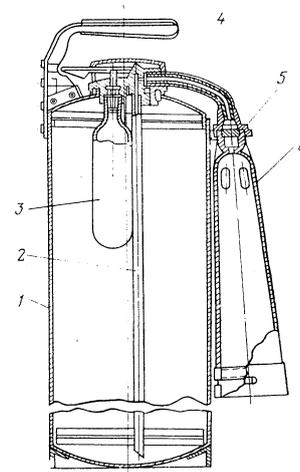
Тип огнетушителя	ОХП-10	ОХВП-10
Полезная вместимость корпуса, л	8,7	8,7
Кратность выхода пены, не менее	5	5
Длина струн пены, м	6	4
Продолжительность действия, с	60±5	50±10
<b>Масса огнетушителя, кг</b>		
без заряда	4	4
с зарядом	14	14,1
<b>Щелочная часть:</b>		
двууглекислый натрий, г	400	400
солодковый экстракт, г	50	50
вода, л	8,5	8
пенообразователь типа ПО-1, см <sup>3</sup>	-	500
<b>Кислотная часть:</b>		
сернокислое окисное железо, г	150	
серная кислота, г	120	
вода, см <sup>3</sup>	200	250
водный раствор серной кислоты плотностью 1,51 см <sup>3</sup>	-	200

Воздушно-пенные огнетушители бывают ручные (ОВП-5 и ОВП-10) и стационарные (ОВП-100, ОВПУ-250).

Воздушно-пенный огнетушитель ОВП-10 (рисунок 2) состоит из стального корпуса, в котором находится 4-6 % водный раствор пенообразователя ПО-1, баллончика высокого давления с углекислотой, для выталкивания заряда, крышки с запорно-пусковым устройством, сифонной трубки и раструба-насадки для получения высокократной воздушно-механической пены.

Огнетушитель приводится в действие нажатием руки на пусковой рычаг, в результате чего разрывается пломба и шток прокалывает мембрану баллона с углекислотой. Последняя, выходя из баллона через дозирующее отверстие, создает давление в корпусе огнетушителя, под действием которого раствор по сифонной трубке поступает через распылитель в раструб, где в результате перемешивания водного раствора пенообразователя с воздухом образуется воздушно-механическая пена.

Кратность получаемой пены (отношение ее объема к объему продуктов, из которых она получена составляет в среднем 5, а стойкость (время с момента ее образования до полного распада) -20 минут. Стойкость химической пены 40



минут.

**Рисунок 2 - Воздушно-пенный огнетушитель ОВП-10**

**1 - корпус; 2 - сифонная трубка; 3 - баллон; 4 - рукоятка; 5 - распылитель; 6 - раструб с сеткой.**

**Таблица 2 - Основные технические данные воздушно-пенных огнетушителей**

Тип огнетушителя	ОВП-5	ОВП-10
Производительность по пене, л	270	570
Дальность струи пены, м	4,5	4,5
Продолжительность действия, сек	20	45
Масса огнетушителя с зарядом, кг	7,5	14

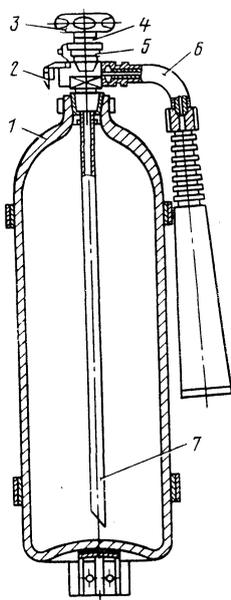
## 2. Огнетушители газовые

К их числу относятся углекислотные, в которых в качестве огнетушащего вещества применяют сжиженный диоксид углерода (углекислоту), а также аэрозольные и углекислотно-бромэтиловые, в качестве заряда в которых применяют галоидированные углеводороды, при подаче которых в зону горения тушение наступает при относительно высокой концентрации кислорода (14-18 %).

**Углекислотные огнетушители** выпускаются как ручные (ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8), так и передвижные (ОУ-25, ОУ-80). Ручные огнетушители (рисунок 3) одинаковы по устройству и состоят из стального высокопрочного баллона, в горловину которого ввернуто запорно-пусковое устройство вентильного или пистолетного типа, сифонной трубки, которая служит для подачи углекислоты из баллона к запорно-пусковому устройству, и раструба-снегообразователя. В огнетушителе ОУ-8 раструб присоединяется к запорной головке через бронированный шланг длиной 0,8 м. Баллоны огнетушителей заполнены жидкой углекислотой под давлением 6-7 МПа.

Для приведения в действие углекислотного огнетушителя необходимо направить раструб-снегообразователь на очаг пожара и отвернуть до отказа маховичок или нажать на рычаг запорно-пускового устройства. Переход жидкой углекислоты в углекислый газ сопровождается резким охлаждением и часть ее превращается в «снег» в виде мельчайших кристаллических частиц ( $t_{сн} = - 72 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Во избежание обморожения рук нельзя дотрагиваться до металлического раструба. При переходе углекислоты из жидкого состояния в газообразное происходит увеличение объема в 400-500 раз.

Углекислотные огнетушители (ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8) предназначены для тушения загораний различных веществ и материалов, за исключением веществ, которые могут гореть без доступа воздуха, загораний на электрофицированном железнодорожном и городском транспорте, электроустановок



под напряжением до 380 В. Температурный режим хранения и применения углекислотных огнетушителей от минус 40 °С до плюс 50 °С.

**Рисунок 3 - Углекислотный огнетушитель ОУ - 5**

**1- баллон; 2- предохранитель; 3- маховичок вентиля-запора; 4- металлическая пломба; 5- вентиль; 6- поворотный механизм с раструбом; 7- сифонная трубка.**

**Углекислотно-бромэтиловые огнетушители ОУБ-3А и ОУБ-7А** представляют собой стальные тонкостенные баллоны (толщина стенки 1,5-2 мм) сварной конструкции. В горловину баллона ввернута запорная головка рычажного типа с распыляющей насадкой и сифонной трубкой. Емкость баллонов соответственно 3,2 и 7,4 л.

Огнетушащим зарядом является состав 4НД (97 % бромэтила и 3 % углекислого газа). Огнегасительное действие бромистого этила основано на торможении химических реакций горения, поэтому его часто называют антикатализатором или ингибитором. Для выброса заряда в огнетушитель закачивают воздух под давлением 0,9 МПа.

Время действия огнетушителей 20-30 с при длине струи 3-4 м.

Огнетушители этого типа предназначены для тушения небольших загораний различных горючих веществ, тлеющих материалов, а также электроустановок, находящихся под напряжением до 380 В. Их используют в складских помещениях, на грузовых и специализированных автомобилях, на бензораздаточных колонках и т.д. Огнетушители могут быть применены при температуре окружающего воздуха от минус 60°С до плюс 60°С. Огнегасительный эффект этих огнетушителей в 14 раз выше, чем углекислотных.

**Огнетушители аэрозольные (хладоновые)** используют в тех же случаях, что и углекислотно-бромэтиловые. Огнетушащий состав хладон (фреон), 114В2, 13В1 в процессе пожаротушения не оказывает воздействия на защищаемые материалы и оборудование, что позволяет использовать данные огнетушители при тушении пожаров электронного оборудования, картин и музейных экспонатов. Наша промышленность выпускает огнетушители марок ОАХ, ОХ-3 и др.

### **3. Огнетушители порошковые**

Для тушения небольших очагов загораний горючих жидкостей, газов, электроустановок напряжением до 1000 В, металлов и их сплавов используются порошковые огнетушители ОП-1, ОП-25, ОП-10.

**Порошковый огнетушитель ОП-1 «Спутник»** емкостью 1 л используется при тушении небольших загораний на автомобилях и сельскохозяйственных машинах. Состоит из корпуса, сетки и крышки, изготовленных из полиэтилена. Заполнен составом ПСБ (порошок сухой бикарбонатный), состоящий из 88 % бикарбоната натрия с добавлением 10 % талька марки ТКВ, стеаратов металлов (железа, алюминия, магния кальция, цинка) – 9 %.

Во время пользования снимают крышку огнетушителя и через сетку

порошок ПСБ вручную распыливают на очаг горения. Образующееся устойчивое порошковое облако изолирует кислород воздуха и ингибирует горение.

**Порошковый огнетушитель ОП-10** (рисунок 4) содержит в тонкостенном десятилитровом баллоне порошок ПС-1 (углекислый натрий с добавками). Подается с помощью сжатого газа (азот, диоксид углерода, воздух), хранящегося в дополнительном баллончике емкостью 0,7 л под давлением 15 МПа. Применяется для тушения загораний щелочных металлов (лития, кадия, натрия) и магниевых сплавов.

В других огнетушителях этого типа используются порошковые составы: ПСБ (бикарбонат натрия с добавками), ПФ (фосфорно-аммонийные соли с добавками), предназначенные для тушения древесины, горючих жидкостей и электрооборудования, СИ-2 (сидикагель с наполнителем) - для тушения нефтепродуктов и пирофорных соединений.

**Огнетушитель самосрабатывающий порошковый (ОСП)** - это новое поколение средств пожаротушения. Он позволяет с высокой эффективностью тушить очаги загорания без участия человека.

Огнетушитель представляет собой герметичный стеклянный сосуд диаметром 50 мм и длиной 440 мм, заполненный огнетушащим порошком массой 1 кг. Устанавливается над местом возможного загорания с помощью металлического держателя (рисунок 5). Срабатывает при нагреве до 100 °С (ОСП-1) и до 200 °С (ОСП-2). Защищаемый объем до 9 м<sup>3</sup>.

Огнетушители ОСП предназначены для тушения очагов пожаров твердых материалов органического происхождения, горючих жидкостей или плавящихся твердых тел, электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В.

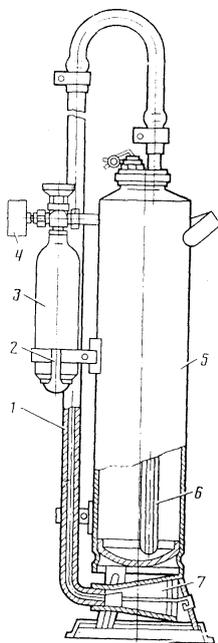
Достоинства ОСП: тушение пожара без участия человека, простота монтажа, отсутствие затрат при эксплуатации, экологически чист, нетоксичен, при срабатывании не портит защищаемое оборудование, может устанавливаться в закрытых объемах с температурным режимом от минус 50 °С до плюс 50 °С.

**Генераторы объемного аэрозольного тушения пожаров (СОТ)** -

являются наиболее современными средствами пожаротушения.

Они предназначены для тушения пожаров ЛВЖ и ГЖ (бензин и другие нефтепродукты, органические растворители и т.п.) и твердых материалов (древесина, изоляционные материалы, пластмассы и др.), а также электрооборудования (силовые и высоковольтные установки, бытовая и промышленная электроника и т.п.)

СОТ непригодны для тушения щелочных и щелочноземельных металлов, а также веществ, горение которых происходит без доступа воздуха. В генераторах СОТ огнетушащим средством является твердый аэрозоль окислов щелочных и щелочноземельных металлов переходной группы,



образующийся при сгорании зарядов и способный находиться в замкнутом объеме во взвешенном состоянии в течение длительного (до 40-50 минут) времени.

**Рисунок 4 - Огнетушитель порошковый ОП -10**

**1- удлинитель; 2- кронштейн; 3-баллон с рабочим газом; 4- манометр; 5- корпус; 6- сифонная трубка; 7- насадок.**

Выделяющаяся при горении заряда генератора аэрозольно-газовая смесь не портит защищаемое имущество и даже бумагу, а сами частицы аэрозоля можно убрать пылесосом или смыть водой.

Генераторы СОТ делятся на ручные (СОТ-5М) и стационарные (СОТ-1). Защищаемый объем генератором СОТ-5М до 40 м<sup>3</sup> генератором СОТ-1 до 60 м<sup>3</sup>.

Для приведения в действие генератора СОТ-5М необходимо снять колпачок с узла запуска, резко дернуть за шнур и бросить в горящее помещение.

Для запуска генератора СОТ-1 используются специальные узлы запуска термохимические или электрические.

Применение термохимических узлов запуска, срабатывающих при достижении в защищаемом объеме температура 90°С, позволяет каждому генератору, если их установлено несколько, работать полностью автономно. Генераторы, оснащенные термохимическими узлами запуска, устанавливаются под потолком помещения, в зоне наиболее вероятного загорания.

Применение электрических узлов запуска позволяет использовать генераторы СОТ-1 на объектах, имеющих пожарную сигнализацию. Установка генератора СОТ-1 в защищаемом помещении производится с помощью специального кронштейна. Рабочее положение генератора Горизонтальное или вертикальное инжектором вниз. Размещение генераторов с электрическим узлом запуска производится произвольно.

Генераторы СОТ-1 работают в интервале температур от минус 55°С до плюс 55°С и влажности до 100%.

При возникновении пожара и срабатывании генераторов, лица, находящиеся в этот момент в защищаемом помещении должны быстро покинуть его, плотно закрыв за собой двери и не предпринимать никаких действий по тушению пожара, кроме вызова пожарной охраны.

Генераторами СОТ рекомендуется оборудовать следующие объекты: промышленные предприятия, силовые энергетические установки, коммунально-бытовые предприятия, общественные здания, учебные заведения, научно-исследовательские институты и учреждения, банки и офисы, торговые базы и склады, зрелищные предприятия, административные и жилые здания, транспортные средства.

## Порядок выполнения работы и составление отчета

Используя лабораторные стенды и наглядные пособия ознакомиться с устройством пенных, газовых и порошковых огнетушителей, произведя их разборку и сборку. В отчете привести эскизные рисунки и краткое описание принципа действия, технических характеристик и областей применения основных типов огнетушителей.

### *Контрольные вопросы для самостоятельной подготовки студентов:*

1. Какие средства можно использовать для тушения пожаров?
2. Какие Вы знаете виды огнетушителей?
3. Какой огнетушитель можно использовать для тушения электроустановок?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов С.В., Ильинская А.В. и др. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1999.
2. Белов С.В., Морозова Я.А., Сивков Б.П. Безопасность жизнедеятельности. Конспект лекций. – М., 1992.
3. Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. – М., 1970.
4. Измеров Н.Ф. Инфразвук как фактор риска здоровью человека. - Воронеж, 1998.
5. Новроцкий В.К. Гигиена труда. – М., 1967.
6. Рябов Н.В. Пожарная опасность вещества и материалов. – М., 1970
7. Суворов Г.А. и др. Гигиеническое нормирование шумов и вибраций. – М., 1969





