

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Владимирский государственный университет
Кафедра безопасности жизнедеятельности

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»**

Составители:
О.В. ВЕСЕЛОВ
Н.И. ТУМАНОВА
И.С. КОЗЛОВ

Владимир 2007

УДК 504.75
ББК 28.088
М54

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент
Владимирского государственного университета
В.Б. Буланкин

Печатается по решению редакционного совета
Владимирского государственного университета

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» / Владим. гос. ун-т. ; сост. : О.В. Веселов, Н.И. Туманова, И.С. Козлов. – Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. – 116 с.

Подготовлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Безопасность жизнедеятельности», содержат методические рекомендации по выполнению лабораторных работ: «Исследование естественного освещения», «Исследование производственного шума», «Исследование запыленности воздушной среды на предприятиях», «Исследование изоляции электрических установок», «Исследование сопротивления заземляющего устройства», «Исследование метеорологических условий в производственных помещениях», «Исследование производственных вибраций», «Исследование искусственного освещения», «Исследование несчастных случаев на производстве».

Предназначены для инженерно-технических, экономических и гуманитарных специальностей Владимирского государственного университета.

Табл. 42. Ил. 22. Библиогр. : 25 назв.

УДК 504.75
ББК 28.088

ВВЕДЕНИЕ

«Безопасность жизнедеятельности» – обязательная общепрофессиональная дисциплина, в которой соединены тематика безопасного взаимодействия человека со средой обитания и вопросы защиты от негативных факторов. Включение дисциплины «Безопасность жизнедеятельности» в учебные планы всех специальностей направлено на практическую реализацию государственной политики в области безопасности труда и обеспечения приоритета жизни и здоровья работников по отношению к результатам производственной деятельности предприятия. Каждый работник имеет право на охрану труда, которое гарантирует государство в лице органов законодательной, исполнительной и судебной власти.

Любая деятельность человека потенциально опасна, всегда существует риск негативного воздействия факторов в системе «Человек – среда обитания».

Важной задачей в связи с этим считается изучение практических факторов по влиянию среды обитания на человека, количественной и качественной оценки воздействия. В настоящее методическое издание включен цикл лабораторных заданий, направленных на получение практических навыков оценки условий труда, использования средств защиты и их эффективности.

Лабораторная работа № 1*

ИССЛЕДОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Цель работы

1. Изучение методов измерения, принципов нормирования и расчета естественной освещенности в производственных помещениях.
2. Исследование естественной освещенности на рабочих местах и ее гигиеническая оценка.

Общие положения

Сохранность зрения человека, состояние его нервной системы и безопасность на производстве в большой степени зависят от условий освещения. Рациональное освещение рабочих мест создает благоприятные условия труда, способствует повышению качества выпускаемой продукции и производительности труда.

В соответствии со строительными нормами и правилами (СНиП 23-05-95) в производственных помещениях с постоянным пребыванием в них людей для работ в дневное время необходимо предусматривать естественное освещение, которое создает наиболее благоприятные санитарно-гигиенические условия для трудовой деятельности человека по сравнению с искусственным освещением.

Одной из основных характеристик видимого (светового) излучения ($\lambda = 0,38 - 0,76$ мкм) является световой поток Φ , который измеряется в люменах (лм). Световым потоком называют поток лучистой энергии, оцениваемый глазом человека по световому ощу-

* Нумерация лабораторных работ приводится в соответствии с графиком их выполнения по специальностям дисциплины «Безопасность жизнедеятельности».

щению. Световой поток, падая на рабочую поверхность, освещает ее. Плотность светового потока на освещаемой поверхности характеризуется освещенностью и измеряется в люксах (лк)

$$E = \frac{d\Phi}{dS},$$

где dS – площадь элемента освещаемой поверхности, m^2 .

Естественное освещение создается лучами солнца. Проходя через атмосферу земли, солнечные лучи многократно преломляются в ней, рассеиваются по небосклону и сам небосклон становится источником света.

Различают три системы естественного освещения: боковое, осуществляемое через световые проемы в наружных стенах; верхнее, осуществляемое через аэрационные и зенитные фонари, проемы в перекрытиях; комбинированное, когда к верхнему освещению добавляется боковое. Наиболее рационально комбинированное освещение, так как создает равномерное по площади помещения освещение.

Естественная освещенность непостоянна во времени и зависит от метеорологических факторов, времени дня и года. Для средних широт она колеблется днем от 600 до 120000 лк, а ночью в полнолуние освещенность составляет 0,2 лк. Поэтому характеризовать естественное освещение абсолютным значением невозможно. Для характеристики освещения принята относительная величина – коэффициент естественной освещенности e (КЕО)

$$e = \frac{E_{\text{в}}}{E_{\text{н}}} \cdot 100 \%, \quad (1.1)$$

где $E_{\text{в}}$ – естественная горизонтальная освещенность в заданной точке внутри помещения;

$E_{\text{н}}$ – одновременная наружная горизонтальная освещенность, создаваемая светом небосвода.

Коэффициент естественного освещения показывает, какую долю от одновременной горизонтальной освещенности на открытом месте при диффузном свете небосвода составляет освещенность в рассматриваемой точке производственного помещения, и характеризует способность системы естественного освещения пропускать свет небосвода.

При определении норм естественной освещенности производственных помещений нормативные значения КЕО выбираются из

таблицы строительных норм и правил (СНиП 23-05-95) «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования» (см. планшет лабораторной работы) с учетом следующих факторов:

- характеристики зрительной работы (определяется в зависимости от наименьшего размера объекта различения, мм);
- системы освещения (верхнее, боковое или комбинированное);
- коэффициента светового климата m ($m = 0,8 - 1,2$ в зависимости от административного района расположения здания на территории РФ);
- коэффициента солнечности c (зависит от ориентации здания относительно сторон света и составляет от 0,6 до 1,0);
- зоны РФ, характеризующейся устойчивостью снежного покрова.

Нормируемое значение КЕО находится по формуле

$$e_{н} = etc.$$

Для зданий, расположенных в центре европейской части РФ, коэффициенты светового климата и солнечности равны единице,

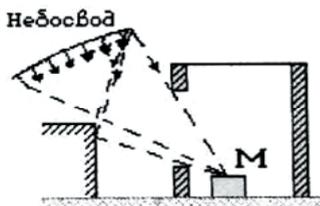


Рис. 1.1. Схема создания освещенности прямым и отраженным от противостоящих зданий светом небосвода

а зона устойчивости снежного покрова относится к «остальной территории РФ». Освещенность на рабочем месте создается не всем небосводом, а отдельным участком, определяемым световыми проемами, а также отраженным светом от противостоящих объектов (рис. 1.1). Попадая в помещение, свет многократно отражается от стен и потолка (рис. 1.2), чем создается дополнительная освещенность рабочих мест.

Для определения КЕО используются два метода: экспериментальный и графический.

При определении КЕО по первому методу расчет ведется по формуле (1.1), используя измеренные люксметром величины освещенности в заданной точке ($E_{в}$) и одновременной освещенности в горизонтальной плоскости под всем небосводом ($E_{н}$). Этот метод используется для определения или проверки освещенности в существующих производственных помещениях с целью установления их пригодности для того или иного вида работ при сравнении рассчитанного значения КЕО с нормативным, определяемым по СНиП (23-05-95).

При отсутствии экспериментальных данных, например в проектируемых зданиях, КЕО для бокового освещения e_p^6 определяется расчетным путем по формуле

$$e_p^6 = (\varepsilon_6 q + \varepsilon_{зд} R) r_1 \frac{\tau_0}{K_3}, \quad (1.2)$$

где ε_6 – геометрический КЕО в расчетной точке при боковом освещении, учитывающий прямой свет небосвода;

q – коэффициент, учитывающий неравномерную яркость облачного неба;

$\varepsilon_{зд}$ – геометрический КЕО в расчетной точке, учитывающий свет, отраженный от противостоящих зданий;

R – коэффициент, учитывающий относительную яркость противостоящего здания.

Для определения геометрических КЕО ($\varepsilon_6, \varepsilon_{зд}$) используется графический метод архитектора А.М. Данилюка с учетом того, что оконные проемы не имеют остекления и переплетов, а внутренние поверхности помещения не отражают света. Сущность этого метода состоит в том, что полусфера небосвода разбита на 100 меридианов и 100 пересекающих их параллелей. В результате на полусфере образуется 10000 площадок равномерного светового потока. Каждая из этих площадок создает освещенность в 10000 раз меньшую, чем освещенность всей полусферы небосвода. Таким образом, если через световой проем здания видна одна площадка небосвода, то создаваемая ею освещенность будет равна 0,0001 освещенности открытого места, а $\varepsilon = 0,01 \%$; если будет видно количество (k) площадок, то $\varepsilon = k0,01 \%$. В соответствии с этим геометрический коэффициент естественной освещенности, учитывающий прямой свет неба, определяется по формуле $\varepsilon_6 = 0,01(n_1 n_2)$, где n_1 – количество лучей по графику I, проходящих через световые проемы в расчетную точку на поперечном разрезе помещения (рис. 1.3); n_2 – количество лучей по графику II, проходящих от неба через световые проемы в расчетную точку на плане помещения (рис. 1.4).

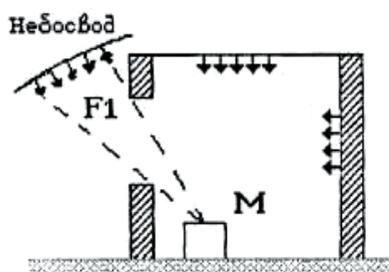


Рис. 1.2. Схема создания освещенности отраженным от внутренних поверхностей помещения светом

Геометрический коэффициент естественной освещенности, учитывающий свет, отраженный от противостоящего

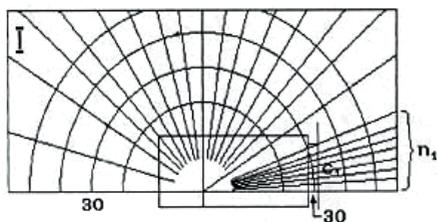


Рис. 1.3. Количество лучей по графику I, проходящих через световые проемы в расчетную точку на поперечном разрезе

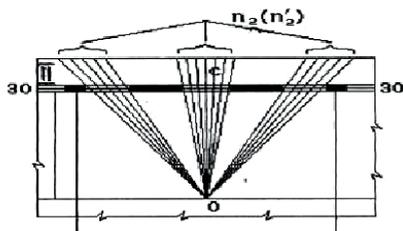


Рис. 1.4. Номера полуокружности по графику I с учетом количества лучей по графику II, проходящих от неба через световые проемы в расчетную точку на плане помещения

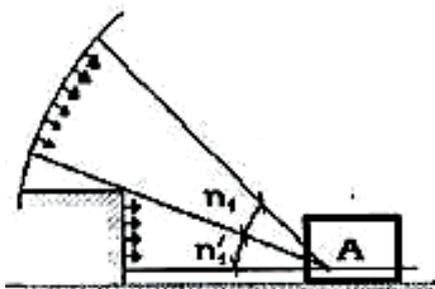


Рис. 1.5. Количество лучей по графику I, проходящих от противоположного здания через световой проем в расчетную точку на поперечном разрезе помещения

здания $\epsilon_{зд}$, определяется по формуле $\epsilon_{зд} = 0,01(n_1' n_2')$, где n_1' – количество лучей по графику I, проходящих от противостоящего здания через световой проем в расчетную точку на поперечном разрезе помещения (рис. 1.5); n_2' – количество лучей по графику II, проходящих от противостоящего здания в расчетную точку на плане помещения (см. рис. 1.4).

Расчет естественного освещения заключается в определении площади световых проемов в помещении и фактического значения КЕО. Исходной величиной для расчета является величина коэффициента естественной освещенности в зависимости от разряда зрительной работы, определяемая по СНиП 23-05-95, значение которого совпадает с нормируемым значением этого коэффициента e_n (так как $m = 1, c = 1$).

При боковом освещении площадь световых проемов S_0 , необходимая для обеспечения нормированного значения КЕО:

$$S_0 = \frac{e_n \eta_0 S_{11} K_{зд} K_3}{100 \tau_0 r_1}, \quad (1.3)$$

где S_{11} – площадь пола;

τ_0 – общий коэффициент светопропускания световых проемов;

r_1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении за счет света, отраженного от поверхности помещения;

$K_{зд}$ – коэффициент, учитывающий затемнение окон противосто-
ящими зданиями;

η_0 – световая характеристика окон;

K_3 – коэффициент запаса;

e_n – нормативное значение КЕО, соответствующее заданному
разряду зрительных работ.

Описание измерительных приборов и методов измерения КЕО

Для получения *экспериментальных значений* освещенности используют люксметр Ю-116 (см. рисунок на планшете лабораторной работы), который состоит из измерителя и отдельного фотоэлемента с насадками. На боковой стенке корпуса измерителя расположена вилка для подсоединения селенового фотоэлемента. При освещении фотоэлемента в цепи, состоящей из фотоэлемента и гальванометра, возникает пропорциональный световому потоку ток, который отклоняет стрелку прибора. Для уменьшения косинусной погрешности применяется насадка на фотоэлемент, выполненная из белой светорассеивающей пластмассы. Насадка обозначена буквой «К» и применяется только совместно с одной из трех других насадок, имеющих обозначения «М», «Р», «Т». Каждая из этих насадок совместно с насадкой «К» образует три поглотителя с коэффициентами ослабления 10, 100, 1000, применяемые для расширения диапазона измерений освещенности.

Принцип отсчета значений освещенности состоит в следующем: при выбранной паре насадок («КТ», «КР», «КМ») или без них против нажатой кнопки определяют наибольшее значение диапазона измерений. При нажатой кнопке, расположенной в правом ряду, отсчет ведут по верхней шкале гальванометра, при этом цифра против нажатой кнопки показывает максимальный предел измерения освещенности в люксах по верхней шкале. При нажатой кнопке, расположенной в левом ряду, отсчет ведется по нижней шкале с учетом значения предела измерений, указанного против нажатой кноп-

ки. Например, на фотоэлементе установлены насадки «КР», нажата соответствующая этой паре насадок левая кнопка, против которой указан предел измерения нижней шкалы – 3000 лк. При отклонении стрелки гальванометра на 10 делений (по нижней шкале 0 – 30), действительное значение измеряемой освещенности будет 1000 лк.

Если при насадках «К», «М» и нажатой левой кнопке стрелка не доходит до 5-го деления по шкале 0 – 30, измерения производятся без насадок, т.е. открытым фотоэлементом. При измерении освещенности фотоэлемент и прибор располагаются *горизонтально*. После проведения измерений отсоединяют фотоэлемент от измерителя люксметра, надевают на него насадку «Т» и укладывают в футляр.

Для *расчета геометрических КЕО* используются графики А.М. Данилюка, выполненные на оргстекле, и схемы помещения лаборатории (разрез и план), выполненные на планшете. Количество лучей по графикам I и II подсчитывается в следующем порядке. График I накладывается на поперечный разрез помещения, центр графика «0» совмещается с заданной преподавателем точкой, а нижняя линия графика – с горизонталью рабочей поверхности (см. рис. 1.5) и подсчитывается количество лучей n_1 и n_1' , проходящих через световые проемы. Далее отмечается номер полуокружности на графике I, которая проходит через точку, совпадающую с центром окна. График II накладывается на план помещения так, чтобы его вертикальная ось проходила через заданную преподавателем точку, а горизонталь, номер которой соответствует номеру полуокружности по графику I, была параллельна оконным проемам и проходила через точку «С» (см. рис. 1.4). Подсчитывается количество лучей n_2 . Лучи, отраженные от противостоящих зданий и проходящие через световой проем, подсчитываются по графику II аналогичным образом (см. рис. 1.4).

Порядок выполнения

1. Определение КЕО по экспериментальным данным:

– ознакомиться с устройством и порядком измерения освещенности люксметром Ю-116. При отключенном искусственном освещении измерить величины освещенности в лаборатории на уровне 0,8 м от пола на расстоянии 1, 2, 3, 4 и 5 метров от окна соответственно и на рабочем месте на поверхности стола. Измерить наружную освещенность (для этого открыть окно и фотоэлемент вынести на ладони). Данные измерений занести в табл. 1.1;

– рассчитать значения КЕО для каждой из точек помещения (по формуле (1.1) и результаты записать в табл. 1.1, построить экспериментальную кривую изменения КЕО от расстояния до оконного проема;

– сравнить полученные данные с требуемыми по СНиП 23-05-95 для данного разряда работ и сделать вывод о состоянии естественного освещения лаборатории;

– определить, можно ли выполнять в лаборатории следующие работы: чертежные (толщина линии 0,3 мм); измерительные (толщина риски измерительного прибора и инструмента 0,15 мм). Полученные выводы записать в отчет.

Таблица 1.1

Исследование освещенности в помещении лаборатории

Точка измерения освещенности	Насадка	Освещенность, лк	КЕО, %
Снаружи помещения		$E_n =$	–
На расстоянии от окна			
1 м		$E_1 =$	
2 м		$E_2 =$	
3 м		$E_3 =$	
4 м		$E_4 =$	
5 м		$E_5 =$	
На рабочем месте		$E_p =$	

2. Расчет КЕО графическим методом в заданной точке:

– используя графики Данилюка, план и разрез лаборатории, определить геометрические КЕО ε_0 и $\varepsilon_{зд}$;

– по формуле (1.2) рассчитать КЕО для бокового освещения (при расчетах принять $R = 0,14$, значение коэффициента q определить по табл. 1.2);

– по СНиП 23-05-95 определить работы, которые можно выполнять в заданной точке;

– сравнить значение КЕО, полученное графическим методом, с расчетным КЕО; сделать вывод о совпадении этих значений или объяснить причины расхождений.

Таблица 1.2

Значения коэффициента q

Угловая высота середины светового проема над рабочей поверхностью, град	Значение коэффициента	
	В зоне с устойчивым снежным покровом	На остальной территории РФ
18	0,84	0,69
22	0,86	0,75
26	0,90	0,80
30	0,92	0,86
34	0,95	0,91
38	0,98	0,96
42	1,0	1,0

3. Расчет естественной освещенности:

По заданному преподавателем виду работы определить нормируемое значение КЕО и по формуле (1.3) приближенно определяют площадь световых проемов, необходимую для обеспечения нормированного значения КЕО (при расчетах принять: $\eta_0 = 9,5$; $K_{зд} = 1,1$; $K_3 = 1,2$; $\tau_0 = 0,72$; $S_{II} = 72 \text{ м}^2$; $r_1 = 1,05$).

Сделать вывод о пригодности или непригодности лаборатории для выполнения работ заданной точности ($S_{\text{окон лаборат.}} = 15,6 \text{ м}^2$).

Отчет о работе должен содержать

1. Краткие сведения об основных светотехнических величинах, системах освещенности и методах определения КЕО.
2. Таблицу экспериментальных измерений освещенности.
3. Расчет КЕО для различных точек помещения.
4. График изменения КЕО в зависимости от расстояния.
5. Расчет КЕО по графикам А.М.Данилюка.
6. Расчет естественной освещенности и определение пригодности лаборатории для выполнения заданной работы.
7. Сравнительный анализ полученных значений КЕО.
8. Оценку освещенности в заданной точке по нормативным документам.
9. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Назовите светотехнические величины и единицы их измерения.
2. Назовите методы оценки естественной освещенности, область их применения, достоинства и недостатки.
3. Какая величина нормируется при естественной освещенности? От каких основных факторов она зависит?
4. Какие приборы или приспособления используются для определения естественной освещенности?
5. Каково значение насадок «К», «Р», «М», «Т»?
6. Каков порядок измерения освещенности люксметром Ю-116?

Список рекомендуемой литературы

1. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования. – Введ. 1996 – 01 – 01. – М. : Минстрой, 1995. – 68 с.
2. Охрана труда в машиностроении / под ред. Е. Я. Юдина, С. В. Белова. – М. : Высш. шк., 1963. – 432 с.

Лабораторная работа № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА

Цель работы

1. Ознакомление с физическими единицами шума и принципом нормирования производственного шума.
2. Исследование спектров шумов.
3. Исследование акустической обработки помещений.
4. Исследование звукоизоляции.

Общие положения

Научно-технический прогресс в различных отраслях народного хозяйства связан с ростом уровня шума на рабочих местах. Например, с ростом единичной мощности оборудования и стремлением к снижению металлоёмкости увеличивается удельная мощность и уменьшается жесткость конструкции оборудования, что приводит к повышенной вибрации отдельных его частей и, как следствие, к увеличению звуковой мощности.

Постоянное воздействие шума на организм человека приводит к изменению функционирования пищеварительного тракта, нервной системы, сердечно-сосудистой системы, кроме этого шум может вызывать ослабление слуха, а при очень большой интенсивности шума и к полной его потере.

С физической точки зрения звук представляет собой колебания упругой среды: жидкости, твердой среды. Человек может воспринимать звуки с частотой 16 – 20000 Гц. Наиболее опасными для человека являются звуковые колебания средних (5000 – 8000 Гц) и особенно высоких частот. Колебания с частотами ниже 16 Гц называются инфразвуком, а с частотами более 20 кГц – ультразвуком.

Звуки можно характеризовать следующими параметрами:

частотой (f , Гц), звуковым давлением (P , Па), интенсивностью (J , Вт/м²), причём два последних параметра взаимосвязаны.

Звуковое давление – это разность между мгновенным значением полного давления и средним давлением среды без звука (чаще всего атмосферным давлением). В связи с тем, что ухо человека воспринимает звуки в довольно широком диапазоне давления ($2 \cdot 10^{-5} \dots 20$ Па), для оценки уровня шума вводится понятие уровня звукового давления

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

где $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па – опорное звуковое давление, соответствующее порогу слышимости на частоте 1000 Гц.

Для гигиенической оценки шума и планирования мероприятий по его снижению необходим частотный анализ звуковых колебаний, т.е. необходимо знать спектр шума. Спектр шума – это амплитудно-частотная характеристика колебательного процесса, представленная на рис. 2.1; а соответствующие осциллограммы звуковых давлений – на рис. 2.2. Для гармонических колебаний (например, звук, издаваемый камертоном) спектр представлен на рис. 2.1, а. Звуки аккорда музыкального инструмента имеют линейчатый (дискретный) спектр (рис. 2.1, б).

Шум ударного происхождения имеет сплошной спектр (рис. 2.1, в), так как звуковое давление таких шумов изменяется по аperiodическому закону и разлагается в ряд Фурье с бесконечной суммой гармоник, причем чем быстрее затухает звуковое давление, тем шире спектр звуковых колебаний. Механические шумы, характерные для большинства производств, имеют сплошной спектр. На рис. 2.1, г приведен смешанный спектр. Он может возникнуть, если на фоне производственного шума включить сирену.

Узкополосный частотный анализ проводят специальной и уникальной аппаратурой. Для задач охраны труда чаще используется более доступный и простой широкополосный спектральный анализ. Уровни звукового давления измеряются в октавных или треть октавных полосах частот. Весь частотный диапазон разбивается на полосы, причем верхняя граница одной полосы – нижняя граница последующей. Для октавных полос отношение значения верхней границы f_2 к значению нижней границы f_1 равно двум, т.е. $f_2/f_1 = 2$. Для третьей октавной полосы это отношение равно 1,26. В одной октавной полосе укладываются три трети октавные. Для того что-

бы не запоминать два значения граничных частот, вводится понятие среднегеометрической частоты полосы $f_{cp} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$. Значения среднегеометрических частот стандартизированы, и для анализа шума применяются следующие значения: 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

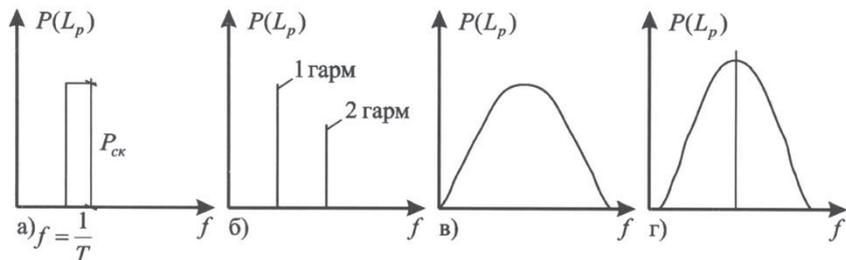


Рис. 2.1. Типы спектров шума: а – гармонический; б – дискретный; в – сплошной; г – смешанный

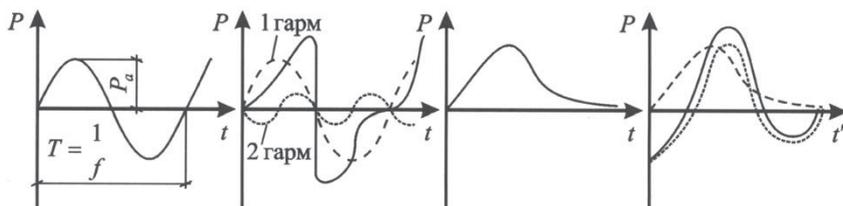


Рис. 2.2. Осциллограммы звуковых давлений для различных типов спектров шума

В соответствии с ГОСТ 12.1.003-83* устанавливаются предельные значения уровня звукового давления в перечисленных октавных полосах частот в зависимости от вида производственной деятельности (предельные спектры ПС). В ряде случаев для гигиенической оценки шума допускается применять интегральные величины – уровень звука L_A или эквивалентный уровень звука $L_{Aэкв}$, определение которых ведётся при включении частотной коррекции шумомера «А», дБ. А характеристика «А» шумомера приближает частотную характеристику прибора к спектральной чувствительности уха человека. Допустимые значения параметров шума приведены на планшете лабораторного стенда.

Существуют организационные и технические методы снижения шума на рабочих местах. К первым относятся: удаление рабочего

места от шумящего оборудования (защита расстоянием); ограничение времени пребывания человека в шумном помещении (защита временем); архитектурно-планировочные методы.

К техническим методам можно отнести: ослабление шума в источнике возникновения; звукоизоляцию; звукопоглощение.

Ослабление звука в источнике возникновения можно достичь двумя путями: технологическим (замена клепки сваркой, штамповки прессованием и т.п.); конструктивным (например, применение глушителей, замена прямозубных передач криво зубными, замена одного из металлических рубчатых колес пластмассовым и т.п.).

Звукоизоляция – это установка преграды на прямом пути распространения звука от шумящего оборудования к рабочему месту. Этот метод может быть реализован в виде перегородки или стены, звукоизолирующего кожуха, звукоизолирующей кабины, различных экранов.

Эффективность звукоизолирующей преграды при проникновении шума в помещение может быть определена по следующей эмпирической формуле:

$$\Delta L_n = 20 \lg(Gf) - 47,5, \text{ дБ}, \quad (2.1)$$

где G – поверхностная плотность материала перегородки, кг/м²;

f – частота, для которой определяется эффективность, Гц.

Как показывает анализ, этот прием предпочтителен тогда, когда необходимо снизить высокочастотный шум. Для низкочастотных составляющих шума звукоизоляция неэффективна.

Звукопоглощение заключается в акустической обработке помещения, при котором стены и потолки покрываются материалом с большим значением коэффициента поглощения звука α . В этом случае шум на рабочем месте снижается за счет уменьшения доли отраженных звуков. Могут применяться и штучные звукопоглотители, выполненные в виде объемных фигур, которые подвешиваются к потолку.

Эффективность облицовки в каждой октавной полосе определяется по формуле

$$\Delta L_o = 10 \lg \frac{A_2}{A_1}, \text{ дБ}, \quad (2.2)$$

где A_1 и A_2 – суммарное звукопоглощение до и после акустической обработки.

$$A_1 = \alpha_1 S_1, \quad (2.3)$$

где α_1 – коэффициент звукопоглощения необлицованной поверхности;
 S_1 – площадь поверхности до акустической обработки, м².

$$A_2 = \alpha_2 S_2 + \alpha_1 (S_1 - S_2), \quad (2.4)$$

где α_2 – коэффициент звукопоглощения облицовочного материала;
 S_2 – площадь обрабатываемой поверхности, м².

Описание лабораторного стенда

Лабораторный стенд состоит из следующих частей: измерительная камера. Генератор ГЗ-102, измерительный прибор ИШВ-1, набор звукоизолирующих преград, пульт управления. Камера имитирует производственное помещение. В ней помещен громкоговоритель, соединенный с выходом генератора ГЗ-102; источник шума (заглушенный звонок, имитация шумящего оборудования) и микрофон измерительного прибора типа ИШВ-1 (микрофон имитирует ухо человека, т.е. рабочее место). Стенки и крышка камеры облицованы поролоном, однако имеется возможность закрыть облицовку фанерными листами. При установке листов имитируется помещение до акустической обработки. Акустическую обработку можно производить частично или полностью. Площадь крышки и пола $S_{кр} = 0,25$ м², площадь одной большой стенки $S_{ст.б} = 0,25$ м², площадь одной малой стенки $S_{ст.м} = 0,13$ м². Внутри камеры предусмотрены направляющие, которые предназначены для установки звукоизолирующих преград (набор преград 4 шт.) между источником шума и микрофоном.

Для воспроизведения гармонического звука предусмотрен генератор сигналов типа ГЗ-102. Включение всех приборов производится с пульта управления, содержащего 4 тумблера.

Правила техники безопасности при выполнении работы

1. К выполнению лабораторной работы допускаются студенты, ознакомившиеся с данными методическими указаниями.
2. Перед подключением стенда к электросети произвести визуальный осмотр токоведущих частей, вилок, розеток. При обнаружении неисправностей прекратить выполнение работы, поставив в известность преподавателя.

3. Не открывать крышку камеры при включенных источниках звука.
4. При замене звукоизолирующей перегородки, при выполнении акустической обработки камеры проявлять осторожность, не допускать падения крышки камеры.
5. Не загромождать стол и верхнюю крышку посторонними предметами.
6. После выполнения работы отключить все приборы и стенд от электросети.

Порядок выполнения

1. Все тумблеры пульта управления перевести в нижнее положение. В измерительной камере все стенки закрыть фанерными листами. Звукоизолирующие преграды между источником шума и микрофоном отсутствуют.

2. После получения допуска к выполнению лабораторной работы подключить лабораторный стенд к розетке электросети.

3. На шумомере (рис. 2.3) делители 1 и 2 «BEREICH 1» и «BEREICH 2» установить в крайнее левое положение. При этом в окне индикации 8 появляется цифра «180».

4. Изменить спектр гармонического звука.

4.1. На генераторе ГЗ-102 установить рукоятку лимба «Hz», указанную преподавателем. Переключатель «Множитель частоты» установить в положение с учетом заданной преподавателем частоты гармонического сигнала.

4.2. Подготовить шумомер к работе. Переключатель 4 «SHITZE» установить в положение «S», переключатель 5 «FILTER» – в положение «Т-О», переключатель 6 «TERZ-OKTAV– FILTER» – в положение «OKTAV».

Последовательное переключение на частоты 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц осуществляется с помощью переключателя 3 «Hz kHz».

4.3. На пульте управления включить тумблеры «Сеть»; «ГЗ-102»; «ИШВ-1».

4.4. Произвести отсчет результатов измерения на шумомере.

Поочередно переключатели 1 и 2 «BEREICH 1» и «BEREICH 2» повернуть по часовой стрелке до хорошо считываемого показания стрелочного индикатора 7 «UBERSTEUERT». Стрелка должна на-

ходиться между 0 и 10 дБ. Результат измерения (L) – это сумма численного значения поддиапазона в окне индикации 8 (L') и показаний на дБ-шкале стрелочного индикатора 7 (L'').

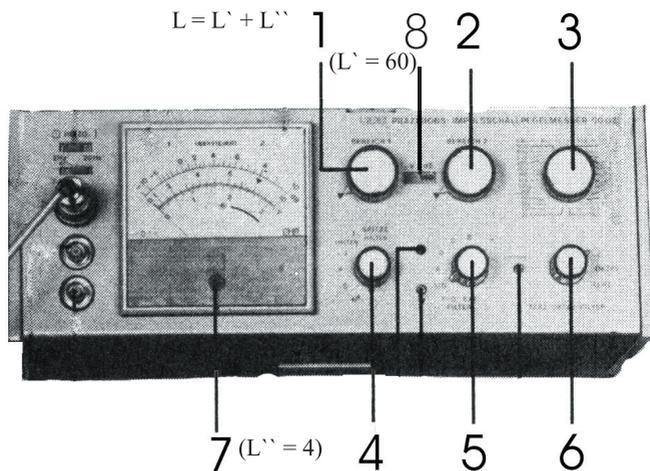


Рис. 2.3. Шумомер показывает уровень шума 64 дБ

4.5. Результаты измерения уровня гармонического звука для октавных полос 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц записать в табл. 2.1.

Таблица 2/1

Спектр гармонического звука

Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах частот, Гц								
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000

Выводы:

5. На пульте управления («Выкл») выключить генератор ГЗ-102.
6. Измерить параметры шума имитатора производственного оборудования (исходный режим в табл. 2.2).
 - 6.1. В измерительной камере стенки закрыты фанерными листами, звукоизолирующие преграды отсутствуют.
 - 6.2. Включить тумблер «Шум» на пульте управления.

6.3. Шумомером измерить спектр шума от производственного оборудования для октавных полос частотой 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Положение переключателей шумомера соответствует указанию в п. 4.2.

Отсчет результатов измерения аналогичен указаниям в п. 4.4.

Результаты измерения занести в табл. 2.2. (исходный режим L) колонки 2 – 10.

6.4. Измерить уровень шума по шкале «А» шумомера. Для этого переключатель 4 «SHITZE» установить в положение «А», произвести отсчет показаний прибора и результат записать в табл. 2.2, колонку 11. Переключатель 4 вернуть в положение «S».

7. Исследовать эффективность акустической обработки помещения (звукопоглощение).

7.1. По заданию преподавателя произвести акустическую обработку стенок в измерительной камере, для чего вынуть часть или все фанерные листы.

7.2. По методике, изложенной в пп. 4.2 и 4.4, измерить спектр шума для всех октавных полос, показания занести в табл. 2.2 (акустическая обработка L_0).

7.3. Измерить уровень шума по шкале «А» шумомера в соответствии с методикой в п. 6.4.

Таблица 2.2

Исследование звукопоглощения

Параметр	Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах частот, Гц									Уровни звука дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Исходный режим L										
Акустическая обработка L_0										
$L_{0\text{эксп}} = L - L_0$										
α_1 (фанера)	-	-	0,2	0,28	0,26	0,09	0,02	-	-	
см. формулу 2.3										
α_2 (поролон)	-	-	0,32	0,56	0,82	0,79	0,72	0,3	-	
см. формулу 2.4										
см. формулу 2.2										

Выводы:

8. Исследовать эффективность звукоизоляции.

8.1. По заданию преподавателя выбрать и установить звукоизолирующую перегородку в измерительную камеру. Стенки в измерительной камере закрыть фанерными листами.

8.2. Измерить спектр шума для всех октавных полос по методике пп. 4.2 и 4.4. Результаты занести в табл. 2.3 (перегородка L_0).

8.3. Измерить уровень шума по шкале «А» шумомера в соответствии с указаниями в п. 6.4. Результаты занести в табл. 2.3, колонку 11.

9. По указанию преподавателя записать в табл. 2.3 допустимые значения уровня шума в соответствии с требованиями нормативных документов.

Таблица 2.3

Исследование звукоизоляции

Параметры	Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах частот, Гц									Уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Исходный режим L										
Перегородка L_0										
Эффективность $L_{0эксп} = L - L_0$										
Эффективность (см. формулу 2.1)										
Допустимый уровень шума										

Выводы:

10. Выполнить п. 1 порядка выполнения работ.

11. По данным табл. 2.1 построить спектр гармонического звука. Сделать вывод об амплитудно-частотной характеристике.

12. Определить эффективность акустической обработки по данным эксперимента и по формулам (2.2) – (2.4). Сравнить экспериментальную эффективность с теоретической. Сделать вывод.

13. Определить эффективность звукоизолирующей перегородки по данным эксперимента и по формуле (2.1). Сравнить экспериментальную эффективность с теоретической эффективностью перегородки. Сделать вывод.

14. На бланке для спектрального анализа (рис. 2.4) построить спектры исходного режима L , режима акустической обработки L_0 , режима со звукоизолирующей преградой L_{II} . На этот же бланк нанести предельный спектр, соответствующий виду производственной деятельности (задаётся преподавателем). Выполнить гигиеническую оценку условий труда во всех трех режимах.

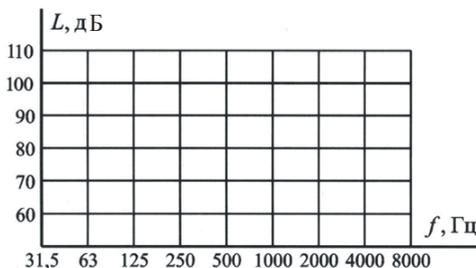


Рис. 2.4. Бланк для спектрального анализа

Отчет о работе должен содержать

1. Определение цели лабораторной работы.
2. Все таблицы с результатами измерений и бланк спектра гармонического звука.
3. Графики спектров гармонического звука, исходного режима, режимов при звукопоглощении и звукоизоляции.
4. Выводы, содержащие сравнение эффективности акустической обработки камеры и звукоизолирующей перегородки; санитарно-гигиеническую оценку уровня шума (табл. 2.2; 2.3).

Контрольные вопросы

1. К каким последствиям может привести воздействие шума на организм человека?
2. Физические единицы шума.
3. Понятие спектра шума. Типы спектров.
4. Октавный и треть октавный анализ шума.
5. Нормирование параметров шума.
6. Организационные методы борьбы с шумом.
7. Технические методы борьбы с шумом.

8. Звукоизоляция и эффективность звукоизоляции.
9. Звукопоглощение, акустическая обработка помещений, эффективность акустической обработки.
10. Назначение отдельных приборов и элементов лабораторного стенда.

Список рекомендуемой литературы

1. ГОСТ 12.1.003. Шум. Общие требования безопасности. – Введ. 1984 – 07 – 01. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 10 с.
2. Охрана труда в машиностроении / под ред. Е. Я. Юдина, С. В. Белова. – М. : Машиностроение, 1963. – 432 с.
3. Средства защиты в машиностроении. Расчет и проектирование : справочник / под. ред. С. В. Белова. – М. : Машиностроение, 1990. – 368 с.

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

Цель работы

1. Определение концентрации пыли в воздушной среде производственных помещений весовым методом.
2. Исследование дисперсного состава пыли, формы и количества пылинок счетным методом.
3. Ознакомление с предельно-допустимыми концентрациями различных видов пыли.

Общие положения

В промышленности, на транспорте и в сельском хозяйстве значительное число работ и операций сопровождается образованием и выделением пыли. Производственной пылью называют находящиеся во взвешенном состоянии и медленно оседающие в воздухе рабочей зоны частицы размерами от нескольких десятков до долей микрометра. Пыль принято также называть аэрозолем. Производственную пыль классифицируют по способу её образования, происхождению, размерам частиц (дисперсности) (табл.3.1).

Вредное влияние производственной пыли на здоровье работающих зависит от многих факторов. К ним в первую очередь относятся химические свойства пыли, электростатическая зарядность, растворимость пыли, форма пылевых частиц, дисперсность, содержание пыли в воздухе.

Химический состав пыли. Наибольшее значение имеет содержание в пыли двуокиси кремния: чем больше ее процент, тем опаснее пыль для организма. Пыль, образующаяся в производстве кварцевого стекла, содержит до 99 % свободной двуокиси кремния; при формовке в литейных цехах – 60 – 80 %.

Электрозаряженность пыли. Пылевые частицы несут как положительный, так и отрицательный заряд. Процент задержки в дыхательных путях электрозаряженной пыли в 2 – 3 раза больше, чем нейтральной.

Растворимость пыли. Имеет положительное и отрицательное значение для организма. Если пыль не токсична (древесная, наждачная, органическая пластмассовая и др.), то хорошая растворимость такой пыли – благоприятный фактор для быстрого удаления ее из легких. В случае токсичной пыли (марганца, свинца, мышьяка и др.) хорошая растворимость – отрицательный фактор для здоровья человека.

Форма пылевых частиц. Влияет на устойчивость аэрозоля в воздухе и поведение в организме. Частицы сферической формы быстрее выпадают из воздуха, легче проникают в легочную ткань и вызывают заболевания. Пылинки с зазубренными краями (наждачная, металлическая, стеклянная пыль, пыль стекловолокна, шлаковаты и др.) травмируют верхние дыхательные пути.

Дисперсность пыли. Частицы размером свыше 10 – 20 мкм быстро выпадают из воздуха. Частицы микроскопического размера 0,25 – 10 мкм (см. табл. 3.1) более устойчивы в воздухе. Ультрамикроскопические частицы величиной 0,25 – 0,1 мкм длительно витают в воздухе. Наиболее опасными по возникновению профессиональных заболеваний являются пылинки размером менее 5 мкм (и особенно 1 – 2 мкм). Менее опасной является ультрамикроскопическая и видимая пыль. Практически в производственных условиях частицы размером до 5 мкм составляют 70 – 90 % всех пылевых частиц, 10 мкм и выше – 0,6 – 8 % (табл. 3.2).

Таблица 3.1

Классификация производственной пыли

Способ образования	Происхождение	Дисперсность
<i>Аэрозоль дезинтеграции</i> Возникает при дроблении, размоле твердых веществ, транспортировке и упаковке сыпучих материалов, шлифовке, заточке, полировке и др.	<i>Органическая:</i> растительная; животная; микроорганизмы; искусственная (пластмассовая, пыль красителей и др.)	<i>Видимая</i> Имеет размер 10 мкм и быстро выпадает из воздуха

Окончание табл. 3.1

Способ образования	Происхождение	Дисперсность
<i>Аэрозоль конденсации</i> Возникает при испарении и последующей конденсации в воздухе паров металлов и неметаллов (электросварка, электроплавка и др.)	<i>Неорганическая:</i> минеральная (кремниевая, силикатная и т.п.); металлическая (пыль железа, цинка, свинца и др.)	<i>Микроскопическая</i> Имеет размер от 10 до 0,25 мкм и медленно выпадает из воздуха
	<i>Смешанная:</i> минерально-металлическая (например, смесь пыли железа и кремния); органическая и неорганическая (пыль шлаков и почвы)	<i>Ультрамикроскопическая</i> Имеет размер менее 0,25 мкм, длительно витает в воздухе

Таблица 3.2

Степень дисперсности пылевых частиц при различных процессах обработки

Процесс	Вид пыли	Соотношение размеров пылевых частиц, %			
		до 2 мкм	2 – 5 мкм	5 – 10 мкм	>10 мкм
Обдирка металла	Металлическая и минеральная	57	31	9	2
Заточка металла	>>	62 – 80	13 – 24	6 – 10	0,6 – 3,5
Обточка древесины	Древесная	48	20	24	8

Содержание пыли в воздухе не должно превышать установленную ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» предельно-допустимую концентрацию (ПДК). ПДК – это такая концентрация, которая при ежедневной работе в течение 8 ч или другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболевания или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или

в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. ПДК отдельных видов пыли в мг/м³ приведены на планшете к лабораторной работе.

Пыль оказывает вредное действие, главным образом, на верхние дыхательные пути и легкие. При длительном воздействии пыли на человека возможны серьезные поражения всего организма, прежде всего профессиональный бронхит и пневмокониоз. При работе, связанной с вдыханием кварцесодержащей пыли, возможно заболевание наиболее тяжелым видом пневмокониоза – силикозом. Силикоз может развиваться у рабочих литейных цехов, пескоструйщиков, при ремонте стекловаренных печей, в производстве кварцевого стекла. Пневмокониозы возникают среди электросварщиков, заточников, шлифовальщиков, строительных рабочих (от воздействия пыли асбеста, цемента, сухой глины), в химической промышленности, в производстве строительных материалов и др.

Запыленность воздуха можно определить весовым, счетным, электрическим и фотоэлектрическим методами. В данной работе изучаются первые два метода.

Весовой метод служит для определения массы пыли, содержащейся в единице объема воздуха. Для этого взвешивается специальный фильтр до и после протягивания через него определенного объема запыленного воздуха, а затем подсчитывается масса пыли. Весовая концентрация пыли (мг/м³) находится по формуле

$$C = \frac{\Delta P \cdot 10^3}{vt},$$

где $\Delta P = P_2 - P_1$ – количество пыли, осевшей на фильтре;

P_1 и P_2 – масса фильтра до и после опыта, мг;

v – скорость прохождения воздуха через фильтр, л/мин;

t – продолжительность отбора пробы, мин.

Электрический метод определения концентрации пыли основан на электризации пылевых частиц в поле коронного разряда и последующем измерении их суммарного заряда. Измеряемый суммарный заряд пропорционален содержанию пыли в воздухе.

Счетный метод основан на осаждении пыли из определенного объема воздуха с помощью прибора – кониметра и последующем определении под микроскопом формы, размера и количества пылинок в единице объема, обычно в 1 см³ воздуха.

Описание лабораторной установки

Для определения запыленности воздуха весовым методом применяется аспиратор, счетным методом – кониметр.

Установка для определения запыленности воздушной среды состоит из двух пылевых камер, макета цеха, аспиратора, пылесоса, кониметра, аналитических весов (рис. 3.1). Исследование проводится в цехе, на рабочих местах, пробы воздуха отбираются на уровне дыхания работающих. Запыленность воздуха имитируется в двух камерах, для чего в нижнюю часть камеры подведена трубка с отверстиями, соединенная с пылесосом.

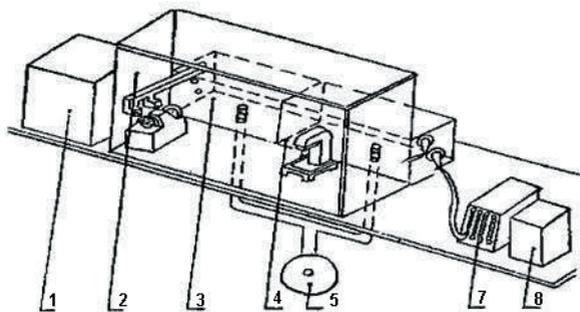


Рис. 3.1. Схема установки для определения запыленности воздушной среды: 1 – аналитические весы; 2 – имитация обстановки цеха, участка; 3, 4 – пылевые камеры № 1, 2; 5 – пылесос; 7 – аспиратор; 8 – кониметр

Аспиратор состоит из воздуходувки, создающей отрицательное давление, электромотора и четырех реометров. Реометры представляют собой конические трубки, внутри которых находится поплавков из легкого металла. При прохождении воздуха через них последний увлекает поплавок на определенную высоту, величина которой зависит от скорости движения воздуха. Скорость определяют по шкале, отградуированной в литрах в минуту. Два реометра градуированы от 0 до 20 л/мин и служат для отбора проб воздуха на запыленность, остальные два предназначены для отбора проб воздуха при проведении газовых анализов и градуированы от 0 до 1 л/мин. К аспиратору присоединен с помощью резиновых полых трубок аллонж-фильтродержатель, в металлический конус которого вставляется фильтр. В данной работе используются аналитические аэрозольные фильтры (АФА). У таких фильтров (в сравнении с фильтрами из ваты и стек-

ловолокна) есть ряд преимуществ: а) высокая эффективность пылеулавливания; б) возможность их взвешивания без высушивания; в) небольшой собственный вес.

Прибор для измерения концентрации пыли в воздухе ИКП-1 предназначен для измерения весовых концентраций пыли в диапазоне $0,1 - 500 \text{ мг/м}^3$. Применение прибора упрощает и ускоряет процесс измерения запыленности воздушной среды по сравнению с весовым методом. Прибор содержит воздухозаборную и электронную части. При помощи микронагнетателя воздух, содержащий частицы аэрозоля, протягивается через зарядную камеру, а затем выбрасывается в атмосферу. Частицы аэрозоля, содержащиеся в воздухе, пролетая в электрическом поле коронного разряда, получают за время импульса короны отрицательный заряд, который пропорционален концентрации частиц аэрозоля в воздухе.

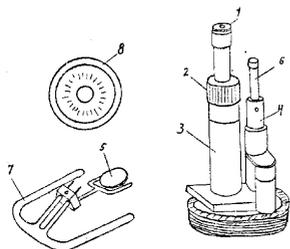


Рис. 3.2. Кониметр: 1 – окуляр; 2 – настройка микроскопа; 3 – микроскоп; 4 – воздушный насос; 5 – зеркало; 6 – поршень; 7 – штатив; 8 – объект-шайба

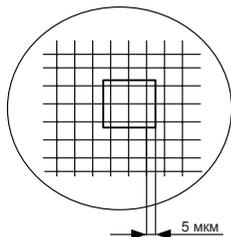


Рис. 3.3. Центральный квадрат с четырьмя параллельными линиями

Кониметр (рис. 3.2) состоит из трех основных частей: воздушного насоса (4), ручного микроскопа (3), вращающегося объекта-шайбы с тридцатью нумерованными полями (8). Прибор ставится на штатив (7) с зеркалом (5). Воздушный насос с поршнем (6) имеет цилиндр объемом 5 см^3 для засасывания измеряемого количества воздуха. Окуляр микроскопа (1) устанавливается на сетевой микрометр, чтобы вращением кольца с рифлением (настройка микроскопа (2)) сделать изображение пыльного пятна ярче. Сетевой микрометр служит для оценки размеров пылевых частиц (дисперсности): на расстоянии 5 мкм от сторон центрального квадрата нанесены четыре параллельные линии. Величина пылинок, заключенных между ними, составляет не более 5 мкм (рис. 3.3).

Правила техники безопасности при выполнении работы

1. Лица, не знакомые с устройством лабораторной установки, к выполнению работы не допускаются.
2. Все приборы и установки включать только во время эксперимента, а в перерывах и длительных паузах – выключать.
3. Перед экспериментом проверить исправность зануляющих проводов корпуса установки.
4. В случае искрения на зажимах, запахе горячей проводки, ощущения напряжения на корпусах немедленно отключить сеть.

Порядок выполнения

Весовой метод определения запыленности воздушной среды

1. Включить пульт управления установки в сеть. На пульте расположены тумблеры для включения в работу пылесосов двух камер, aspirатора, аналитических весов, лампы накаливания.
2. Ознакомиться с правилами работы на аналитических весах (см. планшет).
3. Включить аналитические весы в сеть (тумблер на пульте управления «Весы»).
4. Взвесить фильтр на аналитических весах, для чего из обоймы вынуть комплект аналитического фильтра, развернуть защитное кольцо, затем положить его в центр левой чашки весов. Весы выключить, данные занести в табл. 3.3.
5. Включить aspirатор (тумблер «Aspirатор») и ручкой вентиля отрегулировать необходимую объемную скорость отбора проб воздуха (10 – 15 л/мин). Выключить aspirатор.
6. После взвешивания (см. п. 4) фильтр снять с весов, осторожно расправить, поместить снова в защитное бумажное кольцо и вставить в аллонж, соединенный резиновой трубкой с aspirатором.
7. Аллонж соединить с пылевой камерой № 1 (имитация участка, цеха).
8. Включить на 5 с пылесос (тумблер «Пуск») для имитации пылевыделения на участке, в цехе. Пылесос выключится автоматически.
9. Включить aspirатор и в течение 5 мин протягивать через аллонж запыленный воздух. Из аллонжа за выступ защитного кольца вынуть фильтр с отобранной пробой и поместить в центр левой чаш-

ки весов для повторного взвешивания. Результат внести в табл. 3.3. Расчет весовой концентрации выполнить по формуле, результат занести в табл. 3.3.

10. По данным измерений дать заключение о состоянии запыленности воздуха в цехе, сравнив результаты с ПДК (задается преподавателем).

11. В той же последовательности провести исследования запыленности воздуха в камере № 2 и результаты измерений внести в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Экспериментальные и расчетные данные

Номер опыта	Масса фильтра, мг,		Расход воздуха, л/мин	Время отбора пробы, мин	Концентрация пыли, мг/м ³	
	до опыта	после опыта			Весовой метод	ПДК
Камера № 1						
Камера № 2						

Счетный метод определения запыленности воздушной среды

1. Учитывая, что пробы воздуха с целью определения запыленности уже отобраны в производственных условиях, рассмотреть запыленное поле в микроскоп, для чего:

- а) поставить в поле зрения напротив красной отметки на фланце основания одно из запыленных полей (по заданию преподавателя);
- б) включить настольную лампу для освещения зеркала микроскопа.

2. Определить (ориентировочно) размеры пылинок, зная, что расстояние между сторонами центрального квадрата и четырьмя параллельными ему линиями равно 5 мкм (см. рис. 3.3).

3. Подсчитать число пылинок различного размера в данном поле и результаты внести в табл. 3.4.

4. Рассмотреть форму пылинок и записать результаты в табл. 3.4.

5. Сделать вывод о проникающей способности пылинок в дыхательные пути и их вредном действии на организм (в зависимости от формы и дисперсности).

Таблица 3.4

Экспериментальные и расчетные данные

Наименование пыли	Номер поля	Объем воздуха	Количество пыли								Общее количество пылинок	Форма пылинок	
			до 5 мкм		5 – 10 мкм		10 – 15 мкм		более 15 мкм				
			число	%	число	%	число	%	число	%			
		5 см ³											

Отчет о работе должен содержать

1. Схему установки для определения запыленности воздуха (рис. 3.1).
2. Табл. 3.3 с выводами о содержания пыли на рабочем месте (в цехе, на участке).
3. Табл. 3.4 с выводом о дисперсном составе пыли, форме ее частиц, числе пылинок в 5 см³ воздуха.
4. Сравнительную оценку запыленности воздуха, полученную весовым методом.

Контрольные вопросы

1. Что такое производственная пыль и как она классифицируется?
2. Какие заболевания вызывает пыль у рабочих?
3. От каких факторов зависит вредное влияние пыли на организм работающих?
4. Что такое предельно допустимая концентрация пыли и какими нормами она обусловлена?
5. Как определить запыленность воздуха весовым методом?
6. Какова сущность электрического метода определения концентрации пыли?
7. Какова сущность счетного метода определения запыленности и каково устройство кониметра?
8. Какие меры безопасности необходимо соблюдать при выполнении работы?

Список рекомендуемой литературы

1. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Введ. 1989 – 01 – 01. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 48 с.

2. Охрана труда в машиностроении / под ред. Е. Я. Юдина, С. В. Белова. – М. : Машиностроение, 1963. – 432 с.

3. Руководство к лабораторным занятиям по гигиене труда / под ред. З. И. Израэльсона, Н. Ю. Тарасенко. – М. : Медицина, 1981. – 479 с.

4. Исследование запыленности воздуха в производственных помещениях : метод. рекомендации к практикуму по курсу охраны труда / под ред. М. И. Комлева. – Владимир, 1975. – 20 с.

Лабораторная работа № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Цель работы

1. Исследование состояния изоляции электрической сети и изоляции электродвигателя переменного тока.
2. Ознакомление с методами и приборами для измерения сопротивления изоляции и нормативными требованиями к сопротивлению изоляции.

Общие положения

Безопасность человека в процессе эксплуатации электрических сетей и электроустановок во многом зависит от состояния электрической изоляции токоведущих частей. Электрическая изоляция – это материал, используемый в электроустановке и имеющий малую электропроводность, которая при наличии электрического напряжения обуславливает ток утечки. С ростом напряжения, приложенного к изоляции, ее проводимость увеличивается, а ток утечки возрастает. Снижение сопротивления изоляции может быть обратимым (при увлажнении) и необратимым (при старении изоляции, т.е. при изменении физической и химической структура материала с течением времени). Необратимое снижение сопротивления изоляции протекает медленно и носит характер распределенного дефекта по всему объему диэлектрика. К пробое изоляции, т.е. к ее разрушению, может привести воздействие ряда факторов: механические повреждения, систематическое увлажнение, резкие изменения температуры и действие химически агрессивной среды.

Трехфазные электрические сети делятся на три типа: с изолированной нейтралью источника питания; с глухозаземленной нейтралью; с нейтралью, заземленной через компенсирующее устройство. С точки зрения опасности поражения человека электрическим током наибольшее значение имеет состояние изоляции в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью. При однополюсном прикосновении человека в таких сетях (нейтраль генератора или трансформатора не присоединена к заземляющему устройству или присоединена к нему через аппараты, имеющие большое сопротивление) величина тока, протекающего через тело человека, определяется выражением

$$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{ч}} + R_{\text{д}} + \frac{R_{\text{из}}}{3}},$$

где $U_{\text{ф}}$ – фазное напряжение;

$R_{\text{ч}}$ – сопротивление тела человека;

$R_{\text{д}}$ – сумма дополнительных сопротивлений (сопротивления обуви, пола, грунта и т.д.);

$R_{\text{из}}$ – сопротивление изоляции фазы относительно земли.

Следовательно, величина тока, проходящего через тело человека, тем меньше, чем больше сопротивление изоляции между фазными проводами и землей.

В процессе эксплуатации электрических сетей и электроустановок необходимо осуществлять контроль за состоянием и сопротивлением изоляции. Сопротивление изоляции всех видов электротехнических изделий нормируется «Правилами эксплуатации электроустановок потребителей». На планшете приведены допустимые сопротивления изоляции аппаратов, вторичных цепей и электропроводки напряжением до 1000 В.

Под контролем изоляции понимают измерение ее активного сопротивления. Различают приемо-сдаточные испытания (при вводе в эксплуатацию вновь смонтированных или вышедших из ремонта электроустановок), периодический и постоянный контроль изоляции. Объем и нормы контроля изоляции регламентированы [1,2]. Периодический контроль состояния изоляции электрических сетей и электроустановок проводят не реже одного раза в год. Периоди-

ческий контроль изоляции электроустановок производится, как правило, постоянным напряжением с помощью мегаомметра. Наиболее широкое применение получили мегаомметры типа М-1101 на напряжения 100, 500 и 1000 В и МС-06 на напряжение 2500 В.

Постоянный контроль изоляции – измерение сопротивления под рабочим напряжением в течение всего времени работы электроустановки. О величине сопротивления изоляции судят по показаниям приборов или световой и звуковой сигнализации, включающейся при снижении ее величины до предельно допустимого значения.

Постоянный контроль изоляции находит широкое применение в сетях с изолированной нейтралью, в особо электроопасных помещениях с агрессивными средами.

Для постоянного контроля изоляции электроустановок применяются различные схемы контроля и приборы постоянного контроля изоляции, выпускаемые промышленностью. Это схемы трех вольтметров, вентильные схемы, схемы на напряжениях или токах нулевой последовательности, а также приборы ПКИ, ЛИОТ, асимметры и др.

Описание лабораторного стенда и контрольно-измерительных приборов

Общий вид лабораторного стенда показан на рис. 4.1. На стенде приведена схема трехфазной электросети с изолированной нейтралью, к которой подключен асинхронный электродвигатель. Напряжение подается при подключении вторичной обмотки питающего трансформатора ТР пакетным выключателем ВК1. Двигатель подключается выключателем ВК2. Обмотки статора соединены «звездой», центральная точка которой может разъединяться выключателем ВК3.

Для постоянного контроля изоляции используется прибор асимметр, схема которого изображена на стенде, а также вольтметры и амперметры, расположенные на панели стенда. Асимметр работает следующим образом. При замыкании фазы на землю напряжение поврежденной фазы уменьшается, а напряжение исправных фаз увеличивается. В результате получившейся асимметрии напряжений срабатывает реле Р, которое включает сигнальную лампу Л, что свидетельствует о нарушении изоляции фаз относительно земли.

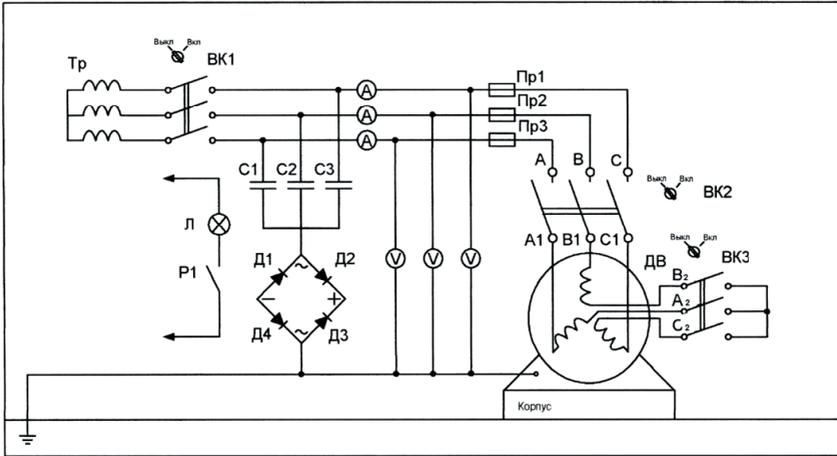


Рис. 4.1. Общий вид лабораторного стенда

Вольтметры и амперметры позволяют обнаружить замыкание на землю одной из фаз. При одинаковом сопротивлении изоляции всех фаз относительно земли каждый из вольтметров будет показывать одинаковое напряжение. При глухом замыкании одной из фаз на землю она будет иметь потенциал земли, а напряжение двух других фаз будет равно линейному напряжению. Если фаза будет замкнута на землю через переходное сопротивление, то вольтметр этой фазы будет показывать напряжение меньше фазного, а два других больше фазного, но меньше линейного напряжения. На рис. 4.2, *а* показана векторная диаграмма фазных напряжений при исправной изоляции всех трех фаз, на рис. 4.2, *б* – при глухом замыкании фазы А на землю, на рис. 4.2, *в* – при замыкании фазы А на землю через переходное сопротивление.

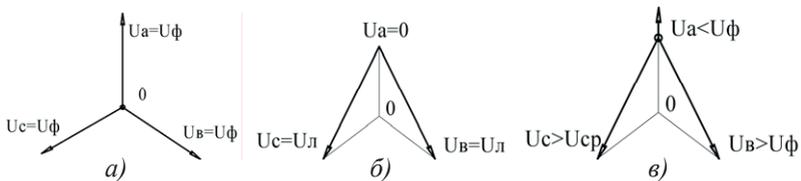


Рис. 4.2. Векторные диаграммы фазных напряжений при исправной изоляции всех фаз (*а*), при замыкании фазы А на землю (*б*), при замыкании фазы А на землю через переходное сопротивление (*в*)

Для периодического контроля изоляции проводов электрической сети на лабораторном стенде применяется прибор мегаомметр М-1101. В этом случае измерение сопротивления изоляции производится только при снятом напряжении в исследуемой электросети. Мегаомметр имеет собственный источник питания – генератор постоянного тока – и позволяет производить непосредственный отсчет показаний величины сопротивления изоляции. Мегаомметр дает правильные показания при вращении ручки генератора в пределах 90 – 150 об/мин и развивает номинальное напряжение при 120 об/мин. За сопротивление изоляции принимается показание мегаомметра через 1 мин после начала измерений.

Проверка исправности мегаомметра М-1101 проводится следующим образом: переключатель пределов измерений установить в положение «МОм», при вращении рукоятки генератора стрелка прибора должна установиться на отметку «∞» при разомкнутых зажимах «земля» и «линия» прибора и на отметку «0» при замкнутых зажимах.

Для проверки отсутствия напряжения на контрольных клеммах лабораторного стенда применяется указатель низкого напряжения МИН-1, который имеет два щупа для одновременного касания к двум фазам или к одной фазе и земле. Напряжение зажигания неоновой лампы выше 90 В.

Правила техники безопасности при выполнении работы

1. Приступать к экспериментальной части работы только после изучения методических указаний и настоящих правил.

2. Включать лабораторный стенд необходимо только после разрешения преподавателя.

3. Проверить исправность указателя низкого напряжения МИН-1 и соединительных проводов мегаомметра путем внешнего осмотра. Указатель держать только за изолированные рукоятки.

4. При использовании мегаомметра не касаться оголенных зажимов «земля» и «линия».

5. Проведение измерений мегаомметром проводить при отсутствии напряжения на стенде лабораторной работы.

Порядок выполнения

Проведение постоянного контроля изоляции участка электрической сети

1. Поставить выключатели ВК1, ВК2, ВК3 в положение «Вкл.». Загорание сигнальной лампы асимметра свидетельствует о нарушении изоляции фаз по отношению к земле.

2. Для выявления фазы с нарушенной изоляцией занести показания вольтметров и амперметров в табл. 4.1.

3. При отсутствии загорания сигнальной лампы и равных показаниях измерительных приборов табл. 4.1 не заполняется.

4. Поставить выключатели ВК1, ВК2, ВК3 в положение «Выкл.».

5. По данным измерений сделать вывод о наличии или отсутствии замыкания на землю и вычертить соответствующую векторную диаграмму.

Таблица 4.1

Состояние изоляций по показаниям приборов постоянного контроля изоляции

Прибор	Показания		
	Фаза А	Фаза В	Фаза С
Вольтметр, В			
Амперметр, А			

Выводы:

Периодический контроль изоляции

1. Проверить исправность указателя низкого напряжения МИН-1 путем подключения его к электрической розетке. Загорание лампочки в ручке указателя свидетельствует о его исправности.

2. Поставить выключатели ВК1, ВК2, ВК3 в положение «Выкл.».

3. Проверить отсутствие напряжения на клеммах А, В, С, А1, В1, С1, А2, В2, С2 путем подключения указателя МИН-1 поочередно к данным клеммам и к заземленной клемме «корпус» электроустановки. Загорание лампочки указателя МИН-1 свидетельствует о наличии напряжения на клеммах. В этом случае работу необходимо прекратить и обратиться к преподавателю.

4. Измерить сопротивление изоляции на участке между выключателями ВК1 и ВК2. Для этого поочередно подключить мегаомметр к контрольным клеммам А-В, А-С и С-В. При вращении рукоятки генератора величина сопротивления изоляции фиксируется по шкале прибора напротив установившегося положения стрелки с учетом выбранного диапазона измерений «кОм» или «МОм». Результаты измерений занести в табл. 4.2.

5. Измерить сопротивление изоляции между каждым из фазных проводов и землей (корпусом). Для этого зажим «земля» мегаомметра соединить с клеммой «корпус» на стенде, а второй зажим «линия» поочередно соединять с клеммами А, В, С. Результаты измерений занести в табл. 4.2.

6. По измеренным значениям сопротивлений изоляции сделать выводы о ее состоянии, сравнивая их с допустимыми значениями в табл. 4.5.

Таблица 4.2

Состояние изоляции на участке электрической сети

Сопротивление изоляции электрической сети по норме	Фактическое сопротивление изоляции					
	между проводами каждой фазы			между землей и фазным проводом		
	А-В	А-С	В-С	А-К	В-К	С-К

Выводы:

Определение состояния изоляции обмоток статора асинхронного электродвигателя

1. Для проведения измерений выключатели ВК1, ВК2 и ВК3 поставить в положение «Выкл.».

2. Определить состояние изоляции между фазными обмотками статора. Для этого поочередно подключать мегаомметр к клеммам А1-В1, А1-С1 и В1-С1. Результаты измерений занести в табл. 4.3.

3. Определить состояние изоляции обмоток статора по отношению к корпусу. Для этого зажим «земля» мегаомметра соединять с клеммой «корпус» на стенде лабораторной работы, а зажим «линия» поочередно соединять с клеммами А1, В1, С1. Результаты измерений занести в табл. 4.3.

4. Сравнить полученные значения сопротивления изоляции с допустимыми в табл. 4.5, сделать выводы о ее состоянии.

Таблица 4.3

Состояние изоляции фазных обмоток статора электродвигателя

Допустимое сопротивление изоляции обмоток двигателя	Фактическое сопротивление изоляции					
	между фазными обмотками статора			между корпусом и фазной обмоткой		
	A1-B1	A1-C1	B1-C1	A1-K	B1-K	C1-K

Выводы:

Проверка исправности обмоток статора электродвигателя

1. Выключатели ВК1, ВК2, ВК3 должны оставаться в положении «Выкл».

2. Поочередно присоединить мегаомметр к клеммам А1-А2, В1-В2, С1-С2. Показания мегаомметра занести в табл. 4.4.

3. По данным измерений сделать выводы о наличии или отсутствии обрывов в фазных обмотках электродвигателя.

Таблица 4.4

Проверка обмоток статора электродвигателя на обрыв

Показания прибора мегаомметра, МОм		
Фаза А	Фаза В	Фаза С

Выводы:

Таблица 4.5

Минимально допустимое сопротивление изоляции электроустановок аппаратов, вторичных цепей до 1000 В

Испытываемая изоляция	Сопротивление, МОм
Силовые и осветительные электропроводки	не менее 0,5
Электрические аппараты на напряжение, В:	
до 42	не менее 0,5
от 42 до 100	>>
от 100 до 380	>>
свыше 380	>>

Испытываемая изоляция	Сопротивление, МОм
Бытовые стационарные электроплиты	не менее 1
Цепи, содержащие устройства с микроэлектронными элементами, рассчитанные на рабочее напряжение, В:	
свыше 60	не менее 0,5
60 и ниже	>>

Отчет о работе должен содержать

1. Схему лабораторного стенда.
2. Табл. 1 и векторную диаграмму к ней.
3. Табл. 2, 3, 4.
4. Аргументированные выводы по результатам экспериментальных данных после каждой таблицы.

Контрольные вопросы

1. Что понимают под электрической изоляцией?
2. От каких факторов зависит величина тока утечки?
3. От чего зависит обратимое и необратимое ухудшение изоляции?
4. Что влияет на величину тока, протекающего через тело человека, при однофазном включении в сеть с изолированной нейтралью?
5. Какие приборы применяются для постоянного и периодического контроля изоляции? Принцип их действия.
6. Как часто проводят периодический контроль изоляции?
7. Принцип построения векторных диаграмм напряжения в сети с неисправной изоляцией фазы.
8. Правила проверки исправности мегаомметра.
9. В каком нормативном документе приведены допустимые значения сопротивления изоляции и чему они равны?

Список рекомендуемой литературы

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) : утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 08.07.02 : ввод. в действие с 01.01.03. – М. : ЭНАС, 2003. – 480 с.

2. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей : утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 13.01.03 : ввод. в действие с 22.01.03. – М. : ЭНАС, 2006. – 304 с.

3. Охрана труда в электроустановках / под ред. Б. А. Князевско-го. – М. : Энергия, 1977. – 312 с.

4. Долин, П. А. Основы техники безопасности в электроустановках / П. А. Долин. – М. : Энергия, 1979. – 268 с.

5. Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда / П. П. Кукин [и др.]. – М. : Высш. шк., 2001. – 214 с.

Лабораторная работа № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Цель работы

1. Исследование заземления электроустановок.
2. Ознакомление с приборами контроля сопротивления заземляющего устройства и нормативными требованиями к величине сопротивления заземляющего устройства.

Общие положения

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие повреждения изоляции. Защитное заземление – простой, эффективный и широко распространенный способ защиты человека от поражения электрическим током при прикосновении к металлическим поверхностям, оказавшимся под напряжением. Обеспечивается это снижением напряжения между оборудованием, оказавшимся под напряжением, и землей до безопасной величины.

В соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.030-81 (Электробезопасность. Защитное заземление, зануление) защитное заземление электроустановок выполняется:

- при номинальном напряжении 380 В и выше переменного тока и 440 В и выше постоянного тока – во всех случаях;
- при номинальном напряжении от 42 В до 380 В переменного тока и от 110 В до 440 В постоянного тока при работах в условиях с повышенной опасностью и особо опасных по ГОСТ 12.1.013-78.

К частям, подлежащим заземлению, согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ) относятся:

- 1) корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т. п.;

- 2) приводы электрических аппаратов;
- 3) вторичные обмотки измерительных трансформаторов;
- 4) каркасы распределительных щитков, щитов управления, щитков и шкафов;
- 5) металлические конструкции распределительных устройств, металлические кабельные конструкции, металлические корпуса кабельных муфт, металлические оболочки проводов, стальные трубы электропроводки и другие металлические конструкции, связанные с установкой электрооборудования;
- 6) металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников.

Заземляющим устройством называется совокупность конструктивно объединенных заземлителей, соединенных между собой и находящихся в непосредственном соприкосновении с землей, и заземляющих проводников, соединяющих заземляемые части электроустановки с заземлителями.

Различают заземлители искусственные, предназначенные исключительно для целей заземления, и естественные – находящиеся в земле металлические предметы иного назначения.

Естественными заземлителями могут быть проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубопроводы, за исключением трубопроводов горючих или взрывчатых газов и смесей; металлические, железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в непосредственном соприкосновении с землей, свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле и т. д.

Для искусственных заземлителей применяются обычно вертикальные и горизонтальные электроды.

В качестве вертикальных электродов используются стальные трубы с толщиной стенки не менее 3,5 мм (обычно это трубы диаметром 50 – 60 мм) и уголкового сечения с толщиной полонок не менее 4 мм (обычно это уголкового сечения размер от 40х40 до 60х60 мм), длиной 2,5 – 3,0 м. Широко применяется также прутковая сталь диаметром не менее 10 мм, длиной до 10 м, а иногда и более.

Для связи вертикальных электродов и в качестве самостоятельного горизонтального электрода (соединительной полосы) применяется полосовая сталь сечением не менее 4х12 мм и сталь круглого сечения диаметром не менее 6 мм.

В качестве заземляющих проводников, предназначенных для соединения заземляемых частей с заземлителями, применяются, как правило, полосовая сталь и сталь круглого сечения. В производственных помещениях с электроустановками напряжением выше 1000 В магистрали заземления (то есть заземляющие проводники с двумя и более ответвлениями) из стальной полосы должны иметь сечение не менее 120 мм², а напряжением до 1000 В – не менее 100 мм². Допускается применение стали круглого сечения той же проводимости. Во всех случаях не требуется применения медных проводников сечением более 25 мм², алюминиевых – более 35 мм² и стальных – более 120 мм².

Соединения заземляющих проводников между собой должны обеспечивать надежный контакт и выполняться сваркой. Присоединение заземляющих проводников к заземляемым конструкциям должно быть выполнено сваркой, а присоединение к корпусам аппаратов, машин и т. п. – сваркой или надежным болтовыми соединениями. Присоединение заземляющих проводников к металлическим оболочкам кабелей и проводов следует выполнять пайкой. Каждый заземляемый элемент установки должен быть присоединен к заземлителю или заземляющей магистрали при помощи отдельного ответвления. Последовательное включение в заземляющий проводник нескольких заземляемых частей установки запрещается.

Величина сопротивления заземляющего устройства регламентируется условиями безопасности. Согласно ГОСТ 12.1.030-81 сопротивление защитного заземления в любое время года не должно превышать следующих нормативных величин.

Нормативные значения сопротивления заземляющих устройств (ГОСТ 12.1.030-81. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление)

Электроустановки до 1000 В в сети с изолированной нейтралью

В электроустановках переменного тока в сетях с изолированной нейтралью или изолированными выводами однофазного источника питания электроэнергией защитное заземление должно быть выполнено в сочетании с контролем изоляции.

Сопротивление заземляющего устройства в стационарных сетях должно быть не более 10 Ом. При удельном сопротивлении земли, большем 500 Ом·м, допускается вводить повышающие коэффициенты, зависящие от г.

Электроустановки напряжением выше 1000 В в сети с изолированной нейтралью

В электроустановках напряжением выше 1000 В в сети с изолированной нейтралью должно быть выполнено защитное заземление, при этом рекомендуется предусматривать устройства автоматического отыскания замыкания на «землю». Защиту от замыканий на «землю» рекомендуется устанавливать с действием на отключение (по всей электрически связанной сети), если это необходимо по условиям безопасности.

Наибольшее сопротивление заземляющего устройства R , Ом, не должно быть более

$$R=250/I,$$

где I – расчетная сила тока замыкания на землю, А.

При использовании заземляющего устройства одновременно для электроустановок напряжением до 1000 В

$$R=125/I.$$

Расчетная сила тока замыкания на землю должна быть определена для той из возможных в эксплуатации схемы сети, при которой сила токов замыкания на землю имеет наибольшее значение.

При удельном сопротивлении земли ρ большем 500 Ом·м допускается вводить на указанные значения сопротивлений заземляющего устройства повышающие коэффициенты, зависящие от ρ .

Расчет заземляющего устройства

Прежде чем устанавливают какое-либо заземляющее устройство, его предварительно рассчитывают. Расчет защитного заземления имеет целью определить основные параметры заземления – число, размеры и размещение одиночных заземлителей и заземляющих проводников, при которых напряжение прикосновения и шага в период замыкания фазы на заземленный корпус не превышает допустимых значений.

Сопротивление заземляющего устройства складывается из сопротивлений вертикальных заземлителей и соединяющей их полосы (горизонтального электрода) и определяется по формуле, Ом,

$$R_{з.у} = \frac{R_B R_\Gamma}{R_B \eta_\Gamma + R_\Gamma \eta_B n}, \quad (5.1)$$

где R_B – сопротивление одиночного вертикального электрода, Ом;

R_{Γ} – сопротивление соединительной полосы (горизонтального электрода), Ом;

n – количество вертикальных электродов;

$\eta_{\text{В}}$, η_{Γ} – коэффициенты использования вертикальных ($\eta_{\text{В}}$) электродов и горизонтального (η_{Γ}) полосового электрода (соединительной полосы) (табл. 5.1 и 5.2).

Таблица 5.1

Коэффициенты использования $\eta_{\text{В}}$ вертикальных электродов группового заземления (труб, уголков и т. п.) без учета полосы связи

Число заземлителей	Отношение расстояний между электродами к их длине					
	1	2	3	1	2	3
	Электроды размещены в ряд			Электроды размещены по контуру		
2	0,85	0,91	0,94	-	-	-
4	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,85
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80
10	0,59	0,74	0,81	0,56	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71

Таблица 5.2

Коэффициенты использования η_{Γ} горизонтального полосового электрода (соединительной полосы)

Отношение расстояний между вертикальными электродами к их длине	Число вертикальных электродов				
	2	4	6	10	20
Вертикальные электроды размещены в ряд					
1	0,85	0,77	0,72	0,62	0,42
2	0,94	0,80	0,84	0,75	0,56
3	0,96	0,92	0,88	0,82	0,62
Вертикальные электроды размещены по контуру					
1	-	0,45	0,40	0,34	0,27
2	-	0,55	0,48	0,40	0,32
3	-	0,70	0,64	0,56	0,45

Коэффициент использования характеризует уменьшение проводимости заземлителей вследствие их взаимного влияния. Иногда η именуется коэффициентом экранирования. Значение коэффициента использования зависит от формы, размеров и размещения электродов, входящих в заземляющее устройство, а также от их числа и расстояния между соседними электродами.

Для определения сопротивления одиночного вертикального заземлителя существует ряд формул, каждая из которых отражает сопротивление электрода определенной формы (в виде шара, полушара, трубы, стержня и т. д.). Для вертикального заземлителя в форме трубы сопротивление определяется по следующей формуле, Ом,

$$R_{\text{в}} = \frac{\rho \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h+t}{4h-t} \right)}{2\pi l}, \quad (5.2)$$

где ρ – объемное удельное сопротивление грунта, Ом·м;

l – длина электрода, м;

d – диаметр электрода, м;

h – расстояние от поверхности грунта до середины электрода, равное $0,5l+t$, м;

t – глубина заложения электрода, м.

Сопротивление горизонтального электрода или соединительной полосы заземлителя, Ом, определяют следующим образом:

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho}{2\pi L_n} \ln \frac{2L_n^2}{bt}, \quad (5.3)$$

где ρ – объемное удельное сопротивление грунта, Ом·м;

b – ширина полосы, м;

t – глубина заложения полосы, м;

L_n – длина соединительной полосы, м, которая определяется по формуле

$$L_n = a[(n-1)+(m-1)], \quad (5.4)$$

где n – количество заземлителей в контуре;

m – число рядов заземлителей;

a – расстояние между заземлителями, м.

Заземлители находятся непосредственно в грунте, и последний оказывает влияние на их сопротивление, так как сам обладает определенным сопротивлением. Электрическое сопротивление грунта характеризуется его объемным удельным сопротивлением ρ , то есть сопротивлением куба грунта с ребром длиной 1 м. Единицей объемного удельного сопротивления является Ом на метр, Ом·м.

Значение ρ земли колеблется в широких пределах от десятков до тысяч Ом·м, так как оно зависит от многих факторов, в том числе от влажности, температуры, рода грунта, степени его уплотнения и от времени года. Учитывая это, величину ρ , принимаемую при расчетах ($\rho_{\text{расч}}$), увеличивают на климатический коэффициент, Ом·м,

$$\rho_{\text{расч}} = \rho_{\text{табл}} \alpha, \quad (5.5)$$

где $\rho_{\text{табл}}$ – объемное удельное сопротивление грунта, Ом·м (табл. 5.3);
 α – климатический коэффициент (табл. 5.4).

Таблица 5.3

Приближенные значения удельных электрических сопротивлений различных грунтов ($\rho_{\text{табл}}$)

Грунт	Удельное сопротивление, Ом·м	
	при возможных пределах колебаний	при влажности 10 – 20 % к массе грунта
Глина	7 – 70	40
Суглинок	40 – 150	100
Песок	400 – 700	700
Супесок	150 – 400	300
Торф	10 – 30	20
Чернозем	9 – 53	20
Садовая земля	30 – 60	40

Таблица 5.4

Значения расчетных климатических коэффициентов
сопротивления грунта

Грунт	Глубина залегания, м	α_1	α_2	α_3
Суглинок	0,8 – 3,8	2,0	1,5	1,4
Садовая земля до глубины 0,6 м, ниже – слой глины	0 – 3	-	1,32	1,2
Гравий с примесью глины, ниже – глина	0 – 2	1,3	1,2	1,1
Известняк	0 – 2	2,5	1,51	1,2
Гравий с примесью песка	0 – 2	1,5	1,3	1,2
Торф	0 – 2	1,4	1,1	1,0
Песок	0 – 2	2,4	1,56	1,2
Глина	0 – 2	2,4	1,36	1,2

Примечание. Расчет грунта определяется по значениям:

α_1 – измерения производились при большой влажности грунта;

α_2 – измерения производились при средней влажности грунта;

α_3 – измерения проводились при сухом грунте.

Исходные данные для расчета

Для получения более точного значения сопротивления проектируемого заземляющего устройства необходимо определить объемное удельное сопротивление конкретного вида грунта экспериментальным путем. Для этой цели используют контрольный электрод. В качестве подобного электрода берут забитый в землю металлический стержень длиной 1 м и диаметром 3 см (верхний конец стержня располагается на глубине 0,8 м от уровня поверхности грунта).

Измерив сопротивление контрольного электрода ($R_{\text{контр}}$), можно определить $\rho_{\text{изм}}$, Ом,

$$\rho_{\text{изм}} = \frac{2\pi l R_{\text{контр}}}{\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h+t}{4h-t}}, \quad (5.6)$$

где $R_{\text{контр}}$ – сопротивление контрольного электрода, Ом;
 l – длина контрольного электрода, м;
 d – диаметр контрольного электрода, м;
 h – расстояние от поверхности грунта до середины электрода, равное $0,3l+t$, м;
 t – глубина заложения электрода, м.

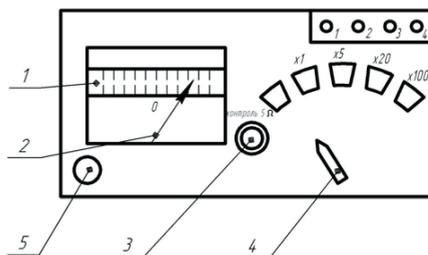
В этом случае при расчете заземляющего устройства величину удельного сопротивления грунта определяют по формуле, Ом·м

$$\rho_{\text{расч}} = \rho_{\text{изм}} \alpha. \quad (5.7)$$

Описание лабораторной установки и контрольно-измерительных приборов

В лабораторной установке используется реальное заземляющее устройство, заземляющие проводники которого соединены с клеммами для подключения контрольно-измерительных приборов М-416 (рисунок), расположенных на специальном стенде. Каждая клемма имеет соответствующее обозначение: $R_{\text{контр}}$ (контрольный электрод); $R_{\text{з.у}}$ (исследуемое заземляющее устройство); $R_{\text{зонд}}$ (зонд); $R_{\text{всп}}$ (вспомогательный электрод).

Контрольный электрод необходим для измерения объемного удельного сопротивления грунта. Зонд и вспомогательный электрод используются для измерения величины сопротивления исследуемого заземляющего устройства. Вспомогательный электрод предназначен



Прибор М-416

для образования замкнутой электрической цепи между исследуемым и вспомогательным заземлителями во всех случаях, в которых один полюс источника электрической энергии присоединен к измеряемому заземляющему устройству $R_{\text{з.у}}$, а другой – к вспомогательному заземлителю. Зонд всегда располагается на таком расстоянии, на котором потенциал грунта может быть принят равным нулю.

Действие измерителя сопротивления заземления М-416 основано на компенсационном методе. Прибор состоит из трех основных узлов:

- источника постоянного тока;
- преобразователя постоянного тока в переменный;
- измерительного устройства.

Прибор имеет специальный калибровочный резистор (реохорд) с центральной шкалой, что позволяет непосредственно отсчитывать величину измеренного сопротивления. Источники постоянного тока в приборе М-416 – три сухих элемента напряжением от 1,5 В в каждом. Прибор имеет четыре предела измерения:

- 1) от 0,1 до 100 Ом;
- 2) от 0,5 до 500 Ом;
- 3) от 2 до 200 Ом;
- 4) от 10 до 1000 Ом.

Для присоединения соединительных проводов на приборе имеются четыре зажима, которые обозначены цифрами 1, 2, 3, 4.

Прибор М-416 выполнен в переносном виде, в пластмассовом корпусе с откидной крышкой. На лицевой панели прибора расположены рукоятка реохорда, кнопка включения прибора и четыре зажима для присоединения измерительных проводов.

Порядок измерения сопротивления заземляющего устройства прибором М-416

Перед началом измерений необходимо проверить прибор на работоспособность. Для этого установить переключатель пределов измерений 4 в положение «контроль 5Ω», нажав кнопку 5, и вращением лимба реохорда 3 добиться установления стрелки 2 индикатора на нулевую отметку. На шкале 1 реохорда должно быть показание $5 \pm 0,35$ Ом (клеммы 1 и 2 должны быть соединены перемычкой).

Измерение сопротивления контрольного заземлителя $R_{\text{контр}}$

Клемму $R_{\text{контр}}$ на стенде соединить с зажимом 2 прибора. Клемму $R_{\text{зонд}}$ соединить с зажимом 3, клемму $R_{\text{всп}}$ на стенде – с зажимом 4 прибора. Зажимы 1 и 2 должны быть соединены перемычкой. Нажать кнопку 5 и, вращая лимб реохорда 3, добиться установления стрелки индикатора 2 на нулевой отметке. Результат измерения равен произведению показания шкалы реохорда 1 на множитель переключателя пределов измерения.

Измерение сопротивления заземляющего устройства $R_{з.у}$

Зажим 2 соединить с одной из двух клемм $R_{з.у}$ на стенде. Зажимы 3 и 4 должны быть соединены как и при измерении $R_{контр}$ соответственно с зажимами $R_{зонд}$ и $R_{всп}$ на стенде. Зажимы 1 и 2 прибора соединить перемычкой. Измерение провести по вышеуказанной методике.

Измерение сопротивления заземлителя $R_{заземл}$

Сопротивление заземляющего устройства состоит из сопротивления заземлителя, непосредственно соприкасающегося с грунтом, и сопротивления подводящих проводов. Для измерения сопротивления заземлителя без учета сопротивления подводящих проводов надо снять перемычку с зажимов 1 и 2 прибора. Соединить вторую не занятую клемму $R_{з.у}$ с зажимом 1. Остальные соединительные провода оставить в прежнем положении, при этом сопротивления подводящих проводов взаимно компенсируются. Значение сопротивления находится по описанной выше методике.

Исходные данные для расчета

Параллельно с измерениями рассчитать сопротивление используемого в лабораторной установке заземляющего устройства, состоящего из 6 вертикальных заземлителей трубчатого типа с наружным диаметром 50 мм, длиной 2 м. Расстояние между заземлителями – 3 м, заглубление верхнего конца трубы от поверхности грунта 0,7 м. Заземлители расположены в два ряда по три заземлителя в каждом. В качестве горизонтального заземлителя использована стальная полоса сечением 20x4 мм. Расчеты производить по формулам (5.1) – (5.6) для двух значений $\rho_{расч}$, найденного по табличным данным ($\rho_{табл}$) и экспериментально ($\rho_{изм}$).

Отчет о работе должен содержать

1. Перечень приборов, используемых в лабораторной работе с указанием принципа их действия.
2. План-схему (см. стенд. 1) заземляющего устройства.
3. Заполненную по результатам измерений табл. 5.5.
4. Заполненную по результатам расчетов табл. 5.6, в которой все расчеты должны быть приведены полностью.

5. Сравнение экспериментальных данных с расчетными и нормативными.

6. Вывод о том, для каких электроустановок можно применить данное заземляющее устройство.

Таблица 5.5

Результаты измерений сопротивления заземляющего устройства

Тип прибора	Вид измеряемого сопротивления	Величина сопротивления, Ом			Нормативное значение сопротивления, Ом (ГОСТ 12.1.030-81)
		1	2	3	
М-416	$R_{\text{конт}}$				
	$R_{\text{з.у}}$				
	$R_{\text{заземл}}$				

Таблица 5.6

Результаты расчетов сопротивления заземляющего устройства

Заземлитель	Количество электродов в конфигурации	Размеры электродов и соединительной полосы, м	Расстояние между электродами, м	Коэффициент использования горизонтального электрода, h_r	Коэффициент использования вертикального электрода, h_v	Общая длина соединительной полосы, м	Расчетная величина объемного удельного сопротивления грунта, Ом·м			Величина сопротивления, Ом
							$\rho_{\text{табл}}$	$\rho_{\text{изм}}$	$\rho_{\text{расч}}$	
С учетом $\rho_{\text{табл}}$										
Одиночный вертикальный										$R_B =$
Горизонтальный										$R_r =$
Заземляющее устройство										$R_{\text{з.у}} =$
С учетом $\rho_{\text{изм}}$										
Одиночный вертикальный										$R_B =$
Горизонтальный										$R_r =$
Заземляющее устройство										$R_{\text{з.у}} =$

Выводы:

Контрольные вопросы

1. Что такое защитное заземление? В чем его назначение?
2. От чего зависит величина сопротивления заземляющего устройства?
3. Для чего необходимо учитывать климатический коэффициент?
4. Как нормируется сопротивление заземляющего устройства?
5. Каково назначение контрольного и вспомогательного элементов, зонда?
6. Опишите принцип работы прибора М-416.

Список рекомендуемой литературы

1. ГОСТ 12.1.009-76. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения. – Введ. 1977 – 01 – 01. – М. : Изд-во стандартов, 1977. – 4 с.
2. ГОСТ 12.1.030-81. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. – Введ. 1982 – 07 – 01. – М. : Изд-во стандартов, 1981. – 7 с.
3. Долин, П. А. Основы техники безопасности в электроустановках / П. А. Долин. – М. : Энергия, 1979. – 268 с.
4. Охрана труда в электроустановках / под ред. Б. А. Князевско-го. – М. : Энергия, 1977. – 312 с.
5. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) : утв. Министерством энергетики Рос. Федерации 08.07.02 : введ. в действие с 01.01.03. – 480 с.

Лабораторная работа № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Цель работы

1. Исследование метеорологических условий на рабочих местах в производственных помещениях.
2. Изучение принципов нормирования и методов контроля параметров микроклимата.

Общие положения

ГОСТ 12.1.005 «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» – нормативные акты, устанавливающие критерии безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды его обитания и требования к обеспечению благоприятных условий его жизнедеятельности.

«Санитарные правила обязательны для соблюдения всеми государственными органами и общественными объединениями, предприятиями и иными хозяйствующими субъектами, организациями и учреждениями, независимо от их подчинённости и форм собственности, должностными лицами и гражданами» (ст. 3. Закона «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»).

В соответствии со ст. 9 и 34 Закона «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» в организациях должен осуществляться производственный контроль за соблюдением требований Санитарных правил и проведением профилактических мероприятий, направленных на предупреждение возникновения заболеваний работающих в производственных помещениях, а также контроль за

соблюдением условий труда и отдыха и выполнением мер коллективной и индивидуальной защиты работающих от неблагоприятного воздействия микроклимата.

Должностные лица и граждане, допустившие санитарное правонарушение, могут быть привлечены к дисциплинарной, административной и уголовной ответственности (ст. 27 Закона «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»).

Термины и определения

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

Рабочее место – участок помещения, на котором в течение рабочей смены или части её осуществляется трудовая деятельность. Рабочим местом может являться несколько участков производственного помещения. Если эти участки расположены по всему помещению, то рабочим местом считается вся площадь помещения.

Холодный период года – период года, характеризующийся средне-суточной температурой наружного воздуха, равной +10 °С и ниже.

Теплый период года – период года, характеризующийся среднесуточной температурой наружного воздуха выше +10 °С.

Разграничение работ по категориям осуществляется на основе интенсивности общих энергозатрат организма в ккал/ч (Вт).

Характеристика отдельных категорий работ: категории работ разграничиваются на основе интенсивности энергозатрат организма в ккал/ч (Вт).

К категории Ia относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях точного приборо- и машиностроения, на часовом, швейном производствах, в сфере управления и т.п.).

К категории Ib относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121 – 150 ккал/ч (140 – 174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий в полиграфической промышленности, на предприятиях связи, контролеры, мастера в различных видах производства и т.п.).

К категории Па относятся работы с интенсивностью энергозатрат 151 – 200 ккал/ч (175 – 232 Вт), связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения (ряд профессий в механосборочных цехах машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и т.п.).

К категории Пб относятся работы с интенсивностью энергозатрат 201 – 250 ккал/ч (233 – 290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнечных, термических, сварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий и т.п.).

К категории Пв относятся работы с интенсивностью энергозатрат более 250 ккал/ч (более 290 Вт), связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий (ряд профессий в кузнечных цехах с ручной ковкой, литейных цехах с ручной набивкой и заливкой опок машиностроительных и металлургических предприятий и т.п.).

Общие требования и показатели микроклимата

Санитарные правила устанавливают гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений с учётом интенсивности энергозатрат работающих (категории работ), времени выполнения работы, периодов года и содержат требования к методам измерения и контроля микроклиматических условий.

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

Показатели, характеризующие микроклимат в производственных помещениях:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха.

Оптимальные условия микроклимата

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и предпочтительны на рабочих местах.

Оптимальные величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений, на которых выполняются работы операторского типа, связанные с нервно-эмоциональным напряжением (в кабинах, на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и др.).

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведённым в табл. 6.1, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и тёплый периоды года.

Таблица 6.1

Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iа (до 139)	22 – 24	21 – 25	60 – 40	0,1
	Iб (140 – 174)	21 – 23	20 – 24	60 – 40	0,1
	IIа (175 – 232)	19 – 21	18 – 22	60 – 40	0,2
	IIб (233 – 290)	17 – 19	16 – 20	60 – 40	0,2
	III (более 290)	16 – 18	15 – 19	60 – 40	0,3
Тёплый	Iа (до 139)	23 – 25	22 – 26	60 – 40	0,1
	Iб (140 – 174)	22 – 24	21 – 25	60 – 40	0,1
	IIа (175 – 232)	20 – 22	19 – 23	60 – 40	0,2
	IIб (233 – 290)	19 – 21	18 – 22	60 – 40	0,2
	III (более 290)	18 – 20	17 – 21	60 – 40	0,3

Допустимые условия микроклимата

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, технически и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 6.2, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый период года.

В производственных помещениях, в которых допустимые нормативные величины показателей микроклимата невозможно установить из-за технологических требований к производственному процессу или экономически обоснованной нецелесообразности, условия микроклимата следует рассматривать как вредные и опасные. В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата используются системы местного кондиционирования воздуха, воздушное душирование, компенсация неблагоприятного воздействия одного параметра микроклимата изменением другого, спецодежда и другие средства индивидуальной защиты, помещения для отдыха, обогрева, регламентация времени работы, в частности, перерывы в работе, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, уменьшение стажа работы и др.

Для регламентации времени работы в пределах рабочей смены в условиях микроклимата с температурой воздуха на рабочих местах выше или ниже допустимых величин рекомендуется руководствоваться табл. 6.3 и 6.4.

Время работы при температуре воздуха на рабочем месте выше или ниже допустимых величин

В целях защиты работающих от возможного перегревания или охлаждения, при температуре воздуха на рабочих местах выше или ниже допустимых величин, время пребывания на рабочих местах (непрерывно или суммарно за рабочую смену) должно быть ограничено величинами, указанными в табл. 6.3 и 6.4. При этом средне-сменная температура воздуха, при которой работающие находятся в течение рабочей смены на рабочих местах и местах отдыха, не должна выходить за пределы допустимых величин температуры воздуха для соответствующих категорий работ, указанных в табл. 6.2.

Воздействие метеорологических условий на человека определяется процессом теплообмена между организмом человека и окружающей средой. В условиях производства человек должен иметь нормальный тепловой обмен с окружающей средой, то есть количество тепла, вырабатываемое организмом в единицу времени, должно быть равно количеству тепла, отдаваемого с поверхности тела человека в окружающую среду.

Человеческий организм обладает способностью терморегуляции, то есть способностью поглощать или отдавать определенное количество тепла, сохраняя при этом температуру тела почти постоянной (36,5 – 37 °С).

В случае недостаточной или избыточной теплоотдачи с поверхности тела человека в окружающую среду нарушается тепловое равновесие (баланс) и наступает перегрев или переохлаждение организма, что приводит к нарушению нормального самочувствия человека.

Комплексное воздействие на организм человека оптимальных (или допустимых) метеорологических параметров создает тепловое равновесие между телом человека и окружающей средой, обеспечивает нормальный режим терморегуляции, что исключает возможность перегрева или переохлаждения организма человека и не может отрицательно влиять на состояние здоровья человека и производительность труда.

Таблица 6.2

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

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

Таблица 6.3

Время пребывания на рабочих местах при температуре воздуха выше допустимых величин

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, ч, не более, при категориях работ		
	Ia – Iб	IIa – IIб	III
32,5	1	-	-

32,0	2	-	-
31,5	2,5	1	-
31,0	3	2	-
30,5	4	2,5	1
30,0	5	3	2
29,5	5,5	4	2,5
29,0	6	5	3
28,5	7	5,5	4
28,0	8	6	5
27,5	-	7	5,5
21,0	-	8	6
26,5	-	-	7
26,0	-	-	8

Таблица 6.4

Время пребывания на рабочих местах при температуре воздуха ниже допустимых величин

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, ч, не более, при категориях работ				
	Iа	Iб	IIа	IIб	III
6	-	-	-	-	1
7	-	-	-	-	2
8	-	-	-	1	3
9	-	-	-	2	4
10	-	-	1	3	5
11	-	-	2	4	6

Окончание табл. 6.4

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, ч, не более, при категориях работ				
	Iа	Iб	IIа	IIб	III
12	-	1	3	5	7
13	1	2	4	6	8
14	2	3	5	7	-

15	3	4	6	8	-
16	4	5	7	-	-
17	5	6	8	-	-
18	6	7	-	-	-
19	7	8	-	-	-
20	8	-	-	-	-

Описание контрольно-измерительных приборов

Для исследования метеорологических условий в производственных помещениях применяются следующие контрольно-измерительные приборы:

1. Психрометр аспирационный (психрометр Асмана) для измерения относительной влажности.

2. Анемометры (ручной крыльчатый типа АСО-3 и ручной чашечный типа МС-13) для измерения малых и больших скоростей движения воздуха в рабочей зоне и воздуховодах.

3. Кататермометр и термоанемометр для измерения малых скоростей движения воздуха в рабочей зоне.

Аспирационный психрометр Асмана типа МВ-4М (рис. 6.1) состоит из двух спиртовых термометров со шкалой от -30 до $+50$ °С. Шарик одного термометра обернут тонкой тканью (марлей, батистом). Оба термометра заключены в металлические никелированные трубки-оправы, а шарики термометров защищены от действия лучистого тепла специальными никелированными гильзами. В верхней части корпуса помещен вентилятор с электрическим или механическим приводом, который через трубки протягивает воздух с постоянной скоростью около 4 м/с, омывая термометры. При использовании психрометром подсчет относительной влажности ведется по психрометрической таблице (см. планшет).

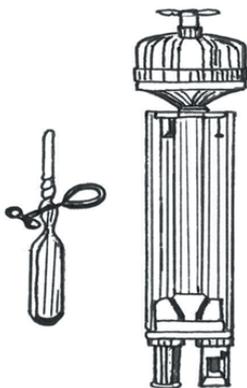
Диапазон измерений прибора МВ-4М от 10 до 100 % при температуре воздуха от -10 до $+30$ °С. Погрешность измерения от $\pm 1,5$ до ± 70 %.

Крыльчатый анемометр типа АСО-3 предназначен для измерения малых скоростей движения воздуха в пределах от 0,3 до 5 м/с (или от 1 до 10 м/с) при температуре окружающего воздуха от $+10$ до $+50$ °С. Крыльчатый анемометр состоит из небольшого лопастного

колеса с алюминиевыми пластинками, укрепленными под некоторым углом к плоскости вращения колеса, и счетного механизма.

Кататермометр (рис. 6.2) представляет собой прибор, измеряющий величину собственного охлаждения от совместного действия температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха при температуре человеческого тела. Прибор выполнен в виде спиртового термометра – стеклянной запаянной трубки с капилляром в верхней и резервуаром в нижней части. Нижний резервуар в виде шара (или цилиндра) заполнен подкрашенным спиртом, а на самой стеклянной трубке нанесены деления от $+33$ до $+40$ °С и на обратной стороне кататермометра указан фактор прибора F , $\text{Мкал}/\text{см}^2\cdot\text{с}$.

Принцип действия прибора основан на том, что тело, нагретое выше температуры окружающей среды, остывая до температуры $+33$ °С, отдает тепло в окружающую среду путем теплопроводности, конвекции и излучения. Количество тепла, теряемое прибором при его охлаждении с $+38$ до $+35$ °С, постоянно, а время охлаждения различно и зависит от температуры, влажности и скорости движения окружающего воздуха.



6.1. Аспирационный психрометр
Асмана



6.2. Кататермометр шаровой

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рис. 6.3) представляет собой изолированный объем, имитирующий рабочую зону производственного помещения, и комплект метеорологических приборов для исследования микроклимата.

Лабораторная установка состоит из вентилятора общего назначения, увлажнителя, нагревателя и метеорологических приборов: крыльчатого анемометра типа АСО-3; кататермометра и аспирационного психрометра Асмана.

Скорость движения воздуха в изолированном объеме в «рабочей зоне» создается вентилятором общего назначения и регулируется переключением режима его работы в положения: 1 и 2-я скорости. Электроувлажнитель воздуха «Комфорт» предназначен для увлажнения воздуха.

Правила техники безопасности при выполнении работы

1. Приступать к выполнению экспериментальной части лабораторной работы, только ознакомившись с настоящими правилами техники безопасности и методическими указаниями по лабораторно-практикуму.

2. Провести внешний осмотр исправности изоляции электропроводов, питающихся от сети переменного тока напряжением

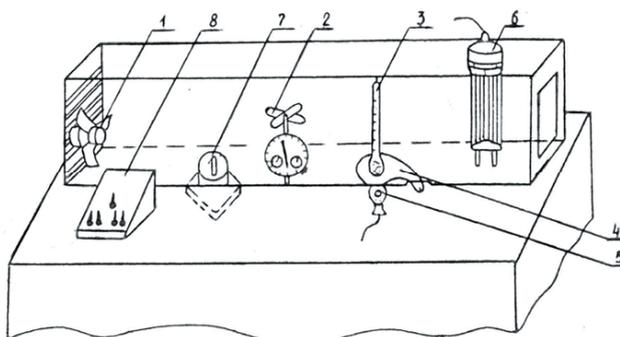


Рис. 6.3. Схема лабораторной установки:

- 1 – вентилятор общего назначения; 2 – чашечный анемометр типа МС-13; 3 – кататермометр шаровой;
- 4 – защитный экран; 5 – лампа накаливания – подогрев кататермометра; 6 – аспирационный психрометр Асмана; 7 – увлажнитель; 8 – панель управления

220 В. При обнаружении неисправности изоляции немедленно доложить преподавателю.

3. Включать контрольно-измерительные приборы в сеть, предварительно ознакомившись с их устройством и принципом действия.

4. По окончании работы отключить от сети контрольно-измерительные приборы, вентилятор и увлажнитель.

Порядок выполнения

1. Изучить устройство и принцип действия контрольно-измерительных приборов.

2. Преподавателем задается категория работ и период года.

3. Произвести одновременно измерения температуры, относительной влажности воздуха психрометром и скорости движения воздуха (кататермометром и анемометром) в замкнутом пространстве лабораторной установки (см. рис. 6.3) для следующих случаев:

- вентилятор и увлажнитель выключены;
- вентилятор включен на 2-ю скорость;
- включены увлажнитель и вентилятор на 1-ю скорость.

Показания психрометра заносятся в табл. 6.5, кататермометра – в табл. 6.6, анемометра – в табл. 6.7.

Методика измерения параметров микроклимата психрометром, кататермометром, анемометром *Измерение температуры и относительной влажности психрометром*

Вынуть психрометр из зоны измерения (из гнезда лабораторной установки).

Смочить дистиллированной водой термометр, шарик которого обернут батистом.

Смачивание термометра производить, подводя к его шарiku снизу наполненную водой пипетку.

После смачивания установить прибор в зону измерения.

Включить тумблером вентилятор психрометра.

Через 4 мин при включенном вентиляторе психрометра снять показания температур «сухого» и «влажного» термометров.

По показаниям «влажного» термометра и разности показаний

«сухого» и «влажного» термометров по психрометрической таблице определить относительную влажность воздуха, %. Данные измерений занести в табл. 6.5.

Измерение скорости движения воздуха кататермометром

Включить лампу накаливания для подогрева кататермометра.

Через 4 – 5 мин, когда $\frac{1}{4}$ верхнего резервуара заполнится подкрашенным спиртом, необходимо выключить электролампу подогрева кататермометра, закрыв излучатель (электролампу) экраном.

Включить секундомер и фиксировать время спада спиртового столбика с температуры $T_1=38\text{ }^\circ\text{C}$ до температуры $T_2=35\text{ }^\circ\text{C}$.

Рассчитать разность температур

$$T=(T_1+T_2)/2 - T_{p.з},$$

где $T_1=38\text{ }^\circ\text{C}$; $T_2=35\text{ }^\circ\text{C}$; $T_{p.з}$ – температура рабочей зоны, измеренная по «сухому» термометру аспирационного психрометра Асмана.

Необходимо определить величину охлаждающего действия воздуха H (степень комфорта) как отношение фактора прибора F к времени охлаждения прибора t , то есть $H=F/t$.

Найти скорость движения воздуха (V , м/с) в рабочей зоне, исходя из отношения H/T по табличным данным (см. планшет) или по эмпирическим формулам:

$$\text{если } H/T \leq 0,6, \text{ то } V = \left(\frac{H/T - 0,2}{0,4} \right)^2 ; \quad (6.1)$$

$$\text{если } H/T \geq 0,6, \text{ то } V = \left(\frac{H/T - 0,13}{0,4} \right)^2 . \quad (6.2)$$

Данные измерений и расчетов занести в табл. 6.6.

*Измерение скорости движения воздуха
крыльчатый анемометром*

Анемометр установлен перпендикулярно к направлению движения воздушного потока. До включения анемометра необходимо снять начальные показания счетчика по трем шкалам (тысяч, сотен и единиц).

Включить арретиром крыльчатый анемометр и одновременно

секундомер.

Через 60 с анемометр и секундомер одновременно выключить и снять конечные показания счетчика.

По разности конечного и начального отсчетов определить число делений в 1 с.

По тарировочному графику (рис. 6.4) определить скорость движения воздуха (V , м/с).

Данные измерений занести в табл. 6.7.

Итоги всех измерений занести в табл. 6.8.

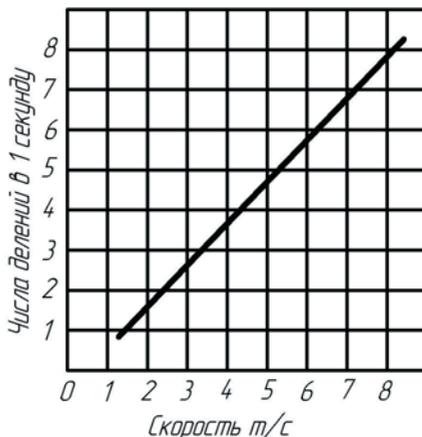


Рис. 6.4. График перевода показаний счетчика чашечного анемометра в показания скорости движения воздуха

Отчет по работе должен содержать

1. Табл. 6.5; 6.6; 6.7; 6.8 результатов исследования параметров микроклимата.

2. Итоговую табл. 6.8 параметров микроклимата на обследуемом объекте.

3. Оценку условий работы для всех экспериментов на основе сравнительного анализа фактических и нормативных значений параметров микроклимата.

В случае, когда параметры микроклимата не соответствуют оптимальным или допустимым условиям работы, указать время пребывания на рабочих местах, пользуясь рекомендациями, приведёнными в табл. 6.3 и 6.4.

Таблица 6.5

Измерение температуры воздуха и относительной влажности психрометром

Условия проведения измерений	Показания психрометра t , °С		Фактические измеренные параметры микроклимата		Допустимые параметры микроклимата		
	Сухого термометра	Влажного термометра	Температура воздуха, °С, в рабочей зоне	Относительная влажность, %	Категория работ и период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %
Вентилятор и увлажнитель выключить							
Включить вентилятор на 2-ю скорость							
Включить увлажнитель и вентилятор на 1-ю скорость							

Таблица 6.6

Исследование скорости движения воздуха в рабочей зоне катодермометром

Условия эксперимента	Время спада спиртового столбика с $T_1=38$ до $T_2=35$ °С	Расчетные значения					Фактическое значение скорости движения воздуха, м/с	Категория работ и период года	Допустимые значения скорости движения воздуха, м/с
		средней температуры $\frac{T_1+T_2}{2}$, °С	температуры воздуха в рабочей зоне $T_{рз}$ (из табл. 6.5), °С	$T = \frac{T_1+T_2}{2} - T_{рз}$, °С	фактора прибора, F	$H = F/t$			
Вентилятор и увлажнитель выключить					615				
Включить вентилятор на 2-ю скорость					615				
Включить увлажнитель и вентилятор на 1-ю скорость					615				

Таблица 6.7

Исследование скорости движения воздуха анемометром типа АСО-3

Условия эксперимента	Показания счетчика		Разность показаний по счетчику	Продолжительность замера, с	Скорость движения воздуха (по графику) V , м/с
	начальные	конечные			
Выключить вентилятор и увлажнитель					
Включить вентилятор на 2-ю скорость					
Включить увлажнитель и вентилятор на 1-ю скорость					

Таблица 6.8

Итоговая таблица результатов исследования параметров микроклимата в производственном помещении

Условия эксперимента	Фактические значения			Категория работ и период года	Допустимые значения			Оптимальные значения			Условия работы
	температура воздуха, °С	относительной влажности, %	скорости движения воздуха, м/с		температура воздуха, °С	относительной влажности, %	скорости движения воздуха, м/с	температура воздуха, °С	относительной влажности, %	скорости движения воздуха, м/с	
Вентилятор и увлажнитель включены											
Вентилятор включен на 1-ю скорость											
Вентилятор включен на 2-ю скорость											

Контрольные вопросы

1. Что понимается под микроклиматом?

2. Какова степень воздействия метеорологических условий (микроклимата) на организм человека?

3. Дать понятие терморегуляции и способов отдачи тепла телом человека в воздушную среду.

4. Какой среднесуточной температурой характеризуется холодный период года?

5. Какой среднесуточной температурой характеризуется теплый период года?

6. На чем основывается разграничение работ по категориям (Iа, б; IIа, б; III)?

7. Каковы назначение, устройство, принцип действия, порядок снятия показаний и диапазоны измерений контрольно-измерительных приборов?

8. Постановить задачу исследования метеорологических условий и описать лабораторную установку.

9. Порядок выполнения лабораторной работы.

10. Методика исследования параметров микроклимата (температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха).

11. Нормирование допустимых и оптимальных параметров микроклимата.

12. По каким критериям установлены оптимальные и допустимые микроклиматические условия?

Список рекомендуемой литературы

1. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Введ. 1989 – 01 –01. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 48 с.

2. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – Введ. 1996 – 10 –01. – М. : Изд-во стандартов, 1996. – 8 с.

Лабораторная работа № 7

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВИБРАЦИЙ

Цель работы

1. Исследование параметров вибрации.
2. Ознакомление с приборами измерения вибрации, нормативными требованиями к параметрам вибрации и расчетам эффективности виброизоляции.

Общие положения

В соответствии с ГОСТ 24346-80 ССТ СЭВ 1926-79 «Вибрация. Термины и определения» под вибрацией понимается движение точки или механической системы, при котором происходит поочередное возрастание и убывание во времени значений по крайней мере одной координаты. Другими словами, вибрация представляет собой механические колебания упругих тел, проявляющиеся в периодическом перемещении центра тяжести или оси симметрии этих тел в пространстве, а для веществ, находящихся в жидком агрегатном состоянии или сыпучих, и в периодическом изменении формы, отличающейся от формы в статическом состоянии.

Общими характеристиками всех видов колебаний, в том числе и механических, являются амплитуда и частота. Специфические характеристики вибрации – колебательное перемещение, или виброперемещение (a); колебательная скорость, или виброскорость (V); и колебательное ускорение или виброускорение (ω).

Организм человека способен воспринимать широкий диапазон параметров вибрации, изменяющийся в $10^8 \dots 10^7$ раз. Кроме того, исследования показали, что человек реагирует не на абсолютное изменение этих параметров, а на кратность изменения абсолютных

величин в логарифмической зависимости. В связи с этим введены относительные единицы – логарифмические уровни виброскорости L_V и виброускорения L_ω , которые определяются по формулам

$$L_V = 20 \lg V/V_0 \text{ и } L_\omega = \omega/\omega_0,$$

где V – среднеквадратичное значение виброскорости, м/с;

ω – среднеквадратичное значение виброускорения, м/с²;

V_0 – пороговое значение виброскорости, равное $5 \cdot 10^{-8}$ м/с;

ω_0 – пороговое значение виброускорения, равное $3 \cdot 10^{-4}$ м/с².

В практике виброакустических исследований весь диапазон частот разбивается на октавы – интервалы, у которых верхняя граничная частота вдвое больше нижней $f_2/f_1 = 2$. Октавная полоса характеризуется среднегеометрической частотой:

$$f_{01} = \sqrt{f_2 \cdot f_1}.$$

Среднегеометрические частоты октавных полос стандартизованы и составляют: 1; 2; 4; 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц.

Вибрация передается человеку при контакте с вибрирующей поверхностью и распространяется по телу. Наибольшее распространение вибрации по телу человека наблюдается при воздействии низкочастотных колебаний. С ростом частоты, в связи с гашением вибрации тканями тела, уменьшается зона ее распространения. Ощущение вибрации исчезает при частоте около 1500 Гц, и дальнейшее повышение частоты вызывает ощущение равномерного давления с определенной силой.

Важные факторы, способствующие проявлению вредного воздействия вибрации, – амплитуда, частота и время воздействия вибрации, а также неправильная организация рабочего процесса, нерациональный режим труда и отдыха. В результате воздействия интенсивной вибрации в организме человека возникает сложный, длительно развивающийся процесс. В течение этого периода сохраняется трудоспособность и работающие не обращаются за врачебной помощью. Однако на определенном этапе наблюдаются нарушения состояния различных органов и систем организма человека, а разрушительный процесс приобретает стойкость и малую обратимость.

Систематическое воздействие вибрации, параметры которой значительно превышают ее пороговые величины, может вызвать в организме стойкие нарушения, объединенные под общим названием – вибрационная болезнь.

По способу передачи на человека вибрация подразделяется на общую, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека, и локальную, передающуюся через руки человека. В отдельных случаях наблюдается комбинированное действие общей и локальной вибрации.

При вибрационной болезни, вызванной локальной вибрацией, характерным симптомом является нарушение нервной и сосудистой систем. Проявляются своеобразные онемения пальцев, повышенная утомляемость и боли в руках, особенно после работы и по ночам. судороги в пальцах, повышенная чувствительность к охлаждению. При воздействии общей вибрации преобладают нарушения центральной нервной системы, значительно выражены вестибулярные расстройства. У больных отмечаются приступы головокружения, непереносимость вибрации, упорные головные боли, иногда невротические реакции.

Гигиеническое нормирование вибрации производится в соответствии с ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность. Общие требования» Нормируемыми параметрами являются среднеквадратичные значения виброскорости, м/с, или ее логарифмические уровни, дБ, в октавных полосах частот в зависимости от вида вибрации и направления воздействия (классификация и направления координатных осей при воздействии вибрации; см. планшет над лабораторным стендом). Для общей вибрации виброскорость нормируется в диапазоне частот от 1 до 60 Гц, а для локальной – от 8 до 1000 Гц. Нормы приведены в графическом виде на планшете.

Методы защиты от вибрации подразделяются на коллективные и индивидуальные. К коллективным методам защиты относят: уменьшение вибрации в источнике её возникновения; виброизоляцию; вибропоглощение; виброгашение. Классификация методов и средств вибрационной защиты дана на планшете.

Первый метод наиболее радикальный и заключается в правильном выборе кинематических и технологических схем при конструировании процессов. Предпочтение отдается таким схемам, в которых динамические процессы, вызванные ударами, резкими ускорениями и тому подобным исключены или предельно снижены.

Виброизоляция заключается в уменьшении передачи колебаний от источника возбуждения защищаемому объекту. Ослабить пере-

дачу колебаний можно, устранив между ними жесткие связи с помощью упругих элементов (виброизоляторов) в виде стальных пружин, прокладок из упругих материалов, например, резины, войлока, битуминизированного войлока и т.п.

Вибропоглощение – способ уменьшения вибрации вследствие увеличения потерь энергии в системе. Это достигается чаще всего нанесением слоев упругих вязких материалов, плотно скрепленных с вибрирующими поверхностями. Наиболее эффективно использование этого метода на тонкостенных конструкциях.

Виброгашение представляет собой соединение источника возбуждения с дополнительной массой упругой связью или без нее.

К индивидуальным средствам защиты от вибрации относятся виброизолирующие перчатки или рукавицы, обувь, коврики, наколенники и налокотники.

Описание лабораторной установки

Общий вид лабораторной установки по исследованию производственной вибрации представлен на рис. 7.1.

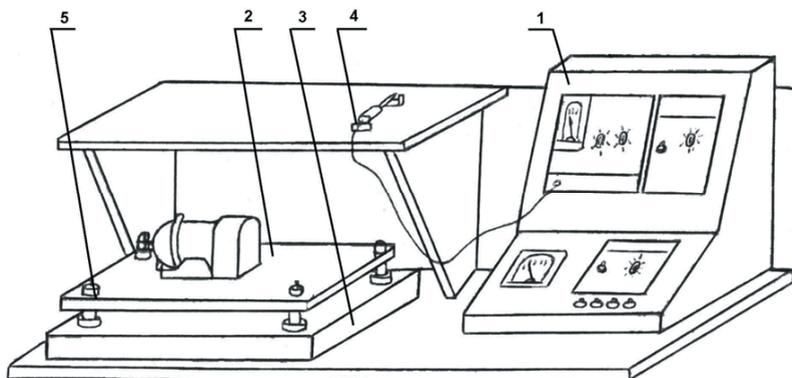


Рис. 7.1. Общий вид лабораторной установки: 1 – измерительный стенд; 2 – площадка; 3 – основание; 4 – датчик вибрации; 5 –виброизоляторы

Установка состоит из пульта управления и вибростенда. Пульт управления имеет измерительный прибор типа ВИП-2, блок октавных фильтров со среднегеометрическими частотами 2; 4; 8; 16; 31,5; 63 Гц, измерительный прибор электронного тахометра, блок пита-

ния электродвигателя и тумблеры включения пульта и приборов, измерительный прибор типа ВИП-2 позволяет измерить эффективные (действующие) значения виброскорости и амплитуду виброперемещения производственных вибраций.

Прибор имеет вибродатчик индукционного типа, который соединительным кабелем и разъемом подключается к измерительной схеме. Параметры вибрации измеряются путем установки датчика перпендикулярно контролируемой поверхности, при этом щуп датчика слегка прижимается к контролируемой поверхности. На передней панели измерительного прибора расположен стрелочный индикатор и два переключателя. Переключатель «Род работы» предназначен для включения прибора, контроля питания (при положении переключателя в этом положении стрелка индикатора должна находиться на зачерненной дуге шкалы) и выбора измеряемого параметра. В положении переключателя «мм/с» измеряется действующее значение виброскорости, в положении « $\mu\text{м}$ » – амплитуда виброперемещения. Переключатель «Пределы измерения» служит для выбора необходимого предела. Верхние цифры (1; 3; 10; 30; 100) показывают предельные значения шкалы прибора при измерении виброскорости (мм/с), а нижние (10; 30; 100; 300; 1000) – предельные значения шкалы при измерении амплитуды (мкм). Стрелочный прибор имеет верхнюю и нижнюю шкалы. Верхней пользуются при установке переключателя «Пределы измерения» в положениях 1; 10; 100; 1000, нижняя шкала необходима тогда, когда переключатель находится в положениях 3; 30; 300.

Для гигиенической оценки вибрации предусмотрен блок октавных фильтров. Для включения его в измерительную схему необходимо поставить тумблер блока в положение «ВКЛ». При исследовании виброизоляции этот тумблер должен находиться в положении «ОТКЛ». Контроль за числом оборотов электродвигателя осуществляется электронным тахометром.

Вибростенд служит для моделирования производственной вибрации (рис. 7.2). Он имеет опорную площадку и основание. На опорной площадке установлен электродвигатель, на валу которого закреплен дебаланс, закрытый защитным кожухом. Опорная площадка крепится к основанию с помощью виброизоляторов, конструкция

которых позволяет «включать» и «выключать» виброизоляцию. Для обеспечения жесткой связи опорной площадки с основанием, что соответствует «выключению» виброизоляции (рис. 7.2, а), все четыре ходовые гайки виброизоляторов необходимо вращать по часовой стрелке до упора. При этом пружины виброизоляторов сжимаются и жесткая связь осуществляется через корпус виброизоляторов. Установление упругой связи, что означает «включение» виброизоляции (рис. 7.2, б), осуществляется вращением ходовых гаек против часовой стрелки до крайнего верхнего положения.

Питание электродвигателя вибростенда выполняется от блока питания, представляющего собой десятиступенчатый стабилизатор напряжения. На передней панели блока питания имеется переключатель скорости электродвигателя.

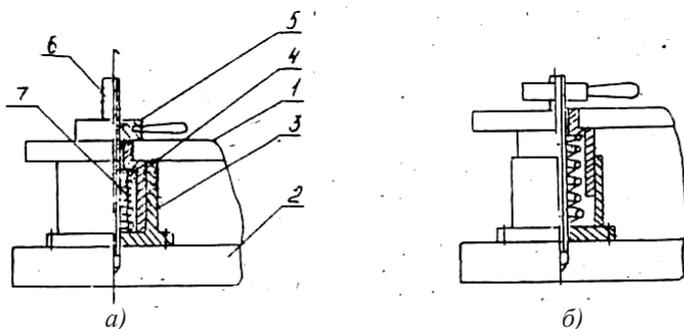


Рис. 7.2. Схема включения и выключения виброизоляции:
 а – виброизоляция «выключена», б – виброизоляция «включена»; 1 – опорная площадка, 2 – основание, 3 – корпус виброизолятора, 4 – крышка виброизолятора, 5 – ходовая гайка, 6 – ходовой винт, 7 – пружина

Правила техники безопасности при выполнении работы

1. Приступать к выполнению экспериментальной части работы только после изучения методических указаний по ее выполнению.

2. Перед включением пульта управления в сеть осмотреть все соединительные провода.

3. Запрещается работать на вибростенде с распущенными длинными волосами, в шарфах и т.п. во избежание попадания их в зону вращения диска электронного тахометра и наматывания на вал электродвигателя.

4. Не допускается загромождение лабораторного стенда посторонними предметами.

5. Все измерения производить в строгом соответствии с разделом «Порядок проведения работы».

6. При обнаружении повреждения или неисправности оборудования и электрических проводок отключить стенд и оповестить преподавателя или лаборанта.

Порядок выполнения

1. Перед выполнением работы необходимо все тумблеры пульта управления перевести в положение «Откл», переключатель «Род работы» прибора ВИП-2 поставить в положение «Откл», переключатель «Пределы измерения» – в крайнее правое положение, переключатель блока питания установить в положение «1».

2. Обеспечить жесткую связь между опорной площадкой и основанием, закручивая ходовые гайки виброизоляторов по часовой стрелке до упора.

3. Включить в сеть шнур пульта управления, включить тумблеры «Сеть», «Тахометр», «ВИП-2», «Электродвигатель».

4. Переключатель «Род работы» перевести в положение «Контроль питания», при этом стрелка прибора ВИП-2 должна находиться на зачерненной дуге шкалы. Если стрелка будет находиться в другом положении, прекратить выполнение работы и предупредить преподавателя.

5. Измерить амплитуды виброперемещения и виброскорости на первой скорости электродвигателя, переключатель «Род работы» должен находиться при этом в положениях «*m*» и «*мм/с*» соответственно. Измерения выполнять на опорной площадке и на основании показания виброметра и тахометра занести в табл. 7.1.

6. Переключателем блока питания изменить число оборотов электродвигателя и повторить измерения. Данные также занести в табл. 7.1. Измерения проводить на всех скоростях, заданных преподавателем.

7. Провести гигиеническую оценку вибрации. Для этого установить заданное преподавателем число оборотов электродвигателя, включить тумблер блока октавных фильтров и измерить значения виброскорости на основании в разных октавных полосах частот.

Данные занести в табл. 7.2. Сравнить полученные результаты с допустимыми значениями виброскорости по ГОСТ 12.1.012-90 (вид вибрации задает преподаватель).

8. Обеспечить упругую связь между опорной площадкой и основанием вибростенда, «включить» виброизоляцию.

9. Повторить пп. 5, 6 и 7.

10. Все тумблеры, переключатели лабораторной установки установить в исходное положение (см. п. 1), обеспечить жесткую связь между опорной площадкой и основанием.

11. Вычертить графики виброскорости, измеренные в разных октавных полосах частот. На этот же график нанести допустимые значения виброскорости по ГОСТ 12.1.012-90.

12. По заданию преподавателя рассчитать эффективность применяемых в лабораторной работе виброизоляторов. Расчет пружинных виброизоляторов производится в соответствии с подп. 12.1.

12.1. Рассчитать эффективность пружинных виброизоляторов.

12.1.1. Исходные данные для расчета (см. планшет лабораторного стенда):

Q – вес опорной площадки, Н;

D – средний диаметр пружины, м;

d – диаметр прутка пружины, м;

i – количество витков пружины, шт.;

N – количество виброизоляторов, шт.;

$[\tau]$ – модуль сдвига материала пружины, Па.

12.1.2. Для разных скоростей электродвигателя определить частоту вынужденных колебаний, Гц,

$$f_{vj} = n_j \cdot m / 60,$$

где n – число оборотов электродвигателя на j -й скорости, об/мин;

m – количество пар полюсов (для двигателя установки лабораторного стенда $m=1$).

12.1.3. Вычислить индекс пружины

$$\varepsilon = D / d.$$

12.1.4. Определить коэффициент жесткости пружины, Н/м,

$$K_{\text{ж}} = \frac{[\tau] \cdot d}{8 \varepsilon^3 i}.$$

12.1.5. Величина статической осадки виброизоляторов под действием веса опорной площадки определяется по формуле, м,

$$x_{ст} = Q / K_{ж} N.$$

12.1.6. Частоту собственных колебаний системы определить по формуле, Гц

$$f_0 = 0,5 / \sqrt{x_{ст}}.$$

12.1.7. Для всех скоростей двигателя вычислить отношение f_B / f_0 .

12.1.8. Коэффициент вибропередачи, показывающий долю силового воздействия, которая передается от источника к защищаемому объекту через виброизоляторы (в лабораторной работе от опорной площадки к основанию), определяется по формуле

$$\mu = \frac{1}{(f_B / f_0)^2 - 1}.$$

12.1.9. Вычислить эффективность виброизоляции, %,

$$\Xi = (1 - \mu)100.$$

12.1.10. Для всех скоростей вращения электродвигателя при «включенной» виброизоляции определить отношения виброскоростей и амплитуд виброперемещения основания и площадки:

$$(V_{осн} / V_{плоч}) \text{ и } (A_{осн} / A_{плоч}).$$

12.1.11. Результаты расчета сводятся в табл. 7.3.

Таблица 7.1

Результаты измерения виброскорости и виброперемещений

Номер скорости	Число оборотов двигателя	Виброизоляция			
		выключена		включена	
		Виброскорость, мм/с	Амплитуда, мкм	Виброскорость, мм/с	Амплитуда, мкм

Выводы:

Таблица 7.2

Санитарно-гигиеническая оценка вибрации

Режим виброизоляции		Действующее значение виброскорости, м/с в октавных полосах частот, Гц					
		2	4	8	16	31,5	63
Допустимое значение виброскорости, $V_{\text{доп}}$ (см. график на планшете)							
Выключена	V , мм/с						
	$\Delta V = V_{\text{доп}} - V$						
Включена	V , мм/с						
	$\Delta V = V_{\text{доп}} - V$						

Выводы:

Таблица 7.3

Расчет эффективности пружинных виброизоляторов

Частота			Отношение f_b/f_0	Коэффициент вибропередачи	Эффективность виброизоляции \mathcal{E} , %	Отношение $V_{\text{осн}}/$ $V_{\text{плоч}}$	Отношение $A_{\text{осн}}/$ $A_{\text{плоч}}$
вращения электродвигателя (см. табл. 7.1)	вынужденных колебаний f_b , Гц	собственных колебаний f_0 , Гц					

Выводы:

Отчет о работе должен содержать

1. Название работы и определение цели работы.
2. Общий вид лабораторной установки.
3. Табл. 7.1 и 7.2 с экспериментальными данными и необходимыми выводами.

4. Графики $V(f)$ по данным табл. 7.2.
5. Расчет эффективности виброизоляции, результаты расчета, сведенные в табл. 7.3, с выводом.

Контрольные вопросы

1. Определение и основные параметры вибрации.
2. Воздействие вибрации на организм человека. Классификация вибрации по способу передачи ее на человека.
3. Принципы нормирования вибрации.
4. Методы защиты от вибрации.
5. Описание лабораторной установки.
6. Как прибором типа ВИП-2 измеряются параметры вибраций?
7. Порядок выполнения расчета эффективности виброизоляции.
8. Порядок выполнения лабораторной работы.

Список рекомендуемой литературы

1. ГОСТ 12.1.012-90. Вибрационная безопасность. Общие требования. – Введ. 1991 – 07 – 01. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 47 с.
2. Ивович, В. А. Защита от вибрации в машиностроении / В. А. Ивович, В. Я. Онищенко. – М. : Машиностроение, 1990. – 116 с.
3. Охрана труда в машиностроении / под ред. Е. Я. Юдина, С. В. Белова. – М. : Машиностроение, 1983. – 432 с.
4. Боцул, Л. Н. Защита от шума и вибрации в промышленности / Л. Н. Боцул, С. А. Торопов. – М.: Машиностроение, 1974. – 208 с.

Лабораторная работа № 9

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Цель работы

1. Исследование искусственного освещения рабочих мест в производственных помещениях.
2. Изучение принципов нормирования, приборов и методов контроля искусственного освещения.

Общие положения

Рациональное освещение производственных помещений – одно из важнейших факторов предупреждения производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Правильно организованное освещение создает благоприятные условия труда, повышает работоспособность человека и производительность труда. Сохранность зрения человека, состояние его центральной нервной системы и безопасность на производстве в значительной мере зависят от условий освещения. Нерациональное освещение рабочих мест, напряженная зрительная работа у рабочих ряда профессий могут явиться причиной функциональных зрительных нарушений.

Часть электромагнитного спектра с длинами волн $\lambda = 760 - 400$ нм создает видимое излучение. В пределах видимой части спектра излучения различной длины волн вызывают в органах зрения человека различные световые и цветовые ощущения: от фиолетового ($\lambda = 400$ нм) до красного ($\lambda = 760$ нм) цветов. Наибольшая чувствительность зрения к излучению с длиной волны $\lambda = 555$ нм (желто-зеленый цвет) уменьшается к границам видимого спектра.

Мощность лучистой энергии, оцениваемая по производимому ею световому ощущению, называется *световым потоком* (Φ). Единица измерения – люмен (лм).

Сила света J – отношение светового потока к телесному углу, в котором он излучается. Единица – кандела (кд). Сила света – одна из основных величин в системе СИ, кд,

$$J = d\Phi/d\omega. \quad (9.1)$$

Телесный угол ω – часть пространства, заключенная внутри конической поверхности. Единица – стерadian (ср).

Освещенность E – отношение светового потока к площади, на которую он распространяется. Единица освещенности – люкс (лк):

$$E = d\Phi/dS. \quad (9.2)$$

Яркость L – отношение силы света в данном направлении к площади проекции излучающей поверхности на плоскость, перпендикулярную данному направлению. Единица яркости – кандела на квадратный метр (кд/м²):

$$L = dJ/(dS \cos \alpha). \quad (9.3)$$

Для оценки условий зрительной работы используют такие характеристики, как объект различения, фон, контраст объекта с фоном.

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

Фон – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на котором он рассматривается. Характеристика фона определяется величиной коэффициента отражения ρ_Φ (табл. 2 на стенде).

Фон считается:

светлым – при $\rho_\Phi > 0,4$;
 средним – $\rho_\Phi = 0,2 - 0,4$;
 темным – $\rho_\Phi < 0,2$.

Контраст объекта различения с фоном K определяется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта L_0 и фона L_Φ к яркости фона

$$K = |L_0 - L_\Phi| / L_\Phi. \quad (9.4)$$

Аналогично можно определить контраст через коэффициенты отражения поверхностей фона ρ_Φ и объекта ρ_0

$$K = |\rho_0 - \rho_\Phi| / \rho_\Phi. \quad (9.5)$$

Контраст считается:

большим – при $K > 0,5$;
 средним – $K = 0,2 - 0,5$;
 малым – $K < 0,2$

По СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования» искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, эвакуационное и охранное. При необходимости часть светильников того или иного вида освещения может использоваться для дежурного освещения.

Различают две системы искусственного освещения: общая (равномерного или локализованного освещения) и комбинированная (общая с добавлением местного освещения).

Искусственное рабочее освещение предусматривается для всех помещений производственных, общественных и жилых зданий. Для освещения помещений, как правило, следует использовать газоразрядные лампы низкого и высокого давления (люминесцентные, дугоразрядные (ДРЛ), металлогалогенные, натриевые). В случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности применения газоразрядных источников света допускается использовать лампы накаливания.

Величина нормативной освещенности рабочих поверхностей определяется по СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» (см. табл. 1 на стенде). Величина нормативной освещенности зависит от разряда зрительной работы (определяется наименьшим размером объекта различения в мм), подразряда зрительной работы (определяется контрастом K объекта различения с фоном и характеристикой фона) и системы освещения (комбинированное или общее освещение).

СНиП 23-05-95 устанавливает нормы освещенности для газоразрядных источников света; в случае применения ламп накаливания (необходимо специальное обоснование) нормативная величина освещенности устанавливается корректировкой норм в соответствии с примечаниями к табл. 1 (см. планшет на стенде). В нормах проектирования производственного освещения СНиП 23-05-95 кроме количественных задаются также и качественные характеристики искусственного освещения: показатели ослепленности и дискомфорта, глубина пульсации освещенности.

Приборы и методика измерений

Для исследования освещенности, создаваемой искусственными источниками света, применяется люксметр типа Ю-116. Принцип действия люксметров основан на явлении фотоэлектрического эф-

фекта. При освещении поверхности селенового фотоэлемента в замкнутой цепи, состоящей из фотоэлемента и магнитоэлектрического измерителя, возникает ток, который отклоняет подвижную часть измерителя – стрелку прибора.

Люксметр Ю-116 предназначен для измерения освещенности, создаваемой лампами накаливания и естественным светом в диапазоне от 5 до 100 000 лк.

В лабораторной работе люксметр Ю-116 используется для измерения освещенности, создаваемой лампами накаливания и люминесцентными лампами.

Люксметр Ю-116 состоит из измерителя и отдельного фотоэлемента с насадками. На передней панели измерителя имеются две кнопки переключателя и приведены пределы измерений для используемых насадок.

Шкалы прибора – неравномерные, градуированы в люксах: одна шкала имеет 100 делений (начало отсчета от 17-го деления), вторая – 30 делений (начало отсчета от 5-го деления). Начало отсчета обозначено точками.

Селеновый фотоэлемент находится в пластмассовом корпусе и присоединяется к измерителю (вилка расположена на боковой стенке корпуса) шнуром с розеткой, обеспечивающей правильную полярность соединения

Для уменьшения косинусной погрешности применяется насадка на фотоэлемент, состоящая из полусферы, выполненной из белой светорассеивающей пластмассы и непрозрачного пластмассового кольца, имеющего сложный профиль, насадка обозначена буквой К и применяется только совместно с одной из трех других насадок, имеющих обозначение М, Р, Т.

Каждая из этих трех насадок совместно с насадкой К образует три поглотителя с коэффициентом ослабления 10, 100, 1000 и применяется для расширения диапазонов измерений.

Измерение освещенности. Перед измерением на фотоэлемент, подключенный к измерителю, необходимо установить две насадки К и Т и фотоэлемент расположить в точке измерения. При нажатой правой кнопке на панели измерителя, против которой нанесены наибольшие значения диапазонов измерений кратные 10, следует пользоваться для отсчета показаний шкалой 0 – 100. При нажатой левой

кнопке, против которой нанесены наибольшие значения диапазонов измерений кратные 30, следует пользоваться шкалой 0 – 30. Показания прибора в делениях по соответствующей шкале умножают на коэффициент расчета шкалы, указанной на поверхности насадок.

При неизвестной освещенности и поиске нужного диапазона последовательно устанавливаются насадки К, Т; К, Р; К, М, и при каждой насадке сначала нажимается правая кнопка, затем – левая. При освещенности менее 30 лк измерения проводятся без насадок.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рисунок) помещена в изолированном темном помещении и состоит из планшета 7 с нанесенной на нем координатной сеткой 8, электрощита 11, двух люксметров Ю-116 (15) с фотоэлементом 13. Ручная лебедка 9 с системой блоков 2 служит для изменения высоты подвеса светильников 4 на тросе 3. Для измерения высоты подвеса светильника применяется мерная рейка 1. Светильник можно подключить к двум электрическим розеткам, в одной из которых (5) напряжение сети регулируется с помощью регулятора 17, электрощита ЩЭ в пределах от 0 до 250 В, в другой – напряжение сети 220 В. Величина регулируемого напряжения контролируется вольтметром 12. Для крепления и установки угла наклона фотоэлемента применяется специальный кронштейн 18 со шкалой от 0 до 180. На электрощитах 10 установлен выключатель освещения комнаты.

Правила техники безопасности при выполнении работы

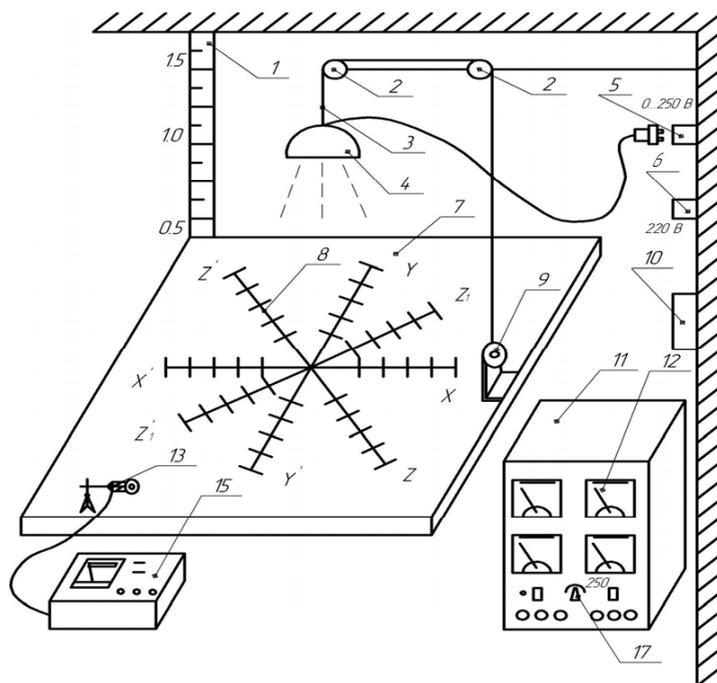
1. Приступать к выполнению экспериментальной части лабораторной работы разрешается только после изучения настоящих правил техники безопасности и методических указаний.

2. Перед включением электрических устройств (светильников, электрощитов) проведите внешний осмотр исправности электрической изоляции электропроводов, питающихся от сети 220 В. При обнаружении неисправностей (поврежденной изоляции электрических проводов) немедленно доложите об этом преподавателю.

3. Включать электроустановки допускается только с разрешения преподавателя.

4. В случае обнаружения искрения в розетках, на электрощитах, при появлении запаха горячей электропроводки немедленно выключить электрощит и доложить преподавателю.

5. По окончании работы выключить электрощит ЩЭ и общее освещение на электрощите.



Лабораторная установка*:

1 – мерная рейка; 2 – блоки; 3 – трос; 4 – исследуемый светильник; 5 – электрическая розетка с напряжением 0...250 В; 6 – розетка с напряжением 220 В; 7 – планшет; 8 – координатная сетка; 9 – лебедка; 10 – электрощит; 11 – электрощит ЩЭ; 12 – вольтметр; 13 – фотоэлемент люксметра Ю-116; 15 – люксметр Ю-116; 17 – регулятор напряжения

Порядок выполнения работы

1. Определение нормативной освещенности рабочего места

Определите характеристику и разряд зрительной работы по величине объекта различения по табл. 1 СНИП 23-05-95 (см. планшет). Величина объекта различения определяется непосредственным измерением или может быть задана преподавателем по табл. 9.1.

* Позиции 14, 16 на рисунке не показаны.

Зная материал или окраску объекта и фона по табл. 2, приведенной на планшете, определите коэффициенты ρ_o и ρ_ϕ . Используя полученные значения ρ_o и ρ_ϕ , определите характеристику фона, рассчитайте по формуле (9.5) величину контраста и дайте его характеристику.

По величине объекта различения, характеристикам фона и контраста определите нормы искусственного освещения для комбинированного и общего освещения люминесцентными лампами и лампами накаливания. Заполните табл. 9.2 и сделайте выводы.

2. Определение фактической освещенности в лаборатории

При включенном общем освещении комнаты (выключатель на электрощите 10, см. рисунок) измерьте освещенность в центре рабочего стола, выбрав для этой цели соответствующий люксметр, сравните полученное значение освещенности с нормативным (табл. 9.2) и сделайте вывод о пригодности освещения для установленного класса точности зрительной работы. Заполните табл. 9.3 с учетом данных табл. 9.8. В темное время суток дополнительно проведите измерения на рабочих столах лаборатории № 407-2 (по заданию преподавателя), результаты занесите в табл. 9.3 и сделайте вывод об освещенности лаборатории.

3. Исследование освещенности в зависимости от высоты подвеса светильника

Подвесьте исследуемый светильник (тип задается преподавателем) на трос 3 (см. рисунок) и подключите его к розетке напряжением 220 В. Включите электрощит ЩЭ, установив левый переключатель в положение «Вкл.». Выключите общее освещение выключателем на щите 10. Установите фотоэлемент люксметра в центре координатной сетки под светильником и, изменяя высоту H подвеса светильника с помощью лебедки 9, через каждые 10 см измерьте величину освещенности. По результатам измерения заполните табл. 9.4, постройте график $E=f(H)$ и сделайте выводы об изменении освещенности в зависимости от высоты подвеса светильника. Установите, при какой высоте подвеса светильника освещенность будет соответствовать нормативной.

4. Исследование влияния отраженного света на освещенность рабочей поверхности

Подвесьте светильник, заданный преподавателем, на высоте $H=1$ м и измерьте освещенность на оси X координатной сетки на рас-

стоянии 40 см от центра. На других осях координатной сетки подберите точки такой же равной освещенности и измерьте расстояние по осям. Полученные данные занесите в табл. 9.5. По полученным данным постройте кривую равной освещенности и сделайте выводы о причинах неравномерности освещения рабочей поверхности.

5. Исследование освещенности рабочего места в зависимости от напряжения питающей сети

Подвесьте исследуемый светильник с лампой накаливания на высоте $H=1,0$ м над рабочей поверхностью и подключите его к розетке 6 (см. рисунок) с регулируемой величиной напряжения U . Измерьте величину освещенности в центре стола при различных напряжениях сети. Величина напряжения устанавливается регулятором 17 электрощита ЩЭ. Полученные данные занесите в табл. 9.6 и постройте график зависимости $E=f(U)$. Сделайте вывод о зависимости. Допускаемые напряжения сети от $U_{ном} = 220$ В составляют ± 10 %. Сделайте вывод об изменении освещенности при колебаниях сети в допускаемых пределах.

6. Исследование зависимости величины отраженного светового потока от цвета отражающей поверхности

Подвесьте светильник рассеянного света на высоте $H = 60$ см. Фотоэлемент люксметра установите в центре стола на кронштейн 18 штатива светочувствительностью стороной вниз. Положите в центр стола белый экран. Измерьте отраженную освещенность (она должна лежать в пределах 200 – 300 лк, при необходимости получите указанное значение путем изменения высоты подвеса светильника). Не изменяя положения фотоэлемента и высоты подвеса светильника, измерьте отраженную освещенность от экранов, окрашенных в различные цвета. Полученные данные занесите в табл. 9.7, вычислите коэффициенты отражения поверхностей по формуле (9.6).

$$\rho = (E_{образ} / E_{белый}) 100 \%. \quad (9.6)$$

Постройте график зависимости освещенности от цвета (спектра) экранов. Сделайте вывод об отражательной способности образцов различного цвета и выводы об отражательной способности потолка, стен, оборудования в зависимости от их окраски.

Отключите светильники от сети, люксметры установите в футляры, выключите электрощит ЩЭ, приведите в порядок рабочее место и на электрощите выключите освещение комнаты.

Таблица 9.1

Варианты заданий для определения нормативной освещенности

Характеристика	Номер варианта						
	1	2	3	4	5	6	7
Величина объекта различения, мм	0,1	0,25	0,4	0,7	2,0	4,0	6,0
Материал объекта	Сталь полированная	Белая жель	Тушь черная	Алюминий матовый	Белила	Стекло оконное	Оцинкованное железо
Материал фона	Латунь необработанная	Алюминий матовый	Бумага белая	Сталь фрезерованная	Кирпич красный	Линолеум светлый	Штукатурка без побелки

Таблица 9.2

Нормативная освещенность на рабочем месте

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона	Освещенность, лк			
						Лампа			
						люминесцентная		накаливания	
						Освещение			
						комбинированное	общее	комбинированное	общее

Выводы:

Таблица 9.3

Результаты измерения искусственного освещения в лаборатории

№ п/п	Точка измерения	Измеренная освещенность	Поправочный коэффициент	Фактическая освещенность	Нормативная освещенность

Примечание. По ГОСТ 12.4.113-82 «Работы учебные лабораторные. Общие требования безопасности» нормативная освещенность на рабочих столах лаборатории составляет 300 лк, на учебной доске в вертикальной плоскости – 500 лк.

Выводы:

Таблица 9.4

Результаты исследования в зависимости от высоты подвеса светильника

№ п/п	Тип светильника	Освещенность (лк) при высоте подвеса светильника H , см										
		30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130

Выводы:

Таблица 9.5

Результаты исследования влияния отраженного света на освещенность рабочей поверхности

№ п/п	Тип светильника	Высота подвеса H , см	Освещенность E , лк	Расстояние от центра до измеряемой точки по осям, см								
				X	Y	Z	X'	Y'	Z'	Zl	Zl'	

Выводы:

Таблица 9.6

Результаты исследования освещенности в зависимости от напряжения питающей сети

№ п/п	Тип светильника	Освещенность (лк) при напряжении в сети , В										
		150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250

Выводы:

Таблица 9.7

Результаты исследования отраженной способности поверхностей, окрашенных в различные цвета

Показатель	Цвет поверхности								
	Белый	Красный	Оранжевый	Желтый	Зеленый	Голубой	Синий	Фиолетовый	Черный
Освещенность, лк									
Коэффициент отражения, %									

Выводы:

Таблица 9.8

Значения поправочных коэффициентов для различных типов ламп

Тип ламп, используемых в производственных помещениях	Поправочный коэффициент
Накаливания	1
Люминесцентная типа ЛД	0,88
Люминесцентная типа ЛБ	1,15
Накаливания	0,95
Люминесцентная типа ЛД	1,2
Люминесцентная типа ЛБ	0,8

Отчет о работе должен содержать

1. Описание принципа действия люксметра.
2. Заполненные табл. 9.2 – 9.7 и графики зависимости к ним.
3. Выводы по результатам каждого исследования.

Контрольные вопросы

1. Как влияет величина освещенности рабочих поверхностей на состояние здоровья человека?
2. Дайте определение основным светотехническим величинам.
3. Укажите виды искусственного освещения.
4. Объясните принцип нормирования искусственного освещения.
5. Каковы назначение, принцип действия, устройство люксметров?
6. Поясните порядок измерения величины освещенности люксметром типа Ю-116.
7. Укажите порядок выполнения лабораторной работы.
8. Как зависит величина освещенности рабочей поверхности от высоты подвеса светильника?
9. Как влияет отраженный от окружающих поверхностей свет на величину освещенности рабочей поверхности?
10. Как выбрать наиболее выгодную высоту подвеса светильника над рабочей поверхностью?
11. Как зависит освещенность рабочего места от величины напряжения питающей сети?
12. Как зависит величина освещенности от цвета отражающей поверхности?
13. Каковы правила техники безопасности при выполнении лабораторной работы?

Список рекомендуемой литературы

1. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования. – Введ. 1996 – 01 – 01. – М. : Минстрой, 1995. – 68 с.
2. Справочная книга для проектирования электрического освещения / под ред. Г. М. Кнорринга. – Ленинград : Энергия, 1976. – 383 с.
3. Охрана труда в машиностроении / под ред. Е. Я. Юдина, С. В. Белова. – М. : Машиностроение, 1983. – 432 с.
4. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю. Б. Айзенберга. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 414 с.

Лабораторная работа № 13

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Цель работы

1. Изучить порядок расследования, учёта и методы анализа несчастных случаев на производстве.
2. Научить студентов анализировать причины несчастных случаев на конкретном производстве и наметать мероприятия по их устранению.

Общие положения

Под термином «несчастный случай на производстве» понимают случай на производстве, в результате которого произошло воздействие на работающего опасного производственного фактора (ССБТ, ГОСТ 12.0.002-80* «Термины и определения»).

Опасный производственный фактор – это производственный фактор, воздействие которого на работающего в определённых условиях приводит к травме, острому отравлению или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья или к смерти.

Расследование и учёт несчастных случаев на производстве проводится в соответствии с нормативным документом «Положение о расследовании и учёте несчастных случаев на производстве», утверждённым постановлением Правительства Российской Федерации от 11 марта 1999 г. № 279. Согласно этому положению расследованию и учёту подлежат несчастные случаи, происшедшие на производстве с работниками и другими лицами при выполнении ими трудовых обязанностей и работ по заданию организации или индивидуального предпринимателя.

Расследуются и подлежат учёту несчастные случаи на производстве, в том числе полученные в результате нанесения телесных повреждений другим лицом; острое отравление; тепловой удар; ожог; обморожение; поражение электрическим током; молнией; излучением; укусы насекомых и пресмыкающихся; телесные повреждения; нанесённые животными; повреждения, полученные в результате взрывов, аварий, разрушения зданий, сооружений и конструкций, стихийных бедствий и других чрезвычайных ситуаций, повлекшие за собой необходимость перевода работника на другую работу, временную или стойкую утрату трудоспособности либо его смерть. Несчастные случаи расследуются и подлежат учёту, если произошли на территории организации или вне территории, а также во время, необходимое для приведения в порядок орудий производства, одежды и т.п. перед началом или по окончании работы, а также при выполнении работ в сверхурочное время, выходные и праздничные дни. Кроме того, подлежат учёту случаи, происшедшие при следовании к месту работы или с работы на предоставленном работодателем транспорте либо на личном транспорте при соответствующем договоре или распоряжении работодателя о его использовании в производственных целях. Сюда же относятся несчастные случаи, происшедшие при следовании работника к месту командировки и обратно.

После каждого несчастного случая на производстве руководитель работ обязан принять первоочередные меры, направленные на организацию первой помощи пострадавшему и на предотвращение распространения аварийной ситуации на других лиц.

Для расследования несчастного случая на производстве работодатель незамедлительно создает комиссию в составе не менее трех человек. В состав комиссии включаются специалист по охране труда (или лицо, назначенное приказом работодателя ответственным за организацию работы по охране труда), представитель работодателя и профсоюзного органа. Комиссию возглавляет работодатель или уполномоченное им лицо. Руководитель, непосредственно отвечающий за безопасность труда на участке, где произошёл несчастный случай, в состав комиссии не включается.

Для расследования группового несчастного случая на производстве, тяжёлого несчастного случая и со смертельным исходом, кроме вышеперечисленных лиц, в состав комиссии включаются государственный инспектор по охране труда, представитель органа исполнительной власти субъекта РФ или органа местного самоуправления, а также представитель территориального объединения профсоюзов.

Расследование обстоятельств и причин несчастного случая на производстве (который не является групповым и не относится к категории тяжёлых или со смертельным исходом) проводится комиссией в течение трех дней, группового несчастного случая на производстве, тяжёлого и со смертельным исходом – в течение 15 дней.

По каждому несчастному случаю на производстве, вызвавшему необходимость перевода работника в соответствии с медицинским заключением на другую работу, потерю трудоспособности работника на срок не менее одного дня либо его смерть, оформляется акт о несчастном случае на производстве по форме Н-1 в двух экземплярах согласно прил. 1. По результатам расследования группового несчастного случая на производстве, тяжёлого и со смертельным исходом комиссия составляет акт о расследовании по форме согласно прил. 2. В указанных актах должны быть подробно изложены обстоятельства и причины несчастного случая, а также указаны лица, допустившие нарушения требований по охране труда.

Работодатель в 3-дневный срок после утверждения акта по форме Н-1 обязан выдать один экземпляр указанного акта пострадавшему, 2-й экземпляр акта вместе с материалами расследования хранится в течение 5 лет в организации по основному месту работы пострадавшего.

Акт о расследовании группового несчастного случая на производстве, тяжёлого и со смертельным исходом вместе с копией акта по форме Н-1 председатель комиссии направляет в прокуратуру, в Федеральную государственную инспекцию труда и федеральный орган исполнительной власти по ведомственной принадлежности.

Каждый несчастный случай на производстве включается в статистический отчёт о временной нетрудоспособности и травматизме на производстве – годовая статистическая форма № 7 – травматизм, утверждённая постановлением Госкомстата России от 18.06.99 г. № 42 (прил. 3).

Акты, составленные на производстве, анализируются администрацией или работодателем. Существуют следующие методы анализа несчастных случаев на производстве: статистический, групповой, топографический, монографический. Наибольшее распространение получил **статистический**. Согласно этому методу акты по форме Н-1 за определённый период времени группируются по следующим признакам: по возрасту, полу, стажу работы, в том числе по данной профессии, виду оборудования, причинам, времени года и суток. Данный метод позволяет оценивать количественно и качественно уровни травматизма

с помощью двух относительных показателей: коэффициента частоты и коэффициента тяжести травматизма. Коэффициент частоты $K_{\text{ч}}$ исчисляется на 1000 человек среднесписочного состава работающих и определяет число несчастных случаев на 1000 работающих за отчётный календарный период на данном предприятии (за год, полугодие, квартал)

$$K_{\text{ч}} = T \cdot 1000 / P,$$

где T – количество учитываемых несчастных случаев с потерей нетрудоспособности на 1 день и более; P – среднесписочное количество работающих за определённый календарный период.

Коэффициент тяжести $K_{\text{т}}$ выражает среднее количество дней нетрудоспособности, приходящихся на один несчастный случай в отчётном периоде

$$K_{\text{т}} = D / T,$$

где D – суммарное время нетрудоспособности, выраженное в днях.

Для более объективной оценки уровня травматизма применяют показатель общего травматизма, или коэффициент нетрудоспособности, представляющий собой произведение коэффициентов частоты и тяжести:

$$K_{\text{н}} = K_{\text{ч}} K_{\text{т}} = D \cdot 1000 / P.$$

В определение указанных коэффициентов не входят случаи с тяжёлым (инвалидным) и смертельным исходом. С этой целью предлагается ввести дополнительный показатель, определяющий процентное соотношение травм этими видами исхода:

$$K_{\text{си}} = C \cdot 100 / n,$$

где C – количество случаев со смертельным и инвалидным исходами; n – общее количество несчастных случаев за отчётный период.

Групповой метод основан на повторяемости несчастных случаев независимо от тяжести повреждения. Имеющийся материал расследования распределяется по группам с целью выявления несчастных случаев, одинаковых по обстоятельствам. Это позволяет определить профессии и виды работ, на которые приходится большее количество несчастных случаев, выявить дефекты оборудования, инструмента, машин.

Топографический метод состоит в изучении причин несчастных случаев по месту их происшествия. Все несчастные случаи систематически отмечают условными знаками на планах производства работ, в результате чего наглядно видны места, где произошла травма, а также участки и цеха, требующие особого внимания, тщательного обследования и принятия профилактических мер.

Статистические методы исследования дают возможность получить картину состояния травматизма, установить его динамику, выявить определённые связи и зависимости. Однако при этом углублённо не изучаются производственные условия, при которых произошли учтённые несчастные случаи.

Монографический метод включает в себя детальное исследование всего комплекса условий, при которых произошёл несчастный случай: трудовой и технологические процессы, рабочее место, основное и вспомогательное оборудование, индивидуальные средства защиты, общие условия производственной обстановки и т.д.

В результате такого исследования выявляются не только причины несчастных случаев, но и потенциальные опасности и вредности, которые могут оказать вредное воздействие на работающих. Этот метод даёт возможность наиболее полно установить способы предупреждения травматизма и профессиональных заболеваний.

В последние годы нашёл применение метод научного прогнозирования безопасности труда. Он служит для вероятностной оценки динамики травматизма, предсказания неблагоприятных факторов новых производств и технологий и разработки для них требований безопасности. Система стандартов безопасности труда (ССБТ) предусматривает разработку методики комплексной оценки безопасности технологических процессов и оборудования на стадии проектирования, изготовления и эксплуатации.

Порядок выполнения

1. Получить у преподавателя папку с актами о несчастных случаях на производстве (форма Н-1).

2. Провести статистический анализ травматизма на предприятии в динамике за 5 лет (в сумме лет) по стажу и возрасту. Построить графики зависимости случаев травм от стажа и возраста. Сделать выводы. Результаты занести в табл. 13.1 и 13.2.

3. Провести статистический анализ производственного травматизма в динамике за каждый год в течение 5 лет по коэффициентам частоты $K_{\text{ч}}$, тяжести $K_{\text{т}}$ и коэффициенту нетрудоспособности $K_{\text{н}}$. Построить графики динамики данных коэффициентов по годам. Количество работающих на предприятии определяет преподаватель. Сделать выводы. Результаты занести в табл. 13.3.

4. По данным актов формы Н-1 заполнить форму № 7– травматизм (см. прил. 3). Сделать выводы.

5. Согласно проведённому анализу предложить методы по устранению причин производственного травматизма.

Таблица 13.1

Динамика производственного травматизма по стажу

Стаж работы, лет	Количество травмированных	Процент травмированных
до 1 года		
1 – 5		
5 – 10		
10 – 20		
> 20		

Выводы:

Таблица 13.2

Динамика производственного травматизма по возрасту

Возраст, лет	Количество травмированных	Процент травмированных
до 18		
18 – 25		
25 – 40		
40 – 50		
> 50		

Выводы:

Таблица 13.3

Динамика производственного травматизма по основным коэффициентам частоты, тяжести и нетрудоспособности

Наименование коэффициента	Год				
	1988	1989	1990	1991	1992
$K_{\text{ч}}$					
$K_{\text{т}}$					
$K_{\text{н}}$					

Выводы:

Отчёт о работе должен содержать

1. Заполненные таблицы по стажу, возрасту, коэффициенты $K_{\text{т}}$, $K_{\text{н}}$.
2. Графики, характеризующие динамику производственного травматизма.
3. Заполненную форму № 7 – травматизм за отчетный год.
4. Выводы о причинах несчастных случаев.

Контрольные вопросы

1. Что означает понятие «несчастный случай на производстве»?
2. Какие несчастные случаи на производстве подлежат расследованию и учёту?
3. Каков порядок расследования причин несчастных случаев и профзаболеваний на производстве?
4. Что представляет собой акт по форме Н-1?
5. Как проводится расследование несчастных случаев групповых, с тяжёлым и смертельным исходом?
6. Что такое статистический метод анализа производственного травматизма?
7. Что представляет собой форма № 7 – травматизм?

Список рекомендуемой литературы

1. Положение о расследовании и учёте несчастных случаев на производстве. Утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 11 марта 1999 г., № 279. – 20 с.
2. ГОСТ 12.0.002 – 80* ССБТ. Основные положения. Термины и определения. – М : Изд-во стандартов, 1980. – 15 с.
3. Безопасность жизнедеятельности / под ред. проф. С. В. Белова. – М. : Высш. шк., 1999. – 448 с. – ISBN 5-06-004171-9.
4. Пчелинцев, В. А. Охрана труда в строительстве / В. А. Пчелинцев, Д. В. Коптев, Г. Т. Орлов. – М. : Высш. шк., 1991. – 272 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

УТВЕРЖДАЮ

(подпись, ФИО работодателя)

« _____ » _____

(дата)

Печать

Форма Н-1

Один экземпляр направляется пострадавшему или его доверенному лицу

АКТ № _____

о несчастном случае на производстве

1. Дата и время несчастного случая _____

(число, месяц, год и время происшествия несчастного случая,

количество полных часов от начала работы)

2. Организация, где произошёл несчастный случай _____

(наименование и адрес, отрасль)

Наименование цеха, участка _____

3. Комиссия, проводившая расследование _____

(ФИО, должность и место работы членов комиссии)

4. Организация, направившая работника _____

(наименование, адрес)

5. Сведения о пострадавшем:

фамилия, имя, отчество _____

пол: мужской, женский _____

возраст _____

профессия (должность) _____

стаж работы, при выполнении которой произошёл несчастный случай _____

(число полных лет и месяцев)

6. Проведение инструктажей по охране труда

Вводный инструктаж _____

(число, месяц, год)

Инструктаж на рабочем месте (первичный, повторный, целевой) по профессии или виду работы, при выполнении которой произошёл несчастный случай _____

(число, месяц, год)

Обучение по виду работы, при выполнении которой произошёл несчастный случай _____

(число, месяц, год)

Проверка знаний по профессии или по виду работы, при выполнении которой произошёл несчастный случай _____

(число, месяц, год)

7. Описание обстоятельств несчастного случая _____

Виды происшествия _____

Причины несчастного случая _____

Оборудование, использование которого привело к травме _____

(наименование, тип, марка, год выпуска, предприятие-изготовитель)

Нахождение пострадавшего в состоянии алкогольного или наркотического опьянения _____
(да, нет, указать степень опьянения)

Медицинское заключение о повреждении здоровья _____

8. Лица, допустившие нарушение государственных требований по охране труда _____

(ФИО лиц с указанием нарушенных ими требований)

Организация, работниками которой являются данные лица _____

(наименование, адрес)

9. Очевидцы несчастного случая _____

(ФИО, постоянное место жительства, домашний телефон)

10. Мероприятия и сроки устранения причин несчастного случая _____

Председатель комиссии _____
(ФИО, дата)

Члены комиссии _____
(ФИО, дата)

Приложение 2

АКТ

о расследовании группового несчастного случая на производстве,
тяжелого несчастного случая на производстве, несчастного случая
на производстве со смертельным исходом

Расследование несчастного случая, происшедшего
« ___ » ___ г. в _____ час. ___ мин.

_____ (наименование организации, вышестоящего органа, отрасли)
проведено в период с « ___ » _____ г. по « ___ » _____ г.
Лица, проводившие расследование _____

_____ (ФИО, должность, место работы)

_____, составили настоящий акт.

1. Сведения о пострадавшем (ших) _____

_____ (ФИО, число, месяц и год рождения, профессия (должность) и общий стаж работы,

_____ в том числе в данной организации, семейное положение, состав семьи

_____ и сведения о членах семьи, находящихся на иждивении)

2. Краткая характеристика места происшествия (объекта), где
произошел несчастный случай _____

_____ (описание места происшествия с указанием опасных и вредных производственных

_____ факторов, оборудования, его типа, основных параметров, года изготовления и т.д.)

3. Обстоятельства несчастного случая _____

(описание действий пострадавшего и других лиц, связанных с несчастным случаем

изложение последовательности событий и т.д.)

4. Причины, вызвавшие несчастный случай _____

(указать основные причины несчастного случая, какие требования

законодательных и иных нормативных правовых актов по охране труда нарушены)

5. Мероприятия по устранению причин несчастного случая
и предупреждению повторного возникновения подобных происшествий _____

(указать содержание мероприятий, сроки выполнения и ответственных лиц)

6. Заключение лиц, проводивших расследование, о допущенных
нарушениях законодательных и иных нормативных правовых актов с
указанием лиц, их допустивших _____

7. Прилагаемые материалы расследования _____

(перечислить прилагаемые материалы)

Председатель комиссии _____

(ФИО, дата)

Члены комиссии _____

(ФИО, дата)

Приложение 3

Форма № 7 – травматизм
Утверждена постановлением Госкомитета России от 18.06.99 № 42

Федеральное государственное статистическое наблюдение

Сведения о травматизме на производстве, профессиональных заболеваниях и материальных затратах, связанных с ними за 20__ г.

Представляют	Сроки проведения
<p>юридические лица, их обособленные подразделения (по перечню, установленному органами государственной статистики):</p> <ul style="list-style-type: none"> - органу государственной статистики по месту, установленному территориальным органом Госкомстата России в республике, крае, области, городе федерального значения; - органу, осуществляющему государственное регулирование в соответствующей отрасли экономики 	25 января

Раздел 1. Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве и лиц с профессиональным заболеванием

Показатель	Номер строки	За отчётный год
Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более	01	
Из них:		
женщин	02	
подростков до 18 лет	03	

Продолжение прил 3.
Окончание таблицы

Показатель	Номер строки	За отчетный год
Из строки 01 численность пострадавших со смертельным исходом	04	
Из них:		
женщин	05	
подростков до 18 лет	06	
Число человеко-дней нетрудоспособности у пострадавших с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более, временная нетрудоспособность которых закончилась в отчетном периоде	07	
Из них женщин	08	
Численность лиц с установленным в отчетном году профессиональным заболеванием	09	

Раздел 2. Возмещение вреда, причиненного работнику трудовым увечьем или профессиональным заболеванием

Показатель	Номер строки	Всего затрат в отчетном году	Из них по зарегистрированным профессиональным заболеваниям и несчастным случаям, происшедшим в отчетном году
Затраты по возмещению вреда, причиненного работнику трудовым увечьем или профессиональным заболеванием, пострадавшему или лицам, имеющим на это право в случае смерти пострадавшего (сумма строк 17, 18, 19, 20, 21)	16		
В том числе:			
пособие по временной нетрудоспособности	17		
возмещение утраченного заработка (единовременное пособие)	18		
расходы на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию	19		

Окончание прил. 3
Окончание таблицы

Показатель	Номер строки	Всего затрат в отчетном году	Из них по зарегистрированным профессиональным заболеваниям и несчастным случаям, произошедшим в отчетном году
Другие затраты	20		
Затраты по возмещению вреда, причиненного профессиональным заболеванием (стр. 16)	21		
Возмещение морального ущерба	22		

Руководитель организации _____
(ФИО) (подпись)

Должностное лицо, ответственное
за составление формы _____
(должность) (ФИО) (подпись)

_____ «__» 20__ г.
(дата составления документа)

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Лабораторная работа № 1 ИССЛЕДОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ	4
Лабораторная работа № 2 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА	14
Лабораторная работа № 3 ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ	25
Лабораторная работа № 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК	35
Лабораторная работа № 5 ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮ- ЩЕГО УСТРОЙСТВА	45
Лабораторная работа № 6	58
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ	58
Лабораторная работа № 7 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВИБРАЦИЙ	77
Лабораторная работа № 9 ИССЛЕДОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ	88
Лабораторная работа № 13 ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ	100
ПРИЛОЖЕНИЯ	107

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»

Составители

Веселов Олег Вениаминович

Туманова Нина Ивановна

Козлов Иван Сергеевич

Ответственный за выпуск – зав. кафедрой профессор О.В. Веселов

Подписано в печать 10.10.07.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 6,74. Тираж 495 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета.

600000, Владимир, ул. Горького, 87.