

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
ГОУ ВПО «Дальневосточный государственный
университет путей сообщения МПС России»

Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Сборник лабораторных работ

Под редакцией Б.А. Мамота

Рекомендовано Дальневосточным
региональным учебно-методическим центром
в качестве учебного пособия
для студентов вузов региона

Хабаровск
Издательство ДВГУПС
2004

УДК 62-78(075.8)
ББК Ц 69.6 (2Рос)-5я73
Б 400

Рецензенты:

Кафедра «Экология и безопасность жизнедеятельности»
Хабаровского государственного технического университета
(заведующий кафедрой кандидат технических наук,
доцент *Л.П. Майорова*)

Кафедра «Общая физика» Хабаровского государственного
педагогического университета (заведующий кафедрой кандидат
физико-математических наук, профессор *П.А. Бабин*)

Начальник службы охраны труда Дальневосточной железной дороги –
филиала ОАО «РЖД» *В.К. Щербаков*

Б 400 Безопасность жизнедеятельности: Сборник лабораторных работ /
под ред. Б.А. Мамота. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2004. – 100 с.

Сборник лабораторных работ соответствует государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования направления подготовки дипломированных специалистов 656500 «Безопасность жизнедеятельности» специальности 330100 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере».

В сборник включены лабораторные работы по исследованию микроклимата, загазованности и запыленности воздушной среды, параметров шума и вибрации, естественной и искусственной освещенности, вопросам обеспечения электробезопасности.

Предназначен для студентов 4–6 курсов всех специальностей и форм обучения, изучающих дисциплину «Безопасность жизнедеятельности», а также может быть использован при изучении дисциплин «Охрана труда», «Практическая техника безопасности». Сборник полезен для студентов-дипломников, разрабатывающих раздел проекта «Вопросы безопасности», инженерно-технических работников, решающих проблемы улучшения условий труда, слушателей института переподготовки и повышения квалификации.

Авторы работ: Б.А. Мамот – № 1; К.В. Пупатенко – № 2, 9; И.М. Тесленко, Е.И. Мельник – № 3; Б.А. Мамот, И.М. Тесленко – № 4, 7, 8; В.Д. Катин – № 5; В.П. Трушкин – № 6; В.Д. Катин, А.А. Балюк – № 10; А.А. Балюк – № 11, 12.

ВВЕДЕНИЕ

Основная цель безопасности жизнедеятельности как науки – защита человека в техносфере от негативных воздействий антропогенного и естественного происхождения и создание комфортных условий жизненного процесса.

Средством достижения этой цели является получение и реализация обществом знаний и умений, направленных на уменьшение в техносфере физических, химических, биологических и иных негативных воздействий до допустимых значений в системе «человек–среда обитания».

Лабораторные работы способствуют приобретению практических навыков и умений количественно и качественно оценивать влияние негативных факторов среды обитания на человека. Лабораторные работы, представленные в сборнике, являются неотъемлемой частью курса «Безопасность жизнедеятельности» и выполняются студентами всех специальностей и форм обучения параллельно с лекционным курсом.

Цель сборника – оказать помощь в приобретении практических навыков в освоении основных разделов курса «Безопасность жизнедеятельности».

В сборнике рассмотрены и проанализированы теоретические сведения по всем приведенным лабораторным работам; изложена методика решения задач; в списке литературы приведены действующие законодательные и нормативно-технические документы, касающиеся тематики выполняемых работ; представлена справочная информация, помогающая студентам выполнить расчетную часть лабораторной работы или соответствующего раздела дипломной работы (проекта).

Лабораторная работа № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА В РАБОЧИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Цель работы:

- ознакомиться с устройством приборов;
- научиться пользоваться приборами;
- произвести измерение параметров микроклимата;
- научиться определять нормируемые параметры микроклимата в соответствии с СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»;
- сравнить полученные результаты с нормируемыми параметрами;
- сделать выводы, в которых дать оценку полученных результатов, и разработать предложения по нормализации параметров микроклимата.

1.1. Краткие теоретические сведения

Микроклимат – сочетание температуры, влажности, скорости движения, атмосферного давления воздуха и теплового излучения в рабочей зоне производственного помещения.

Нагревающий микроклимат вызывает у работников:

- накопление теплоты;
- повышение температуры тела;
- увеличение потоотделения и нарушение солевого баланса крови;
- обезвоживание организма;
- снижение производительности труда (повышение температуры по сравнению с нормой на 1°C снижает производительность труда на 2 %);
- снижение точности работ и устойчивости внимания.

Длительное действие тепловых излучений обуславливает заболевание сердечно-сосудистой системы и пищеварения, приводит к тепловому удару.

Охлаждающий микроклимат приводит:

- к спазмам периферических сосудов;
- нарушению кровообращения;
- стрессам нервной системы;
- переохлаждению тела и снижению иммунитета;
- обморожению и гибели человека.

Производственное помещение – замкнутое пространство в зданиях и сооружениях, где осуществляется трудовая деятельность людей.

Рабочая зона – пространство, ограниченное по высоте двумя метрами над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания работающих.

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

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

Категория работ по тяжести определяется по табл. 1.1.

Таблица 1.1

Категория работ по тяжести

Категория работ	Энергозатраты	
	Ккал/ч	Вт
Легкие I-а	До 120	до 139
Легкие I-б	121–150	140–171
Средние II-а	151–200	172–232
Средние II-б	201–250	233–290
Тяжелые III	>250	>290

Категория работ задается преподавателем в Ккал или Вт.

Измерение параметров микроклимата на предприятиях производится для определения следующих целей:

- льгот (выдача спецпитания, жиров, газированной воды и т. д.);
- продолжительности работы и перерывов, в том числе и для обогрева;
- права на получение средств защиты и спецодежды;
- эффективности отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха рабочей зоны;
- а также для аттестации, паспортизации и сертификации условий труда и разработки мероприятий по их нормализации.

Измерения параметров микроклимата проводятся ежегодно в начале, середине и конце холодного и теплого периодов не менее трех раз в смену (в начале, середине и конце смены).

При колебаниях параметров микроклимата, связанных с технологическими и другими причинами, измерения необходимо проводить также при наибольших и наименьших величинах нагрузок на работающих.

Измерения производят на высоте 1,0 м от пола рабочей площадки при работе сидя и на высоте 1,5 м при работах, выполняемых стоя.

Для определения разности температур по высоте рабочей зоны измерения производятся на трех уровнях относительно пола. Перепад температуры по высоте допускается до 3 °С.

Перечень приборов для исследования параметров микроклимата приведен в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Приборы для исследования параметров микроклимата

Исследуемый параметр	Единица измерения	Дискретные измерения	Измерения в течение суток (недели)
Температура воздуха	°С	Термометры ртутные спиртовые максимальные минимальные парные электронные	Термографы суточные недельные
Относительная влажность	У, %	Гигрометры Психрометры стационарные аспирационные	Гигрографы суточные недельные
Скорость движения	V, м/с	Кататермометры (0,05...2,0) Анемометры крыльчатые (0,3...5,0) чашечные (1,0...20,0) индукционные (2,0...30,0)	—
Атмосферное давление	P, мм рт.ст.	Барометры-анероиды	Барографы суточные недельные

1.2. Порядок выполнения работы

Ø Определение температуры воздуха.

Температура – физическая величина, характеризующая состояние термодинамического равновесия системы (воздуха, жидкости, твердого тела, поверхности). Часто температуру измеряют по шкале Цельсия $t^{\circ}\text{C}$, она связана с температурой по шкале Кельвина равенством $t = t^{\circ}\text{C} + 273,15 \text{ K}$.

В лабораторной работе необходимо определить температуру:

- по сухому термометру психрометра;
- в трех уровнях по высоте помещения (0,3; 1,8 и 3,0 м от пола) с помощью трехпозиционного электронного термометра.

Результаты измерений в начале и конце занятий занести в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Измерение температуры воздуха

Время измерения	Температура воздуха на высоте от пола, м			Допустимый перепад температуры по высоте
	0,3	1,8	3,0	
В начале занятия				
В конце занятия				

Ø Измерение влажности воздуха.

Влажность воздуха – содержание водяных паров в воздухе.

Различают:

– абсолютную влажность $A_{абс}$ – количество водяных паров, г, которое содержится в 1 м³ воздуха при данных условиях (температура, атмосферное давление воздуха);

– максимальную влажность $A_{макс}$ – предельное количество водяных паров, г, которое может содержаться в 1 м³ воздуха при данных условиях. Избыточное количество влаги выпадает в виде росы, инея, дождя или снега;

– относительную влажность – степень насыщенности воздуха водяными парами, %.

Измерение абсолютной влажности воздуха аспирационным психрометром производится следующим образом:

– набрать в пипетку дистиллированной воды, ввести пипетку в правую трубку психрометра и смочить батист, которым обернут термометр прибора. Через 3 секунды пипетку вынуть;

– смочив батист термометра, включить психрометр в сеть;

– записать наименьшее значение по показанию влажного термометра $T_{вл}$;

– записать показания сухого термометра $T_{сух}$.

Вычислить абсолютную влажность $A_{абс}$, г/м³, по формуле

$$A_{абс} = A_{вл.макс} - 0,5 (T_{сух} - T_{вл}) \frac{P}{755}, \quad (1.1)$$

где $A_{вл.макс}$ – максимальная влажность при наименьшем показании влажного термометра, г/м³; определяется по паспорту психрометра (прил. 1); P – барометрическое давление, мм рт. ст.

После получения всех данных определяют относительную влажность, %,

$$Y = \frac{A_{абс}}{A_{с.макс}} 100, \quad (1.2)$$

где $A_{с.макс}$ – максимальная влажность, соответствующая показанию сухого термометра, определенная по паспорту психрометра (прил. 1).

Полученное значение относительной влажности проверяют по номограмме психрометра (прил. 2). Данные расчетов и измерений заносятся в табл. 1.4.

Таблица 1.4

Определение относительной влажности
аспирационным психрометром

Высота рабочего места от пола	Барометрическое давление P , мм рт. ст.	Отсчеты термометра, °С		Максимальная влажность, г/м ³ , по термометру		Абсолютная влажность $A_{абс}$, г/м ³	Относительная влажность $У$, %	
		сухого $T_{сух}$	влажного $T_{вл}$	сухому	влажному		по номограмме	по формуле

Ø Измерение скорости движения воздуха.

Для производства замеров необходимы следующие приборы:

- анемометр чашечный, крыльчатый или индукционный;
- секундомер (или часы с секундной стрелкой);
- вентилятор с электронным регулятором мощности (ЭРМ).

Перед началом измерений в табл. 1.5 записывают показания анемометра K_1 при выключенном положении арретира (выключатель счетчиков оборотов прибора). После этого включают вентилятор, регулятор ЭРМ ставят в положение 1. Через 10...15 с арретиром включают счетчики оборотов анемометра одновременно с секундомером. По истечении 100...120 с арретир счетчиков оборотов выключают и записывают конечные показания K_2 .

Разница в отсчетах $K_2 - K_1$, деленная на время измерения, позволяет установить скорость вращения чашечек или крыльчатки анемометра. Скорость движения воздуха определяется по паспорту анемометра (прил. 3). Результаты измерений заносят в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Определение скорости движения воздуха анемометром

Положение регулятора ЭРМ	Тип анемометра	Показания счетчика анемометра		Разность показаний $K_2 - K_1$	Время измерения t , с	$\frac{K_2 - K_1}{t}$	Скорость движения воздуха, V , м/с
		до измерения K_1	после измерения K_2				
№ 1							
№ 2							
№ 3							

Ø Измеренные в процессе параметры микроклимата и определенные для данной категории работ (заданной преподавателем) оптимальные и допустимые параметры микроклимата воздуха рабочей зоны по СанПиН 2.2.4.548-96 (прил. 4) сводят в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Оценка полученных результатов

Период времени года	Категория работы (по заданию преподавателя)	Температура воздуха Т, °С			Относительная влажность У, %			Скорость движения воздуха V, м/с		
		Измеренная	Оптимальная	Допустимая	Измеренная	Оптимальная	Допустимая	Измеренная	Оптимальная	Допустимая

Ø По результатам работы следует:

- дать заключение о соответствии измеренных параметров требованиям СанПиН 2.2.4.548-96;
- предложить мероприятия по нормализации параметров микроклимата;
- определить время пребывания работника при нахождении на рабочем месте в условиях повышенной или пониженной температуры (прил. 5).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Что такое микроклимат?
2. Перечислите основные параметры микроклимата.
3. В зависимости от чего нормируются параметры микроклимата?
4. Нагревающий микроклимат, что он вызывает у работников?
5. Как действует на работающего охлаждающий микроклимат?
6. Что понимается под понятием «рабочая зона»?
7. Дайте определение рабочего места (постоянного, непостоянного).
8. Назовите приборы для измерения параметров микроклимата.
9. Объясните процесс измерения влажности воздуха.
10. Рассчитайте скорость движения воздуха в рабочей зоне производственного помещения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Изд-во стандартов.
2. ССБТ ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Изд-во стандартов, 1988.
3. Охрана труда на железнодорожном транспорте: Учеб. для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. Ю.Г. Сибарова. – М.: Транспорт, 1981.

Лабораторная работа № 2 ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ

Цель работы:

- ознакомиться с мерами безопасности, краткими теоретическими сведениями и ходом выполнения лабораторной работы;
- произвести замеры интенсивности тепловых излучений с помощью актинометра;
- исследовать эффективность защиты различных экранов;
- сделать выводы.

2.1. Краткие теоретические сведения

Значительное влияние на микроклимат производственных помещений, имеющих нагретые или раскаленные поверхности, оказывает тепловое излучение. К таким помещениям относятся котельные, кузнечные и литейные производства, мартеновские и доменные печи, хлебопекарни, цеха консервных заводов и т. д.

Тепловыми (инфракрасными) излучениями называют тепловые лучи, распространяющиеся в пространстве в виде электромагнитных волн длиной от 0,76 до 100 мкм. При поглощении этих лучей телом человека возникает тепловое облучение, величина которого зависит от следующих факторов: длины волны; интенсивности, прерывности, угла падения потока излучений; площади облучаемой поверхности организма; защитных свойств одежды и температуры воздушной среды.

Наибольшей проникающей способностью обладают короткие инфракрасные лучи с длиной волны до 1,5 мкм. Эти лучи мало поглощаются кожным покровом и глубоко проникают в ткани организма. Длинные инфракрасные лучи поглощаются поверхностью кожи. При длительном повторяющемся облучении глаз происходит помутнение хрусталика (профессиональная катаракта). Инфракрасное излучение вызывает биохимические сдвиги – образуются специфические биологически активные вещества типа цистамина, хомина, повышается уровень фосфора и натрия в

крови. Усиливается секреторная деятельность желудка, поджелудочной и слюнной желез. В центральной нервной системе развиваются тормозные процессы, уменьшается нервно-мышечная возбудимость, понижается общий обмен веществ.

Важнейшим фактором инфракрасного облучения организма является *интенсивность теплового излучения*, измеряемая в Вт/м² или в кал/(см²·мин), (1 кал/(см²·мин) = 700 Вт/м²).

Измерение интенсивности теплового излучения производится актинометром. Принцип действия актинометра основан на использовании неодинаковой лучепоглощающей способности зачерненных и блестящих полосок алюминиевой пластинки, прикрепленной через электроизолятор к спаям термобатареи. В термобатарее возникает электрический ток, пропорциональный разности температур спаев и величине тепловой радиации. Величина тока измеряется гальванометром, шкала которого проградуирована в кал/(см²·мин).

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работников [1] от источников, нагретых до темного свечения (материалы, изделия и др.), должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Допустимые величины интенсивности теплового облучения P_n поверхности тела работающих от производственных источников, нагретых до темного свечения

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, не более	
	кал/(см ² ·мин)	Вт/м ²
50 и более	0,05	35
25–50	0,1	70
Не более 25	0,14	100

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения (раскаленный или расплавленный металл, стекло, пламя и др.), не могут превышать 140 Вт/м². При этом облучению не должно подвергаться более 25 % поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

В производственных помещениях, в которых допустимые 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 необходимо использовать следующие защитные мероприятия:

- устранение источника тепловыделений путем изменения технологии;

- механизацию и дистанционное управление процессом;
- теплоизоляцию горячих поверхностей;
- водяные и воздушные завесы;
- механическую вентиляцию, в том числе системы местного кондиционирования воздуха, воздушное душирование (при интенсивности инфракрасного излучения свыше 350 Вт/м^2);
- спецодежду и другие средства индивидуальной защиты;
- регламентацию времени работы, в частности перерывы в работе, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, уменьшение стажа работы;
- соблюдение питьевого режима.

Для теплоизоляции поверхностей применяют: пенобетон, кирпич, минеральную и стеклянную вату, асбест, войлок. Защитные от тепловых излучений экраны подразделяют на теплоотражающие (например, из листов алюминия с воздушной прослойкой), теплопоглощающие (металлические щиты, облицованные огнеупорным и теплоизоляционным кирпичом, вермикулитовыми или перлитовыми плитами), теплоотводящие (металлические конструкции, охлаждаемые водой). Для защиты от инфракрасных излучений используют спецодежду из сукна с накладками из асбеста, металлизированной ткани; термостойкие спецобувь и рукавицы, широкополые войлочные шляпы; очки со светофильтрами, спектральное поглощение которых соответствует спектру лучистого потока. Существуют также спецкомбинезоны, под которые подается воздух от сети сжатого воздуха.

2.2. Порядок выполнения работы

Ø Ознакомиться с применяемой аппаратурой. Лабораторная установка состоит из рефлектора, который служит источником инфракрасных излучений; трех защитных металлических экранов: № 1 – с крупной сеткой; № 2 – с мелкой сеткой; № 3 – сплошного из фольги и актинометра.

Ø При выполнении данной лабораторной работы для предотвращения травмирования и поломки оборудования необходимо соблюдать следующие правила и меры предосторожности:

- при работе возле рефлектора во избежание возгорания следить, чтобы одежда и волосы не касались его спирали;
- для предотвращения ожогов не прикасаться к спирали, корпусу рефлектора и нагретым экранам;
- в промежутках между замерами крышка актинометра должна быть закрыта (во время замеров открытая крышка предохраняет руку от ожогов);
- для избежания поломки актинометра нельзя дотрагиваться до его приемника;
- продолжительность каждого замера должна быть не более 2–3 с, так

как при длительном нагреве температура спаев несколько выравнивается, и прибор будет давать искаженные показания.

Ø Включить рефлектор в электрическую сеть, дать ему прогреться.

Ø Измерить интенсивность теплового излучения на расстояниях 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70 см от источника излучений. При выполнении замеров актинометр необходимо устанавливать по горизонтальной оси рефлектора над соответствующим делением линейки. Плоскость приемника актинометра должна быть перпендикулярна лучистому потоку.

Ø Аналогично измерить интенсивность теплового излучения на различных расстояниях с применением поочередно трех защитных экранов, предварительно прогрев их. Результаты измерений занести в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Результаты измерений и расчетов

Расстояние от источника излучения l , см	Интенсивность теплового излучения P , кал/(см ² ·мин)				Эффективность защиты экрана γ , %		
	P_o без экрана	P_x с экраном			№ 1	№ 2	№ 3
		№ 1	№ 2	№ 3			
10							
20							
30							
40							
50							
60							
70							

Ø Выключить рефлектор и уложить актинометр в футляр.

Ø Определить эффективность защиты экранов по формуле, %,

$$\gamma = \frac{P_o - P_x}{P_o} 100, \quad (2.1)$$

где P_o и P_x – интенсивность излучения соответственно без защитного экрана и с применением экранов, кал/(см²·мин).

Полученные результаты занести в табл. 2.2.

Ø По результатам выполненных исследований построить графические зависимости интенсивности тепловых излучений без экранов и с тремя экранами в следующих координатах: по вертикали – P_o , P_x , кал/(см²·мин), по горизонтали – l , см.

Ø По заданному преподавателем типу нагретого источника и проценту облучаемой поверхности тела работника выбрать допустимую величину интенсивности теплового облучения P_H в соответствии с табл. 2.1. Нанести на график линию $P = P_H$.

Ø По результатам работы следует:

- определить наиболее эффективный экран;
- по построенному графику установить минимальное расстояние от источника тепла до рабочего места с допустимой интенсивностью инфракрасных излучений (для разных экранов и без них);
- для интенсивности тепловых излучений, превышающей допустимую величину, указать класс условий труда в соответствии с табл. 2.3 и предусмотреть комплекс защитных мероприятий.

Таблица 2.3

Классификация условий труда по интенсивности
теплового излучения для производственных помещений [2]

Единица измерения	Класс				
	вредный				опасный
	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Вт/м ²	1001-1500	1501-200	2001-2500	2501-2800	>2800
кал/(см ² ·мин)	1,43-2,14	2,15-2,85	2,86-3,57	3,58-4	>4

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Объясните принцип действия актинометра, правила работы с ним.
2. Что такое тепловое излучение? Какое действие оно оказывает на организм?
3. Что такое терморегуляция организма человека, какими способами она осуществляется?
4. Назовите пять инженерно-технических решений, позволяющих уменьшить воздействие тепловых излучений на работающего.
5. Предложите мероприятия организационного плана, позволяющие компенсировать работающему воздействие тепловых излучений, превышающих допустимый уровень.
6. Назовите нормы воздействия теплового облучения на человека.
7. Охарактеризуйте воздействие теплового облучения на работающего.
8. Охарактеризуйте термические ожоги, степени ожогов, площадь обожженной поверхности, оказание доврачебной помощи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Изд-во стандартов.
2. Р 2.2.755-99. Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредностей и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. – М.: Минздрав России, 1999.
3. Кукин, П.П. Безопасность жизнедеятельности. Производственная безопасность и охрана труда / П.П. Кукин, Н.Л. Пономарев. – М.: Высш. шк., 2001.

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГАЗОВАННОСТИ ВОЗДУХА

ЭКСПРЕССНЫМ МЕТОДОМ

Цель работы:

- изучить экспрессный метод исследования загазованности воздуха рабочей зоны производственных помещений;
- научиться пользоваться прибором для определения концентрации вредных веществ в рабочей зоне производственного помещения;
- установить количественное содержание газа в воздухе и сравнить с предельно допустимой концентрацией по ГОСТ 12.1.005-88;
- определить необходимый для ассимиляции газов воздухообмен и кратность воздухообмена;
- сделать выводы.

3.1. Краткие теоретические сведения

Воздушная среда производственных помещений содержит посторонние вещества в виде паров, газов и пыли, которые с вдыхаемым воздухом попадают в организм человека. Вещества, которые при контакте с организмом человека могут вызвать производственные травмы, профзаболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами исследования как в процессе контакта с ними, так и в отдельные периоды жизни настоящего и последующих поколений, называют вредными веществами (ВВ). Результатом воздействия ВВ могут быть отравления людей: острые или хронические.

Острые отравления являются следствием кратковременного воздействия ВВ, поступающих в организм человека в значительных количествах.

Хронические отравления развиваются в результате воздействия ВВ, поступающих в организм малыми дозами в течение длительного времени.

Наиболее опасны хронические отравления, отличающиеся стойкостью симптомов отравления и нередко приводящие к профессиональным заболеваниям.

В организм человека ВВ могут проникать через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт и даже неповрежденную кожу.

Наибольшую опасность для организма представляет проникновение токсичных веществ через органы дыхания (ингаляционный путь). Это обусловлено тем, что слизистая оболочка дыхательных органов, начиная с полости рта, носа, глотки, обладает большой всасывающей способностью. Около 95 % отравлений происходит при проникновении ВВ через дыхательную поверхность легких. Этому способствует большая поверхность легочной ткани, быстрота проникновения в кровь и отсутствие дополнительных барьеров на пути яда из вдыхаемого воздуха в различные органы и системы организма. Дополнительную роль играет повышенная легочная

вентиляция и усиление кровотока в легких при работе, особенно физической. На быстроту поступления токсических веществ из воздуха в кровь влияет их растворимость в воде, близкая к растворимости в крови.

Через желудочно-кишечный тракт с пищей и питьевой водой ВВ попадают в организм человека при нарушении правил личной гигиены. Кислая среда желудочного сока в процессе контакта с ВВ увеличивает токсичность многих химических веществ (соединения свинца, растворяясь в желудочном соке, быстро всасываются в кровь и разносятся по всему телу).

Через кожный покров проникают главным образом такие ВВ, которые хорошо растворяются в жирах и воде (соли ртути, свинца и др.). Любые повреждения кожи усиливают проникновение ВВ в организм.

Токсическое действие вредных веществ характеризуется показателями токсикометрии, в соответствии с которыми их классифицируют на чрезвычайно токсичные, высокотоксичные, умеренно токсичные и малотоксичные. Эффект токсического действия зависит от количества попавшего в организм вещества, его физических свойств, длительности поступления, химизма взаимодействия с биологическими средами (кровь, ферменты), пола, возраста, пути поступления, метеорологических условий и др.

По характеру воздействия на организм человека вредные вещества подразделяются:

- на токсические – вызывающие отравления всего организма или поражающие отдельные системы (ядовитые);
- раздражающие – вызывающие раздражение слизистых оболочек дыхательных путей, глаз, легких, кожных покровов;
- канцерогенные – вызывающие злокачественные опухоли;
- мутагенные – приводящие к нарушению генетического кода, изменению наследственности;
- сенсibilизирующие – действующие как аллергены;
- влияющие на репродуктивную (детородную) функцию.

Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ПДК) – это концентрация, мг/м^3 , которая при ежедневной работе в течение 8-часового рабочего дня или другой продолжительности рабочей смены, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдельные периоды жизни настоящего и последующих поколений (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Предельно допустимые концентрации
некоторых вредных веществ по ГОСТ 12.1.005-88

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м^3	Класс опасности
Бензин (растворитель, топливный)	100	4
Кислота серная	1	2
Кислота уксусная	5	3

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Нефть	10	3
Сероводород	10	2
Спирт изопропиловый	10	3
Хлор	1	2
Углеводороды нефти	300	4

В настоящее время контроль загрязнения (загазованности) воздушной среды подразделяется:

- на лабораторный;
- экспрессный;
- автоматический.

Для ускоренного количественного измерения концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны применяют экспрессный метод. Сущность его заключается в изменении окраски индикаторного порошка в результате реакции с вредным веществом в анализируемом воздухе, прокачиваемом через индикаторную трубку. Измерение концентрации вредного вещества производится по длине изменившего первоначальную окраску порошка в трубке. Экспресс-анализ выполняется универсальным газоанализатором типа УГ-2, который используется для установления концентраций сернистого ангидрида, ацетилена, окиси углерода, сероводородов, хлора, аммиака, окислов азота, этилового эфира, бензина, бензола, толуола, ксилола, углеводородов нефти и др.

Газоанализатор (рис. 3.1) УГ-2 состоит из воздухозаборного устройства, общего для всех исследуемых веществ, и набора индикаторных трубок.

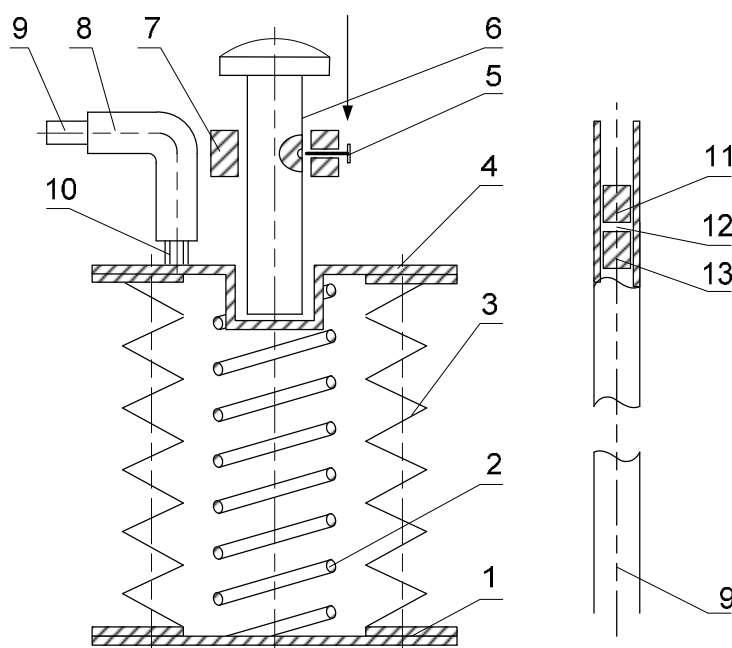


Рис. 3.1. Схема универсального газоанализатора УГ-2: 1 – нижний фланец; 2 – пружина; 3 – сильфон; 4 – верхний фланец; 5 – стопор; 6 – шток; 7 – втулка; 8 – резиновая трубка; 9 – индикаторная трубка; 10 – штуцер; 11 – пыж; 12 – вата; 13 – индикаторный порошок

Количественное определение вредных примесей в рабочих помещениях производится путем прокачивания исследуемого воздуха через индикаторную трубку. Прокачивание воздуха осуществляется с помощью воздухозаборного устройства, основной частью которого является сильфон – гофрированная резиновая трубка 3.

Верхний фланец сильфона имеет штуцер, на который надета резиновая трубка, к ней присоединяется индикаторная трубка, представляющая собой стеклянную трубку, заполненную индикаторным порошком, удерживаемым в ней с помощью тампона из ваты, уплотненного до 2–3 мм.

3.2. Порядок выполнения работы

Ø Получить заранее подготовленные соответственно анализируемому газу, название которого указано в условном объеме (сосуде) помещения, индикаторные трубки.

Ø По шкале, предназначенной для данного газа, определить объем прокачиваемого воздуха (рис. 3.2).

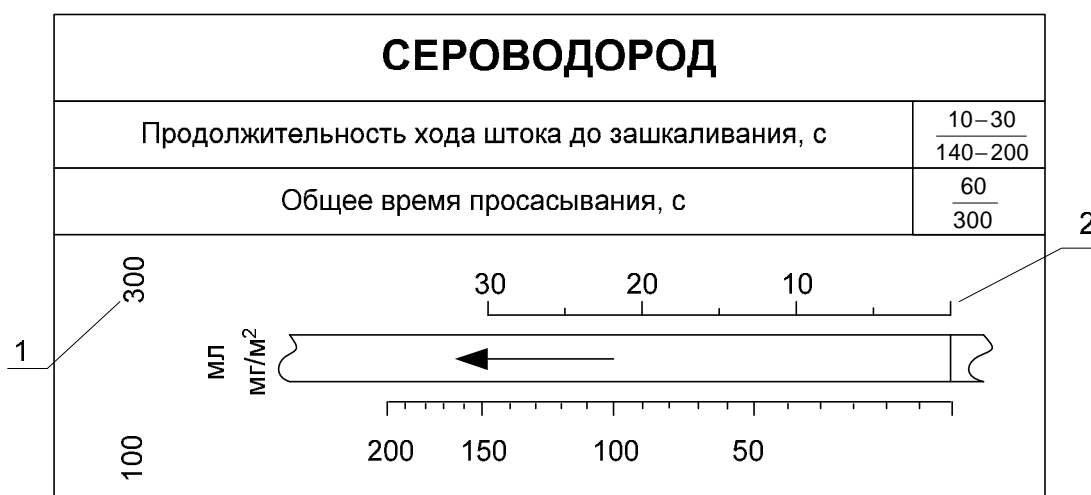


Рис. 3.2. Измерительная шкала исследуемого газа:
1 – объем прокачиваемого воздуха; 2 – индикаторная линейка

Ø Отвести стопор 2 (см. рис. 3.1) и во втулку 7 вставить шток 6 так, чтобы стопор скользил по канавке, над которой указан объем прокачиваемого воздуха. Нажать рукой на шток и сжать сильфон 3 до тех пор, пока стопор 5 не зайдет в верхнее отверстие канавки штока.

Ø Индикаторную трубку одним концом герметично соединить со свободным концом резиновой трубки 8 прибора, вторым концом – с резиновым шлангом сосуда с исследуемым воздухом.

Ø Открыть кран на трубке сосуда с исследуемым воздухом и отвести стопор 5, при этом шток 6 начнет двигаться. В это время происходит прокачивание загазованного воздуха через индикаторную трубку. После пре-

кращения движения штока необходимо сделать выдержку, так как прокачивание еще продолжается вследствие вакуума в сильфоне.

Ø Закрывать кран сосуда с исследуемым воздухом, вынуть индикаторную трубку, приложить ее к индикаторной линейке так, чтобы начало изменения окраски порошка совпало с нулевым делением шкалы, на которой обозначен объем прокачиваемого воздуха. Верхняя граница окрашенного индикаторного порошка укажет на шкале концентрацию вредного вещества C_t , мг/м³.

Ø Результат измерения концентрации вредного вещества привести к нормальным условиям C_n : температура 293 К, атмосферное давление 760 мм рт. ст., относительная влажность 60 %.

Концентрацию C_n при нормальных условиях вычисляют по формуле

$$C_n = C_t \frac{(273 + t)760}{293P} K_\phi,$$

где C_t – результат измерения концентрации вредного вещества при температуре окружающего воздуха, t °С, относительной влажности U , %, и атмосферном давлении P , мм рт. ст., мг/м³; K_ϕ – коэффициент учитывающий влияние температуры и влажности окружающего воздуха на показания индикаторных трубок, значение которого в лабораторной работе принимается равным единице.

Ø Определить величину абсолютной погрешности измерения по формуле

$$\Delta = \frac{C_n \delta}{100},$$

где δ – относительная погрешность измерения, которая не должна превышать ± 35 %, если концентрация C_n в диапазоне от 0,5 до 2,0 ПДК, и ± 25 % при концентрациях C_n , превышающих ПДК более чем в два раза.

Ø Результат измерения представить в виде $C_n \pm \Delta$, мг/м³.

Ø Составить протокол исследований по форме, приведенной ниже (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Протокол исследований

Наименование газа	Объем просасываемого воздуха, мл	Концентрация вредностей					L , м ³ /ч	N , 1/ч
		C_t	C_n	$C_n \pm \Delta$	$C_{пдк}$	$C_{пр}$		

Ø Определить воздухообмен L , необходимый для ассимиляции вредных, выделяющихся в воздух рабочей зоны, м³/ч:

$$L = \frac{G}{C_{ндк} - C_{пр}},$$

где G – количество вредного вещества, выделяющегося в помещении, мг/ч; $C_{ндк}$ – ПДК вредного вещества в помещении, мг/м³; $C_{пр}$ – концентрация исследуемых вредных в приточном воздухе, мг/м³,

$$C_{пр} = 0,3 C_{ндк}.$$

Количество вредных веществ, выделяющихся в помещении, определяется из выражения

$$G = C_n \cdot V \cdot m,$$

где V – объем принятого к расчету помещения, м³, (в лабораторной работе для одного из исследуемых газов 4800 м³); m – коэффициент, учитывающий неорганизованный воздухообмен, $m = 1$, 1/ч.

Ø Определить кратность воздухообмена

$$N = \frac{L}{V}.$$

Ø При оформлении отчета сделать общие выводы по лабораторной работе и указать класс условий труда в зависимости от содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Классификация условий труда в зависимости
от содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны
(превышение ПДК, раз)

Вредные вещества	Класс условий труда						
	1-й оптимальный	2-й допустимый	3-й вредный				4-й опасный (экстремальный)
			1-й степени (3.1)	2-й степени (3.2)	3-й степени (3.3)	4-й степени (3.4)	
Концентрация пыли	0,5 ПДК	≤ ПДК	1,1–3 ПДК	3,1–6 ПДК	6,1–10 ПДК	10,1–20 ПДК	> 20 ПДК

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какие вещества называют вредными?
2. Что может явиться результатом действия вредных веществ на орга-

низм человека?

3. Назовите пути проникновения вредных веществ в организм человека.

4. Какой путь проникновения вредных веществ в организм человека наиболее опасен и почему?

5. Как различаются вредные вещества по характеру воздействия на организм человека?

6. Дайте определение понятию «предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны».

7. Назовите группы контроля загрязнения (загазованности) воздушной среды.

8. Результаты измерения вредных веществ приводят к нормальным условиям, что это означает?

9. Где используется показатель кратности воздухообмена?

10. Охарактеризуйте классы условий труда в зависимости от содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ССБТ ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1988.

2. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. для студентов высш. учеб. заведений / С.В. Белов. – М.: Высш. шк., 1999.

3. Арустамова, Э.А. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений: В 2 ч. Ч. II / Э.А. Арустамова. – М.: Информационно-внедренческий центр «Маркетинг», 1999.

4. Р 2.2.755-99. Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. – М.: Минздрав России, 1999.

Лабораторная работа № 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ РАБОЧИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Цель работы:

– определить количественное содержание пыли в воздухе рабочих помещений;

– оценить гигиенические условия путем сравнения с предельно допустимыми концентрациями по ГОСТ 12.1.005-88;

– определить необходимый для ассимиляции вредного вещества воздухообмен;

– сделать выводы.

4.1. Краткие теоретические сведения

Пыль – это мельчайшие твердые частицы органической или неорганической природы, которые поступают в воздух и могут находиться в нем в течение длительного периода во взвешенном состоянии.

Пыль характеризуется химическим составом, размерами и формой частиц, их плотностью, электрическими, магнитными и другими свойствами. Степень измельчения пыли называется дисперсностью. Скорость оседания пыли воздуха зависит от размера частиц. Крупные частицы (более 10 мкм) относительно быстро выпадают в осадок под действием силы тяжести, более мелкие частицы падают с меньшими скоростями, преодолевая сопротивление воздушной среды (5–10 мкм), а самые мелкие (менее 5 мкм) длительное время находятся в воздухе. При вдыхании в легких человека задерживаются частицы пыли размером от 0,2 до 7 мкм.

Концентрация пыли в реальных производственных условиях может составлять от нескольких мг/м³ до сотен мг/м³. По ГОСТ 12.1.005-88 установлены предельно допустимые концентрации пыли в воздухе рабочей зоны (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Предельно допустимые концентрации некоторых вредных веществ по ГОСТ 12.1.005-88

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Кремния диоксид кристаллический при содержании в пыли от 10 до 70 % (гранит, шамот, слюда-сырец, углепородная пыль)	2	3
Кремния диоксид кристаллический при содержании в пыли от 2 до 10 % (горючие кукерентные сланцы, медносульфидные руды)	4	3
Пыль известковая	6	4
Пыль древесная	6	4
Пыль зерновая	4	3

На железнодорожном транспорте ряд производств сопровождается большим пылевыделением. Основными источниками пылеобразования в производственных условиях являются процессы, связанные с измельчением твердых веществ – бурением, дроблением, размолотом; операции, связанные с перемещением, погрузкой и выгрузкой пылящих материалов, операции по обработке поверхностей изделий, очистке и обдувке деталей, аппаратов, машин и механизмов при ремонте и т. д.

Воздействие пыли на организм человека может быть химическим и механическим. При химическом воздействии некоторые органические краски и другие вещества, проникая в организм, образуют химические соединения, вызывающие отравления. Механическое воздействие может проявиться в виде кожных заболеваний и раздражений слизистых оболочек глаза.

Пыль засоряет и раздражает слизистые оболочки глаз, кожу, верхние дыхательные пути и вызывает различные легочные заболевания.

Заболевания легких, связанные с воздействием на них вдыхаемой пыли, называются пневмокониозами. В зависимости от природы пыли пневмокониозы могут быть различных видов:

- силикоз – наиболее частая и характерная форма, развивающаяся при действии пыли диоксида кремния SiO_2 ;
- силикатоз – возникает при вдыхании пыли солей кремниевой кислоты;
- антракоз – при вдыхании угольной пыли;
- асбестоз – одна из агрессивных форм силикатоза, может привести не только ко всем вызываемым силикозом болезням, а именно: фиброзу и флакоцитозу легких, серьезным нарушением нервной и сосудистой систем, силикотуберкулезу, но и к развитию рака легких.

Для оценки запыленности воздуха рабочих помещений имеет большое значение концентрация пыли, т. е. весовое количество ее в кубометре воздуха, а также качество (химический состав, дисперсность, растворимость и т. д.).

Основным и гигиенически обоснованным методом оценки запыленности воздуха производственных помещений является весовой (гравиметрический) метод.

Весовой метод основан на принципе определения привеса фильтра после протягивания через него некоторого объема исследуемого воздуха. По этому методу определяют количество пыли, находящейся в единице объема воздуха, $мг/м^3$.

Для более полной оценки запыленности весовой метод дополняют счетным (кониметрическим), который позволяет глубже судить о вредности пыли и ее дисперсности. В основе кониметрического метода лежит принцип счета числа частиц, находящихся в определенном объеме.

Экспрессный метод анализа воздуха на запыленность базируется на применении приборов, которые дают возможность сразу получить величину концентрации пыли в воздухе. К ним относятся фотоэлектрические, радиометрические, электрические и другие приборы.

Эффективным средством оздоровления воздушной среды производственных помещений наряду с технологическими мероприятиями (герметизация оборудования, замена вредных веществ безвредными и т. д.) является вентиляция.

Широкое применение на производстве получили общеобменная и местная вентиляции (вытяжная или приточная).

Общеобменная вентиляция предназначена для ассимиляции выде-

ляющихся в помещение вредностей до нормируемых значений.

Местная вытяжная вентиляция служит для удаления вредностей непосредственно с места образования и препятствует их поступлению в зону дыхания работающего.

4.2. Порядок выполнения работы

4.2.1. Определение запыленности воздуха весовым методом

Концентрацию пыли измеряют весовым методом – фильтрацией определенного объема запыленности воздуха и последующим определением массы уловленной пыли. Зная количество воздуха, прошедшего через фильтр, можно вычислить массу пыли, содержащейся в 1 м^3 воздуха (рис. 4.1).

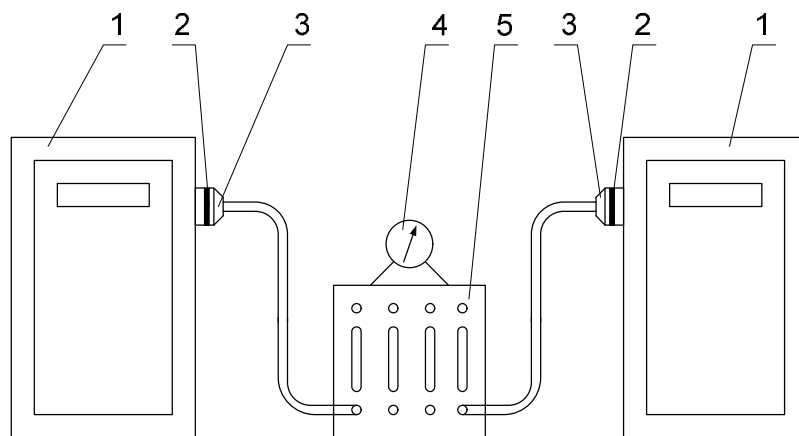


Рис. 4.1. Схема лабораторной установки: 1 – камера, имитирующая производственное помещение; 2 – фильтр; 3 – патрон; 4 – барометр; 5 – аспиратор модели 822

В лаборатории установка находится в собранном виде, поэтому студенту необходимо ознакомиться с ней.

Ø Взвесить на аналитических весах чистый фильтр с точностью до 0,1 мг, q_1 , мг.

Взвешенный фильтр закрепить в патроне, присоединенном к камере, имитирующей помещение, где отбирается пылевая проба.

Ø Включить аспиратор и в течение 5 мин производить отбор пробы.

В процессе отбора пробы записать показание шкалы реометра (расход воздуха) Q , л/мин.

Ø По истечении времени фильтрации выключить ротационную установку, вынуть запыленный фильтр из патрона и взвесить его на аналитических весах q_2 , мг.

Ø Рассчитать концентрацию пыли в воздухе, мг/м³, по формуле

$$C_n = \frac{(q_2 - q_1) 1000}{V_{cm}}, \quad (4.1)$$

где $(q_2 - q_1)$ – масса пыли, осевшая на фильтрах, мг; V_{cm} – объем воздуха, л, пропущенный через фильтр и приведенный к стандартным условиям в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88, температура 293 К, атмосферное давление 760 мм рт. ст.

$$V_{cm} = \frac{Q\tau (273 + t) 760}{293 P}, \quad (4.2)$$

где Q – расход воздуха, л/мин; τ – продолжительность фильтрации, мин; t – температура воздуха в месте отбора пробы, °С; P – атмосферное давление, мм рт. ст.

Ø Полученный результат сравнить с предельно допустимой концентрацией, приведенной в табл. 4.1, заполнить табл. 4.2 и сделать выводы.

Таблица 4.2

Результаты исследований

Расстояние от пола до места взятия пробы, м	
Масса фильтра до отбора q_1 , мг	
Масса фильтра после отбора q_2 , мг	
Расход воздуха Q , л/мин	
Продолжительность фильтрации t , мин	
Температура воздуха t , °С	
Атмосферное давление P , мм рт. ст.	
Приведенный объем воздуха V_{cm} , литр	
Концентрация пыли в воздухе C_n , мг/м ³	
ПДК по ГОСТ 12.1.005-88 $C_{ндк}$, мг/м ³	

4.2.2. Ориентировочный расчет общеобменной вентиляции

Общеобменная вентиляция предназначена для разбавления выделяющихся в помещении вредных веществ до уровня ПДК, а при тепло- и влаговыведениях – для снижения температуры и влажности воздуха в той же зоне регламентируемых значений.

Ø Определить воздухообмен L , необходимый для ассимиляции вредных веществ, выделяющихся в воздухе рабочей зоны, м³/ч,

$$L = \frac{G}{C_{ндк} - C_{пр}}, \quad (4.3)$$

где G – количество вредных веществ, выделяющихся в помещении, мг/ч; $C_{ндк}$ – предельно допустимая концентрация вредных веществ в помещении, мг/м³; $C_{пр}$ – концентрация вредных веществ в приточном воздухе, мг/м³,

$$C_{пр} = 0,3C_{ндк}. \quad (4.4)$$

Количество вредных веществ, выделяющихся в помещении, определяется из выражения

$$G = C_n V m,$$

где V – объем помещения, м³; m – коэффициент, учитывающий неорганизованный воздухообмен, $m = 1, 1/ч$.

Ø В соответствии с вариантом работы (табл. 4.3) определить тип и номер вентилятора, который выбирается в зависимости от потребного воздухообмена L и полного давления вентиляционной сети H по рис. 4.2–4.5.

Таблица 4.3

Исходные данные для расчета

№ варианта	I	II
Вид пыли	Древесная	Известковая
Объем помещения, м ³	300	500
Полное давление вентиляционной сети H , кг·с/м ²	40	60

Ø Определить потребную мощность электродвигателя вентилятора

$$N_{эл} = 3600 \frac{L H k}{102 \eta_в \eta_{пер}}$$

где $N_{эл}$ – мощность электродвигателя, кВт; H – полное давление вентиляционной сети, кгс/м²; k – коэффициент запаса, $k > 1$; $\eta_в$ – КПД вентилятора, определяется по рис. 4.2–4.5; $\eta_{пер}$ – ПДК передачи, $\eta_{пер} = 1$.

Ø По оформлении отчета сделать общие выводы по лабораторной работе и указать класс условий труда в зависимости от содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны (табл. 4.4).

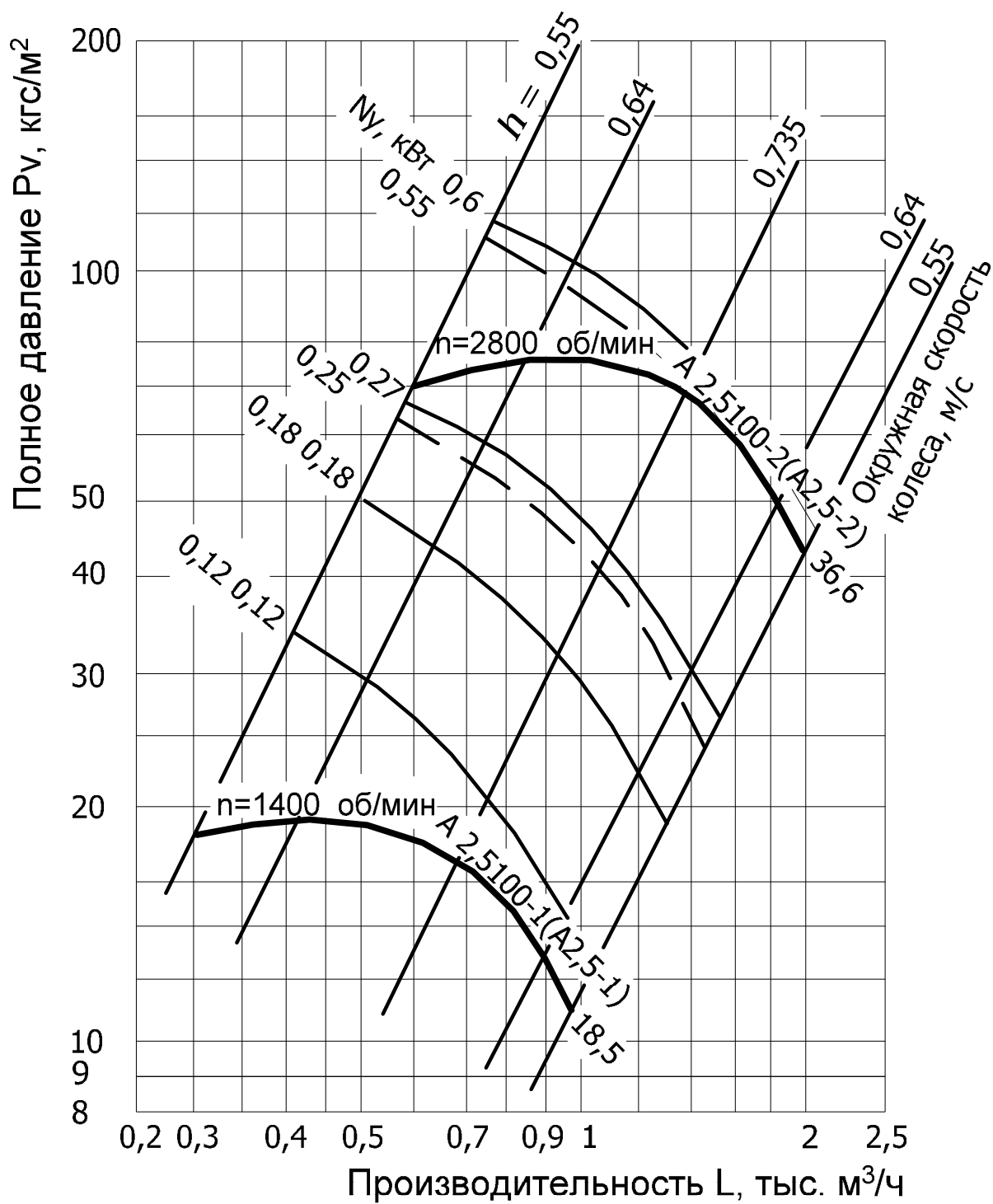


Рис. 4.2. Характеристики вентилятора Ц4-70 № 2,5

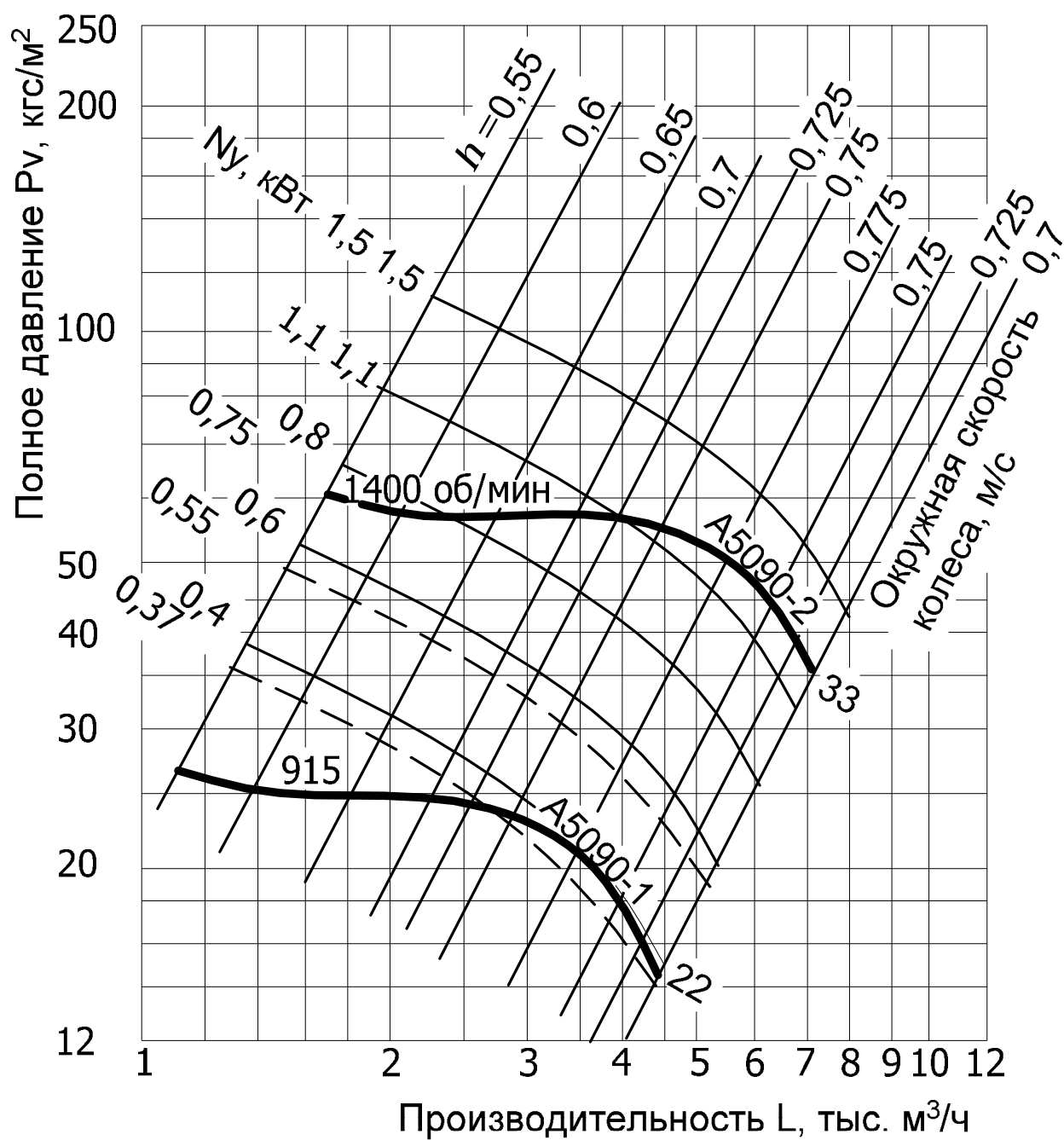


Рис. 4.3. Характеристики вентилятора Ц4-70 № 5

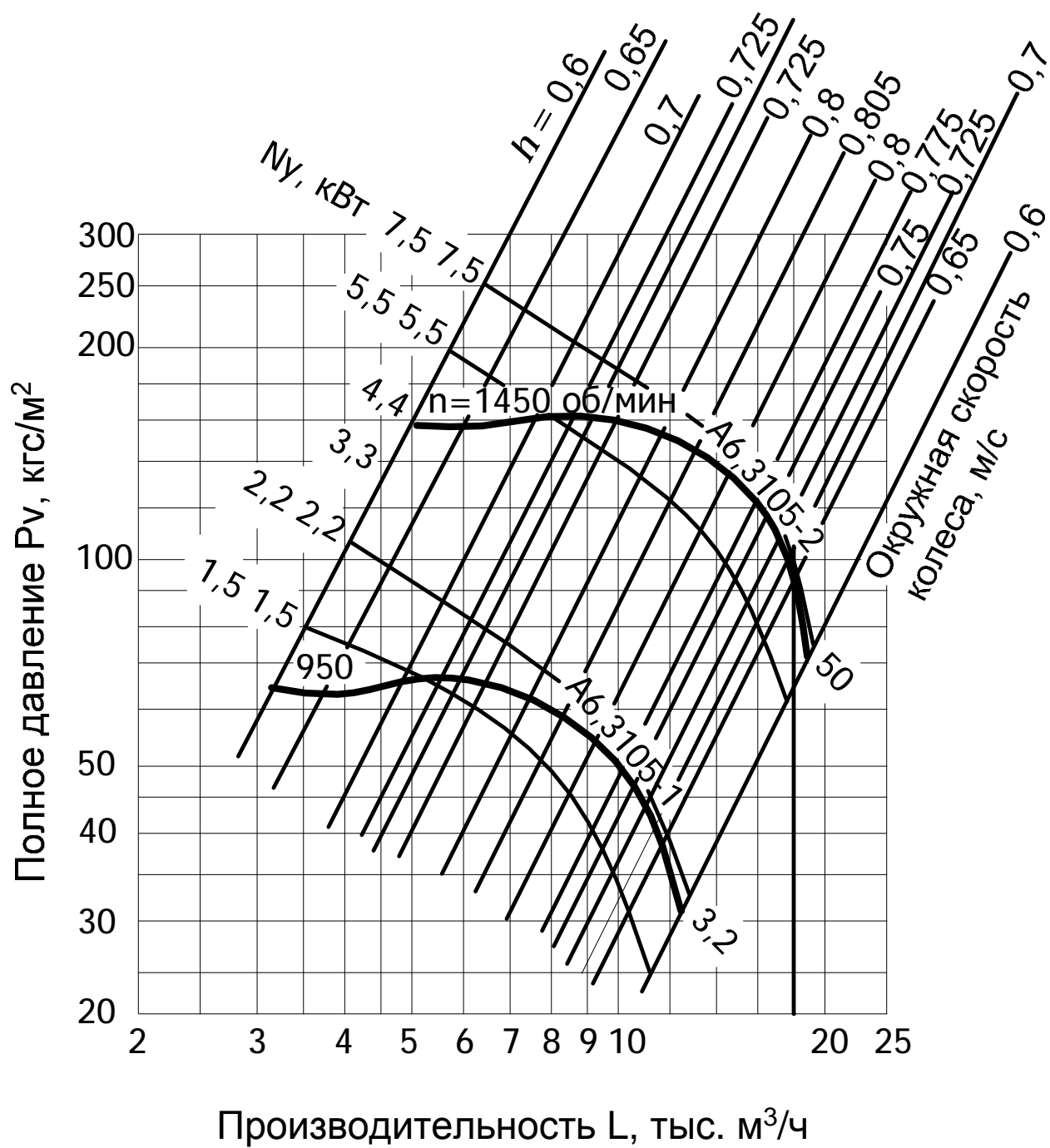


Рис. 4.4. Характеристики вентилятора Ц4-70 № 6, 3

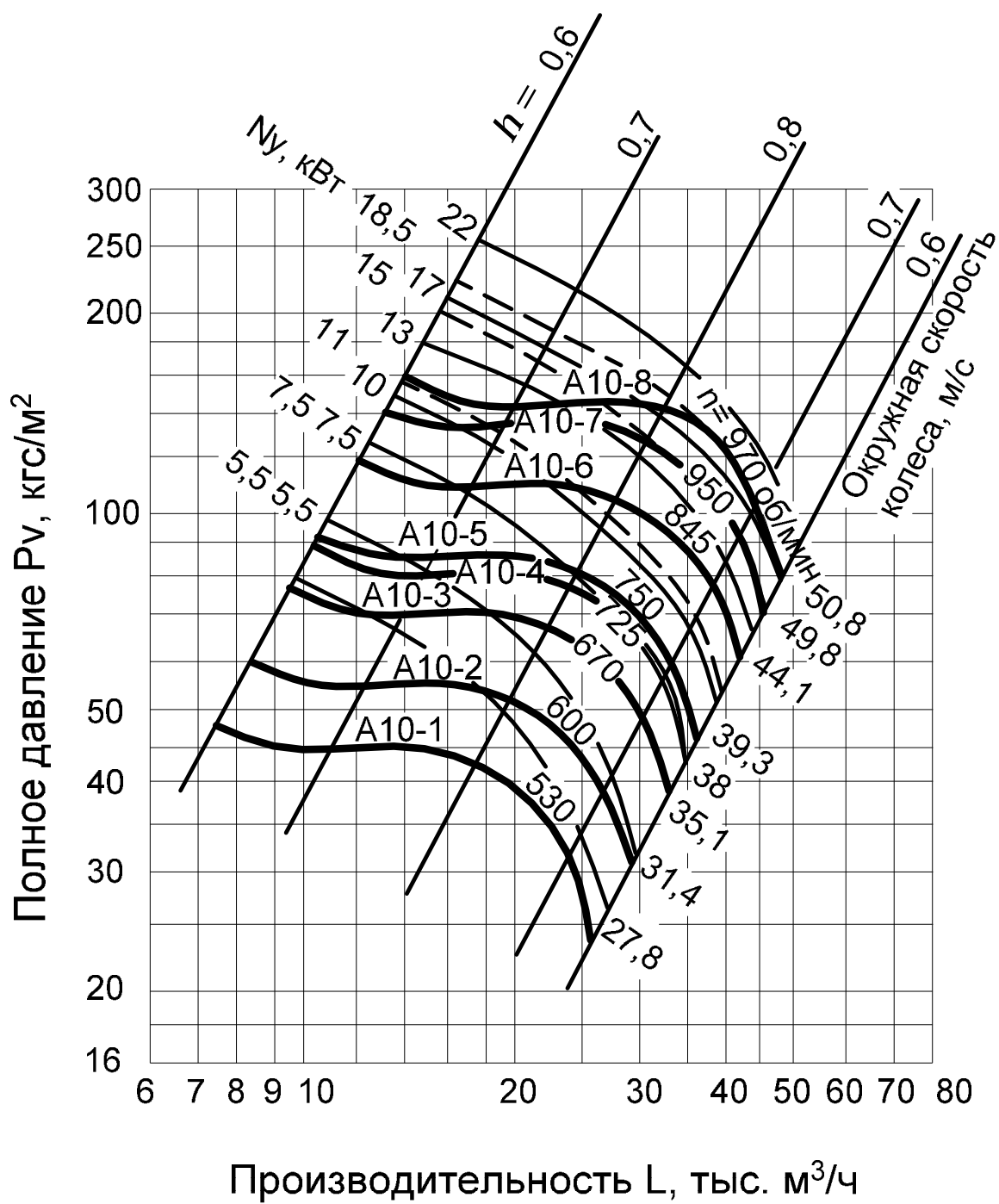


Рис.4.5. Характеристики вентилятора Ц4-70 № 10

Таблица 4.4

Классификация условий труда в зависимости от содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны (превышение ПДК, раз)

Вредные вещества	Класс условий труда						
	1-й оптимальный	2-й допустимый	3-й вредный				4-й опасный (экстремальный)
			1-й степени (3.1)	2-й степени (3.2)	3-й степени (3.3)	4-й степени (3.4)	
Концентрация пыли	0,5 ПДК	≤ ПДК	1,1–2 ПДК	2,1–5 ПДК	5,1–10 ПДК	>10 ПДК	>20 ПДК

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Что такое пыль?
2. Охарактеризуйте пыль по ее свойствам.
3. Назовите основные источники образования пыли на железнодорожном транспорте.
4. Какое действие оказывает пыль на организм человека?
5. Как называются заболевания легких, обусловленные воздействием пыли?
6. Назовите методы измерения запыленности производственных помещений.
7. Что такое дисперсность пыли?
8. Какой принцип лежит в основе кониметрического метода оценки запыленности производственного помещения?
9. Назовите средства оздоровления воздушной среды производственного помещения.
10. Какими данными необходимо располагать при определении типа и номера вентилятора?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СБТ ГОСТ 12.1.005-88. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1988.
2. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. для студентов высш. учеб. заведений / С.В. Белов. – М.: Высш. шк., 1999.
3. Арустамова, Э.А. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений: В 2 ч. Ч. II / Э.А. Арустамова. – М.: Информационно-внедренческий центр «Маркетинг», 1999.
4. Р 2.2.755-99. Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. – М.: Минздрав России, 1999.

Лабораторная работа № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМА И МЕТОДОВ БОРЬБЫ С НИМ

Цель работы:

- ознакомиться с приборами для акустических измерений;
- изучить методику измерения и нормирования производственного шума на рабочих местах;
- произвести оценку эффективности звукозащитных экранов и выбрать рациональный тип;
- произвести расчет уровня шума по заданию преподавателя.

5.1. Краткие теоретические сведения

Шум – один из видов звука. В промышленной акустике под термином «шум» понимают любой нежелательный в данных условиях звуковой процесс, т. е. всякий меняющийся и раздражающий звук есть шум. Физическая природа шума обусловлена колебательными движениями частиц упругой среды, распространяющимися в виде волн. Как физиологическое явление шум определяется ощущением, воспринимаемым органом слуха при воздействии звуковых волн в диапазоне от 16 до 20000 Гц. Колебания ниже 16 Гц (инфразвук) и выше 20000 Гц (ультразвук) не воспринимаются человеческим ухом.

Звуковая волна характеризуется следующими параметрами: звуковым давлением, длиной волны, частотой, амплитудой колебания и скоростью звука.

Звуковое давление P – это дополнительно возникающее в упругой среде переменное давление при прохождении через нее звуковых волн. Единица измерения давления – паскаль, Па.

Длина волны λ – это расстояние, измеренное вдоль направления распространения, между ближайшими точками звукового поля, в которых фазы колебаний одинаковые.

Частотой f , Гц, называется число колебаний в единицу времени, а время, в течение которого совершается полное колебание, – периодом T , с.

Скорость звука c связана с длиной волны и частотой следующей зависимостью:

$$c = \lambda f, \quad (5.1)$$

где c – скорость звука, м/с; λ – длина волны, м; f – частота колебаний, Гц.

Под интенсивностью звука (шума), Вт/м², понимают количество звуковой энергии, проходящей через единичную площадку, перпендикулярную направлению распространения звуковой волны.

Соотношение между интенсивностью звука и давлением звука P имеет вид

$$I = \frac{P^2}{\rho c}, \quad (5.2)$$

где P – звуковое давление, Па; ρ – плотность среды, кг/м³; c – скорость звука, м/с.

Характерной особенностью абсолютных значений звукового давления, интенсивности звука является большой диапазон, в пределах которого они могут изменяться. Поэтому для удобства вычислений принято оценивать звуковое давление, или интенсивность звука, не в абсолютных, а в относительных единицах (белах, децибелах) по отношению к пороговым значениям. Измеренные таким образом величины называются уровнями.

Бел B – это десятичный логарифм отношения интенсивности звука в данной точке к пороговому значению:

$$B = \lg \frac{I}{I_o}, \quad (5.3)$$

где I – интенсивность звука в данной точке, Вт/м²; I_o – пороговое значение уровня интенсивности, $I_o = 10^{-12}$ Вт/м².

Ухо человека способно фиксировать изменение силы звука на 0,1 Б, и эта величина получила название децибел, дБ.

Тогда уровни интенсивности, или звукового давления L , дБ, определяются по формуле

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_o} = 10 \lg \frac{P^2}{P_o^2} = 20 \lg \frac{P}{P_o}, \quad (5.4)$$

где P_o – пороговое значение звукового давления, $P_o = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Как сложный звук шум может быть разделен на простые составляющие его тоны с указанием их интенсивности и частоты. Графическое изображение состава шума называется спектром и является важнейшей его характеристикой. В зависимости от характера шума его спектр может быть линейчатым (дискретным), непрерывным (сплошным) и смешанным (дискретно-непрерывным). На предприятиях железнодорожного транспорта большинство источников шума имеет смешанный или сплошной спектр.

За среднюю частоту полосы обычно принимают среднегеометрическую.

При анализе шума весь диапазон частот разбивают на отдельные полосы. Октавная полоса – это полоса частот, в которой верхняя граничная частота f_v в 2 раза больше нижней f_n . В зависимости от частоты характер шума может быть низко-, средне- и высокочастотным. Низкочастотный шум имеет спектр с максимумом звукового давления в области частот ниже 300 Гц, среднечастотный – 300–800 Гц и высокочастотный – выше 800 Гц.

Уровни звукового давления не учитывают чувствительности слухового аппарата человека к звукам различной частоты и поэтому не дают правильного представления о громкости звука, т. е. о его физиологической характеристике. Ухо человека обладает наибольшей чувствительностью на средних и высоких частотах и наименьшей – на низких.

Звуки, одинаковые по уровню, но разные по частоте, воспринимаются на слух неодинаково громкими. Для учета различия в чувствительности слухового аппарата к звукам разной частоты введено понятие уровня громкости звука, измеряемого в фонах. Под уровнем громкости данного звука понимают уровень звукового давления, равногромкого с ним на слух звука частотой 1000 Гц. Зависимость ощущения громкости простых звуков от уровня звукового давления и частоты иллюстрируется в виде кривых равной громкости. Каждая из этих кривых соответствует различным по частоте и уровню, но одинаковым по громкости звукам. Для оценки субъективного восприятия громкости звука введена специальная единица – сон. За единицу громкости 1 сон условно принят уровень громкости 40 фон.

Уровни шума на рабочих местах и на территории промышленных предприятий и селитебной территории городов и других населенных пунктов регламентируются следующими нормативными документами: ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» и СНиП II-12-77 «Защита от шума». ГОСТ 12.1.003-83 устанавливает предельно допустимые уровни звукового давления на рабочих местах в зависимости от вида трудовой деятельности в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. СНиП II-12-77 устанавливает предельно допустимые уровни звукового давления для территорий, непосредственно прилегающих к жилым домам (в двух метрах от ограждающих конструкций). Нормативной характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является интегральный критерий – эквивалентный (по энергии) уровень звука, дБА, измеряемый по характеристике «А» шумомера.

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

Допустимый уровень шума – это уровень, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму.

Для контроля фактических уровней шума на рабочих местах, оценки шумового режима в производственных помещениях и разработки рекомендаций по снижению шума его параметры измеряют специальными приборами – шумомерами. Шумомер позволяет определить уровень звукового давления, дБ, и поэтому эта величина используется для оценки воздействия шума на человека.

Защита от шума осуществляется различными способами.

ГОСТ 12.1.029-80 «Средства и методы защиты от шума. Классификация» дает определение и общую классификацию методов и способов защиты. Так, средства защиты от шума по отношению к источнику подразделяются на методы, снижающие шум в источнике его возникновения, и средства, снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта. Наиболее распространенным способом защиты от шума является метод, основанный на поглощении и отражении звука, который рассматривается в настоящей лабораторной работе.

5.2. Порядок выполнения работы

Ø Ознакомиться с лабораторной установкой.

Для измерения параметров шума установка имеет передающий и звукоизмерительный тракты, показанные на схеме (рис. 5.1).

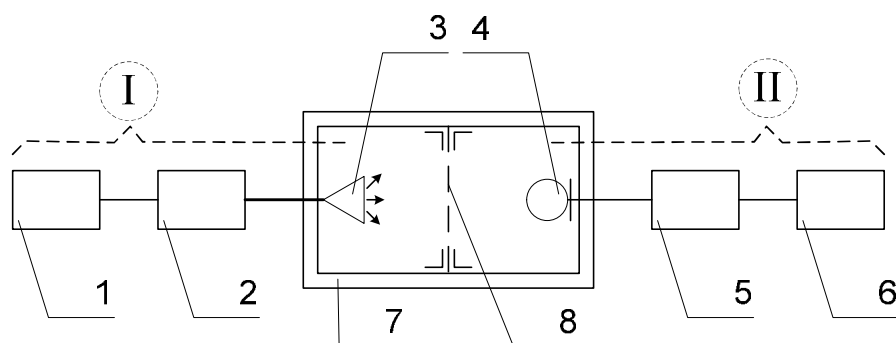


Рис. 5.1. Схема лабораторной установки: I – передающий тракт; II – звукоизмерительный тракт; 1 – генератор шума; 2 – усилитель; 3 – источник шума; 4 – микрофон; 5 – фильтр; 6 – шумомер; 7 – акустическая камера; 8 – звукозащитный экран

Воспроизведение звука обеспечивается с помощью передающего тракта, включающего генератор шума 1, усилитель 2 и источник шума (громкоговоритель) 3. При помощи приемного тракта, состоящего из микрофона 4, фильтров 5 и шумомера 6, производится измерение уровня создаваемого шума. Для исследования эффективности средств защиты от шума в акустическую камеру 7 устанавливаются различной конструкции звукозащитные экраны 8.

Ø Включить генератор звука (схема панели генератора показана на рис. 5.2), для чего тумблер включения питания 3 поставить в положение «Вкл.» Контрольная лампочка 2 должна загореться.

Ø Дать прибору прогреться 2 мин.

Ø Подготовить генератор звука к работе, для этого регулятор «множитель» 1 поставить в положение 1.

Ø Переключатель напряжения 7 поставить в положение 15 В.

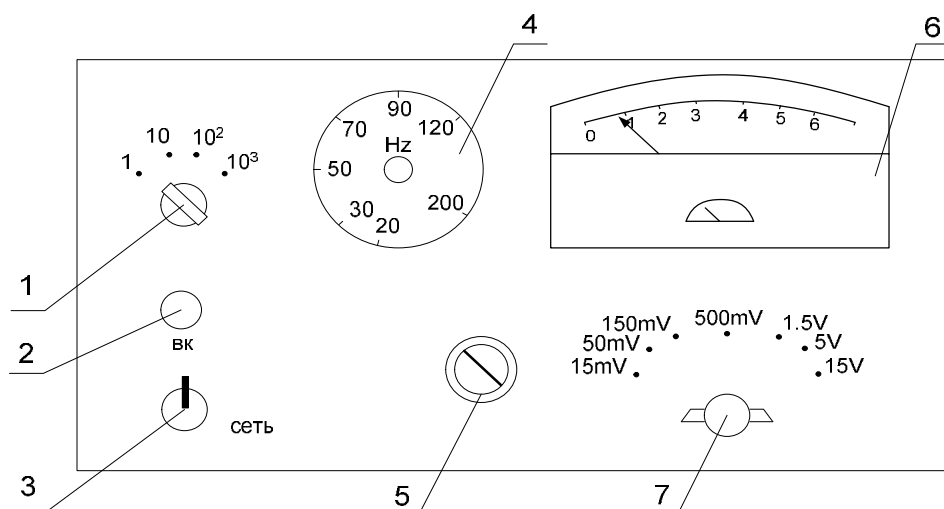


Рис. 5.2. Панель звукового генератора: 1 – регулятор «множитель»; 2 – контрольная лампочка; 3 – выключатель питания; 4 – лимб установки частоты; 5 – регулятор напряжения; 6 – индикатор напряжения; 7 – переключатель напряжения

Ø Регулятор напряжения 5 поставить в такое положение, чтобы индикатор выходного напряжения 6 давал показание не более 2 В.

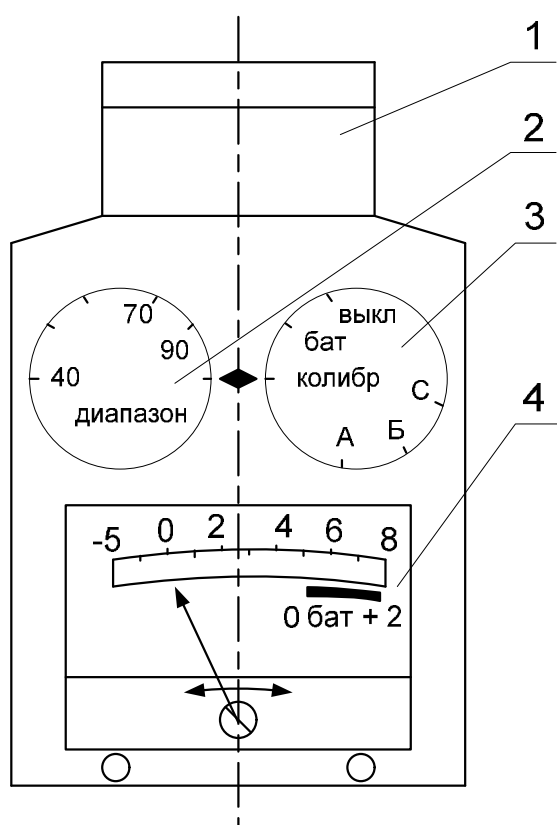


Рис. 5.3. Панель шумомера: 1 – микрофон; 2 – переключатель уровней шума; 3 – переключатель рода работы; 4 – стрелочный указатель

Ø Установить лимб генератора в положение частоты 31,5 Гц (последующая установка требуемой частоты производится с помощью лимба и переключателя «множитель»).

Ø Включить шумомер (схема панели прибора показана на рис. 5.3).

Ø Переключатель рода работы поставить в положение «бат.», при этом стрелка указателя должна установиться в пределах черты «бат.». Если этого не произошло, то произвести регулировку.

Ø Переключатель рода работы далее поставить в положение «С».

Ø Произвести измерения уровней звукового давления L , дБ, в акустической камере без экрана в нормируемом диапазоне частот от 31,5 до 8000 Гц. При производстве измерений показания стрелки шумомера суммируются с показаниями переключателя. Например, 80 дБ + 5 дБ = 85 дБ.

Результаты измерений записать в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Результаты измерений

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Уровень звукового давления в полосах частот, дБ							Нормированные уровни звукового давления по ГОСТ 12.1.003-83 L_n , дБ
	Камера	Звукозащитные экраны						
		Фанера		Металлический		Комбинированный		
	L , дБ	L_1 , дБ	ΔL^* , дБ	L_2 , дБ	ΔL , дБ	L_3 , дБ	ΔL , дБ	
31,5								
63								
125								
250								
500								
1000								
2000								
4000								
8000								

* ΔL – эффективность звукозащитных экранов.

Ø Произвести аналогичные замеры уровней звукового давления L , дБ, при установке в акустической камере различных звукозащитных экранов. Результаты измерений занести в табл. 5.1.

Ø Выключить генератор звука и шумомер.

Ø Определить эффективность звукозащитных экранов по формуле

$$\Delta L = L - L_i. \quad (5.5)$$

Ø Определить по ГОСТ 12.1.003-83 (по заданию преподавателя) нормируемые уровни звукового давления L_n . Результаты занести в табл. 5.1.

Ø Полученные спектры шума представить в виде графической зависимости (пример приведен на рис. 5.4) и сравнить с нормативным спектром шума. Шум считается допустимым, если измеренные уровни звукового давления во всех октавных полосах частот нормируемого диапазона не превышают значений, определяемых соответствующим предельным спектром. При необходимости установить требуемое снижение уровня звукового давления до санитарных норм.

Ø В расчетной части работы по заданию преподавателя произвести оценку уровня звука в расчетной точке селитебной зоны, который создается источником шума (прил. 6).

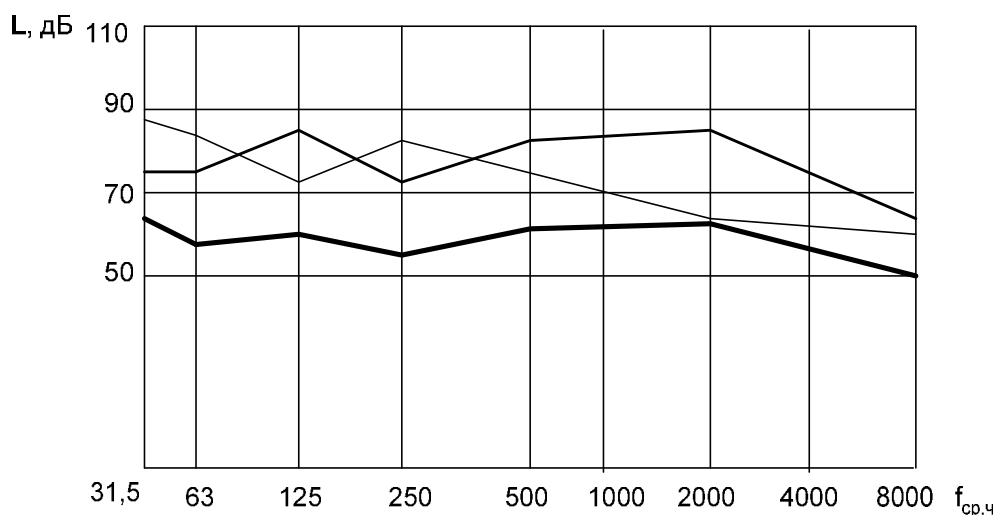


Рис. 5.4. Спектр шума

Ø Уровень звука в расчетной точке на территории защищаемого от шума объекта вычисляется по формуле

$$L_{A_{тер}} = L_A - \Delta L_{A_{расст}} - \Delta L_{A_{зел}}, \quad (5.6)$$

где L_A – уровень звукового давления, создаваемого источником шума, дБА, (принимается по прил. 6); $\Delta L_{A_{расст.}}$ – снижение уровня звука в зависимости от расстояния между источником шума и расчетной точкой, дБА, (по рис. 5.5); $\Delta L_{A_{зел}}$ – снижение уровня звука полосами зеленых насаждений, дБА, (прил. 7).

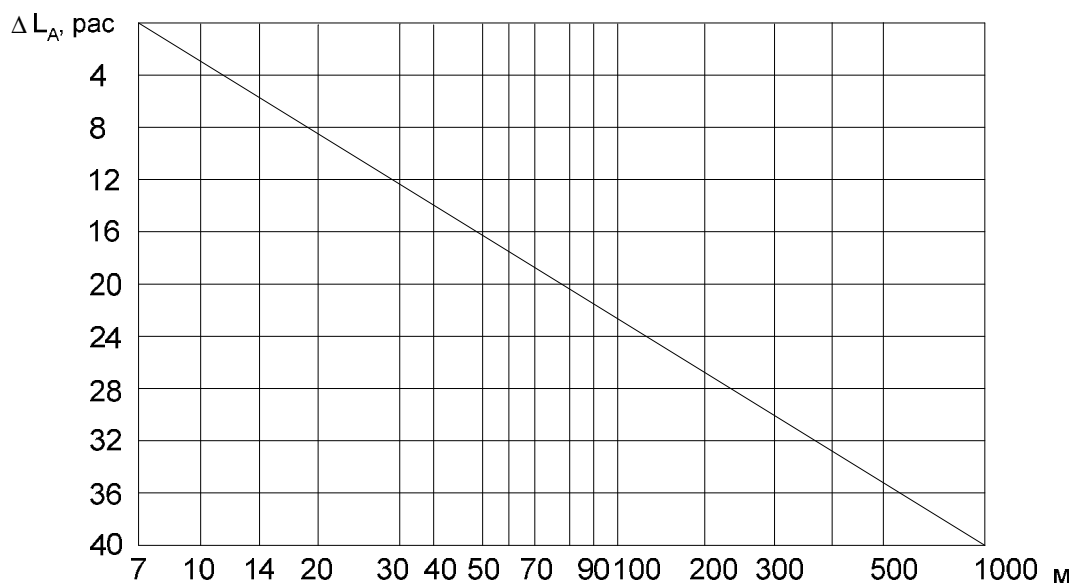


Рис. 5.5. Снижение уровня звукового давления в зависимости от расстояния

Ø Требуемое снижение уровня шума в расчетной точке для выполнения санитарных норм в жилой зоне определяется по формуле

$$\Delta L_{A_{\text{треб}}} = L_{A_{\text{мер}}} - L_{A_{\text{норм}}}, \quad (5.7)$$

где $L_{A_{\text{норм}}}$ – нормируемое значение уровня звукового давления, дБА, (прил. 8).

Ø По полученным данным сделать выводы по работе, в которых:

- произвести анализ измерения уровней шума по частотному диапазону с указанием превышения норм;
- выявить наиболее эффективный звукозащитный экран;
- указать класс условий труда в зависимости от уровня шума на рабочем месте (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Классификация условий труда в зависимости от уровня шума рабочих мест (превышение ПДУ до)

Фактор	Класс условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный (экстремальный)
		I степени	II степени	III степени	IV степени	
Шум (эквивалентный уровень звука), дБА	ПДУ	10	25	40	50	> 50

Ø Составить отчет о лабораторной работе.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Раскройте понятие «шум» и его физическую природу.
2. Что такое инфразвук и ультразвук?
3. Назовите параметры шума и единицы измерения.
4. Укажите основные источники шума на железнодорожном транспорте. Каково его воздействие на организм человека?
5. Раскройте понятие громкости звука. Назовите единицы измерения.
6. Объясните, что такое звуковое давление и уровень звукового давления. Назовите единицы измерения.
7. Назовите приборы для измерения уровня шума на рабочих местах.
8. Перечислите средства и методы защиты от шума.
9. Как определить эффективность звукозащитных экранов?
10. Какой экран является наиболее эффективным и почему?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – М., 1996.
2. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. Введ. 01.07.84. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
3. СНиП II-12-77. Защита от шума / Утв. Гос. ком. СССР по делам строительства 14.06.77. Введ. 01.07.88. – М.: Стройиздат, 1977.
4. Борьба с шумом на производстве / Под ред. Е.Я. Юдина. – М.: Машиностроение, 1985.
5. Охрана труда на железнодорожном транспорте: Справочная книга / Под ред. В.С. Крутякова. – М.: Транспорт, 1988.
6. Пчелинцев В.А. Охрана труда в строительстве / В.А. Пчелинцев, Д.В. Коптев, Г.Г. Орлов. – М.: Высш. шк., 1991.
7. Бобин, Е.В. Борьба с шумом и вибрацией на железнодорожном транспорте / Е.В. Бобин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1973.
8. Безопасность жизнедеятельности / Под ред. С.В. Белова. – М.: Высш. шк., 1999.

Лабораторная работа № 6 ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ

Цель работы:

- ознакомиться с аппаратурой для измерения параметров вибрации;
- определить соответствие измеренных параметров нормируемым;
- рассчитать эффективность виброизоляции.

6.1. Краткие теоретические сведения

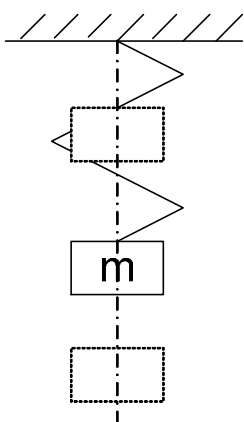


Рис. 6.1. Простейшая колебательная система

Вибрация представляет собой механические колебательные движения твердых тел при работе машин и механизмов, которые могут передаваться по материальной среде на тело человека. В результате этого отдельные части тела (локальная вибрация) или весь организм (общая вибрация) подвергаются сотрясениям.

Простейшей колебательной системой с одной степенью свободы является масса m , укрепленная на пружине (рис. 6.1).

Эта система совершает гармонические или синусоидные колебания, уравнение которых имеет вид

$$X = A \cdot \sin(\omega_1 t + \varphi), \quad (6.1)$$

где X – смещение массы от положения равновесия, м; A – амплитуда смещения, м; ω_1 – круговая (угловая) частота колебания, рад./с; t – время, с; φ – начальная фаза колебаний, рад.

Основными параметрами, характеризующими вибрацию, являются амплитуда (наибольшее отклонение точки от положения равновесия) A , м; колебательная скорость V , м/с; ускорение колебаний ω , м/с²; период колебаний T , с; частота колебаний f , Гц.

При гармонических колебаниях скорость и ускорение могут быть вычислены по формуле (6.1) как первая и вторая производная по времени, и в конечном виде их максимальные значения соответственно равны

$$V = 2 \pi f A; \quad (6.2)$$

$$\omega = 4 \pi^2 f^2 A. \quad (6.3)$$

Для исследования вибраций весь диапазон их частот (так же, как для шума) разбивается на октавные полосы.

Учитывая, что абсолютные значения параметров, характеризующих вибрацию, изменяются в широких пределах, на практике пользуются понятием логарифмического уровня виброскорости или виброускорения

$$L_v = 20 \lg V / V_o; \quad (6.4)$$

$$L_\omega = 20 \lg \omega / \omega_o, \quad (6.5)$$

где V – виброскорость в октавной полосе, м/с; V_o – пороговое значение виброскорости, принятое за начало отсчета ($5 \cdot 10^{-8}$ м/с); ω – среднее квадратичное значение виброускорения, м/с²; ω_o – пороговое значение виброускорения, принятое за начало отсчета (10^{-6} м/с²).

Нормативные требования к вибрации изложены в ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность» и в [6].

Гигиеническими характеристиками вибрации, определяющими ее воздействие на человека, являются среднеквадратичные значения виброскорости V , м/с, ее логарифмические уровни L_v , дБ, определяемые по формулам (6.4) или (6.5). Вибрация нормируется в зависимости от вида (общая или локальная) для каждого установленного направления, в каждой октавной полосе частот. Гигиенические нормы вибрации установлены для рабочей смены длительностью 8 ч.

Одним из эффективных способов защиты рабочих мест от вибрации, вызываемых работой машин и механизмов, является виброизоляция.

С помощью виброизоляции достигается уменьшение передачи динамической силы от машины к основаниям посредством размещения между ними упругих элементов. Амортизаторы выполняют из стальных пружин, резины и других материалов. Расчет их ведется из условия, что частота собственных колебаний f_o объекта должна быть ниже частоты вынужденных колебаний системы $f_{дв}$.

6.2. Порядок выполнения работы

Ø Ознакомиться с применяемой аппаратурой и начертить в отчете схему лабораторной установки (рис. 6.2).

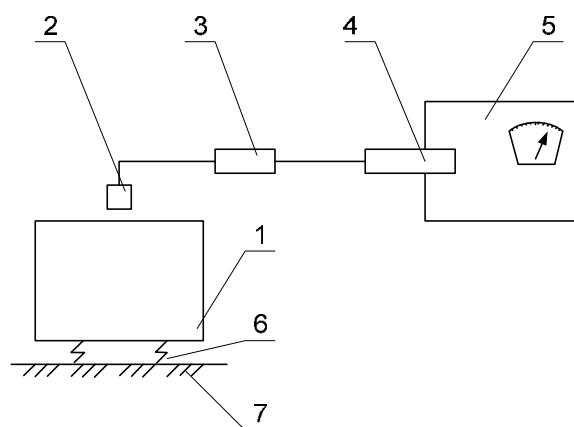


Рис. 6.2. Блок-схема измерительной установки: 1 – вибромеханизм; 2 – вибропреобразователь ДН-3-М1; 3 – интегратор; 4 – предусилительная приставка; 5 – измерительный прибор ВШВ-003-М2; 6 – амортизаторы; 7 – основание

Подключить к сети 220 В вибромеханизм и измерительный прибор ВШВ-003-М2.

Ø Подготовить прибор ВШВ-003-М2 к работе, для чего установить переключатели в положения:

род работы – F;

ДЛТ1, дБ – 80;

ДЛТ2, дБ – 50;

ФЛТ, H_z – 1;

все кнопки отжаты, при этом должен светиться индикатор 130 дБ.

Ø Нажать кнопки *a*, *V* и $4kHz$, установить вибропреобразователь ДН-3-М1 на вибромеханизм предварительно с помощью тумблера включить вибромеханизм и произ-

вести измерения, изменяя при необходимости положения переключателей ДЛТ1, дБ и ДЛТ2.

Если при измерении стрелка измерителя находится в начале шкалы, то следует ввести ее в сектор 6–10 шкалы децибел, дБ. Сначала включают переключатели ДЛТ1, дБ, (если периодически загорается индикатор ПРГ, то необходимо переключатель ДЛТ1 перевести на более высокий уровень (влево), пока не погаснет индикатор ПРГ), затем использовать переключатель ДЛТ2, дБ.

При измерениях низкочастотных составляющих могут возникнуть флуктуации (колебания) стрелки измерителя, тогда нужно перевести переключатель «род работы» из положения «F» в положение «S».

Передняя панель прибора ВШВ-003-М2 представлена на рис. 6.3.

Ø Установить вибропреобразователь ДН-3-М1 на основание вибромеханизма (рабочее место) и в том же порядке произвести измерения.

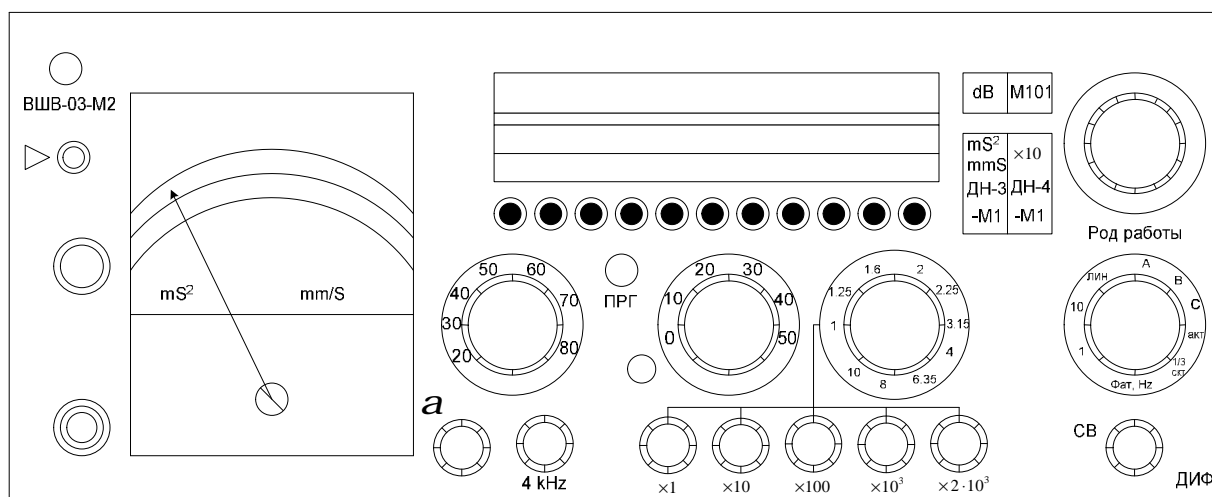


Рис. 6.3. Передняя панель прибора ВШВ-03-М2

Ø Установить виброизоляцию на основание вибромеханизма и произвести аналогичные замеры.

Ø Подсчитать уровень виброскорости по формулам:

$$L_{1_{изм}} = ДИ + ДИИ + n + 26;$$

$$L_{2_{изм}} = ДИ + ДИИ + n + 26;$$

$$L_{3_{изм}} = ДИ + ДИИ + n + 26,$$

где $L_{1_{изм}}$ – уровень виброскорости на вибромеханизме, дБ; $L_{2_{изм}}$ – уровень виброскорости на рабочем месте, дБ; $L_{3_{изм}}$ – уровень виброскорости на рабочем месте с виброизоляцией, дБ; ДИ, ДИИ – положение, в котором находятся переключатели ДЛТ1 и ДЛТ2, дБ, соответственно.

Примечание: при измерении логарифмического уровня виброскорости с вибропреобразователем ДН-4-М1 вместо цифры 26 необходимо прибавлять цифру 46.

Полученные результаты занести в табл. 6.1

Таблица 6.1

Результаты измерений

Место замера	Показатель		
	ДИ	ДИИ	n
На вибромеханизме			
На рабочем месте			
На рабочем месте с виброизоляцией			

Ø Вычислить по формуле (6.2) значения виброскорости для трех положений вибропреобразователя ДН-3-М1, используя значения частоты и амплитуды, приведенные в табл. 6.2.

Ø Полученные значения виброскорости и уровня виброскорости занести в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Измеренные и нормируемые параметры вибрации

Точки замеров	Вид вибрации	Направление	f , Гц	A , мм	V , м/с	$L_{изм}$, дБ	ГОСТ 12.1.012-90	
							$V_{норм}$	$L_{норм}$
На вибромеханизме				8				
На рабочем месте				6				
На рабочем месте с виброизоляцией				4				

Ø По ГОСТ 12.1.012-90 (по заданию преподавателя) определить нормируемые значения параметров вибрации. Провести сравнение измеренных и нормируемых параметров вибрации.

Выполнить в соответствии с заданным вариантом (табл. 6.3) расчет виброизоляции.

Таблица 6.3

Варианты заданий

№ варианта	1	2	3	4	5
Материал амортизатора	Резина мягкая	Резина средней жесткости	Пробка	Войлок мягкий	Войлок жесткий
Толщина прокладки h , см	7	5	3	8	6
Число оборотов n' двигателя, мин	3200	1000	2600	1840	2200

Ø Определить частоту вынужденных колебаний двигателя по формуле

$$f_{\partial в} = \frac{n'}{60}.$$

Ø Вычислить статическую осадку амортизатора по формуле

$$X_{cm} = \frac{h\sigma}{E_d},$$

где σ – допустимое напряжение в прокладке, кг/см² (табл. 6.4); E_d – динамический модуль упругости материала, кг/см² (табл. 6.4).

Справочные данные

Наименование материала	S , кгс/см ²	E_D , кгс/см ²
Резина мягкая	0,8	500
Резина средней жесткости	3–4	200–250
Пробка натуральная	1,5–2	30–40
Войлок мягкий	0,2–0,5	20
Войлок жесткий	1,4	20

Ø Определить собственную частоту колебаний установки f_o по формуле

$$f_o = \frac{5}{\sqrt{X_{cm}}}.$$

Значение f_o должно быть меньше $f_{\partial в}$ минимум в 1,4 раза, в противном случае толщину прокладки следует увеличить вдвое.

Ø Определить коэффициент виброизоляции K , показывающий, какая часть динамической силы, %, передается на основание вибромеханизма (рабочее место) по формуле

$$K = \frac{9 \cdot 10^6}{X_{cm} \cdot n^2}.$$

Ø Вычислить общую площадь прокладки под вибромеханизм, см², по формуле

$$S_o = \frac{P}{\sigma},$$

где P – масса машины, принимаемая равной 16 кг.

Ø Найти площадь одной прокладки с учетом того, что количество амортизаторов принимается обычно 2 или 4:

$$S = \frac{S_o}{2...4}.$$

Ø Определить ширину прокладки a , см, по формуле

$$a = \sqrt{S}.$$

Размеры прокладки принимаются стандартные (кратные 1 см). Необходимо помнить, что резиновые амортизаторы под действием нагрузки деформируются, не изменяя объема. Поэтому такие амортизаторы по ширине не должны быть более чем в два раза превышать свою высоту.

Ø Результаты расчета представить в виде табл. 6.5.

Таблица 6.5

Результаты расчетов

№ варианта	h , см	X_{cm} , мм	$f_{\partial в}$, Гц	f_o , Гц	K , %	a , см

Ø Сделать выводы по работе, указать класс условий труда в зависимости от уровня вибрации рабочих мест (табл. 6.6).

Таблица 6.6

Классификация условий труда в зависимости от уровня
вибрации рабочих мест

Фактор	Класс условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный (экстремальный)
		I степе- ни	II сте- пени	III сте- пени	IV сте- пени	
Вибрация локальная (эквивалентный уро- вень виброскорости, дБ)	ПДУ	3	6	9	12	> 12
Вибрация общая (эквивалентный уро- вень виброскорости, дБ)	ПДУ	6	12	18	24	> 24

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Дайте классификацию видов вибрации.
2. Назовите основные способы защиты от вибрации.
3. По каким параметрам нормируется вибрация?
4. Что такое резонанс?
5. Назовите единицы измерения вибрации.
6. В каком документе изложены нормативные требования к вибрации?
7. Перечислите основные параметры, характеризующие вибрацию.
8. Что такое виброскорость?
9. Чем отличаются понятия частота вынужденных и собственных колебаний?
10. Что такое вибрация?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобин, Е.В. Борьба с шумом и вибрацией на железнодорожном транспорте / Е.В. Бобин. – М.: Транспорт, 1973.
2. Охрана труда на железнодорожном транспорте: Учеб. для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. Ю.Г. Сибарова. – М.: Транспорт, 1981.

3. ССБТ ГОСТ 12.1.012-90. Вибрация. Общие требования безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 1990.

4. Пчелинцев, В.А. Охрана труда в строительстве: Учеб. для строительных вузов / В.А. Пчелинцев, Д.В. Коптев, Г.Г. Орлов. – М.: Высш. шк., 1991.

5. ГОСТ 12.4.012-83. ССБТ. Вибрация. Средства измерения и контроля на рабочих местах. – М.: Изд-во стандартов, 1984.

6. СН2.2.4/2.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий / Утв. Пост. Гос. ком. санэпиднадзора РФ 31.10.96. Введ.31.10.96.

Лабораторная работа № 7

ИССЛЕДОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Цель работы:

- ознакомиться с измерительной аппаратурой и методикой определения естественной освещенности;
- приобрести навыки санитарно-гигиенической оценки естественного освещения на рабочих местах;
- освоить методику расчета площади световых проемов, необходимой для обеспечения нормируемого значения коэффициента естественной освещенности.

7.1. Краткие теоретические сведения

Рациональная организация освещения производственных помещений и рабочих мест является одним из основных вопросов безопасности труда и позволяет обеспечить:

- благоприятное психофизиологическое воздействие на работающих и улучшение протекания основных технологических процессов;
- улучшение условий зрительной работы и соответственно снижение утомляемости, повышение производительности труда и качества продукции;
- снижение травматизма.

Применяют следующие виды освещения:

- естественное, создаваемое прямым и отраженным солнечным светом;
- искусственное, осуществляемое электрическими лампами;
- совмещенное, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Различают боковое, верхнее, комбинированное естественное освещение. Боковое освещение помещений осуществляется через световые проемы в наружных стенах зданий, а в некоторых случаях – через стены, если они выполнены из материалов, частично пропускающих свет. При ширине

помещения до 12 м рекомендуется боковое одностороннее освещение, при ширине 12...24 м – боковое двухстороннее.

Верхнее освещение производится через световые проемы в перекрытии, аэрационные и зенитные фонари, а также через световые проемы в местах перепада высот здания.

Комбинированное освещение рекомендуется при ширине помещения более 24 м. Оно является наиболее рациональным, так как создает относительно равномерное по площади освещение.

Количественный показатель освещения – освещенность рабочей поверхности E , лк, которая дает оценку поверхностной плотности светового потока

$$E = \frac{d\Phi}{dS}, \quad (7.1)$$

где $d\Phi$ – световой поток, характеризующий мощность излучения, лк, равномерно падающий на площадь dS , м.

При естественном свете создаваемая освещенность может меняться в очень широких пределах в зависимости от времени дня, времени года, географического положения и метеорологических факторов, состояния облачности и отражающих свойств земного покрова. Поэтому оценка естественного освещения абсолютным значением освещенности на рабочем месте невозможна.

В качестве основной для естественного освещения принята относительная величина – коэффициент естественной освещенности (КЕО), который представляет собой выраженное в процентах отношение естественной освещенности в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения E_e к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности E_n , создаваемой светом полностью открытого небосвода, %,

$$KEO = \frac{E_e}{E_n} 100. \quad (7.2)$$

Таким образом, КЕО оценивает способность систем естественного освещения пропускать свет.

Уровень естественного освещения в производственных помещениях в процессе эксплуатации здания может значительно снизиться вследствие загрязнения остекленных поверхностей стен, потолков, что уменьшает эффективность отражения. Поэтому санитарные нормы предусматривают обязательную очистку стекол световых проемов не реже двух раз в год в помещениях с незначительным выделением пыли, дыма и копоти и не реже четырех раз в год – при значительном загрязнении. Не реже одного раза в год должна производиться побелка и окраска потолка и стен.

7.2. Порядок выполнения работы

Ø Измерение естественной освещенности.

Коэффициент естественной освещенности определяется одновременным замером величин освещенности на рабочих местах внутри помещения и снаружи здания.

Для измерения освещенности могут быть использованы приборы-люксметры модели Ю-16, Ю-116 и др. В настоящей работе используется цифровой фотометр (люксметр-яркометр) модели ТКА-04/3.

Люксметр-яркометр модели ТКА-04/3 (далее – прибор) предназначен для измерения:

- освещенности в видимой области спектра, создаваемой искусственными или естественными источниками, расположенными произвольно относительно приемника, лк;

- яркости накладным методом ТВ-кинескопов, дисплейных экранов и самосветящихся протяженных объектов, кд/м².

Прибор может быть использован для проведения санитарных световых обследований рабочих мест производственных помещений, а также мест с видеодисплейными терминалами и персональными электронно-вычислительными машинами на соответствие требованиям санитарных правил и норм.

Принцип работы прибора заключается в преобразовании фотоприемными устройствами оптического излучения в числовые значения освещенности, лк, и яркости, кд/м².

Внешний вид прибора представлен на рис. 7.1.

Замеры освещенности внутри и снаружи помещения производятся одновременно, данные замеров заносят в табл. 7.1 и по формуле (7.2) рассчитывают КЕО для каждой расчетной точки.

Рис. 7.1. Внешний вид прибора:
1 – блок обработки прибора;
2 – фотометрическая головка

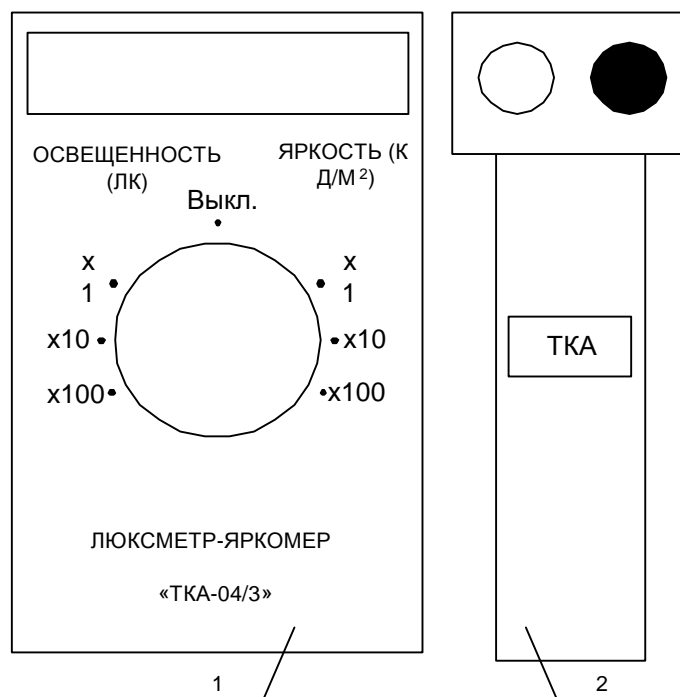


Таблица 7.1

Результаты измерения КЕО

Год, месяц, час, минута замеров	Состояние погоды	№ точек помещения	Освещенность, лк		КЕО, %	
			Внутри помещения $E_{в}$	Снаружи здания $E_{н}$	Фактический	Нормированный
		1				
		2				
		3				
		4				
		5				

7.3. Выбор нормированного значения коэффициента естественной освещенности

Требования к естественному освещению регламентируются СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Нормированное значение КЕО l_N для каждого конкретного помещения определяется с учетом характера зрительной работы, системы освещения, светового климата района расположения здания на территории Российской Федерации по формуле

$$l_N = l_n \cdot m_N, \quad (7.3)$$

где N – номер группы административного района по ресурсам светового

климата [1, прил. Д]; l_n – нормированное значение КЕО по [1, табл. 1]; m_N – коэффициент, учитывающий особенности светового климата района по табл. 4 [1].

Полученные по формуле (7.3) значения следует округлять до десятых долей.

Определенное для заданных условий зрительной работы нормированное значение КЕО вносится в табл. 7.1.

По результатам выполненных исследований строится графическая зависимость КЕО от расстояния до световых проемов (рис. 7.2). Здесь же показывается нормируемое значение КЕО и делается вывод о соответствии естественной освещенности в исследуемом помещении, при необходимости намечаются мероприятия по улучшению освещенности.

7.4. Расчет естественного освещения

По заданному варианту (табл. 7.2) необходимо произвести расчет естественного освещения в наружных стенах здания.

Задачей расчета естественного освещения помещений является определение размеров, формы и расположения световых проемов, при которых обеспечиваются светотехнические условия не ниже нормативных.

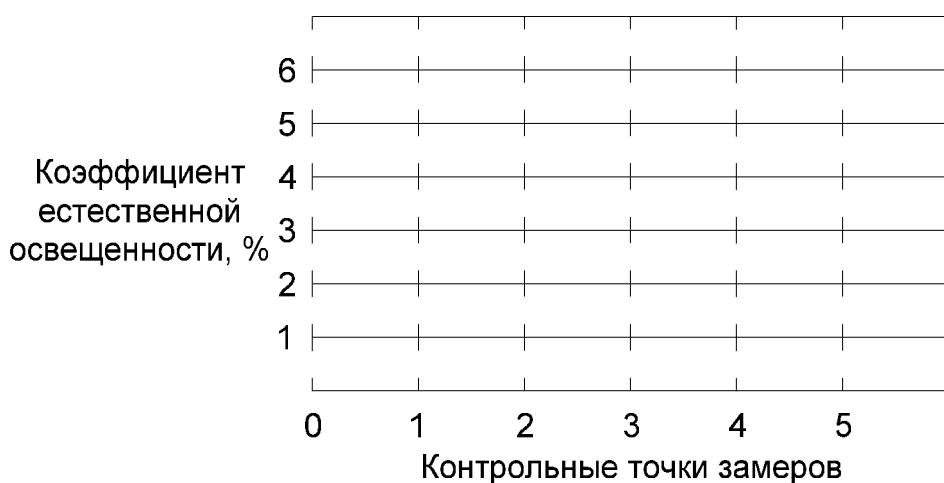


Рис. 7.2. Изменение КЕО по ширине помещения

Требуемая площадь светопроемов при боковом освещении, обеспечивающая нормированное значение КЕО, определяется по формуле [4]

$$S_o = \frac{S_n l_N K_z \eta_o K_{зд}}{100 \cdot \tau_o r_1},$$

где S_o – площадь световых проемов при боковом освещении; S_n – площадь пола помещения, m^2 ; l_N – нормированное значение КЕО, определяемое по формуле (7.3); K_z – коэффициент запаса, принимаемый по

табл. 3 [1]; η_o – световая характеристика окна (табл. 26 [2]); r_1 – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию (табл. 30 [2]); K_{30} – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями (табл. 27 [2]); τ_o – общий коэффициент светопропускания, определяемый по формуле

$$\tau_o = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5,$$

где τ_1 – коэффициент светопропускания материала (табл. 28 [2]); τ_2 – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроекта (табл. 28 [2]); τ_3 – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях (при боковом освещении $\tau_3 = 1$); τ_4 – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах (табл. 29 [2]); τ_5 – коэффициент, учитывающий потери света в защитной сетке (при боковом освещении в расчетах не учитывается).

Зная требуемую площадь светопроемов, обеспечивающих нормированное значение КЕО, можно назначить размеры светопроема, которые должны быть увязаны с принятой системой разрезки стен на панели и унифицированными размерами переплетов окон и фонарей.

Таблица 7.2

Варианты заданий к размеру бокового естественного освещения помещений

№ варианта		1	2	3	4	5
Разряд зрительной работы		IV	VI	V	VII	VIII
Размеры помещения, м	Длина L	28	24	20	32	22
	Ширина B	7	6	10	8	10
Высота от уровня условной рабочей поверхности до верха окна h_1 , м		2,5	3	2	4	3,6
Ориентация световых проемов по сторонам горизонта		Юг	Север	Восток	Запад	Юго-запад
Номер группы административного района N		1	2	3	4	5
Характеристика по-		Свыше 5	С нормальными	Менее 1	С нормальными условиями	

мещения по условиям загрязнения воздуха, мг/м ³		условиями среды		среды	
Вид светопропускающего материала	Стекло оконное листовое			Стекло листовое	
	Одинарное	Тройное	Двойное	Армированное	Узорчатое
Вид переплета	Деревянные спаренные	Стальные одинарные открывающиеся	Деревянные одинарные	Деревянные двойные раздельные	Деревянные одинарные
Солнцезащитные устройства, изделия и материалы	Горизонтальные козырьки с защитным углом не более 30°				
Средневзвешенный коэффициент отражения $\rho_{ср}$ потолка, стен, пола	0,5	0,4	0,3	0,5	0,3
Расстояние до противостоящего здания P , м	30	15	14	4,5	22,5
Высота расположения карниза противостоящего здания над подоконником рассматриваемого окна $H_{зд}$, м	10	15	8	9	15
Угол наклона светопропускающего материала к горизонту, градусы	0—15	16—45	46—75	76—90	0—15

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Что позволяет обеспечить рациональная организация естественного освещения производственных помещений и рабочих мест?
2. Дайте характеристику видам естественного освещения.
3. Назовите разновидности естественного освещения.
4. Какая величина применяется для качественной оценки естественной освещенности?
5. Что представляет собой коэффициент естественной освещенности (КЕО)?
6. Назовите принципы нормирования естественной освещенности.
7. В чем заключаются особенности нормирования естественного освещения?
8. Каким образом при нормировании освещения учитывается ресурс светового климата района?
9. Что учитывает коэффициент запаса K_z при расчете общей площади световых проемов производственного помещения?

10. Как определяются контрольные точки для измерения естественной освещенности помещения?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. Введ. 01.01.96. – М.: Стройиздат, 1996.
2. СНиП II-4-79. Ч.II. Гл.4. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1980.
3. Белов, О.В. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. для студентов / О.В. Белов, А.В. Ильницкая. – М.: Высш. шк., 1999.
4. Тесленко, И.М. Освещение производственных помещений: Учеб. пособие / И.М. Тесленко. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2001.

Лабораторная работа № 8 ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ: ИССЛЕДОВАНИЕ, НОРМИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ

Цель работы:

- изучить методы и приборы определения состояния искусственного освещения на рабочих местах;
- ознакомиться с принципами нормирования искусственного освещения;
- по заданному варианту произвести расчет искусственного освещения.

8.1. Краткие теоретические сведения

Искусственное освещение предусматривается в помещениях, в которых недостаточно естественного света, или для освещения в часы суток, когда естественная освещенность отсутствует.

Искусственное освещение может быть общим (все производственные участки освещаются однотипными светильниками, равномерно расположенными над освещаемой поверхностью и снабженными лампами одинаковой мощности) и комбинированным (к общему освещению добавляется местное освещение рабочих мест светильниками, находящимися у станка, агрегата, приборов и т. д.). Использование только местного освещения недопустимо, так как резкий контраст между ярко освещенным и неосвещенными участками утомляет глаза, замедляет процесс работы и может послужить причиной несчастных случаев и аварий.

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

Рабочее освещение обязательно во всех помещениях и на освещае-

мых территориях для обеспечения нормальной работы людей и движения транспорта. Дежурное освещение включается во вне рабочее время.

Аварийное освещение предусматривается для обеспечения минимальной освещенности в производственном помещении на случай внезапного отключения рабочего освещения.

В современных многопролетных одноэтажных зданиях без световых фонарей с одним боковым остеклением в дневное время суток применяют одновременно естественное и искусственное освещение (совмещенное освещение). Важно, чтобы оба вида освещения гармонизировали одно с другим. Для искусственного освещения в этом случае целесообразно использовать люминесцентные лампы.

В современных осветительных установках, предназначенных для освещения производственных помещений, в качестве источников света применяют лампы накаливания, галогенные и газоразрядные.

Лампы накаливания. Свечение в этих лампах возникает в результате нагрева вольфрамовой нити до высокой температуры. Промышленность выпускает различные типы ламп накаливания:

- вакуумные (В);
- газонаполненные (Г) – наполнитель: смесь аргона и азота;
- биспиральные (Б);
- с криптоновым наполнителем (К);
- биспиральные с криптоновым наполнителем (БК).

Лампы накаливания просты в изготовлении, удобны в эксплуатации, не требуют дополнительных устройств для включения в сеть.

Недостатки этих ламп:

- малая световая отдача (7...20 лм/Вт);
- при большой яркости нити накала низкий КПД, равный 10...13 %;
- срок службы 800...1000 ч;
- дают непрерывный спектр, отличающийся от спектра дневного света преобладанием желтых и красных лучей, что в какой-то степени искажает восприятие человеком цветов окружающих предметов.

Галогенные лампы накаливания наряду с вольфрамовой нитью содержат в колбе пары того или иного галогена (например, йода), который повышает температуру накала нити и практически исключает испарение. Они имеют более продолжительный срок службы (до 3000 ч) и более высокую светототдачу (до 30 лм/Вт).

Газоразрядные лампы излучают свет в результате электрических разрядов в парах газа. На внутреннюю поверхность колбы нанесен слой светящегося вещества – люминофора, трансформирующего электрические разряды в видимый свет. Различают газоразрядные лампы низкого (люми-

несцентные) и высокого давления.

Люминесцентные лампы создают в помещениях искусственный свет, приближающийся к естественному, более экономичны в сравнении с другими лампами, а их освещение благоприятно с гигиенической точки зрения.

К другим преимуществам люминесцентных ламп относятся длительный срок службы (10000 ч) и высокая световая отдача, достигающая для ламп некоторых видов 75 лм/Вт, т. е. они почти в 3 раза экономичнее ламп накаливания. Свечение происходит по всей поверхности трубки, а следовательно, яркость и слепящее действие люминесцентных ламп значительно ниже ламп накаливания. Низкая температура поверхности колбы (около 5 °С) делают лампу относительно пожаробезопасной.

Несмотря на ряд преимуществ, люминесцентное освещение имеет и некоторые недостатки:

- пульсацию светового потока, вызывающую стробоскопический эффект (искажение зрительного восприятия объектов различия – вместо одного предмета видны изображения нескольких, а также направления и скорости движения);

- дорогостоящую и относительно сложную схему включения;

- значительную отраженную блескость;

- чувствительность к колебаниям температуры окружающей среды (оптимальная температура 20...25°С);

- понижение и повышение температуры вызывает уменьшение светового потока.

В зависимости от состава люминофора и особенностей конструкции различают несколько типов люминесцентных ламп:

- белого света (ЛБ);

- дневного света (ЛД);

- тепло-белого света (ЛТБ);

- холодного света (ЛХБ) – лампы дневного света правильной цветопередачи (ЛДЦ).

Наиболее универсальны лампы ЛБ. Лампы ЛХБ, ЛД и особенно ЛДЦ применяются в случаях, когда выполняемая работа требует цветоразличия.

Для освещения открытых пространств, высоких (более 6 м) производственных помещений используют дуговые люминесцентные ртутные лампы высокого давления (ДРЛ). Эти лампы в отличие от обычных люминесцентных ламп сосредотачивают в небольшом объеме значительную электрическую и световую мощность. Лампы работают при любой температуре внешней среды. Кроме того, их можно устанавливать в обычных светильниках взамен ламп накаливания.

К недостаткам этих ламп относится длительное, в течение 5...7 мин, разгорание при включении.

Основные световые и электрические параметры ламп приведены в табл. 8.1 и 8.2.

Таблица 8.1

Светотехнические характеристики ламп накаливания

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм
Б	40	400
	60	715
	100	1350
	150	2100
БК	40	460
	60	790
	100	1450
Г	150	2300
	200	3200
	300	4950
	500	9100
	750	13100
	1000	18600
	1500	29000

Таблица 8.2

Светотехнические характеристики люминесцентных ламп

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм
ЛДЦ	15	500
	20	820
	30	1450
	40	2100
	65	3050
	80	3560

Окончание табл. 8.2

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм
ЛД	15	590
	20	920
	30	1640
	40	2340
	65	3570
	80	4070
ЛХБ	15	700
	20	975
	30	1720
	40	2580
	65	3980
	80	4440
ЛТБ	15	700
	20	975
	30	1720

	40	2580
	65	3980
	80	4440
ЛБ	15	760
	20	1180
	30	2100
	40	3000
	65	4550
	80	5220

8.2. Порядок выполнения работы

Ø Ознакомиться с лабораторной установкой, схема которой приведена на рис. 8.1, а, пульт управления – на рис. 8.1, б.

Ø Подключить лабораторную установку к сети.

Ø С помощью регулятора напряжения 9 установить в сети напряжение 200 В, произвести замеры общей и комбинированной освещенности для ламп накаливания (л.н.) и люминесцентных ламп (л.л.).

При измерении освещенности фотоэлемент люксметра располагают горизонтально на поверхности стола лабораторной установки. Полученные результаты вносят в табл. 8.3.

Включение необходимой системы освещения производится переключателями 7 и 8, установленными на стенде по схеме, приведенной в табл. 8.4.

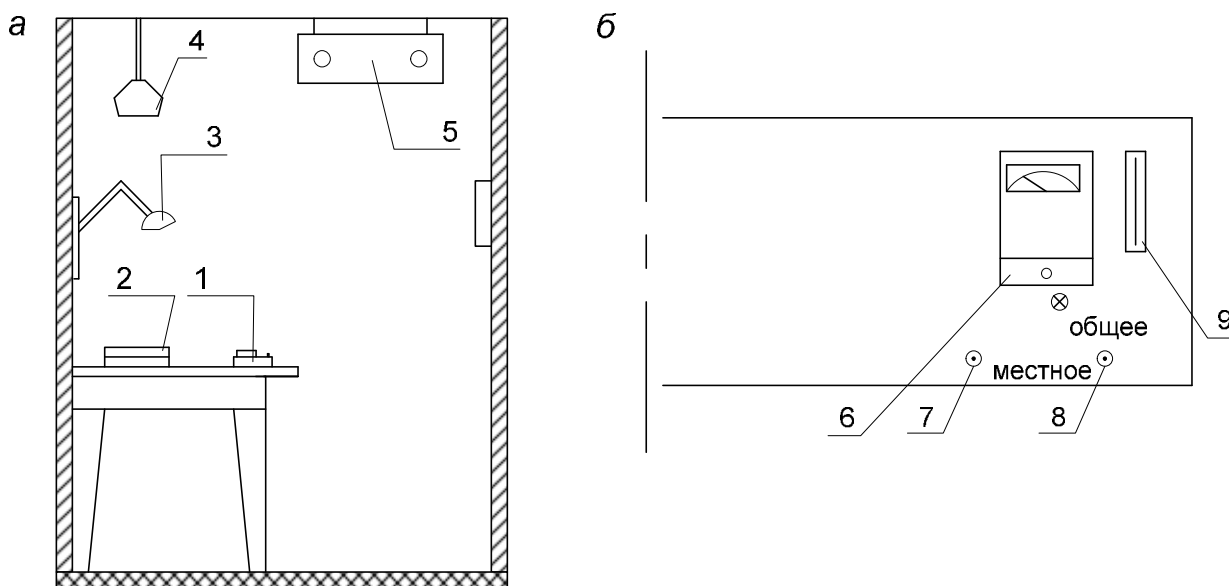


Рис. 8.1. Схема лабораторной установки для определения освещенности: а – разрез камеры; б – пульт управления; 1 – пульт управления; 2 – люксметр; 3 – светильник местного освещения; 4 – светильник общего освещения с лампой накаливания; 5 – светильник общего освещения с газоразрядной лампой; 6 – вольтметр; 7, 8 – трехпозиционные переключатели; 9 – регулятор или ползунковый реостат напряжения

Таблица 8.3

Результаты измерения освещенности

Источник света	Освещенность, лк				Освещенность нормированная при системе освещения, лк	
	При общем освещении		При комбинированном освещении			
	200 В	150 В	200 В	150 В	общей	комбини- рованной
Лампа люминесцентная						
Лампа накаливания						

Ø Повторить измерения при напряжении в сети 150 В.

Таблица 8.4

Порядок включения системы освещения

Система освещения	Положение переключателей	
	7	8
Общая с л.л.	Верхнее	Среднее
Общая с л.н.	Среднее	Верхнее
Комбинированная с л.л.	Верхнее	Нижнее
Комбинированная с л.н.	Нижнее	Верхнее

Ø Выбор нормируемых значений искусственной освещенности.

Для определения нормируемой освещенности необходимо учитывать размер объекта различия, фон и его яркость, вид и систему освещения.

Объектом различия называют зрительно воспринимаемые минимальную деталь предмета, его часть, царапину, нить, дефект и т. д., которые требуется отчетливо различать во время работы.

Фоном называют поверхность, прилегающую непосредственно к объекту различия, на которой он рассматривается.

Контраст объекта различия с фоном определяется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона.

Контраст объекта различия с фоном считается:

- большим – объект и фон резко отличаются по яркости;
- средним – объект и фон заметно отличаются по яркости;
- малым – объект и фон мало отличаются по яркости.

При выполнении лабораторной работы нормируемая величина искусственной освещенности на рабочем месте определяется по табл. 1 [1] для следующих условий зрительной работы:

- системы освещения – общая, комбинированная;
- наименьшего объекта различия, мм – 0,3;
- разряда зрительной работы – III;

- подразряда зрительной работы – а;
- контраста объекта с фоном – малый;
- характеристики фона – темный.

Нормированные значения освещения, определенные для заданных условий зрительной работы, вносятся в табл. 8.3.

На основании данных табл. 8.3 делаются выводы:

- какой источник света в системе общего освещения обеспечивает более качественную освещенность;
- какой источник света более чувствителен к перепаду напряжения в сети с точки зрения освещенности;
- какая система освещения в наибольшей степени удовлетворяет нормативным требованиям.

8.3. Расчет искусственного освещения

По заданному варианту (табл. 8.5) необходимо произвести расчет искусственного освещения производственного помещения.

Расчет искусственного освещения выполняют при проектировании осветительных установок для определения общей установленной мощности и мощности каждой лампы или числа всех светильников [2].

Существует несколько методов расчета освещения, наиболее простой – метод удельной мощности, но он менее точен, и им пользуются только для ориентировочных расчетов.

Таблица 8.5

Варианты заданий

№ варианта	Помещение	Размеры помещения, м	Минимальный размер, м	Высота подвеса светильников над рабочей поверхностью	Фон	Контраст	Источник света	Мощность ламп, Вт	Тип светильника	Коэффициент отражения стен и потолка	Коэффициент запаса	Поправочный коэффициент	Коэффициент затенения η	Количество ламп в светильнике N	Длина светильника, мм	Отношение α
1	Конструкторское бюро	12x18	–	2,3	Средний	Средний	Г	150	ШМ	0,7; 0,6	1,2	1,10	0,80	1	–	1,7
2	Машинописное бюро	24x12	0,3	2,8	Темный	Малый	ЛД	30	УВЛН	0,5; 0,5	1,3	1,15	0,85	2	1265	1,3
3	Проектный зал	12x24	0,15	2,7	Светлый	Малый	ЛБ	40	УВЛН	0,5; 0,3	1,4	1,20	0,90	4	1705	1,4
4	Учебная аудитория	6x24	0,3	3,5	Темный	Средний	ЛХБ	30	ОБЛ	0,7; 0,5	1,5	1,10	0,80	2	1280	1,3
5	Термическое отделение	6x6	0,5	2,6	Светлый	Средний	Б	100	АСТРА-1	0,5; 0,5	1,5	1,15	0,85	1	–	1,4
6	Гальваническое отделение	6x9	0,5	3,0	Средний	Темный	Г	150	ШМ	0,5; 0,3	1,4	1,20	0,90	1	–	1,3
7	Автотормозное отделение	12x24	0,3	3,7	Средний	Малый	ЛХБ	40	ПВЛ	0,7; 0,5	1,3	1,10	0,80	2	1325	1,2
8	Механическое отделение	12x12	0,3	4,0	Средний	Малый	ЛХБ	40	ПВЛ	0,5; 0,5	1,2	1,15	0,85	2	1325	1,4
9	Тяговая подстанция	12x48	1,0	5,5	Средний	Средний	ЛД	30	УВЛН	0,5; 0,3	1,3	1,20	0,90	2	1265	1,3
10	Помещение поездного диспетчера	6x12	0,5	2,8	Средний	Малый	ЛДЦ	40	СЕЛ	0,7; 0,5	1,4	1,10	0,80	2	1280	1,3

Основной метод расчета – по коэффициенту использования светового потока, которым определяется поток, необходимый для создания заданной освещенности горизонтальной поверхности при общем равномерном освещении с учетом света, отраженного стенами и потолком. Расчет выполняют по формуле

$$\Phi = \frac{E_n K_z S Z}{N n \nu \eta_u}, \quad (8.1)$$

где Φ – световой поток лампы, лм; E_n – нормативная освещенность, лк, (табл. 1 [1] и 8.6); K_z – коэффициент запаса, учитывающий запыление светильников и износ источников света в процессе эксплуатации; S – площадь помещения, м; Z – поправочный коэффициент, учитывающий неравномерность освещения, $Z = 1,1-1,2$; N – количество светильников; n – количество ламп в светильнике; ν – коэффициент затенения рабочего места работающим, $\nu = 0,8-0,9$; η_u – коэффициент использования светового потока (табл. 8.7).

Коэффициент использования светового потока определяется в зависимости от типа светильника, коэффициентов отражения стен и потолка помещения и индекса помещения, рассчитываемого по формуле

$$i = \frac{AB}{h_o(A+B)}, \quad (8.2)$$

где A и B – длина и ширина помещения, м; h_o – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

Таблица 8.6

Нормативная освещенность в помещениях

Помещение	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Нормативная освещенность рабочих поверхностей при общем освещении, лк
Кабинеты и рабочие комнаты, проектные кабинеты	III	в	300
Проектные залы и комнаты конструкторского чертежного бюро	II	в	500
Машинописные и машиносчетные бюро	III	а	500
Механическое отделение	III	б	300
Классные комнаты, аудитории, лаборатории	III	в	300
Термическое отделение	IV	в	200
Гальваническое отделение	IV	б	200
Автотормозное отделение	III	б	300
Тяговая подстанция	V	в	150
Помещение поездного диспетчера	IV	б	200

Таблица 8.7

Коэффициент использования светового потока

Тип светильника	Коэффициент отражения стен и потолка	Коэффициент использования η_u при индексе помещения i																
		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
ШМ	0,7; 0,5	0,13	0,17	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36	0,37	0,39	0,41	0,43	0,46
	0,5; 0,5	0,12	0,16	0,18	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,27	0,29	0,30	0,31	0,33	0,35	0,37	0,38	0,40
	0,5; 0,3	0,09	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,28	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37
ОД	0,7; 0,5	0,30	0,34	0,38	0,42	0,45	0,47	0,50	0,53	0,57	0,60	0,62	0,64	0,65	0,67	0,69	0,70	0,72
	0,5; 0,5	0,25	0,25	0,33	0,36	0,39	0,42	0,44	0,48	0,52	0,54	0,57	0,59	0,60	0,63	0,65	0,66	0,69
	0,5; 0,3	0,20	0,20	0,29	0,33	0,35	0,38	0,40	0,43	0,47	0,51	0,54	0,56	0,57	0,60	0,62	0,64	0,56
ОДР и ПВЛ	0,7; 0,5	0,28	0,32	0,35	0,38	0,41	0,44	0,46	0,48	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,63	0,64	0,66
	0,5; 0,5	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,38	0,41	0,44	0,47	0,50	0,52	0,54	0,55	0,58	0,59	0,61	0,62
	0,5; 0,3	0,21	0,24	0,27	0,29	0,32	0,34	0,36	0,39	0,43	0,46	0,49	0,51	0,52	0,55	0,57	0,58	0,60
ОДО	0,7; 0,5	0,30	0,36	0,41	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,55	0,58	0,60	0,62	0,64	0,60	0,67	0,68	0,70
	0,5; 0,5	0,25	0,31	0,36	0,39	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,55	0,57	0,58	0,60	0,62	0,63	0,64
	0,5; 0,3	0,21	0,27	0,32	0,36	0,39	0,41	0,42	0,44	0,46	0,49	0,51	0,53	0,55	0,56	0,58	0,59	0,60
УВЛН ОВЛ	0,7; 0,5	0,18	0,21	0,24	0,27	0,29	0,32	0,33	0,35	0,38	0,40	0,42	0,43	0,44	0,46	0,48	0,49	0,51
	0,5; 0,5	0,15	0,19	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,31	0,34	0,35	0,37	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42	0,44
	0,5; 0,3	0,13	0,16	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,28	0,31	0,33	0,35	0,36	0,37	0,39	0,40	0,41	0,42
УСП, ЛСО-02	0,7; 0,5	0,21	0,24	0,28	0,30	0,33	0,36	0,37	0,39	0,42	0,45	0,46	0,48	0,50	0,52	0,53	0,54	0,57
	0,5; 0,5	0,19	0,22	0,25	0,27	0,30	0,32	0,33	0,35	0,38	0,40	0,41	0,42	0,44	0,45	0,46	0,47	0,49
	0,5; 0,3	0,16	0,18	0,21	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32	0,36	0,37	0,39	0,40	0,41	0,43	0,44	0,45	0,47
АСТ- РА-1	0,7; 0,5	0,24	0,34	0,42	0,46	0,49	0,51	0,53	0,56	0,60	0,63	0,66	0,68	0,70	0,73	0,76	0,78	0,81
	0,5; 0,5	0,20	0,26	0,34	0,38	0,41	0,43	0,45	0,47	0,50	0,53	0,55	0,57	0,59	0,62	0,64	0,66	0,69
	0,5; 0,3	0,17	0,23	0,30	0,34	0,37	0,39	0,41	0,43	0,46	0,48	0,51	0,53	0,55	0,56	0,61	0,62	0,64

В расчете следует определить необходимое количество светильников для обеспечения нормируемого значения E_n . В этом случае формула (8.1) примет вид

$$N = \frac{E_n K_3 S Z}{\Phi n \nu \eta_u}. \quad (8.3)$$

При нахождении количества светильников по типу источника света определяется световой поток лампы (табл. 8.1 и 8.2).

После расчетов необходимо на плане помещения сделать схему расположения светильников.

Ориентировочно устанавливается количество светильников в соответствии с рекомендуемыми расстояниями между светильниками и строительными конструкциями. Светильники размещаются вдоль длинной стороны помещения.

Расстояние между рядами светильников L определяется из соотношения

$$L = \alpha h,$$

где α – наивыгоднейшее соотношение L и h ; h – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, м (α и h даны в табл. 8.5).

Расстояние между стенами и крайними рядами светильников ориентировочно принимается равным (0,3–0,5) L .

Количество рядов светильников по длине помещения определяется аналогично (для светильников с лампами накаливания) или по длине светильников (с люминесцентными лампами).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Назовите виды искусственного освещения.
2. Как подразделяется искусственное освещение по функциональному назначению?
3. Перечислите источники искусственного света.
4. Назовите типы ламп накаливания.
5. Охарактеризуйте недостатки ламп накаливания.
6. Дайте характеристику галогенных ламп накаливания.
7. Назовите недостатки люминесцентных ламп.
8. Перечислите типы и особенности конструкции люминесцентных ламп.
9. Какие лампы используют для освещения открытых пространств производственных помещений?
10. Охарактеризуйте принципы нормирования искусственной освещенности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. – М.: Стройиздат, 1995.
2. Тесленко, И.М. Освещение производственных помещений: Учеб. пособие / И.М. Тесленко. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2001.
3. Безопасность жизнедеятельности: Сб. лабораторных работ: В 2 ч. Ч. 2 / Под ред. Б.А. Мамота. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 1995.
4. Нормы искусственного освещения объектов транспорта. РД 3215-91. – М.: Транспорт, 1992.
5. ГОСТ 24940-96. Здания и сооружения. Методы измерения освещения. – М.: Стройиздат, 1997.

Лабораторная работа № 9 АНАЛИЗ ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Цель работы:

- изучить краткие теоретические сведения;
- оценить влияние различных параметров трехфазной сети напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью на опасность поражения человека электрическим током.

9.1. Краткие теоретические сведения

На предприятиях железнодорожного транспорта широкое распространение получили трехфазные сети напряжением до 1000 В. Анализ безопасности в этих сетях сводится к оценке влияния различных параметров сети на опасность поражения человека электрическим током [2].

Рассмотрим случай однополюсного прикосновения к сети с изолированной нейтралью напряжением до 1000 В, когда емкость проводов в сети относительно земли мала и ею можно пренебречь.

Считается, что фазные напряжения рассматриваемой трехфазной сети равны: $u_1 = u_2 = u_3$ и сопротивления изоляции проводов относительно земли одинаковы $r_1 = r_2 = r_3 = r$.

При пробое фазы 1 (рис. 9.1) на корпус электроустановки прикосновение к ней человека приводит к уменьшению сопротивления изоляции этой фазы относительно земли:

$$r_1' = \frac{R_h r_1}{R_h + r_1} < r_1, \quad (9.1)$$

и симметричная нагрузка нарушается: $r_1 \neq r_2 \neq r_3$.

Для этого состояния сети справедливы равенства

$$\begin{aligned} u'_1 &= u_1 - u_o; \quad u'_2 = u_2 - u_o; \\ u'_3 &= u_3 - u_o; \quad u_o \neq 0, \end{aligned} \quad (9.2)$$

где u_1, u_2, u_3 – напряжения фазных проводов относительно земли до прикосновения человека к корпусу электроустановки; u'_1, u'_2, u'_3 – напряжения фазных проводов относительно земли после прикосновения человека к электроустановке; u – напряжение нейтрали источника тока относительно земли.

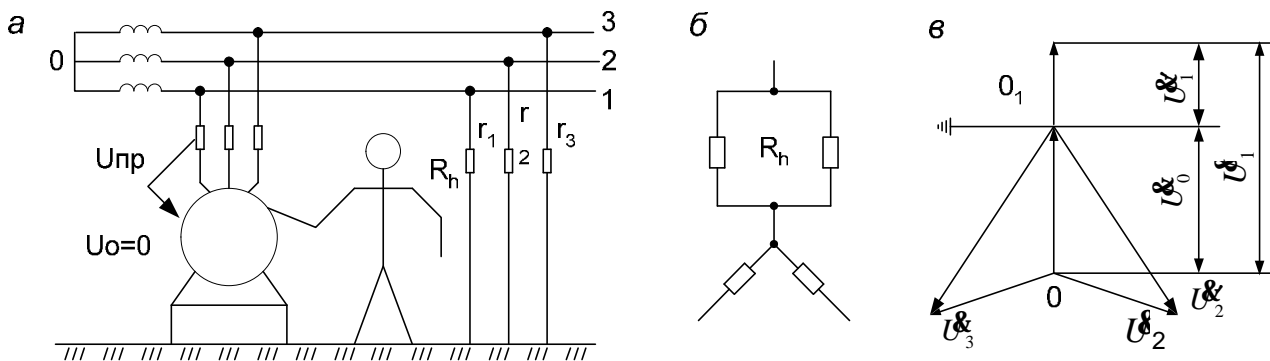


Рис. 9.1. Однополюсное прикосновение к сети трехфазного тока с изолированной нейтралью: а – трехфазная сеть с изолированной нейтралью в аварийном режиме; б – схема заземления; в – векторная диаграмма

Из полученного равенства (рис. 9.1) и векторной диаграммы (рис. 9.1, б) видно, что нулевая точка источника тока относительно земли приобрела потенциал u_o . Напряжение первой фазы относительно земли уменьшилось, а второй u'_2 и третьей u'_3 увеличилось. В этом случае ток, проходящий через человека, определяется из равенства

$$I_h = \frac{u_1 - u_o}{R}. \quad (9.3)$$

Для определения зависимости I_h от сопротивления изоляции воспользуемся первым законом Кирхгофа:

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_h = 0, \quad (9.4)$$

где I_1, I_2, I_3 – токи утечки через сопротивление изоляции фаз 1; 2; 3; I_h – ток, протекающий через человека.

Принимая во внимание, что $r_1 = r_2 = r_3 = r$,

$$I_1 = \frac{u_1 - u_o}{r_1}; I_2 = \frac{u_2 - u_o}{r_2}; \quad (9.5)$$

$$I_3 = \frac{u_3 - u_o}{r_3}; I_h = \frac{u_1 - u_o}{R_h},$$

получим

$$\begin{aligned} \frac{u_1 - u_o}{r_1} + \frac{u_2 - u_o}{r_2} + \frac{u_3 - u_o}{r_3} + \frac{u_1 - u_o}{R_h} &= 0; \\ \frac{u_1 + u_2 + u_3}{r} - \frac{3u_o}{r} + \frac{u_1 - u_o}{R_h} &= 0. \end{aligned} \quad (9.6)$$

Так как u_1, u_2, u_3 равны по величине и сдвинуты по фазе на 120° , то $u_1 + u_2 + u_3 = 0$, а равенство (9.3) примет вид

$$\frac{u_1 - u_o}{R_h} - \frac{3u_o}{r} = 0. \quad (9.7)$$

Решив равенство (9.7) относительно u_o и подставив его значение в (9.3), получим

$$I_h = \frac{\sqrt{3}u}{3R_h + r}. \quad (9.8)$$

При $r_1 \neq r_2 \neq r_3$ ток, протекающий через тело человека, определяется по формуле

$$I_h = \frac{\sqrt{3}ur_1\sqrt{r_1^2 + r_2r_3 + r_3^2}}{R_h(r_1r_2 + r_2r_3 + r_3r_1) + r_1r_2r_3}. \quad (9.9)$$

Следует помнить, что изоляция проводов сети в процессе эксплуатации может понизиться и оказаться в аварийном состоянии. Опасность поражения током в этом случае резко возрастает. Из равенства (9.9) следует, что при $r_2 = 0$ (или $r_3 = 0$) человек попадает под линейное напряжение

$$I_h = \frac{\sqrt{3}u}{R_h}. \quad (9.10)$$

В соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) [2] в электроустановках напряжением до 1000 В между предохранителями или изоляцией любой фазы с землей, а также между двумя фазами сопротивление должно быть не менее 0,5 МОм или 1000 Ом/В.

9.2. Порядок выполнения работы

Ø Ознакомиться с лабораторной установкой, схема которой приведена на рис. 9.2.

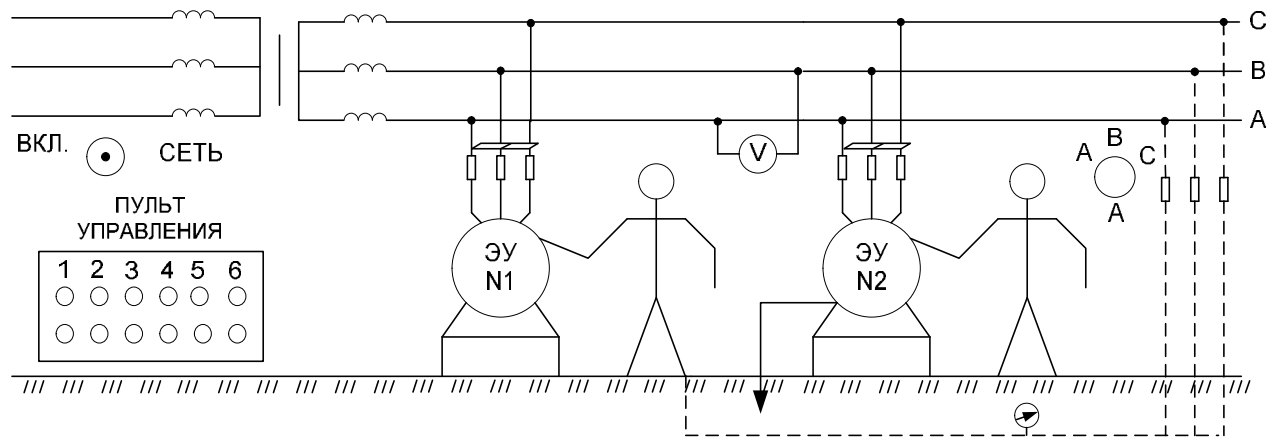


Рис. 9.2. Схема лабораторной установки: 1, 2, 3 – включение соответственно первого, второго электродвигателя и второго электродвигателя на пробой изоляции на корпус; 4, 5 – включение соответственно касания человека к первому и второму электродвигателю; 6 – включение ослабления изоляции

Ø Включить лабораторную установку в сеть.

Ø Произвести включение, сделав после каждого из них запись показаний приборов *u* и *I* для каждой фазы в табл. 9.1:

- второго электродвигателя в систему;
- пробоя изоляции на корпус второго электродвигателя;
- касания человека второго электродвигателя;
- ослабления изоляции.

Таблица 9.1

Показания приборов

Включение 2-го электродвигателя в сеть				Пробой изоляции 2-го электродвигателя				Касание человека электродвигателя				Ослабление изоляции			
<i>u</i> , <i>B</i>	<i>I</i> , <i>A</i> , по фазе			<i>u</i> , <i>B</i>	<i>I</i> , <i>A</i> , по фазе			<i>u</i> , <i>B</i>	<i>I</i> , <i>A</i> , по фазе			<i>u</i> , <i>B</i>	<i>I</i> , <i>A</i> , по фазе		
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>

Ø В соответствии с полученными результатами (табл. 9.1), вариантом работы и дополнительными данными (табл. 9.2) произвести расчет нижеперечисленных показателей.

- Ток плавкой вставки при включении второго электродвигателя в сеть

$$I_{нв} = \frac{I_n K}{1,8}, \quad (9.11)$$

где I_n – номинальный или рабочий ток электроустановок, А; K – кратность пускового тока (для асинхронных электродвигателей принимается в пределах 5...7).

- Ток защиты (эффективность защиты) при пробое изоляции второго электродвигателя

$$I_з = \frac{3u}{3R_з + r_c}, \quad (9.12)$$

где $R_з$ – величина сопротивления заземления второго электродвигателя; r_c – электрическое сопротивление системы, принимаются 1000 Ом × 1 В или 0,5 мОм (для системы).

- Ток, проходящий через человека при использовании индивидуальных средств защиты, А,

$$I_h = \frac{3u}{3(R_h + r_{неп}) + r_c}, \quad (9.13)$$

где $r_{неп}$ – сопротивление средств индивидуальной защиты.

- Ток, проходящий через человека при ослаблении изоляции системы r_{oc} относительно земли, А,

$$I_h = \frac{3u}{3R_h + r_{oc}}.$$

Данные для расчета принимаются по табл. 9.2.

Ø Дополнительно включить:

- первый электродвигатель в систему;
- касание человека первого электродвигателя.

Ø На основании теоретических сведений сделать вывод об опасности устройств «зануления» одной и заземления другой электроустановки применительно к схеме с изолированной нейтралью [3].

Таблица 9.2

Результаты измерений

Вариант	Величина сопротивления заземления, Ом	Сопротивление изоляции при ее ослаблении, кОм	Средства индивидуальной защиты и их сопротивление	
			Наименование	Сопротивление, МОм
1	0,5	1,0	Перчатки	1,22
2	2,0	10,0	Боты	0,50
3	4,0	120,0	Изолирующие перчатки	0,60
4	8,0	3,0	Перчатки и боты	1,52

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. В каких случаях человек попадает под действие электротока?
2. Объясните действие электротока на организм человека.
3. Перечислите виды электрических травм.
4. Перечислите виды электрических ударов.
5. Перечислите факторы, определяющие опасность поражения электротоком.
6. От чего зависит электрическое сопротивление тела человека.
7. Поясните, как величина напряжения и тока влияет на степень поражения.
8. Назовите три критерия электробезопасности.
9. Поясните, как род и частота тока влияют на степень поражения.
10. Определите величину тока при однофазном прикосновении в электрических сетях.
11. Определите величину тока при двухфазном прикосновении в электрических сетях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мамот, Б.А. Защита от электрического тока и электромагнитных полей: Учеб. пособие / Б.А. Мамот. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 1999.
2. Правила устройства электроустановок. Минэнерго СССР. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1986.
3. Долин, П.А. Справочник по технике безопасности / П.А. Долин. – М.: Энергоиздат, 1982.

Лабораторная работа № 10

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Цель работы:

- ознакомиться с устройством заземления на стендовой установке;
- научиться пользоваться измерительными приборами и получить навыки определения сопротивления заземления;
- произвести расчет заземления по заданию преподавателя.

10.1. Краткие теоретические сведения

Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [1] предусматривают следующие термины и определения:

- *заземлением* какой-либо части электроустановки или другой установки называется преднамеренное электрическое соединение этой части с заземляющим устройством;
- *защитное заземление* – заземление частей электроустановки с целью обеспечения электробезопасности;
- *рабочее заземление* какой-либо точки токоведущих частей электроустановки;
- *заземляющим устройством* называется совокупность заземлителя и заземляющих проводников;
- *заземлителем* называется проводник (электрод) или совокупность металлических соединений между собой проводников (электродов), находящихся в соприкосновении с землей;
- *заземляющий проводник* – проводник, соединяющий заземляющие части с заземлителем.

Заземление электроустановок следует выполнять: при напряжении 380 В и выше переменного тока, 440 В и выше постоянного – во всех случаях; при номинальном напряжении от 42 до 380 В переменного и от 110 до 440 В постоянного тока – при работах в условиях повышенной опасности и особо опасных.

Различают искусственное и естественное заземление.

На рис. 10.1, а представлена схема искусственного заземления электроустановки 1, состоящая из вертикальных заземлителей 3, металлических соединенных полос 2. Вертикальные заземлители выполняются длиной не более 2,5 м и изготавливаются из стального проката в виде уголка 60×60 и 50×50 или из стальных труб толщиной не менее 2,5 мм. В качестве соединительной полосы используется полосовая сталь толщиной 4 мм и более, сечением не менее 48 мм. Глубина заложения вертикальных заземлителей и полос h_m – 0,5...0,8 м от поверхности земли. Расстояние между вертикальными заземлителями определяется из ус-

ловия $a = 21$.

В производственных помещениях (рис. 10.1, б) дополнительно прокладывается видимый контур по стене на высоте 0,3 м от пола, который соединяется с заземлением 2 не менее чем в двух точках 5. Электроустановки подключаются к видимому контуру параллельно.

Контроль сопротивления заземления электроустановок производится прибором М416 (измеритель сопротивления заземления). При измерении прибор следует располагать в непосредственной близости от измеряемого заземлителя R_x , так как при этом на результате измерения сказывается сопротивление проводов, соединяющих прибор с заземлением.

Стержни, образующие вспомогательный заземлитель и потенциальный электрод, устанавливаются на расстояниях, указанных на рис. 10.2 и 10.3.

Во избежание увеличения переходного сопротивления заземлителя и зонда стержни следует забивать в грунт прямыми ударами, стараясь не раскачивать их. Сопротивление вспомогательного заземлителя и зонда не должно превышать величин, указанных в паспорте прибора.

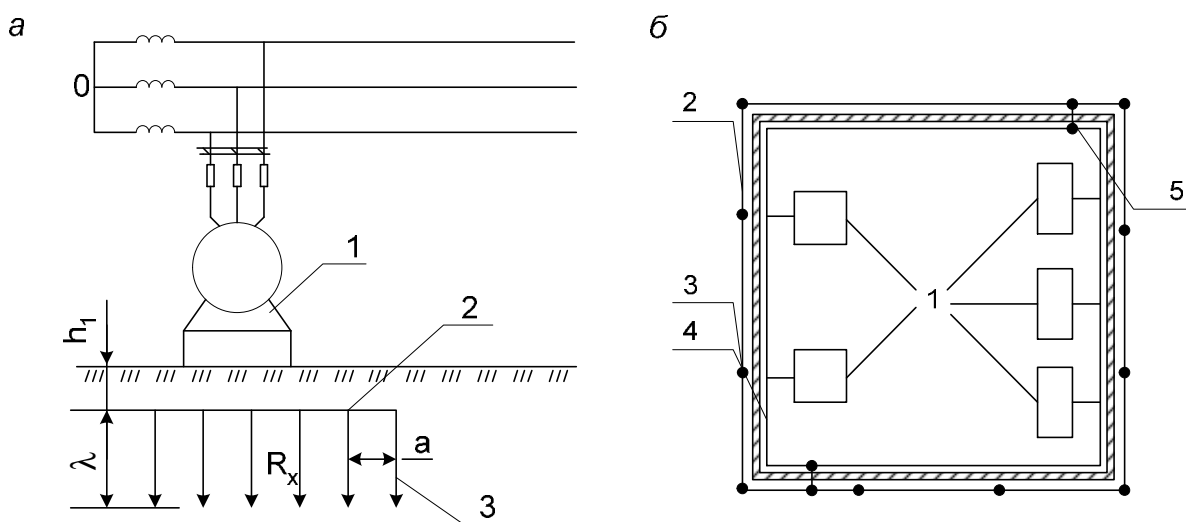


Рис. 10.1. Схема заземления: а – электроустановки; б – группы электроустановок; 1 – электроустановка; 2 – соединительная полоса; 3 – вертикальный заземлитель; 4 – видимый контур заземления; 5 – соединитель видимого контура

Практически для большинства типов грунтов, за исключением грунтов с высоким удельным сопротивлением, сопротивление вспомогательных заземлителей не превышает $R_g + R_3 < 1000$ Ом.

Для повышения точности измерения следует уменьшить сопротивление вспомогательных заземлителей путем увлажнения почвы вокруг них или увеличения их количества.

Дополнительные стержни вбиваются на расстоянии не менее 2–3 м друг от друга. Все стержни, образующие контур зонда или вспомога-

тельного заземления, соединяются между собой электрически.

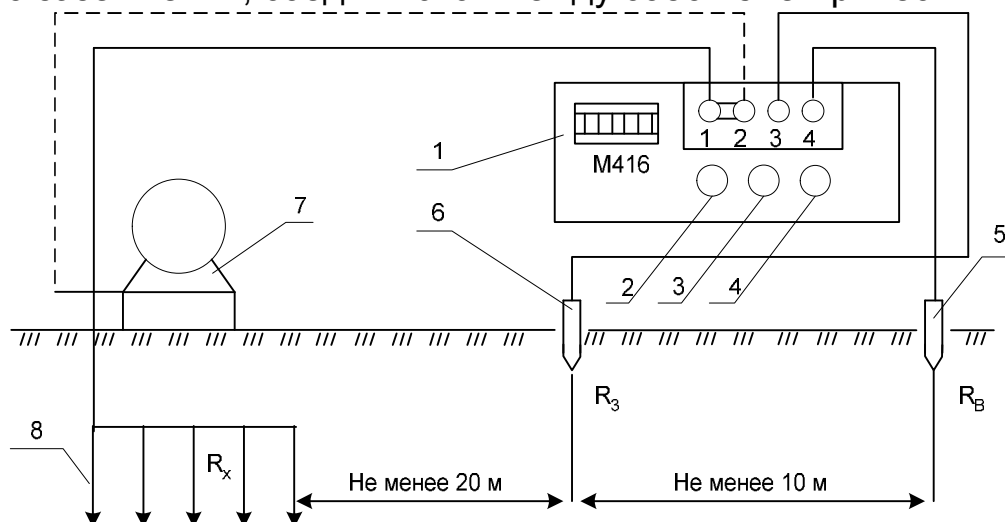


Рис. 10.2. Подключение измерителя сопротивления заземления: 1 – прибор M416; 2 – кнопка контроля; 3 – реохорд; 4 – переключатель; 5 – вспомогательный электрод; 6 – зондирующий электрод; 7 – электроустановка; 8 – заземление

Измерение производится по схеме, приведенной на рис. 10.2. В результаты измерения входит сопротивление провода, соединяющего зажим I и R_x .

Поэтому такое включение используется, когда не требуется особой точности измерения, т. е. при сопротивлении заземления до 1 Ом.

При точных измерениях перемычку с клемм 1 и 2 снимают и прибор подключают по четырехзажимной схеме (на рис. 10.2 дополнительный проводник показан пунктиром), что позволяет исключить погрешность, вносимую сопротивлением соединительных проводов и контактов.

Для сложных заземлителей, выполненных в виде контура с протяженным периметром, подключение прибора выполняется по четырехзажимной схеме, показанной на рис. 10.3.

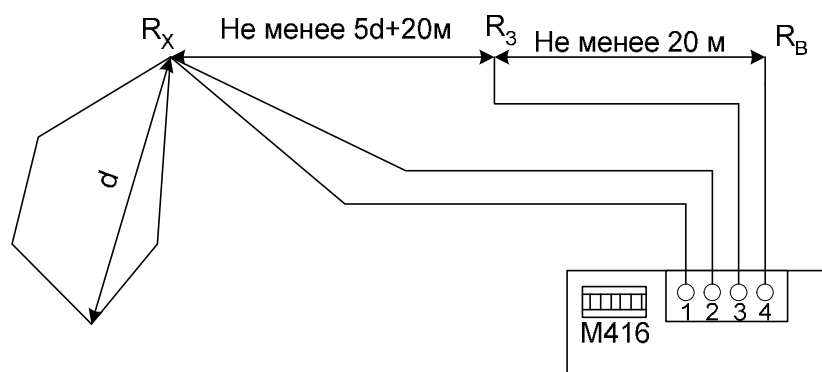


Рис. 10.3. Подключение прибора по четырехзажимной

схеме и сложному (контурному) заземлителю

10.2. Порядок выполнения работы

10.2.1. Измерение сопротивления заземления

Ø Подготовить измеритель сопротивления заземления к работе:

– расположить прибор на ровной поверхности;

– установить переключатель в положение «контроль 5 Ом», нажать кнопку и, вращая реохорд, добиться установки стрелки индикатора на нулевую отметку. На шкале реохорда при этом должно быть показание $5 \pm 0,3$ Ом, что говорит об исправности прибора.

Ø В соответствии с рис. 10.2 собрать схему.

Ø Переключатель 1 установить в положение « X_1 ».

Ø Нажать кнопку и, вращая ручку реохорда, добиться максимального приближения стрелки индикатора к нулю.

Ø Результат измерения равен произведению показателя шкалы реохорда и «множителя», если полученное сопротивление окажется больше 10 Ом, переключатель установить в положение « X_5 », « X_{20} » или « X_{100} » и повторить предыдущую операцию.

Ø Определить сопротивление вспомогательного электрода R_6 , для чего на лабораторной установке клеммы R_x и R_6 поменять местами, повторить ту же операцию.

Ø Привести схему в соответствие с рис. 10.2.

Ø Определить сопротивление зондирующего электрода R_3 , предварительно поменяв на лабораторной установке клеммы R_x и R_3 местами.

Ø Результаты измерений представить в виде табл. 10.1.

Таблица 10.1

Результаты измерений

R_x , Ом	R_6 , Ом	R_3 , Ом	$R_{дон}$, Ом

Примечание. Допустимое сопротивление заземления принимается в соответствии с выполняемым вариантом по табл. 10.2.

Таблица 10.2

Варианты и дополнительные данные
для расчета заземления

Вариант	Длина заземлителя, см	Диаметр заземлителя, см	Глубина забивки, см	Род грунта	Форма заземления	Климатическая зона	$R_{дон}$, Ом
1	180	4	50	Суглинок	Контур	1	1,5
2	200	5	70	Глина	Ряд	3	6,0

3	500	6	80	Чернозем	Контур	2	4,0
---	-----	---	----	----------	--------	---	-----

Окончание табл. 10.2

Вариант	Длина заземлителя, см	Диаметр заземлителя, см	Глубина забивки, см	Род грунта	Форма заземления	Климатическая зона	$R_{дон}$, Ом
4	200	5	70	Песок	Ряд	1	8,0
5	300	6	80	Суглинок	Контур	3	2,0
6	180	4	50	глина	Ряд	2	5,0

10.2.2. Расчет заземления

Ø Расчет заземления выполняется согласно заданному варианту.

Ø Определить сопротивление одиночного трубчатого заземлителя $R_{тр}$ по формуле

$$R_{тр} = \frac{\rho_{расч}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4h_m + 3l}{4h_m + l} \right), \quad (10.1)$$

или

$$R_{тр} = \frac{0,366\rho_{расч}}{l} \left(\lg \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4h_m + 0,75l}{4h_m + 0,25l} \right), \quad (10.2)$$

где $\rho_{расч}$ – расчетное значение удельного сопротивления однородного грунта, $\rho_{расч} = \rho_{табл} K_n$; h_m – глубина забивки, м; $\rho_{табл}$ – удельное сопротивление грунта (определяется по табл. 10.3); K_n – коэффициент, зависящий от климатической зоны (табл. 10.4); l и d – соответственно, длина и диаметр заземлителя.

Таблица 10.3

Удельное сопротивление однородного грунта
(приближенное значение)

Вид грунта	Удельное сопротивление грунта для предварительных расчетов, Ом×см
Глина	$0,5 \times 10^4$
Чернозем	$2,0 \times 10^4$
Суглинок	$1,0 \times 10^4$
Песок	$5,0 \times 10^4$

Таблица 10.4

Значения повышающего коэффициента K_n
по климатическим зонам для нормальной влажности грунта

Тип заземлителя	Значение по климатическим зонам		
	1	2	3
Стержневые электроды длиной 1,8–5 м при	2,0...1,4	1,8...1,3	1,4...1,2

глубине залегания 0,5–0,8 м			
-----------------------------	--	--	--

Ø Определить число заземлителей

$$n = \frac{R_{mp}}{R_{дон}}. \quad (10.3)$$

Ø Уточнить число заземлителей с учетом коэффициента использования заземления

$$n_3 = \frac{R_{mp}}{R_{дон} \eta_u}, \quad (10.4)$$

где η_u – коэффициент использования заземлителя, определяется по табл. 10.5.

Таблица 10.5

Коэффициент использования η_u для вертикальных заземлителей

Для заземлителей, расположенных в ряд			Для заземлителей, расположенных в ряд		
Отношение расстояния к длине a / l	Число труб, n	η_u	Отношение расстояния к длине a / l	Число труб, n	η_u
2	2	0,910	2	4	0,780
	3	0,860		6	0,730
	5	0,810		10	0,680
	10	0,740		20	0,630
	15	0,690		40	0,580
	20	0,670		60	0,550

Ø Определить общее сопротивление вертикальных заземлителей $R_{mp.pac}$, Ом,

$$R_{mp.pac} = \frac{R_{mp}}{n_3}. \quad (10.5)$$

Ø Определить длину полосы L , см, соединяющей трубы:

– для заземлителей, расположенных в ряд,

$$L = 1,5a(n_3 - 1); \quad (10.6)$$

– для заземлителей, расположенных по контуру,

$$L = 1,5an_3. \quad (10.7)$$

Ø Определить сопротивление полосы R_n , уложенной на глубину,

$$R_n = \frac{\rho_{расч}}{2L} \ln \frac{2L^2}{bh_m}; \quad R_n = \frac{0,366\rho_{расч}}{L} \lg \frac{2L^2}{bh_m},$$

где b – ширина полосы, см, принимается равной диаметру заземляющих труб, т. е. $b = d$.

Ø Определить сопротивление полосы R_n с учетом экранирования, Ом,

$$R_n = \frac{R_n}{\eta_u}, \quad (10.9)$$

где η_u – коэффициент использования полосы, определяется по табл. 10.6.

Ø Определить сопротивление растеканию сложного заземления, Ом,

$$R_{см} = \frac{1}{\frac{1}{R_{мп.рас}} + \frac{1}{R_n}}. \quad (10.10)$$

Таблица 10.6

Коэффициент использования η_u заземлителя для полосы

Отношение расстояния между заземлителями к их длине a/l	Для заземлителей, расположенных в ряд		Для заземлителей, расположенных по контуру	
	Число труб n	Коэффициент использования η_u	Число труб n	Коэффициент использования η_u
2	4	0,890	4	0,550
	5	0,860	5	0,480
	8	0,790	8	0,430
	10	0,750	10	0,400
	20	0,569	20	0,320
	30	0,460	30	0,300
	50	0,360	50	0,280
	60	0,270	60	0,270

Ø Результаты расчета представить в виде табл. 10.7.

Таблица 10.7

Результаты расчета

Число заземлителей	Длина полосы, см	Сопротивление одного зазем- лителя, Ом	Сопротивление полосы, Ом	Коэффициент использования	Общее сопро- тивление, Ом

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Что такое защитное заземление?
2. В каких случаях производится заземление электроустановок?
3. Дайте классификацию заземляющих устройств.
4. Каким прибором производится контроль сопротивления заземлителя?
5. Что такое заземляющее устройство?
6. Покажите конструкцию искусственных заземлителей.
7. Электроустановка подключения к сети с изолированной нейтралью, в которой произошло замыкание одной из фаз на корпус электроустановки, которой касается человек. Электроустановка заземлена. Определите величину тока, проходящего через человека.
8. В чем заключается принцип нормирования защитного заземления.
9. Каков порядок расчета защитного заземления.
10. Объясните методику измерения сопротивления защитного заземления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1986.
2. ССБТ ГОСТ 12.1.014-78. Строительство. Электробезопасность. Общие требования.
3. ССБТ. ГОСТ 12.1.030-81. Защитное заземление и зануление.

Лабораторная работа № 11 ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ

Цель работы:

- научиться пользоваться мегаомметром для измерения сопротивления изоляции электрооборудования;
- оценить опасность электрической сети по силе тока, проходящего через человека при его случайном прикосновении к фазе.

11.1. Краткие теоретические сведения

В соответствии с [1, 2, 3] электрическая изоляция подразделяется на следующие виды:

- рабочую – электрическую изоляцию токоведущих частей электроустановки, обеспечивающую нормальную работу электроустановки и защиту от поражения электрическим током;

– дополнительную – предусмотренную дополнительно к рабочей изоляции для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения рабочей изоляции;

– двойную – совокупность рабочей и защитной (дополнительной) изоляции, при которой доступные прикосновению части электроприемника не приобретают напряжения при повреждении только рабочей или только защитной (дополнительной) изоляции;

– усиленную – электрически улучшенную рабочую изоляцию, обеспечивающую такую же степень защиты от поражения электрическим током, как и двойная изоляция.

Регулярное наблюдение за состоянием изоляции электрооборудования и своевременное обнаружение ее дефектов является одной из основных мер, позволяющих предотвратить поражение электрическим током и поддерживать бесперебойное электропитание оборудования. При этом ослабление изоляции возникает вследствие ее старения и износа. На ухудшение изоляции влияют условия среды (колебания температуры, относительной влажности, наличие вредных веществ), значительные механические усилия, вибрации и т. п.

Качество электрической изоляции характеризуется следующими параметрами [4]:

- сопротивлением изоляции;
- коэффициентом абсорбции;
- электрической прочностью.

Так как электроизоляционные материалы обладают хотя и небольшой, но вполне определенной проводимостью, то под действием приложенного к изоляции напряжения U через нее будет протекать ток, называемый током утечки I_c . Установившаяся величина этого тока и используется для определения сопротивления изоляции R_u по формуле, Ом,

$$R_u = \frac{U}{I_c}. \quad (11.1)$$

На рис. 11.1 приведены графические зависимости изменения сопротивления изоляции R_u и тока утечки I_c от времени, прошедшего с момента приложения.

Из рис. 11.1 видно, что ток I_c устанавливается не сразу, а через некоторый промежуток времени t . Поэтому считывание показаний приборов для определения сопротивления изоляции следует производить не ранее чем через 60 с после приложения напряжения.

Для предотвращения замыкания на земле и других повреждений изоляции, при которых возникает опасность поражения людей электрическим током, необходимо проводить испытания повышенным напряжением и контроль изоляции.

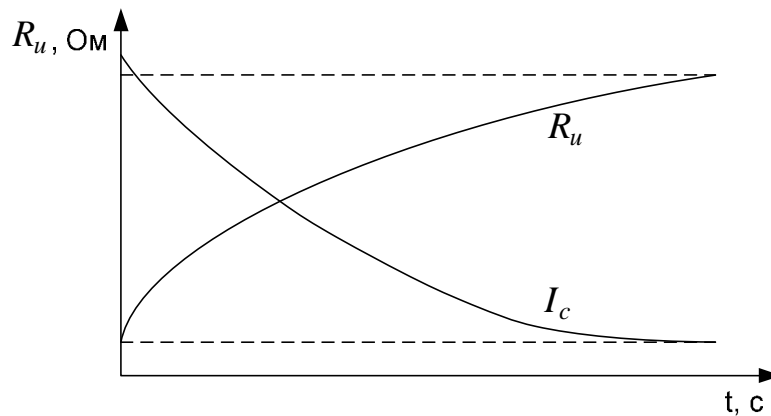


Рис. 11.1. Характер изменения сопротивления изоляции и тока утечки после приложения постоянного напряжения

Приемосдаточные испытания проводят при вводе в эксплуатацию вновь смонтированных и вышедших из ремонта электроустановок. Объем и нормы приемосдаточных испытаний регламентируют ПУЭ, ПТЭ (Правила технической эксплуатации) и ПТБ (Правила техники безопасности).

При испытаниях повышенным напряжением дефекты изоляции обнаруживаются вследствие пробоя и последующего прожигания изоляции (током). Выявленные дефекты устраняются, и повторно производятся испытания исправленного оборудования. В электроустановках $U < 1000$ В подается $U = 1000$ в течение 1 минуты. Контроль изоляции может быть периодическим и непрерывным.

Периодический контроль изоляции производится измерением ее сопротивления при приемке электроустановки после монтажа в сроки, установленные [2], или в случае обнаружения дефектов.

Измерение согласно [2] должно производиться на отключенной установке. Определяется сопротивление изоляции отдельных участков сети; электрических аппаратов, трансформаторов, электродвигателей.

Измеряется сопротивление изоляции каждой фазы относительно земли и между каждой парой фаз на каждом участке между двумя последовательно установленными аппаратами защиты или за последним защитным аппаратом (автоматическим выключателем, плавким предохранителем).

Сопротивление изоляции каждого участка в сетях $U < 1000$ В должно быть не менее 0,5 МОм на фазу. Для электрических аппаратов и машин нормы другие, поэтому они от сети отключаются, а измерение сопротивления их изоляции производится отдельно.

Порядок измерения сопротивления изоляции мегаомметром представлен на рис. 11.2.

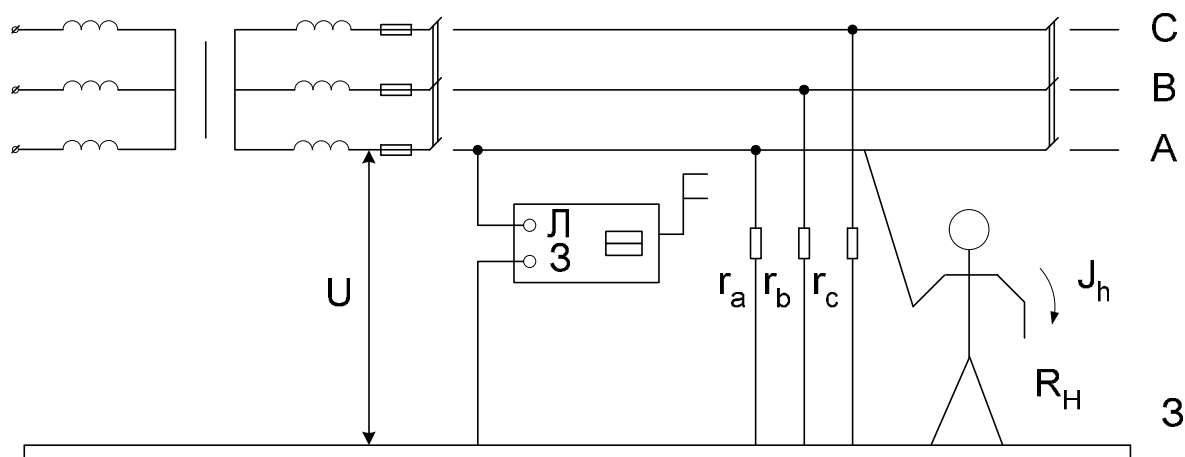


Рис. 11.2. Схема измерения активного сопротивления изоляции сети мегаомметром

Измерение таким образом сопротивления изоляции отдельных участков сети не может служить критерием безопасности, так как ток замыкания на землю определяется сопротивлением изоляции всей сети относительно земли. В результате таких измерений выявляются участки с дефектной изоляцией, требующие профилактических мероприятий для предупреждения замыканий на землю и коротких замыканий.

Чтобы иметь представление о сопротивлении изоляции всей сети, производят измерение сопротивления под рабочим напряжением с подключением потребителей (рис. 11.3).

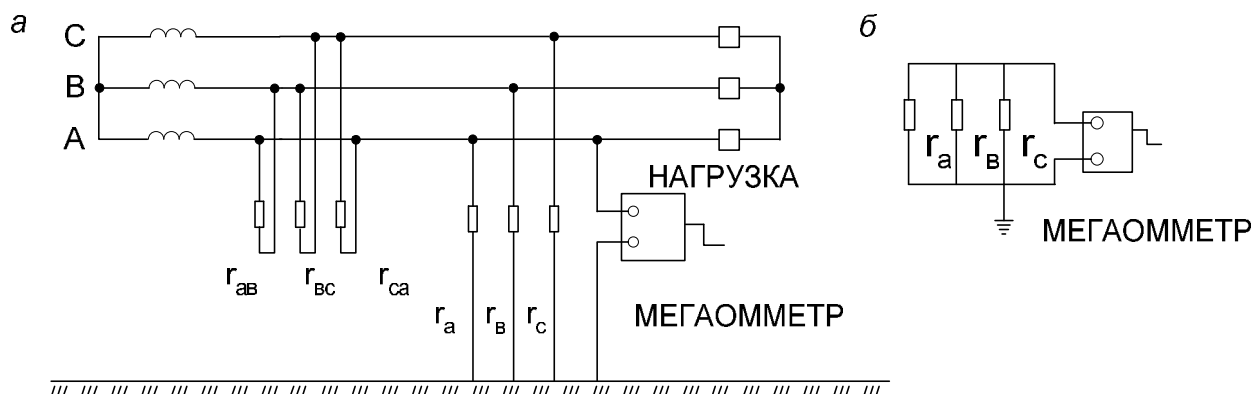


Рис. 11.3. Измерение сопротивления изоляции относительно земли под рабочим напряжением: а — схема подключения; б — схема замещения

Такой контроль изоляции возможен только в сети с изолирующей нейтралью, т. е. в сетях с заземленной нейтралью постоянный ток прибора контроля изоляции замыкается через малое сопротивление заземления нейтрали, и прибор (мегаомметр) показывает ноль (рис. 11.4).

Поэтому испытательное напряжение должно быть не менее $U_{\text{ном}}$ электроустановки или несколько больше. Слишком большое испытательное напряжение может повредить изоляцию, не имеющую существенных дефектов.

Таким образом, можно измерить только сопротивление изоляции фаз относительно земли, а сопротивление между фазной изоляцией в работающей сети определить невозможно, так как оно шунтируется источником и потребителями, сопротивление которых незначительно.

Из схемы замещения (рис. 11.3, б) видно, что общее сопротивление изоляции сети (активное) не зависит от того, к какой фазе прибор подключен,

$$R_c = \frac{r_a r_b r_c}{r_a r_b + r_b r_c + r_c r_a}. \quad (11.2)$$

Судить об исправности или о появлении дефектов изоляции по результатам измерений под напряжением можно лишь путем сопоставления с данными предыдущих замеров.

Периодический контроль изоляции под рабочим напряжением можно производить мегаомметром, но напряжение, под которым оказывается изоляция, намного превышает номинальное (происходит складирование испытательного и рабочего напряжения).

Чтобы не перегрузить изоляцию при измерениях, следует использовать приборы с небольшим испытательным напряжением (не более 20...30 В).

Ограничение переменного тока через прибор производится путем подключения обыкновенного омметра через дроссель (рис. 11.5).

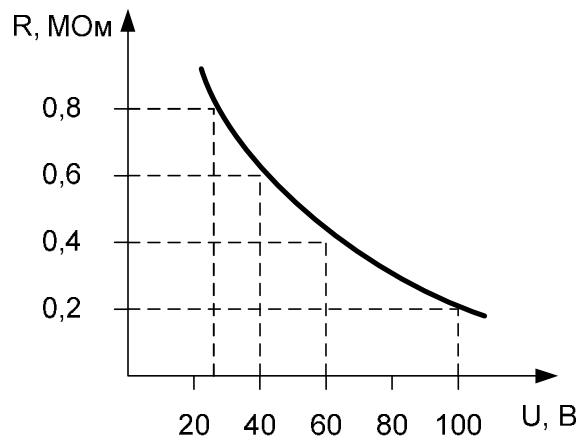


Рис. 11.4. Зависимость сопротивления изоляции от приложенного напряжения

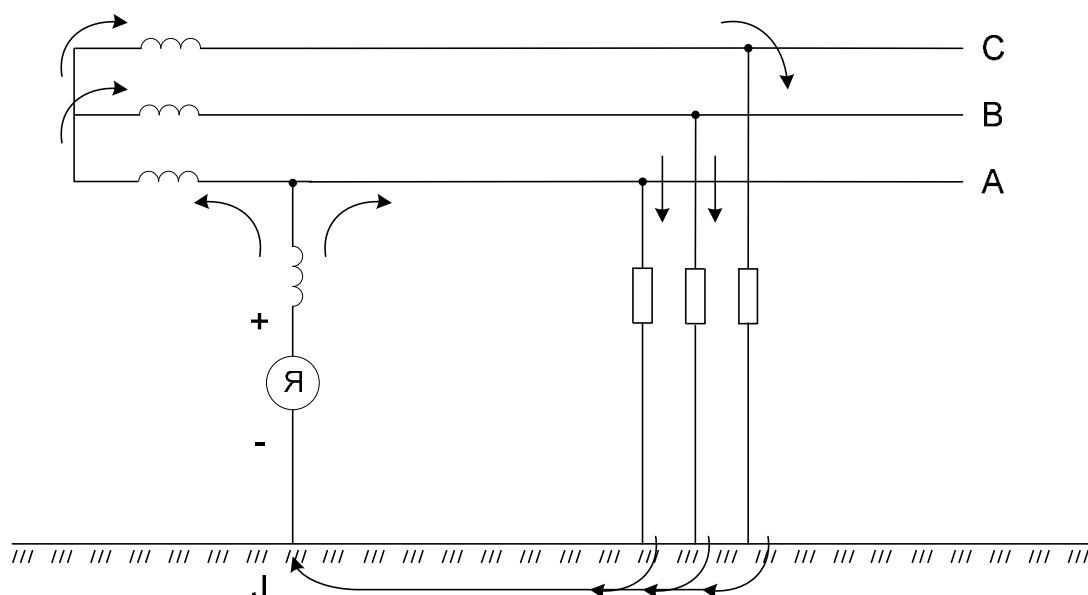


Рис. 11.5. Схема периодического контроля изоляции омметром

Измерение сопротивления изоляции в данной работе проводится на модели, соответствующей требованиям безопасности по ГОСТ 12.4.113-82 «Работы учебные лабораторные. Общие требования безопасности».

В реальных условиях испытания проводятся бригадой в составе не менее 2 чел., на которых производитель работ должен иметь квалифицированную группу не ниже IV, а остальные – не ниже III.

Измерение мегаомметром при $U < 2,5$ кВ разрешается при квалифицированной группе не ниже III.

Измерение сопротивления изоляции какой-либо части электроустановки может производиться тогда, когда эта часть отключена со всех сторон. При этом измерения нельзя производить во время грозы и при ее приближении [5].

В лабораторной работе предусмотрены измерения сопротивления изоляции мегаомметром типов М1101, М4100/1 – М4100/5, М4101. Наибольшее распространение в промышленности получили мегаомметры М1101, которые выпускались на 100, 500, 1000 В с пределами измерения соответственно 100, 500 и 1000 МОм. В настоящее время мегаомметры М1101 заменены на мегаомметры М4100/1 – М4100/5. Они предназначены для работы при температуре окружающего воздуха от -30 до $+40$ °С и относительной влажности до 90 % при температуре $+30$ °С и выпускаются пяти модификаций, рассчитанных на различные диапазоны измерений (0...2000 кОм, 0...1000 МОм) и напряжений (100, 250, 500, 1000, 2500 В). Питание их производится встроенным генератором, приводимым во вращение от руки со скоростью 120 об/мин.

11.2. Порядок выполнения работы

11.2.1. Измерение сопротивления изоляции

Ø Мегаомметр установить в горизонтальное положение. Зажим Л-3 (линия–земля) замыкают накоротко. Вращая ручку прибора, проверяют совпадение стрелки с нулевым делением шкалы и размыкают зажимы Л-3, продолжая вращать ручку. Стрелка остановится на бесконечности. Это свидетельствует об исправности прибора. Измерительные проводники должны иметь качественную изоляцию.

Ø Снять напряжение в сети при помощи переключателя, поставив его в положение (выкл.).

Ø Подключить прибор по схеме согласно рис. 11.2 и, вращая ручку прибора со скоростью 120 об./мин, произвести отсчет по шкале.

Ø Результаты замеров занести в табл. 11.1.

Таблица 11.1

Результаты замеров

Схема подключения	r_1 $A-3$	r_2 $B-3$	r_3 $C-3$	$A-B$	$B-C$	$A-C$	r_c сеть-3
Измеренное значение сопротивления изоляции, Ом							
Допустимое сопротивление изоляции, Ом							

Сопротивление изоляции «сеть-3» определяется по формуле как параллельно соединенные резисторы

$$r_c = \frac{r_1 r_2 r_3}{r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_1 r_3}. \quad (11.3)$$

Ø Полученные результаты замеров величин сопротивления изоляции сравнить с допустимыми значениями.

11.2.2. Расчет величины тока, проходящего через человека

Ø Рассчитать величину тока, проходящего через человека при однополюсном прикосновении по формуле

$$I_h = \frac{U r_1 \sqrt{r_1^2 + r_2 r_3 + r_3^2}}{R_h (r_1 r_2 + r_2 r_3 + r_1 r_3) + r_1 r_2 r_3}. \quad (11.4)$$

Ø Необходимые величины для расчета тока, проходящего через человека, принять по варианту, заданному преподавателем (табл. 11.2).

Таблица 11.2

Варианты и дополнительные данные для расчета

№ варианта	Сопротивление тела человека, Ом	Напряжение сети, В	Допустимая величина $R_{\text{и}}$	Испытуемый объект
1	6000	220	10	Шинки оперативного тока и напряжения ШУ в электроустановках $U > 1000 \text{ В}$
2	1000	380	1,0	Вторичные цепи и цепи питания выключателей и разъединителей
3	6000	380	0,5	Вторичные цепи в релейно-контактных схемах установок $U < 1 \text{ кВ}$
4	1000	220	1,0	Цепи постоянного тока напряжением до 1,1 кВ
5	6000	380	0,5	Силовые и осветительные электропроводки
6	1000	220	0,5	РУ и токопроводы напряжением до 1 кВ

Ø Произвести оценку опасности электрической сети по величине тока, который протекает через человека.

Ø Сделать выводы и составить отчет.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Перечислите виды электрической изоляции.
2. Назовите приборы для измерения качества электрической изоляции.
3. Какими параметрами характеризуется качество электрической изоляции?
4. Объясните методику периодического контроля изоляции.
5. Как производится измерение сопротивления изоляции относительно земли под рабочим напряжением?
6. Какая зависимость сопротивления изоляции от приложенного напряжения?
7. Какова величина испытательного напряжения при контроле изоляции?

8. Кто имеет право производить измерение сопротивления изоляции (состав бригады, их квалификационные группы)?

9. Охарактеризуйте электрические травмы.

10. Перечислите технические средства, обеспечивающие безопасность работ в электроустановках.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.1. 009-76. ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения.

2. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1986.

3. Мамот, Б.А. Защита от электрического тока и электромагнитных полей: Учеб. пособие / Б.А. Мамот. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 1999.

4. Кораблев, В.П. Устройства электробезопасности / В.П. Кораблев. – 2-е изд. – М.: Энергоиздат, 1985.

5. Железняков, А.Т. Справочник по ремонту электрооборудования на судах / А.Т. Железняков. – М.: Судостроение, 1982.

Лабораторная работа № 12 ИССЛЕДОВАНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗЕМЛИ

Цель работы:

– получить необходимые навыки для измерения и расчета удельного сопротивления земли;

– ознакомиться с их нормируемыми параметрами.

12.1. Краткие теоретические сведения

Земля является плохим проводником электрического тока: проводимость ее в несколько миллиардов раз меньше проводимости металлов.

Например, если среднее значение удельного сопротивления грунта $\rho = 10^2 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, то меди $\rho_{\text{м}} = 175 \cdot 10^{-10} \text{ Ом}\cdot\text{м}$ (при 20 °С). Однако поскольку площадь земли, через которую проходит электрический ток, обычно весьма велика, сопротивление земли оказывается сравнительно небольшим.

При этом величина удельного сопротивления определяется из выражения

$$\rho = \frac{RF}{\mathbf{l}}, \quad (12.1)$$

где R – сопротивление, Ом, некоторого объема земли сечением F , м², длиной \mathbf{l} , м.

Наивыгоднейшие параметры заземлителей (конструкция, размеры, глу-

бина заложения и др.) можно проектировать, зная характер распределения удельного сопротивления ρ по глубине поверхностных слоев земли.

Наиболее прогрессивным методом определения удельного сопротивления ρ по глубине является метод вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). Этот метод основан на существующей зависимости между распределением удельного сопротивления ρ по глубине земли и распределением на поверхности земли потенциалов, создаваемых электрическим током в земле от точечного источника (электродов).

Определение удельного сопротивления ρ осуществляется в два этапа:

- производят электрические измерения на поверхности земли и по данным этих измерений строят кривую ВЭЗ;
- путем интерпретации (расшифровки) кривой ВЭЗ определяют электрическую структуру земли: число однородных слоев земли, мощность (толщину) и величину удельного сопротивления каждого слоя.

Принцип действия поясняется на рис. 12.1.

В двух точках на поверхности земли симметрично относительно точки измерения O погружают электроды A и B , называемые питающими (токовыми), через которые в землю пропускают электрический ток. Этот ток вызывает потенциалы в различных точках поверхности земли. В двух других точках поверхности земли (тоже симметрично относительно точки O) погружают электроды M и H , называемые приемными (потенциальными), и вольтметром измеряют разность потенциалов на этих электродах.

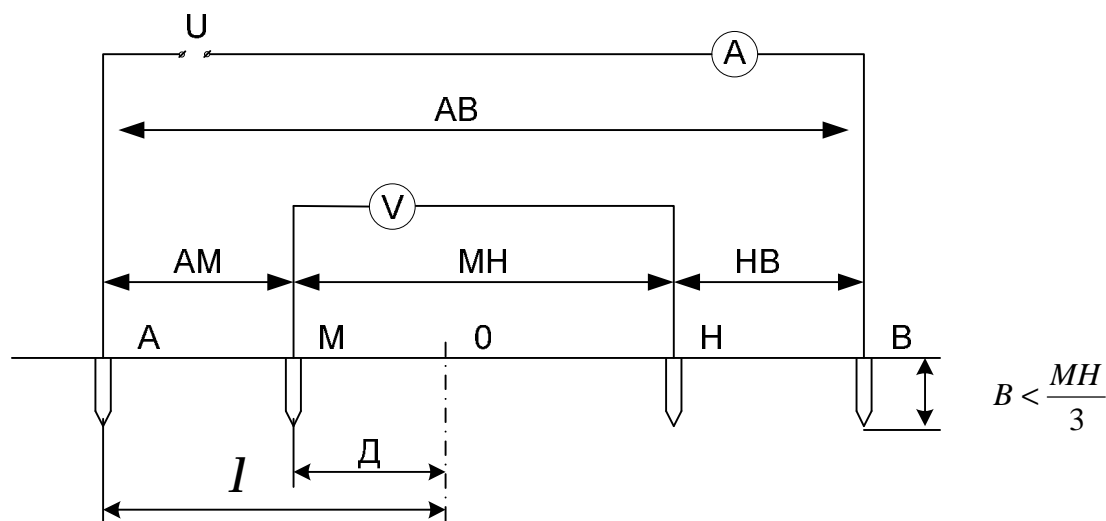


Рис. 12.1. Схема измерения удельного сопротивления земли по методу ВЭЗ

Измеренное удельное сопротивление земли ρ вычисляется по формуле

$$\rho_u = \frac{KU}{I}, \quad (12.2)$$

где U – разность потенциалов, измеренная между средними электродами M и H , Ом; I – измеренная величина тока, А; K – коэффициент установки, зависящий от расстояния между электродами, определяемый из выражения

$$K = \frac{\pi AMAH}{MH}. \quad (12.3)$$

12.2. Порядок выполнения работы

Схема подключения прибора М-416 к стенду, имитирующему измерение по рис. 12.2, представлена на рис. 12.3.

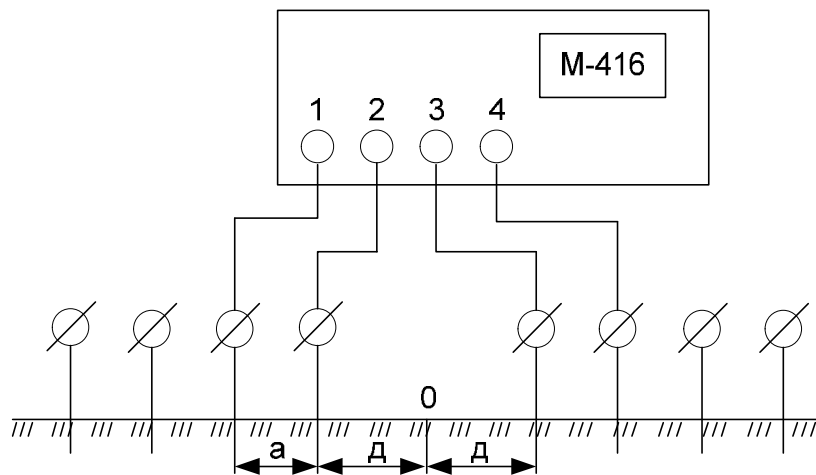


Рис. 12.2. Схема зондирования измерительным прибором

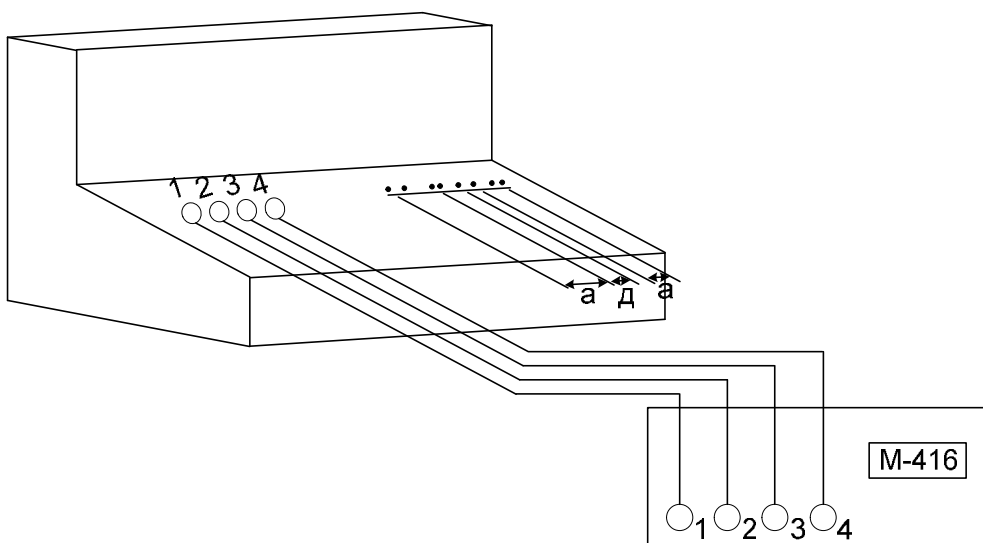


Рис. 12.3. Схема подключения прибора М-416 к стенду

Ø Подключить прибор М-416 к стенду, как показано на рис. 12.3.

Ø Переключатель диапазонов поставить в положение « X_{100} », а регулятор чувствительности повернуть влево (в сторону уменьшения чувствительности). Нажатием кнопки «реохорд» при увеличении до наибольшего значения чувствительности установить стрелку индикатора на «0».

Ø Если измеряемое значение окажется меньше того, которое можно измерять на этом диапазоне, то переключатель устанавливают в положение « X_{20} », « X_5 » или « X_1 » и повторяют вышеперечисленные операции.

Ø Выполнить каждый замер при другом разnose электродов, при этом расстояние между электродами всегда должно оставаться одинаковым ($AM = MH = HB = a$). Сделать три замера при различных разnосах электродов.

Результат измерения равен произведению показания шкалы реохорда, множителя переключателя диапазонов и коэффициента установки ВЭЗ:

$$\rho = 2\pi a R, \quad (12.4)$$

где R – показание измерителя заземления, Ом; a – коэффициент установки ВЭЗ.

Данные измерений и подсчетов удельного сопротивления земли при производстве ВЭЗ заносятся в табл. 12.1.

Таблица 12.1

Результаты измерений

D , м	$a = 2D$	$I = AB/2;$ $I = a + D$	Показание прибора	Предел измерения	ρ_u , Ом

Ø По данным таблицы строят график зависимости удельного сопротивления (кривые ВЭЗ) от полуразноса питающих электродов $\rho_u = f(I)$ в биологарифмической системе координат, представленной на рис. 12.4.

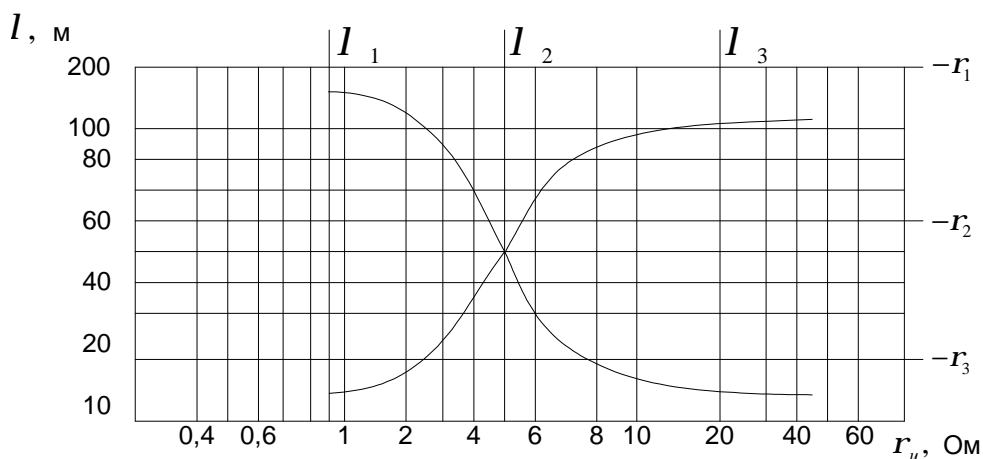


Рис. 12.4. Кривые вертикального электрического зондирования

По оси абсцисс откладываются величины полуразноса питающих электродов l , а по оси ординат – соответствующие им значения ρ_u .

Ø Сделать вывод об электрической структуре земли путем определения толщины слоев грунта с одинаковыми удельными сопротивлениями ρ и распределения его по глубине. Данные заносятся в табл. 12.2.

Таблица 12.2

Результаты измерений

ρ_1	l_1	ρ_2	l_2	ρ_3	l_3

Ориентировочные распределения удельного сопротивления ρ по глубине показаны на рис. 12.5.

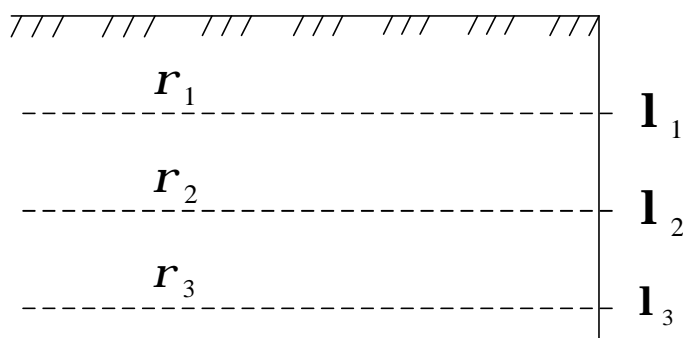


Рис. 12.5. Распределение удельного сопротивления по глубине

При проектировании заземляющих устройств берется максимальная расчетная величина удельного сопротивления $\rho_{расч}$ эта величина определяется так:

$$\rho_{расч} = \rho_u \cdot K_{1,2,3}, \quad (12.5)$$

где K – сезонный коэффициент; K_1 – измерение производится при влажности грунта; K_2 – измерение производится при сухом грунте; K_3 – коэффициент запаса.

Сезонные коэффициенты земли и расчетная мощность слоя сезонных изменений h_c имеют значения в соответствии с табл. 12.3.

Таблица 12.3

Сезонный коэффициент земли

Климатическая зона	h_c , м	K_1	K_2	K_3
Первая	2,2	7,0	4,0	2,7
Вторая	2,0	5,0	2,7	1,9
Третья	1,8	4,0	2,0	1,5

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Что такое удельное сопротивление земли?
2. Охарактеризуйте приборы для измерения удельного сопротивления земли.
3. Дайте схему измерения удельного сопротивления земли.
4. Объясните кривые вертикального электрического зондирования (ВЭЗ).
5. Дайте схему распределения удельного сопротивления земли по глубине
6. Как распределяется сезонный коэффициент земли по климатическим зонам.
7. Каков порядок измерения сопротивления земли?
8. Как определяется величина удельного сопротивления земли?
9. Что такое биологарифмическая система координат для определения ВЭЗ?
10. Для чего определяется удельное сопротивление земли?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила технической эксплуатации электроустановок. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003.
2. Правила технической эксплуатации электроустановок. – СПб.: Изд-во ДЕАН, 2003.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящий сборник – это обобщение многолетнего опыта проведения лабораторных работ по дисциплинам «Безопасность жизнедеятельности», «Безопасность труда», сделанное коллективом кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ДВГУПС.

Сборник является продолжением методических указаний, выпущенных кафедрой в различные годы (1995, 1997 и 2000), т. е. глубокой и детальной их переработкой в соответствии с действующими на момент издания законодательными актами и нормативными документами.

В сборнике в обобщенном виде изложены краткие теоретические основы, касающиеся раздела, по которому выполняется лабораторная работа, вопросы для самоконтроля и список рекомендуемой литературы.

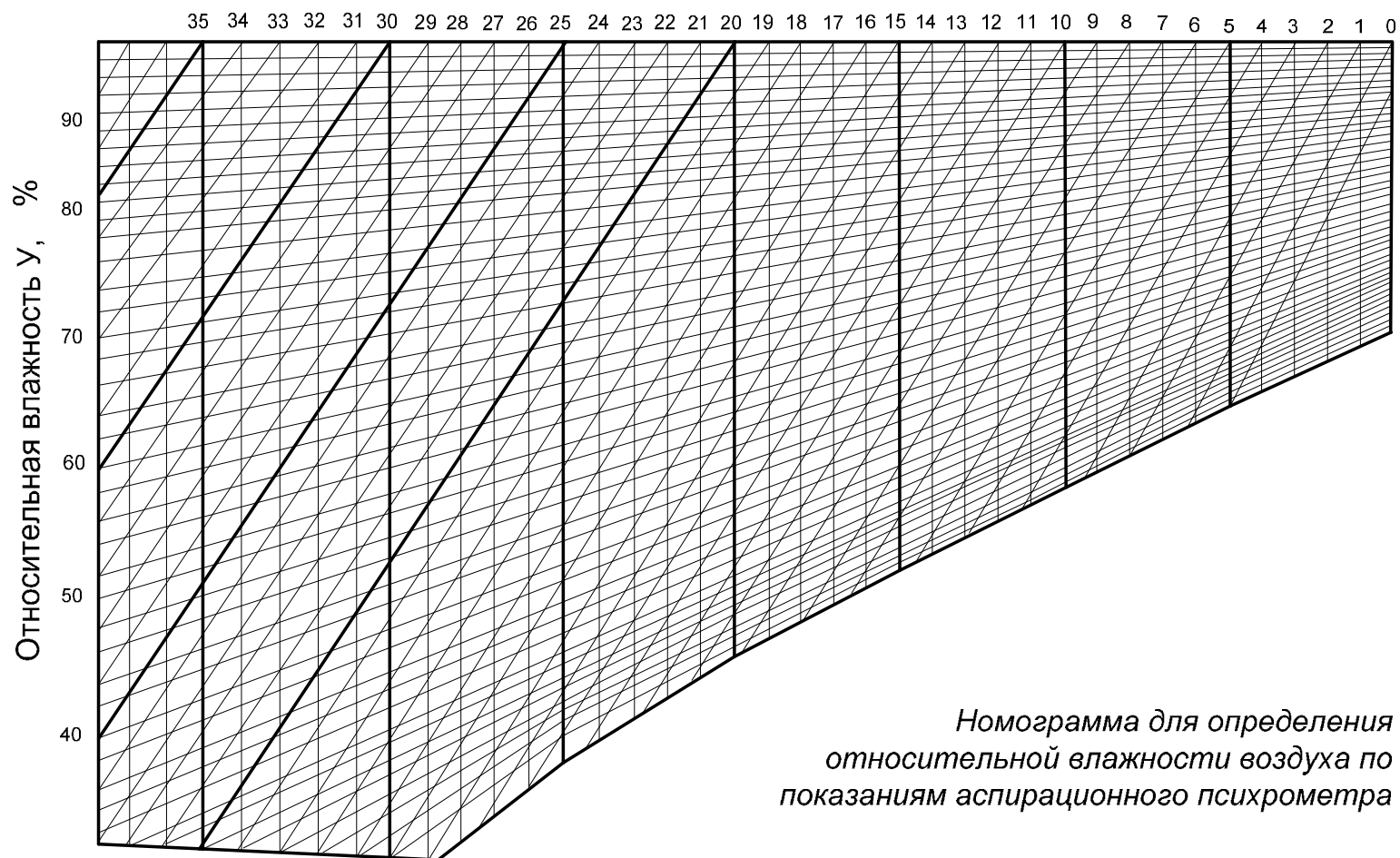
Сознавая, что в данном сборнике не все может оказаться удачным, авторы заранее благодарны тем, кто выскажет свои предложения и замечания по адресу: 680021, Хабаровск, ул. Серышева, 47, ДВГУПС, кафедра «Безопасность жизнедеятельности».

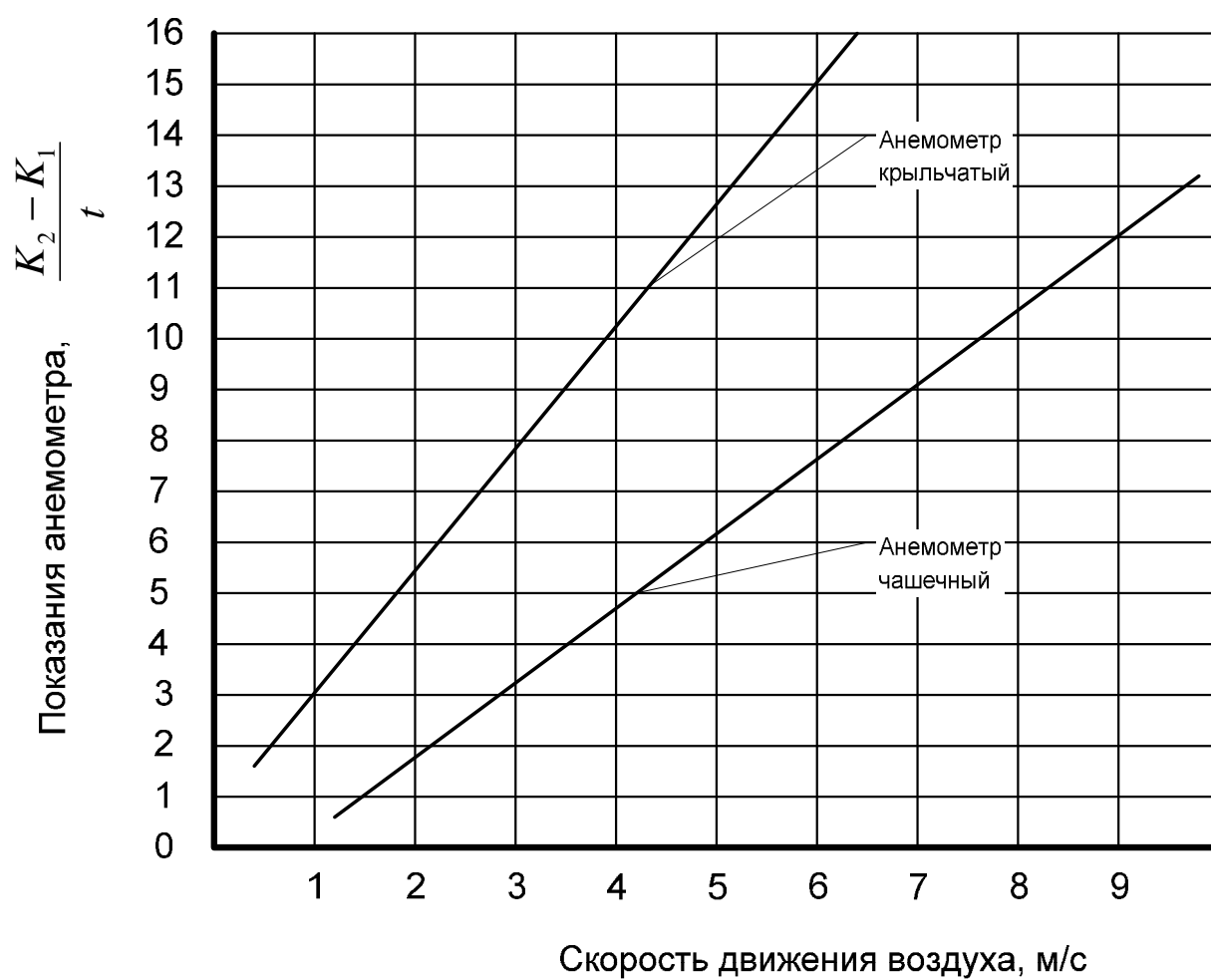
ПРИЛОЖЕНИЕ 1**Максимальная влажность, соответствующая
показаниям параметров психрометра**

Температура, °C	Максимальная влажность, г/м ³	Температура, °C	Максимальная влажность, г/м ³
7,0	7,513	19,0	16,477
7,5	7,775	19,5	16,990
8,0	8,045	20,0	17,735
8,5	8,323	20,5	18,085
9,0	8,609	21,0	18,650
9,5	8,905	21,5	19,231
10,0	9,209	22,0	19,827
10,5	9,521	22,5	20,440
11,0	9,844	23,0	21,068
11,5	10,176	23,5	21,714
12,0	10,518	24,0	22,377
12,5	10,870	24,5	23,060
13,0	11,231	25,0	23,756
13,5	11,604	25,5	24,471
14,0	11,987	26,0	25,209
14,5	12,382	26,5	25,964
15,0	12,788	27,0	26,736
15,5	13,205	27,5	27,539
16,0	13,634	28,0	28,344
16,5	14,076	28,5	29,183
17,0	14,530	29,0	30,043
17,5	14,997	29,5	30,929
18,0	15,477	30,0	31,842
18,5	15,971	30,5	32,748

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Температура сухого (по вертикали) и влажного (по наклонной) термометров, °С





ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Таблица 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	Ia (до 139)	22–24	21–25	60–40	0,1
	Iб (140–174)	21–23	20–24	60–40	0,1
	Ia (175–232)	19–21	18–22	60–40	0,2
	Iб (233–290)	17–19	16–20	60–40	0,2
	III (более 290)	16–18	15–19	60–40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23–25	22–26	60–40	0,1
	Iб (140–174)	22–24	21–25	60–40	0,1
	Ia (175–232)	20–22	19–23	60–40	0,2
	Iб (233–290)	19–21	18–22	60–40	0,2
	III (более 290)	18–20	17–21	60–40	0,3

Таблица 2

Допустимые величины показателей микроклимата
на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Для диапазона температур	
						ниже оптимальных	выше оптимальных
Холодный	Ia	20,0–21,9	24,1–25,0	19–26	15–75	0,1	0,1
	Iб	19,0–20,9	23,1–24,0	18–25	15–75	0,1	0,2
	IIa	17,0–18,9	21,1–23,0	16–25	15–75	0,1	0,3
	IIб	15,0–16,9	19,1–22,0	14–23	15–75	0,2	0,4
	III	13,0–15,9	18,1–21,0	12–22	15–75	0,2	0,4
Теплый	Ia	21,0–22,9	25,1–28,0	20–29	15–75	0,1	0,2
	Iб	20,0–21,9	24,0–28,0	19–29	15–75	0,1	0,2
	IIa	18,0–19,9	22,1–27,0	17–28	15–75	0,1	0,4
	IIб	16,0–18,9	21,1–27,0	15–28	15–75	0,2	0,5
	III	15,0–17,9	20,1–26,0	14–27	15–75	0,2	0,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Таблица 1

Время пребывания на рабочих местах
при температуре воздуха ниже допустимых величин

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

Таблица 2

Время пребывания на рабочих местах
при температуре воздуха выше допустимых величин

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, не более, при категориях работ, ч		
	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
27,0	—	8	6
26,5	—	—	7
26,0	—	—	8

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Варианты выполнения расчетной части лабораторной работы

№ варианта	Наименование территории	Источник шума и его уровень	L_A , дБА	Расстояние до расчетной точки	Зеленая зона	
					рядность	ширина
1	Больница	Вентиляция	100	280	1	12
2	Площадка отдыха	Компрессор	105	180	2	23
3	Санаторий	Дизель	110	150	1	18
4	Площадка детских учреждений	Компрессор	105	150	3	28
5	Участки школ	Вентиляция	100	200	2	21
6	Территория жилых домов	Дизель	115	240	3	30
7	Участки школ	Компрессор	110	280	2	24
8	Территория жилых домов	Вентилятор	105	250	3	26
9	Больница	Дизель	120	200	1	18

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Снижение уровня звука L полосами зеленых насаждений

Полоса зеленых насаждений	Ширина полосы, м	Снижение уровня звука ΔL
Однорядная	12	5
То же	18	8
Двухрядная	23	10
Двух-трехрядная	28	12

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Допустимые уровни звукового давления L_{don} , дБ,
и эквивалентные уровни звука, дБА, на территории
жилой застройки в соответствии с СНиП 11-12-77

Территория	Октавные полосы частот, Гц								Эквивалентный уровень звука, ДБА
	63	125	250	500	1000	2000	400	8000	
	Уровни звукового давления, дБ								
Территория больниц, санаториев, непосредственно прилегающая к зданию	59	48	40	34	30	27	25	23	35
Территория, непосредственно прилегающая к жилым домам (в 2 м от ограждающих конструкций), площадки отдыха микрорайонов, групп жилых домов, площадки детских дошкольных учреждений, участки школ	67	57	49	44	40	37	35	33	45

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Лабораторная работа № 1 ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА В РАБОЧИХ ПОМЕЩЕНИЯХ.....	4
1.1. Краткие теоретические сведения	4
1.2. Порядок выполнения работы.....	6
Лабораторная работа № 2 ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ	10
2.1. Краткие теоретические сведения	10
2.2. Порядок выполнения работы.....	12
Лабораторная работа № 3 ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГАЗОВАННОСТИ ВОЗДУХА ЭКСПРЕССНЫМ МЕТОДОМ.....	15
3.1. Краткие теоретические сведения	15
3.2. Порядок выполнения работы.....	18
Лабораторная работа № 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ РАБОЧИХ ПОМЕЩЕНИЙ	21
4.1. Краткие теоретические сведения	22
4.2. Порядок выполнения работы.....	24
4.2.1. Определение запыленности воздуха весовым методом...	24
4.2.2. Ориентировочный расчет общеобменной вентиляции.....	25
Лабораторная работа № 5 ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМА И МЕТОДОВ БОРЬБЫ С НИМ	32
5.1. Краткие теоретические сведения	32
5.2. Порядок выполнения работы.....	35
Лабораторная работа № 6 ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ.....	40
6.1. Краткие теоретические сведения	40
6.2. Порядок выполнения работы.....	42
Лабораторная работа № 7 ИССЛЕДОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ	47
7.1. Краткие теоретические сведения	47
7.2. Порядок выполнения работы.....	49
7.3. Выбор нормированного значения коэффициента естественной освещенности.....	50
7.4. Расчет естественного освещения.....	50
Лабораторная работа № 8 ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ: ИССЛЕДОВАНИЕ, НОРМИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ	54
8.1. Краткие теоретические сведения	54
8.2. Порядок выполнения работы.....	58
8.3. Расчет искусственного освещения	59

Лабораторная работа № 9 АНАЛИЗ ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ	64
9.1. Краткие теоретические сведения	64
9.2. Порядок выполнения работы.....	67
Лабораторная работа № 10 ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ.....	70
10.1. Краткие теоретические сведения	70
10.2. Порядок выполнения работы.....	73
10.2.1. Измерение сопротивления заземления	73
10.2.2. Расчет заземления.....	74
Лабораторная работа № 11 ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ.....	77
11.1. Краткие теоретические сведения	77
11.2. Порядок выполнения работы.....	83
11.2.1. Измерение сопротивления изоляции	83
11.2.2. Расчет величины тока, проходящего через человека.....	83
Лабораторная работа № 12 ИССЛЕДОВАНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗЕМЛИ	85
12.1. Краткие теоретические сведения	85
12.2. Порядок выполнения работы.....	87
Заключение	91
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	92
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	93
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	94
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....	95
ПРИЛОЖЕНИЕ 5.....	96
ПРИЛОЖЕНИЕ 6.....	97
ПРИЛОЖЕНИЕ 7.....	97
ПРИЛОЖЕНИЕ 8.....	98

Учебное издание

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Сборник лабораторных работ

Под редакцией **Мамота** Бориса Андреевича

Редактор *Т.М. Яковенко*
Технический редактор *Н.В. Мильштейн*
Корректор *Г.Ф. Иванова*

План 2004 г. Поз. 3.32
ИД № 05247 от 2.07.2001 г. ПЛД № 79-19 от 19.01.2000 г.
Сдано в набор 01.04.2004 г. Подписано в печать 27.08.2004 г.
Формат 60×84¹/₁₆. Бумага тип. № 2. Гарнитура Arial. Печать плоская.
Усл. печ. л. 5,8. Зак. 150. Тираж 600 экз. Цена 106 р.

Издательство ДВГУПС
680021, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47.