

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ  
(ТУСУР)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга  
(РЭТЭМ)

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой РЭТЭМ, д.т.н.  
\_\_\_\_\_ В.И. Туев  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г.

**Методические указания к лабораторным работам по дисциплине  
«Безопасность жизнедеятельности» для всех направлений и  
специальностей**

**Безопасность жизнедеятельности.** Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для всех направлений и специальностей.

Разработчики: Г.А. Аверьянов, Г.А. Воронина, И.А. Екимова, А.Г. Кан, Б.В. Крупеников, А.Г. Лоцилов, Н.Е. Петровская, С.А. Полякова, А.Ф. Пустовойт, В.И. Туев, И.Е. Хорев. – Томск: 2012.

Методические указания по безопасности жизнедеятельности предназначены для всех специальностей изучающих курс «Безопасность жизнедеятельности». Включает описание лабораторных работ: «Измерение параметров электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ». «Исследование параметров микроклимата». «Определение электрического сопротивления тела человека и контроль состояния изоляции проводов». «Исследование эффективности и качества искусственного освещения».

© Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), 2012

## Содержание

1. Измерение параметров электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ.....	4
2. Исследование параметров микроклимата.....	12
3. Определение электрического сопротивления тела человека и контроль состояния изоляции проводов.....	19
4. Исследование эффективности и качества искусственного освещения.....	37
Список использованных источников.....	53
Приложение А.....	54
Приложение Б.....	55
Приложение В.....	55
Приложение Г.....	56
Приложение Д.....	57

## Лабораторная работа №1 «Измерение параметров электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ»

**Цель работы:** исследование параметров электромагнитных полей (ЭМП), на рабочих местах оборудованных персональной электронно-вычислительной машиной (ПЭВМ).

**Оборудование:** измеритель параметров электрического и магнитных полей трёхкомпонентный ВЕ-МЕТР-АТ-003.

### **План работы:**

- изучение теоретической части;
- ознакомление с правилами эксплуатации приборов;
- выполнение экспериментальной части;
- оформление полученных результатов;
- ответы на контрольные вопросы.

## **1 Теоретическая часть**

### **1.1 Природа электромагнитных полей**

Для того чтобы на практике охарактеризовать электромагнитную обстановку используют термины "электрическое поле", "магнитное поле", "электромагнитное поле".

Электрическое поле создается электрическими зарядами. Например, во всем известных школьных опытах по электризации эбонита, присутствует как раз электрическое поле. Магнитное поле создается при движении электрических зарядов по проводнику.

Для описания величины электрического поля используется понятие напряженность электрического поля, обозначение  $E$ , единица измерения  $V/m$ . Величина магнитного поля характеризуется напряженностью магнитного поля  $H$ , единица  $A/m$ . При измерении сверхнизких и крайне низких частот часто также используется понятие магнитная индукция  $B$ , единица  $Tл$ , одна миллионная часть  $Tл$  соответствует  $1,25 A/m$ .

По определению, **электромагнитное поле** - это особая форма материи, посредством которой осуществляется воздействие между электрическими заряженными частицами. Физические причины существования электромагнитного поля связаны с тем, что изменяющееся во времени электрическое поле  $E$  порождает **магнитное поле**  $H$ , а изменяющееся  $H$  - вихревое электрическое поле. Обе компоненты  $E$  и  $H$ , непрерывно изменяясь, возбуждают друг друга. ЭМП неподвижных или равномерно движущихся заряженных частиц неразрывно связано с этими частицами. При ускоренном движении заряженных частиц, ЭМП "отрывается" от них и существует независимо в форме электромагнитных волн, не исчезая с устранением источника.

## 1. 2 Основные источники ЭМП

К основным источникам ЭМП относятся:

- Электротранспорт (трамваи, троллейбусы, поезда...)
- Линии электропередач (городского освещения, высоковольтные...)
- Электропроводка (внутри зданий, телекоммуникации...)
- Бытовые электроприборы (ПЭВМ, оргтехника...)
- Теле- и радиостанции (транслирующие антенны...)
- Спутниковая и сотовая связь (транслирующие антенны...)

## 1. 3 Влияние ЭМП на организм человека

С начала 60-х годов были проведены широкие исследования по изучению здоровья людей, имеющих контакт с ЭМП на производстве. Результаты клинических исследований показали, что длительный контакт с ЭМП в СВЧ диапазоне может привести к развитию заболеваний, клиническую картину которого определяют, прежде всего, изменения функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой систем. Было предложено выделить самостоятельное заболевание - радиоволновая болезнь.

Наиболее ранними клиническими проявлениями последствий воздействия ЭМ-излучения на человека являются функциональные нарушения со стороны нервной системы, проявляющиеся, прежде всего, в виде вегетативных дисфункций неврастенического и астенического синдрома. Лица, длительное время находившиеся в зоне ЭМ-излучения, предъявляют жалобы на слабость, раздражительность, быструю утомляемость, ослабление памяти, нарушение сна. Нередко к этим симптомам присоединяются расстройства вегетативных функций. Нарушения со стороны сердечнососудистой системы проявляются, как правило, нейроциркуляторной дистонией: лабильность пульса и артериального давления, склонность к гипотонии, боли в области сердца и др. Отмечаются также фазовые изменения состава периферической крови (лабильность показателей) с последующим развитием умеренной лейкопении, нейтропении, эритроцитопении. Изменения костного мозга носят характер реактивного компенсаторного напряжения регенерации. Обычно эти изменения возникают у лиц по роду своей работы постоянно находившихся под действием ЭМ-излучения с достаточно большой интенсивностью. Работающие с ЭМП, а также население, живущее в зоне действия ЭМП, жалуются на раздражительность, нетерпеливость. Через 1-3 года у некоторых появляется чувство внутренней напряженности, суетливость. Нарушаются внимание и память. Возникают жалобы на малую эффективность сна и на утомляемость. Учитывая важную роль коры больших полушарий и гипоталамуса в осуществлении психических функций человека, можно ожидать, что длительное повторное воздействие предельно допустимых ЭМ-излучения (особенно в дециметровом диапазоне волн) может повести к психическим расстройствам.

## 2 Экспериментальная часть

### 2.1 Указания по технике безопасности

1. Перед началом работы внимательно изучить руководство по эксплуатации, а также ознакомиться с расположением органов управления и контроля Измерителя.
2. Запрещается работать с неисправными приборами, макетами и проводниками.
3. Запрещается оставлять без надзора включенный прибор. Измерение проводить только в присутствии преподавателя.
4. К работе с Измерителем допускаются лица с высшим и средним образованием, прошедшим инструктаж по технике безопасности при работе с электроизмерительными приборами и изучившие руководство по эксплуатации.
5. В состав измерителя входит устройство ИЭС 4-090130 для заряда аккумуляторных батарей от сети 220 В, 50 Гц. Зарядное устройство предназначено только для заряда аккумуляторных батарей, используемых в измерителе.

### 2.2 Принцип действия и правила использования приборов

Измеритель "BE-METP-AT-003" предназначен для проведения экспрессных измерений среднеквадратичного значения осцилляции электрической и магнитной составляющих электромагнитного поля в жилых и рабочих помещениях. Прибор может применяться при проведении комплексного санитарно-гигиенического обследования помещений с электрооборудованием (компьютеры, факсимильные аппараты). Применяется для общего анализа электромагнитного фона в помещениях, поиска источников интенсивного электромагнитного излучения, аттестации рабочих мест.



Рисунок 2.1 – Измеритель электромагнитных полей "BE-METP-AT-003"

Принцип действия измерителя параметров электрического и магнитного полей состоит в преобразовании колебания электрического напряжения,

частотной фильтрации и усиления этих колебаний с последующим автокомпенсационным анализом и детектированием.

Продетектированный сигнал поступает на аналогово-цифровой преобразователь, результирующие числовые значения величин зарегистрированных колебаний электрического и магнитного полей анализируются встроенным в измеритель микропроцессором, результат измерений индуцируется на жидкокристаллическом дисплее.

Выводы о соответствии напряженности электрического и магнитного полей делают на основе сравнения измеренных значений с нормативными.

### **2.3. Современные методы защиты от ЭМИ**

До последнего времени считалось, что негативное воздействие от компьютеров можно было разложить на три составляющие - это визуальные воздействия, связанные с мерцанием, искажением экрана или нечеткостью изображения на экране; электростатическое воздействие и электромагнитное излучение. Причем, визуальные воздействия, как правило, давали перенапряжение и утомление глаз и, как следствие, связанные с этим болезненные симптомы: общую усталость, боли в глазах, голове и т.д. С электростатическими и электромагнитными составляющими было связано предположение о критической для человека ионизации воздуха в помещении, что крайне отрицательно сказывается на здоровье человека. И, наконец, электромагнитная составляющая: до последнего времени считалось, что именно она и является причиной серьезных заболеваний. Поскольку, даже обычные достаточно грубые приборы, такие как - дозиметры, фиксировали эти излучения, то для ликвидации этих негативных для человека параметров было достаточно идти путем совершенствования технических решений, поэтому были введены новые требования по контролю за негативными воздействиями от всевозможных различных источников электромагнитного излучения, появились новые эталоны, более жесткие нормы и стандарты.

По электромагнитным воздействиям в настоящий момент разработаны жесткие требования к излучениям мониторов компьютеров, ТСО-99 и ТСО-03, которые практически везде выполняются, и у нас, и за рубежом. Но, несмотря на это, на сегодняшний день имеется богатейшая статистика, к сожалению только зарубежная, показывающая, что те люди, которые регулярно смотрят телевизор или работают за компьютерами, имеют ухудшение общего состояния здоровья значительно больше, чем те, кто не смотрит телевизор и не работает за компьютером. Причем, не помогают и традиционные компьютерные фильтры, устанавливаемые на монитор. В чем же причина? Современные, более жесткие стандарты снизили электромагнитные и электростатические составляющие.

На данный момент разработаны приборы, датчики и нейтрализаторы вредных полей природного и техногенного происхождения, а также генераторы микролептонного поля, подавляющие радиацию и т.д. В частности для защиты человека от различного рода негативных полей разработана серия приборов "Гамма-7": "Нейтрализатор" и "Активатор" и др.

Эти приборы изначально разрабатывались как локальные средства нейтрализации негативных излучений и имеют ограниченный радиус действия. Поэтому применение перечисленных устройств, в некоторых случаях недостаточно действенны, поскольку практически любой источник негативного излучения имеет объемное распространение излучения. В настоящее время разработано целое направление по защите и нейтрализации электромагнитных излучений при работе с компьютерами, телевизорами, радиотелефонами, оргтехникой и т.д.

Известно, что при работе электронное устройство создает очень сложную суперпозицию электромагнитных излучений, имеющую объемно-пространственную форму распространения. Поэтому для локализации такого источника требуется создание объемного контура или сети вокруг самого источника. Это достигается путем расположения на корпусе источника нескольких локальных устройств. Когда эти устройства близко в определенном порядке расположены друг к другу, они начинают взаимодействовать между собой, образуя спиралеобразную сеть, которая закрывает собой, как силовым щитом, источник негативного излучения. Система совместных излучателей приобретают форму шара, который и дает в конечном итоге переориентацию совокупной формы излучения (электромагнитных, торсионных, микролептонных и т.п.), исходящего из конкретного источника излучения (монитора и системного блока, телевизора, радиотелефона и т.д.). Причем при определенных параметрах настройки этой защитной сети возможны изменения лево-торсионного поля на право-торсионное, в этом случае мы будем получать положительный для нас гармонизирующий эффект.

Таким образом, проходит локализация и нейтрализация негативного излучения. По такому принципу излучения тонких физических полей работает защита для компьютеров (Super Armor). В комплект защиты входят 9 устройств - нейтрализаторов. Каждое из устройств, представляет собой многоуровневую дисплейную матрицу, представляющую собой в конечном итоге суперпозицию тонких полей. Устройства располагаются несколько нетрадиционно по специальной схеме, образуя объемный защитный кокон.

Такая схема подобрана экспериментально, и обеспечивает максимальную объемную локализацию негативного воздействия компьютеров и защиту пользователей. Немаловажным достоинством этой защиты является то, что её можно разместить на экран монитора с любой диагональю независимо от геометрических размеров.

В настоящее время это практически единственная защита, использующая метод объемной отражательной функции множества небольших эксплуатационных геометрических силовых полей, создающих устойчивый комплекс разряженного поля от негативных воздействий.

По подобному принципу разработаны защитные устройства для телевизоров, радиотелефонов, и др. электронной техники.

Практическое использование этих средств защиты позволяет создавать комфортную, гармоничную и безопасную рабочую обстановку.

## 2. 4. Методика выполнения работы и обработка результатов

Перед началом измерений рассмотрим правила эксплуатации прибора. Переход в режим измерений ЭМП осуществляется при активизации пункта «изм. ЭМП» (осуществляется переход к измерениям ЭМП с ранее установленными параметрами конфигурации) в главном меню:

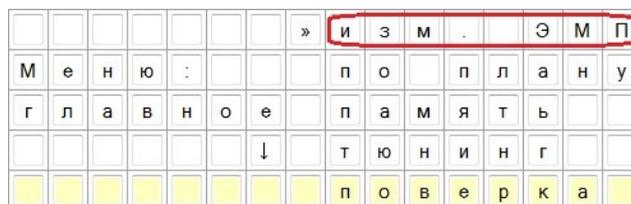


Рисунок 2.2 – Главное меню прибора

Перед проведением измерений обеспечивается подготовка средств измерения в соответствии с их эксплуатационной документацией. Все видеодисплейные терминалы (ВДТ) и электрооборудование, находящееся на рабочем месте и вблизи него, должно быть включено.

В процессе измерений параметров ЭМП измеряется напряжение питания антенного блока и блока измерений и индикации.

Для визуального контроля напряжений на экране отображаются значки:

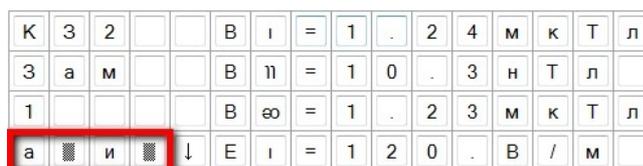


Рисунок 2.3 – Индикация состояния уровня батарей

Значок батареи после буквы «а» отображает состояние аккумуляторных батарей антенного блока. Значок батареи после буквы «и» отображает состояние аккумуляторных батарей блока измерений и индикации.

В режиме измерения (без записи результатов в энергонезависимую память) экран Измерителя приобретает следующий вид:



Рисунок 2.4 – Снятие результатов с прибора

На экране отображается следующая информация:

1. Время (если ранее в меню «Тюнинг» → «время» было установлено астрономическое время) или таймер (время от начала измерений).
2. Результат проверки напряжения питания антенного блока (символ батарейки рядом с буквой «а») и блока измерений и индикации (символ батарейки рядом с буквой «и»).
3. Стрелка индицирующая возможность передвижения экрана для просмотра результатов измерения параметров ЭМП. Для передвижения экрана необходимо нажать и удерживать кнопки «Вниз» или «Вверх» на клавиатуре до обновления результатов измерения ( $\approx 3$ сек.).
4. Результаты измерения параметров ЭМП и единицы измерений. В первой строке могут индицироваться значения магнитного поля  $B_I$  в поддиапазоне I (5Гц – 2кГц). Если при настройке прибора был выбран режим режекции промчастоты, то в этой строчке индицируется значение  $fB$  – поле в поддиапазоне I с вырезанной полосой вблизи 50 Гц. В следующей строке индицируется значение магнитного поля  $B_{II}$  в поддиапазоне 2 (2кГц – 0,4МГц). В следующей строке индицируется значение магнитного поля  $B_{50}$  в поддиапазоне 3 (45–55Гц). Далее индицируются аналогичные значения электрического поля E.

Нажатие и удержание ( $\approx 3$ сек.) кнопки «Стоп» в процессе измерений включает режим паузы, при этом на экране Измерителя в четвертой строке (вместо индикатора разряда аккумуляторных батарей) появляется надпись «\*П\*».

При повторном нажатии и удержании ( $\approx 3$ сек.) кнопки «Стоп» осуществляется выход из режима измерений в главное меню. Нажатие на кнопку «Старт» в режиме паузы означает возврат к измерениям.

Перед началом измерения необходимо изучить методику инструментального контроля и гигиенической оценки уровней электромагнитных полей на рабочих местах изложенной в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Затем измерить уровень электромагнитного излучения (ЭМИ) на рабочем месте оборудованном ПЭВМ. Положение точек измерения: расстояние от экрана  $d$  и расстояние от поверхности стола  $h$  относительно ВДТ, получить у преподавателя. Результаты измерений параметров ЭМИ занести в таблицу следующим образом.

Таблица 2. 1 – Результаты измерения ЭМИ (ВДТ с электронно-лучевой трубкой)

№ замера	Положение точек измерения		Результаты измерений				
	d, м	h, м	$B_I$ , Тл	$E_I$ , В/м	$B_{II}$ , Тл	$E_{II}$ , В/м	$B_{50}$ , В/м
1							
2							
-----							
n							

Таблица 2.2 – Результаты измерения ЭМИ (ВДТ с ЖК-экраном)

№ замера	Положение точек измерения		Результаты измерений				
	d, м	h, м	$B_l$ , Тл	$E_l$ , В/м	$B_{II}$ , Тл	$E_{II}$ , В/м	$B_{50}$ , В/м
1							
2							
-----							
n							

Затем необходимо сопоставить полученные результаты и соотнести их с ПДУ (предельно допустимыми уровнями) ЭМИ из приложения А. Сделать соответствующие выводы.

Общие требования по оформлению студенческих учебных работ содержатся в ОС ТУСУРа 61-97\*.

### Контрольные вопросы

1. Природа возникновения электрического и магнитного поля.
2. Понятие электрического поля и магнитного поля.
3. Основные понятия, характеризующие величину магнитного и электрического поля.
4. Основные источники электромагнитных полей.
5. Как действует ЭМП на организм человека?
6. Способы защиты от ЭМИ?

## **Лабораторная работа № 2 «Исследование параметров микроклимата»**

**Цель работы:** изучение методики измерения основных показателей, характеризующих микроклимат в производственных помещениях; приобретение навыков исследования микроклимата производственных помещений и его нормализации.

**Оборудование:** дистанционный термометр (пирометр) DT-8829, гигрометр психрометрический ВИТ-1, барометр.

### **План работы:**

- изучение теоретической части;
- ознакомление с нормативными документами, регламентирующими гигиенические требования к параметрам микроклимата производственных помещений;
- ознакомление с правилами эксплуатации приборов;
- выполнение экспериментальной части;
- оформление полученных результатов, составление отчета;
- защита отчета преподавателю.

## **3 Теоретическая часть**

С точки зрения физики, человеческий организм представляет собой обычную незамкнутую термодинамическую систему. Для нормального самочувствия человека должен быть обеспечен тепловой баланс между его организмом и окружающей средой. В противном случае будет иметь место переохлаждение, либо, наоборот, перегрев организма, чему сам организм до определённых пределов способен препятствовать.

Свойство организма человека поддерживать постоянную температуру тела называется терморегуляцией. Различают химическую и физическую терморегуляцию.

Химическая терморегуляция заключается в изменении интенсивности усвоения пищи и обмена веществ. Она сопровождается как непосредственно повышением или понижением (в зависимости от температуры) уровня тепловыделения, так и созданием в организме запаса внутренней (химической) энергии, способной превратиться в тепло при совершении физической работы.

При физической терморегуляции изменяется интенсивность теплоотдачи во внешнюю среду. Различают ниже перечисленные механизмы физической терморегуляции.

1. Конвекция, то есть передача тепла окружающему воздуху при непрерывном обновлении контактирующих с кожей его объёмов.

2. Тепловое (инфракрасное) излучение. Этот механизм охлаждения организма эффективен, когда температура тела заметно выше температуры окружающих предметов. Если последняя, наоборот, выше температуры тела, то получаемое организмом за счет излучения окружающих предметов количество

теплоты окажется больше отдаваемого путём теплового излучения самого человеческого тела.

Организм способен управлять интенсивностью отдачи тепла по первым двум механизмам за счёт расширения или сужения подкожных кровеносных сосудов.

3. Затрата тепла на испарение влаги (пота). При температуре воздуха и окружающих предметов выше температуры тела этот механизм остается единственным. Следует подчеркнуть, что охлаждение происходит не в результате выделения пота, а только при его испарении. Поэтому эффект возрастает при интенсификации испарения за счёт уменьшения относительной влажности, роста скорости движения воздуха и его температуры.

### **1.1 Параметры микроклимата производственных помещений**

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

При неблагоприятном сочетании параметров микроклимата в рабочей зоне, у работника может наступить резкое ухудшение состояния здоровья.

#### **Температура**

Растройства, вызванные воздействием повышенных температур окружающего воздуха, классифицируются:

- общие растройства (тепловой удар, тепловое истощение, солевая недостаточность, тепловые судороги, нарушение обмена веществ и т.д.);
- кожные нарушения (потница, рак кожи);
- психоневротические растройства (слабовыраженная хроническая тепловая усталость, потеря эмоционального контроля).

Низкая температура воздуха приводит к охлаждению организма, в результате чего снижаются защитные силы, повышается риск переохлаждения.

#### **Влажность воздуха**

Влажность воздуха определяется содержанием в нем водяных паров. Различают абсолютную, максимальную и относительную влажность воздуха.

Абсолютная влажность — это масса водяных паров, содержащихся в данный момент в данном объеме воздуха.

Максимальная влажность — это максимально возможное содержание водяных паров при данной температуре.

Относительная влажность — это отношение абсолютной влажности к максимальной, выраженное в процентах.

Повышенная относительная влажность воздуха в сочетании с низкой температурой вызывает переохлаждение организма (из-за повышенной

теплопроводности воздуха), а с высокой — перегрев организма (из-за отсутствия испарения).

Пониженная относительная влажность вызывает ощущение сухости слизистых оболочек, снижение работоспособности, ухудшение самочувствия, интенсивное испарение пота и быструю отдачу тепла организмом.

Движение воздуха увеличивает тепловые потери конвекцией и испарением, что может привести к переохлаждению организма (особенно при низких температурах).

## **1.2 Нормирование параметров микроклимата**

Действующими документами, регламентирующими гигиенические требования к микроклимату производственных помещений, являются ГОСТ 12.1.005-88\* «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» и СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Этими документами установлены оптимальные и допустимые величины параметров микроклимата. Также в них изложены требования к организации контроля и методы измерения параметров микроклимата.

Перед проведением измерения и исследования параметров микроклимата необходимо ознакомиться с вышеупомянутыми документами.

## **2 Экспериментальная часть**

### **2.1 Указания по технике безопасности**

– Пользоваться приборами можно только после ознакомления с их устройством и работой.

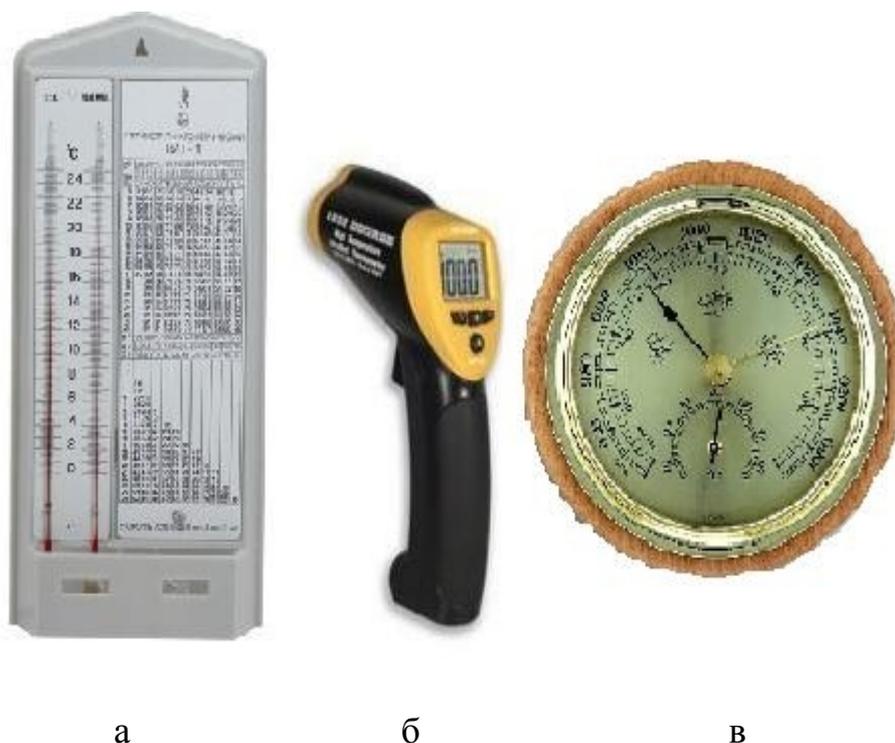
– Во избежание растрескивания стекол и ранения рук избегать ударов по приборам, а также их падения.

– При использовании вентилятора для создания потока воздуха на анемометр соблюдать правила электробезопасности (не пользоваться поврежденным электрическим шнуром, вилкой, розеткой и т.д.).

### **2.2 Оборудование и инструменты**

В лабораторной работе используются следующие приборы (рисунок 2.1):

- Барометр;
- 2. Дистанционный термометр (пирометр) DT-8829;
- 3. Гигрометр психрометрический ВИТ-1



а

б

в

Рисунок 2.1 – Приборы, используемые в работе:

а – Гигрометр психрометрический ВИТ-1. Предназначен для измерения относительной влажности и температуры воздуха в производственных помещениях.

б – дистанционный термометр (пирометр) DT-8829. Служит для измерения температуры воздуха от  $-50$  до  $1000$  °С.

в – барометр

### 2.3 Методика выполнения работы и обработка результатов

#### Задание 1. Измерение температуры.

1. Измерить температуру воздуха в рабочей зоне ( $t_{pz}$ ), для этого снять показания температуры с дистанционного термометра на расстоянии 1,3...1,5 м от пола и не ближе 1 м от источников тепла и наружных стен.

2. Смочить ткань «влажного термометра» гигрометра и через 3-4 минуты снять показания сухого ( $t_c$ ) и влажного ( $t_{вл}$ ) термометров.

Данные занести в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

$t_{pz}$ , °С	$t_c$ , °С	$t_{вл}$ , °С	$P$ , мм.рт.ст.	$F_c$ , мм.рт.ст.	$F_{вл}$ , мм.рт.ст.	$\Phi$ , мм.рт.ст.	$\varphi_p$ , %	$\varphi_n$ , %	$\varphi_m$ , %

**Задание 2.** Определить атмосферное давление в помещении ( $P$ ), для чего снять показания с барометра. Данные занести в таблицу 2.1.

**Задание 3.** Определить относительную влажность воздуха в помещении ( $\varphi$ ) тремя способами.

1. Определение относительной влажности воздуха ( $\varphi_p$ ) расчетным методом по формуле, %

$$\varphi_p = \frac{\Phi}{F_c} \cdot 100 \quad (2.1)$$

где  $\Phi$  — абсолютная влажность воздуха, мм.рт.ст.;

$F_c$  — упругость насыщенных водяных паров при данной температуре по показанию сухого термометра, мм.рт.ст. Значение  $F_c$  можно определить по приложению Б.

Определим абсолютную влажность  $\Phi$  по формуле, мм.рт.ст.

$$\Phi = F_{вл} - P \cdot \alpha \cdot (t_c - t_{вл}) \quad (2.2)$$

где  $F_{вл}$  — максимальная влажность при температуре влажного термометра (максимальная упругость водяных паров), мм.рт.ст. Значение  $F_{вл}$  можно определить по приложению Б;

$t_c$  — температура сухого термометра, °С;

$t_{вл}$  — температура влажного термометра, °С;

$P$  — барометрическое (атмосферное давление), мм.рт.ст.;

$\alpha$  — психрометрический коэффициент (вне помещения равен 0,00074, при определении в помещении равен 0,0011).

2. Определение относительной влажности воздуха  $\varphi_n$ , по номограмме, %. Последовательность определения относительной влажности по значениям температуры сухого и влажного термометров приведена на рисунке 2.2.

Данные занести в таблицу 2.1.

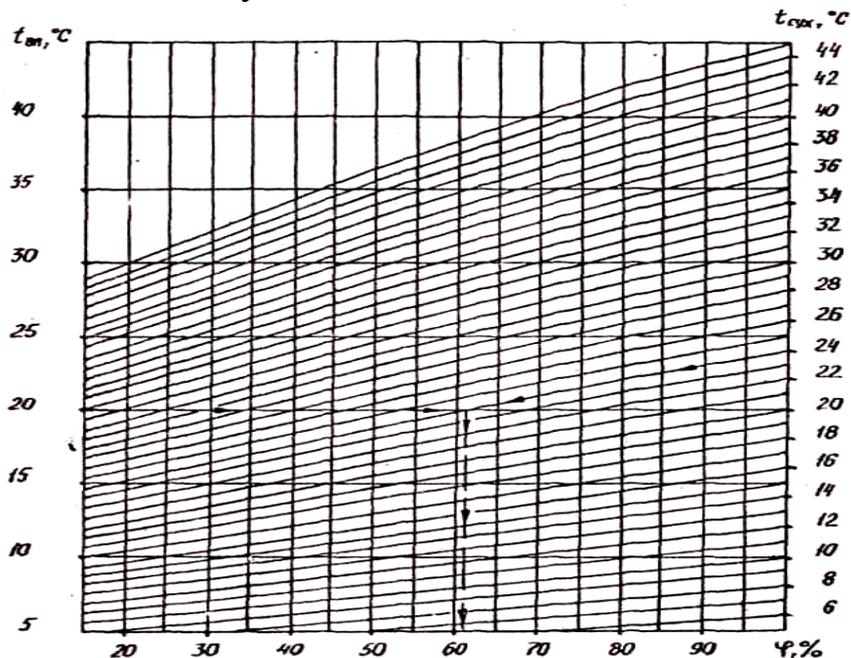


Рисунок 2.2 – Номограмма для определения относительной влажности воздуха по показаниям сухого  $t_{сух}$  и влажного  $t_{вл}$  термометров.

3. Определение относительной влажности воздуха  $\varphi_m$ , по психрометрической таблице в приложении В, %. Данные занести в таблицу 2.1.

4. Сравнить полученные результаты. Расхождения в значениях не должны превышать 10%.

#### Задание 4. Определение изменения теплосодержания человека

Если физиологические механизмы человека и средства защиты не могут обеспечить теплового баланса, то нарушается соотношение тепла, вырабатываемого в организме и отдаваемого в окружающую среду. В теле человека образуется дефицит тепла или происходит его накопление, т.е. Теплосодержание организма изменяется. Теплосодержание в организме  $Q$  определяется по уравнению, кДж/кг

$$Q=C[K \cdot t_m+t_k(1-K)], \quad (2.3)$$

где  $C$  — удельная теплоемкость тканей организма,  $C = 3,48$  кДж/(кг °С);

$K$  — коэффициент смешивания температуры тела, °С;

$t_m$  — температура тела, °С;

$t_k$  — средневзвешенная температура кожи, °С.

Эти параметры можно определить по таблице 2.3 по измеренной в рабочей зоне температуре воздуха ( $t_{pz}$ ).

Таблица 2.3

Теплоощущения	Жарко	Тепло	Комфорт	Прохладно	Холодно
$t_k$	36	34	32	30	28
$t_m$	38	37,2	37	36,8	35,8
$K$	0,9	0,8	0,585	0,55	0,53
$t_{pz}$	более 28	23...28	20...22	15...19	менее 15

Изменение теплосодержания  $\Delta Q$  в кДж/кг определяем по формуле

$$\Delta Q = Q_o - Q, \quad (2.4)$$

Где  $Q_o$  — оптимальное теплосодержание организма человека,  $Q_o = 121,5$  кДж/кг.

#### Задание 5. Определение работоспособности человека

Работоспособность человека является функцией многих факторов, среди которых существенную роль играет состояние организма, обусловленное, в частности, температурой воздуха в рабочей зоне. К снижению умственной и физической работоспособности приводит как перегревание, так и переохлаждение организма. При перегреве наблюдается изменение артериального давления, учащение сердечных сокращений и т.д. Причиной снижения работоспособности в условиях воздействия охлаждающей среды может быть нарушение координации движений (дрожь), увеличение массы одежды и т.д.

Определить работоспособность человека можно по рисунку 2.3, по расчетному значению изменения теплосодержания  $\Delta Q$ .

**Задание 6.** Оформить полученные результаты в отчет, для чего:

5. Составить характеристику помещения и схематический план, с нанесением точек измерения;

6. определить категорию тяжести работы в помещении, период года, а также вид рабочего места (постоянное или непостоянное);

7. сравнить полученные данные с нормативными величинами температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха;

8. отметить наблюдается ли снижение работоспособности. Если да, то чем оно вызвано;

9. сделать выводы о соответствии измеренных величин нормативным;

10. если значения параметров не соответствуют нормативным требованиям (СанПиН 2.2.4.548-96), необходимо разработать мероприятия, обеспечивающие допустимые условия труда.

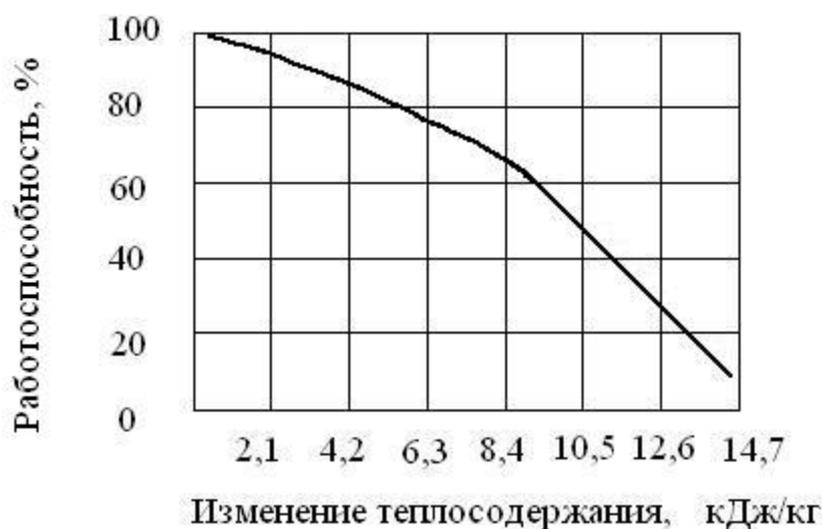


Рисунок 2.3 — Работоспособность при различном изменении теплосодержания организма человека.

### Контрольные вопросы

1. Что такое терморегуляция? Виды терморегуляции.
2. Механизмы физической терморегуляции.
3. Какие параметры относятся к параметрам микроклимата производственных помещений?
4. Понятие рабочей зоны производственных помещений.
5. Понятие постоянного рабочего места.
6. От каких параметров зависят нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха?
7. Классификация выполняемых работ по тяжести.
8. Как зависят нормативные значения параметров микроклимата от категорий тяжести работы? От периода года?
9. Понятие абсолютной влажности воздуха.
10. Как характеризуется относительная влажность воздуха и как она определяется?
11. Как влияют на организм работника неблагоприятные значения параметров микроклимата (ниже допустимой нормы)?
12. Какие мероприятия проводят в производственных помещениях для создания оптимальных метеорологических условий?

## **Лабораторная работа № 3 «Определение электрического сопротивления тела человека и контроль состояния изоляции проводов»**

Лабораторная работа состоит из двух частей. Первая часть посвящена измерению электрического сопротивления тела человека, вторая – методике измерения и контроля изоляции проводов. Контрольные вопросы по обеим частям работы объединены и приведены в конце данного методического пособия.

**Часть первая:** определение электрического сопротивления тела человека.

**Цель работы:** определение электрического сопротивления тела человека.

**Оборудование:** стенд для определения сопротивления тела человека.

**План работы:**

- изучение теоретической части;
- ознакомление с правилами эксплуатации прибора;
- выполнение экспериментальной части;
- оформление полученных результатов;
- ответы на контрольные вопросы.

### **1. Теоретическая часть**

#### **Действие электрического тока на организм человека**

Электрические установки, с которыми приходится иметь дело всем работающим на производстве, представляют для человека большую потенциальную опасность, которая усугубляется тем, что органы чувств человека не могут на расстоянии обнаружить наличие электрического напряжения на оборудовании.

Действие электрического тока на организм человека носит своеобразный и разносторонний характер. Можно выделить четыре основных вида действия электрического тока на организм человека: термическое, электролитическое, биологическое и механическое.

**Термическое действие** электрического тока проявляется в ожогах участков тела, в нагреве кровеносных сосудов, внутренних органов, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства;

**Электролитическое действие** электрического тока заключается в разложении на компоненты крови, лимфы и других биологических жидкостей, что нарушает их физико-химический состав и нормальное функционирование;

**Биологическое действие** электрического тока проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей организма, что сопровождается судорожными

сокращениями мышц, нарушением и даже прекращением деятельности жизненно важных систем и органов человека;

**Механическое действие** электрического тока может выражаться в виде разрывов, расслоений и других подобных повреждений тканей организма (мышечных тканей, внутренних органов, кровеносных сосудов, нервных путей и т.п.).

Перечисленные действия электрического тока могут привести к возникновению электротравм. Все электротравмы можно условно разделить на местные электротравмы, когда возникает местное повреждение организма, и общие электротравмы (так называемые электрические удары), когда поражается весь организм из-за нарушения нормального функционирования жизненно важных органов и систем. Оба вида травм часто сопутствуют друг другу.

**Местные электротравмы** – это ярко выраженные нарушения целостности тканей организма. Обычно это поражение кожи, реже – других мягких тканей, а также связок и костей. К характерным местным электротравмам относятся электрические ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, электроофтальмия и механические электротравмы.

**Электрические ожоги** делятся на токовые (контактные), возникающие при прохождении тока непосредственно через тело человека, и дуговые, обусловленные тепловым воздействием на тело электрической дуги.

**Электрические знаки** представляют собой четко очерченные пятна серого или бледно-жёлтого цвета на поверхности кожи.

**Металлизация кожи** – это проникновение в верхние слои кожи паров и мельчайших частиц расплавленного металла при возникновении электрической дуги.

**Электроофтальмия** – это воспаление наружных оболочек глаз под действием мощного потока ультрафиолетовых лучей, которые энергично поглощаются клетками организма и вызывают в них химические изменения.

**Механические электротравмы** возникают в результате резких судорожных сокращений мышц непосредственно под действием протекающего по ним электрического тока. В результате могут произойти разрывы кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани, а также вывихи суставов и даже переломы костей.

**Электрические удары** (общие электротравмы) возникают в случаях, когда электрическим током поражается организм человека в целом. Они сопровождаются судорожными сокращениями мышц и функциональными расстройствами в организме, проявляющимися сразу после воздействия тока или через несколько часов, дней и даже месяцев.

В зависимости от тяжести поражения электрические удары условно делятся на четыре степени:

**1-я степень** характеризуется судорожными сокращениями мышц без потери сознания;

**2-я степень** характеризуется судорожными сокращениями мышц с потерей сознания;

**3-я степень** характеризуется нарушением работы сердца или органов дыхания;

**4-я степень** характеризуется отсутствием дыхания и кровообращения (состояние клинической смерти).

Причинами смерти от электрического тока могут быть прекращение работы сердца, прекращение дыхания или электрический шок.

Прекращение работы сердца возможно как в результате прямого воздействия тока на мышцу сердца, так и рефлекторно, т. е. через центральную нервную систему. В обоих случаях возможна остановка сердца или его фибрилляция (фибрилляция – это беспорядочное сокращение волокон сердечной мышцы, при котором сердце не в состоянии выполнять функции кровяного насоса).

Прекращение дыхания вызывается прямым или рефлекторным действием тока на мышцы грудной клетки.

Электрический шок – своеобразная реакция организма в ответ на чрезмерное раздражение током, сопровождающаяся глубокими расстройствами кровообращения, дыхания, обмена веществ. Шоковое состояние может продолжаться от нескольких минут до суток. После этого может наступить или выздоровление, как результат своевременного активного лечебного вмешательства, или гибель в результате полного угасания жизненно важных функций.

## **1.2 Факторы, влияющие на исход поражения человека током**

Характер и тяжесть поражения электрическим током зависят от ряда факторов, таких как величина и длительность протекания тока через тело человека, путь тока в теле человека, род и частота действующего тока, индивидуальные свойства человека и параметры окружающей среды. Электрическое сопротивление тела человека и приложенное к нему напряжение также влияют на исход поражения, но лишь постольку, поскольку они определяют значение тока, проходящего через тело человека, поэтому их можно считать косвенными факторами.

**Величина тока**, протекающего через тело человека, является основным фактором, влияющим на исход поражения.

Реакции организма при протекании тока частотой 50 Гц по пути «рука-рука» или «рука-ноги» – следующие. При токах до 0,6 мА ощущения не наблюдаются. При токах, превышающих в среднем 1 мА и называемых ощутимыми токами, появляются ощущения слабого зуда и легкого пощипывания. При токах в несколько мА происходят судорожные сокращения мышц и болезненные ощущения, которые с ростом тока усиливаются и распространяются на все большие участки тела. При токах более 10 мА (в среднем 15 мА), называемых неотпускающими, возникает едва переносимая боль, а судороги мышц руки становятся непреодолимыми, и человек не в состоянии разжать руку, в которой зажата токоведущая часть. Токи 25-50 мА приводят к параличу рук и сильному затруднению дыхания из-за судорожных сокращений мышц грудной клетки. Кроме того, резко повышается кровяное давление из-за сужения кровеносных сосудов, ухудшается работа сердца. При токах более 50 мА наблюдается паралич

дыхания. В диапазоне токов от 50 мА до 5 А при времени воздействия 1–3 с происходит фибрилляция сердца. Токи в 5 А и более вызывают немедленную остановку сердца, минуя состояние фибрилляции, однако после отключения тока дыхание, как правило, самостоятельно не восстанавливается, и требуется оказывать помощь пострадавшему в виде искусственного дыхания. Для оценки опасности поражения током принято использовать пороговые токи: осязаемый, неотпускающий и фибрилляционный. Пороговыми токами называют наименьшие значения соответствующих токов.

**Пороговый осязаемый** ток составляет в среднем 1 мА при  $f = 50$  Гц и 6 мА при постоянном токе.

**Пороговый неотпускающий** ток составляет 10 мА при  $f = 50$  Гц и 50 мА при постоянном токе. В последнем случае едва переносимая боль возникает в момент отрыва рук от электродов.

**Пороговый фибрилляционный** ток составляет примерно 100 мА при  $f = 50$  Гц и 300 мА при постоянном токе. Верхний предел фибрилляционного тока составляет 5 А.

**Продолжительность воздействия** тока оказывает существенное влияние на исход поражения человека электрическим током. Чем дольше действие тока, тем больше вероятность тяжелого или даже смертельного исхода поражения. Объясняется это тем, что с увеличением времени воздействия тока на живые ткани повышается его значение за счет уменьшения сопротивления тела человека и как следствие накапливаются последствия воздействия тока на организм.

**Путь тока в теле** человека оказывает существенное влияние на исход поражения. Наиболее тяжелые электротравмы возникают в случаях, когда на пути тока оказываются жизненно важные органы (мозг, сердце, легкие) или уязвимые зоны, особо чувствительные к электрическому току. Наиболее опасными путями протекания тока через тело человека являются: «голова – руки», «голова – ноги», «рука – рука», «рука – ноги». Наиболее уязвимые зоны расположены на внешней стороне кисти рук, на руках выше кисти, спине, шее, висках, плечах, передней части ног. Образование электрической цепи через уязвимые места при неблагоприятном стечении обстоятельств может привести к тяжелым исходам поражения при токах даже в несколько миллиампер.

**Род и частота тока** также в значительной степени определяют исход поражения. Наиболее опасными являются переменные токи с частотами в диапазоне 20–100 Гц. При частотах меньше 20 Гц или больше 100 Гц опасность поражения током снижается. Но при более высоких напряжениях (от 500 В) постоянный ток становится опаснее переменного из-за более тяжелых форм ожогов.

**Индивидуальные свойства человека** также влияют на исход поражения электрическим током. Сам ток, согласно закону Ома, определяется сопротивлением тела человека и приложенным к нему напряжением, т.е. напряжением прикосновения.

**Напряжением прикосновения** называется напряжение между двумя точками цепи тока, которых одновременно касается человек. Предельно допустимые

значения напряжений прикосновения  $U_{\text{ПД}}$  и токов  $I_{\text{ПД}}$ , протекающих через тело человека по пути «рука – рука» или «рука – ноги» при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, согласно ГОСТ 12.1.038-82\* приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Предельно допустимые значения напряжений прикосновения  $U_{\text{ПД}}$  и токов  $I_{\text{ПД}}$

Род и частота тока	$U_{\text{ПД}}$ , В	$I_{\text{ПД}}$ , мА	Время действия
Переменный, 50 Гц	2	0,3	Не более 10 минут в сутки
Переменный, 400 Гц	3	0,4	
Постоянный	8	1,0	

*Примечание. Напряжения прикосновения и токи для лиц, выполняющих работу в условиях высоких температур (выше 25 °С) и влажности (относительная влажность более 75 %), должны быть уменьшены в 3 раза.*

Установлено, что физически здоровые и крепкие люди легче переносят электрические удары, чем больные и слабые. Повышенной восприимчивостью к электрическому току обладают лица, страдающие рядом заболеваний, в первую очередь болезнями кожи, сердечно-сосудистой системы, органов внутренней секреции, лёгких, нервными болезнями. Отягощают электротравму алкогольные опьянения и болезненные состояния, приводящие к истощению нервной системы.

**Условия внешней среды** в некоторых случаях увеличивают опасность поражения током. Повышенная влажность и температура, пониженное атмосферное давление, уменьшенное содержание кислорода и увеличенное содержание углекислого и др. газов повышают чувствительность организма к воздействию электрического тока.

### 1.3 Первая помощь при поражении электрическим током

В первую очередь необходимо как можно быстрее освободить пострадавшего от действия электрического тока, т.е. отключить источник электричества с помощью ближайшего штепсельного разъема или выключателя (рубильника).

В случае отдаленности выключателя от места происшествия можно перерезать провода или перерубить их (каждый провод в отдельности) топором или другим режущим инструментом с сухой рукояткой из изолирующего материала.

При невозможности быстрого разрыва цепи необходимо оттянуть пострадавшего от провода или же отбросить сухой палкой оборвавшийся конец провода от пострадавшего.

Необходимо помнить, что пострадавший сам является проводником электрического тока. Поэтому при освобождении пострадавшего от тока оказывающему помощь необходимо принять меры предосторожности, чтобы самому не оказаться под напряжением: надеть галоши, резиновые перчатки или обернуть свои руки сухой тканью, подложить себе под ноги изолирующий предмет - сухую доску, резиновый коврик или, в крайнем случае, свернутую сухую одежду.

Оттягивать пострадавшего от провода следует за концы его одежды, к открытым частям тела прикасаться нельзя. При освобождении пострадавшего от тока рекомендуется действовать одной рукой.

Если он находится на стремянке, подставке или каком-либо ином приспособлении, надо принять меры, чтобы предотвратить ушибы или переломы при падении.

Если человек попал под действие напряжения выше 1000 В такие меры предосторожности недостаточны. Необходимо обратиться к специалистам, которые могут отключить напряжение.

Меры первой помощи зависят от состояния пострадавшего после освобождения от тока.

Для определения этого состояния необходимо:

- немедленно уложить пострадавшего на спину;
- расстегнуть стесняющую дыхание одежду;
- проверить по подъему грудной клетки, дышит ли он;
- проверить наличие пульса (на лучевой артерии у запястья или на сонной артерии на шее);
- проверить состояние зрачка (узкий или широкий), широкий неподвижный зрачок указывает на отсутствие кровообращения мозга;

Определение состояния пострадавшего должно быть проведено быстро, в течение 15-20 секунд.

1. Если пострадавший в сознании, но до того был в обмороке или продолжительное время находился под электрическим шоком, то ему необходимо обеспечить полный покой до прибытия врача и дальнейшее наблюдение в течение 2-3 часов;

2. В случае невозможности быстро вызвать врача необходимо срочно доставить пострадавшего в лечебное учреждение;

3. При тяжелом состоянии или отсутствии сознания нужно вызвать врача (Скорую помощь) на место происшествия;

4. Ни в коем случае нельзя позволять пострадавшему двигаться: отсутствие тяжелых симптомов после поражения не исключает возможности последующего ухудшения его состояния;

5. При отсутствии сознания, но сохранившемся дыхании, пострадавшего надо удобно уложить, создать приток свежего воздуха, давать нюхать нашатырный спирт, обрызгивать водой, растирать и согревать тело. Если пострадавший плохо дышит, очень редко, поверхностно или, наоборот, судорожно, как умирающий, надо делать искусственное дыхание;

6. При отсутствии признаков жизни (дыхания, сердцебиения, пульса) нельзя считать пострадавшего мертвым. Смерть в первые минуты после поражения - кажущаяся и обратима при оказании помощи. Пораженному угрожает наступление необратимой смерти в том случае, если ему немедленно не будет оказана помощь в виде искусственного дыхания с одновременным массажем сердца. Это мероприятие необходимо проводить непрерывно на месте происшествия до прибытия врача;

7. Переносить пострадавшего следует только в тех случаях, когда опасность продолжает угрожать пострадавшему или оказывающему помощь.

## **2 Экспериментальная часть**

### **Указания по технике безопасности**

1. Перед началом работы с приборами и стендами, обязательно ознакомление с инструкцией по эксплуатации;

2. Запрещается работать с неисправными приборами, макетами и проводниками;

3. Запрещается оставлять без надзора включенный стенд. Измерение проводить только в присутствии преподавателя;

4. В процессе измерения не следует прикасаться к соединительным проводам, клеммам и элементам, находящимся под напряжением 220В, для исключения протекания тока через тело человека, работающего с прибором;

5. Подробные требования по электробезопасности изложены в ГОСТах;

6. По окончании работы приборы и источники питания установок необходимо выключить, рабочее место привести в порядок.

### **2.2 Оборудование**

Электрическая схема лабораторной установки приведена на лицевой панели лабораторного стенда. Напряжение к испытательным электродам подается от вторичной обмотки разделительного трансформатора. Ток, протекающий через тело человека измеряется миллиамперметром, напряжение прикосновения – вольтметром.

На рисунке 2.1 изображена установка для измерения порогового ощутимого тока и электрического сопротивления тела человека.

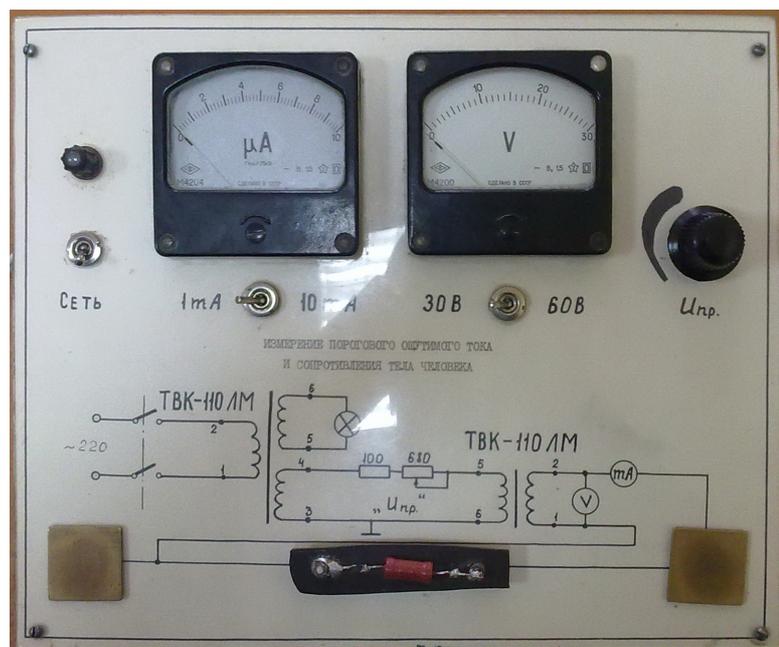


Рисунок 2.1 – Стенд для определения сопротивления тела человека  
 Дополнительные сопротивления  $R1 = 40\text{--}70\text{ кОм}$  и  $R2 = 60\text{--}100\text{ кОм}$ , имитирующие два крайних состояния кожи ( $R1$  – состояние повреждения или шунтирования кожных покровов;  $R2$  – условия сухой неповрежденной кожи).

### 2.3 Ход работы

Величина тока, протекающего через тело человека, и напряжение прикосновения фиксируются по соответствующим приборам в условиях порога ощущения. Включение тела человека в качестве сопротивления в измерительную цепь осуществляется прикосновением пальцев рук к электродам-площадкам (указательными, либо большими).

Перед определением сопротивления тела человека измеряются сопротивления моделей  $R1$  и  $R2$ . Для этого измеряются токи и напряжения при наибольшем напряжении на выходе трансформатора. Модели  $R1$  и  $R2$  устанавливают на гнезда. По данным приборов вычисляются измеренные значения сопротивлений моделей и сравниваются с номиналами соответствующих резисторов. После этого производится измерение порогового ощутимого тока и напряжения для каждого члена бригады.

Для этого регулятор  $U_{пр}$  устанавливается в крайне-левое положение, и испытуемый прикасается к электродам пальцами обеих рук. Другой студент постепенно повышает напряжение до возникновения у испытуемого порогового ощутимого тока и записывает показания приборов. Измерения повторяются для каждого испытуемого три - четыре раза и берется средний результат.

По значениям порогового ощутимого, тока и напряжения прикосновения находится значение сопротивление тела испытуемого в условиях протекания порогового ощутимого тока.

По полученному значению сопротивления тела для каждого члена группы рассчитываются следующие индивидуальные показатели:

– Напряжения для постоянного и переменного ( $f = 50\text{Гц}$ ) тока, при которых через тело будет протекать пороговый неотпускающий ток;

– Напряжения для постоянного и переменного ( $f = 50\text{Гц}$ ) тока, при которых через тело будет протекать пороговый фибрилляционный ток.

## 2.4 Пример расчета индивидуальных напряжений, при которых через тело человека протекает пороговый неотпускающий ток и пороговый фибрилляционный ток

**Дано:** Сопротивление тела испытуемого, определенное в процессе эксперимента:  $65\text{КОм}$ .

**Требуется:** определить напряжения, при которых через тело человека будут протекать пороговый неотпускающий ток в случае постоянного и переменного тока; определить напряжения, при которых через тело человека будет протекать пороговый фибрилляционный ток в случае постоянного и переменного тока.

**Решение:** Значения пороговых токов берем из раздела 1.2 теоретической части настоящего методического указания.

	Постоянный	Переменный с частотой 50 Гц
Пороговый неотпускающий, А	0,05	0,01
Пороговый фибрилляционный, А	0,3	0,1

Используя закон Ома, находим напряжение для каждого из представленных токов:

Пороговое неотпускающее напряжение для случая постоянного тока:  $U = I \cdot R$ ;  
 $0,05 \cdot 65 \cdot 10^3 = 3250\text{В}$ ;

- Для случая переменного тока:  $0,01 \cdot 65 \cdot 10^3 = 650\text{В}$ ;

Пороговое фибрилляционное напряжение для случая постоянного тока:  
 $0,3 \cdot 65 \cdot 10^3 = 19,5\text{КВ}$ ;

- Для случая переменного тока:  $0,1 \cdot 65 \cdot 10^3 = 6500\text{В}$ .

## **Часть вторая: контроль состояния изоляции проводов.**

**Цель работы:** изучить методику измерения сопротивления изоляции проводов.

**Оборудование:** мегаомметр М4100/4 на 1000В, либо мегаомметр ЦС0202-1 на 2500В; набор проводов и образцов устройств защиты от поражения электрическим током.

### **План работы:**

- изучение теоретической части;
- ознакомление с правилами эксплуатации приборов;
- выполнение экспериментальной части;
- оформление полученных результатов;
- ответы на контрольные вопросы.

## **4 Теоретическая часть**

### **4.1 Электрическая изоляция**

Применение электрической изоляции в электроустановках необходимо для достижения двух основных целей:

- обеспечение работоспособности электроустановок;
- обеспечение защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током.

Защитные функции электрической изоляции заключаются в отделении человека от токопроводящих элементов изолирующим слоем (диэлектриком) с большим электрическим сопротивлением. В случае контакта человека с электрической изоляцией токопроводящих элементов, изоляция позволяет исключить непосредственный контакт человека с токопроводящими элементами и тем самым существенно уменьшить ток через тело человека.

Таким образом, электрическая изоляция – важнейшее средство обеспечения электробезопасности. Наиболее важной характеристикой изоляции является величина её электрического сопротивления.

Действие переменных токов, значения которых меньше 0,5 мА (пороговое значение осязаемого тока), практически не ощущается человеком. Согласно ГОСТ 12.1.038-82\* «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов». Переменный ток частотой 50 Гц, протекающий через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме работы электроустановки и времени воздействия не более 10 мин в сутки, не должен превышать 0,3 мА.

В электроустановках используется несколько видов изоляции. **Рабочая изоляция** обеспечивает нормальное функционирование электроустановки. Она выбирается исходя из технических требований, поэтому надежность защиты

человека не всегда оказывается приемлемой. **Дополнительная (защитная) изоляция** – независимая изоляция, являющаяся дополнением к рабочей изоляции и предназначенная для защиты человека от поражения электрическим током при повреждении рабочей изоляции. **Двойная изоляция** – это совокупность рабочей и дополнительной изоляции, при которой доступные прикосновению части электроустановки не приобретают опасного напряжения при повреждении только рабочей или только защитной (дополнительной) изоляции. **Усиленная изоляция** – это улучшенная с учетом требований электробезопасности рабочая изоляция, обеспечивающая такую же степень защиты от поражения электрическим током, как и двойная. Она может быть однослойной или иметь несколько слоев, конструктивно выполненных так, что каждую из составляющих изоляции отдельно испытать нельзя. Двойную или усиленную изоляцию обязательно должны иметь устройства бытового и аналогичного общего применения.

В качестве дополнительной изоляции наиболее широко используют пластмассовые корпуса, ручки, втулки и т.п. Электрическая изоляция должна выдерживать предельно возможные в условиях эксплуатации электрические, механические и тепловые нагрузки.

Для обеспечения надежности изоляции при выборе ее материала и параметров следует учитывать ряд факторов и требований. К ним относятся вид, назначение, особенности электроустановки и ее элементов, напряжения и токи, возможные электрические перегрузки, механические, термические и химические воздействия, параметры среды, требования пожарной безопасности, малой токсичности и др.

## **1.2 Разрушение изоляции под действием эксплуатационных факторов**

Со временем из-за старения и негативно действующих эксплуатационных факторов (резкие перепады температуры, чрезмерная увлажненность или сухость воздуха, загрязнения среды, механические и электрические перегрузки и т.п.) параметры изоляции, влияющие на опасность поражения током, могут ухудшиться. Поэтому систематически следует проводить профилактические осмотры состояния изоляции, устранять выявленные дефекты и осуществлять контроль изоляции – измерять ее активное сопротивление.

Различают непрерывный и периодический контроль изоляции.

**Непрерывный контроль изоляции** постоянно осуществляется в действующей электроустановке, находящейся под напряжением, автоматическими устройствами. Устройства непрерывного контроля позволяют осуществлять постоянное наблюдение за состоянием электрической изоляции.

**Периодический контроль изоляции** – это измерение ее активного сопротивления в установленные правилами сроки, а также после проведения планово-предупредительных работ, ремонта, монтажа.

В помещениях без повышенной опасности (отсутствует химически активная или органическая среда; относительная влажность воздуха не более 75 %, отсутствуют токопроводящие пыль или пол, температура воздуха не более 35 °С,

нет возможности одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования - с другой) периодичность измерения – 1 раз в 3 года. В помещениях с повышенной опасностью (присутствует один из признаков повышенной опасности) измерения должны проводиться 1 раз в год. В особо опасных помещениях (в них действуют не менее двух признаков повышенной опасности) изоляцию контролируют 2 раза в год. Изоляцию переносного электроинструмента проверяют перед выдачей на руки для пользования, после ремонта и периодически – 1 раз в месяц.

Все измерения, связанные с периодическим контролем изоляции, должны осуществляться при обесточенном участке электрической сети и отключенных электроустановках. К токоведущим элементам, изоляция между которыми контролируется, в процессе измерения прикладывается измерительное напряжение, повышенное относительно напряжения электрической сети, что обеспечивается специальными измерительными приборами – мегаомметрами.

**Мегаомметр** предназначен для измерения сопротивлений и испытания на электрическую прочность (то есть на отсутствие электрического пробоя) изоляции электрооборудования, не находящегося под напряжением. В процессе контроля в мегаомметре формируется измерительное напряжение постоянного тока, прикладываемое к объекту испытания. Величина этого напряжения регламентирована правилами устройства электроустановок (ПУЭ). О состоянии изоляции судят, сравнивая полученные данные измерения с установленными нормами (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Нормы контроля сопротивления изоляции

Предмет испытания	Напряжение мегаомметра, В	Нормы сопротивления изоляции
Силовая и осветительная проводка напряжением до 500 В и 1000 В	500–1000	> 0,5 МОм > 1 МОм
Светильники с лампами накаливания, с люминесцентными лампами для жилых помещений, вспомогательных производственных помещений с нормальной и повышенной влажностью. Светильники электрические, негерметичные ручные.	500	> 2 МОм
Цоколи для люминесцентных ламп низкого давления: а) Ц2Ш 15/5, условия нормальные, Ц2Ш 13/24 б) Ц2Ш 15/5, при температуре 40 °С и относительной влажностью 95 ± 3 %, Ц2Ш 13/24		100 МОм 200 МОм

Цоколи резьбовые для электрических ламп накаливания	500	> 50 МОм
Обмотка статора синхронного генератора напряжением 1000 В и выше, температура 10–30°С	2500	> 0,5 МОм
Обмотка статора электродвигателей напряжением до 1000 В	1000	Не нормируется

### 1.3 Методы защиты от поражения электрическим током

В случае нарушения изоляции проводов напряжение сети питания может достигать корпуса устройства, тумблеров и других внешних частей, с которыми может соприкоснуться человек. При этом возможно поражение электрическим током, схематически показанное на рис. 1.1.

В данном случае тело человека представляет собой электрическое сопротивление (при поражении электрическим током величина сопротивления тела человека составляет порядка 1КОм), подключенное параллельно с устройством. Через тело человека будет протекать ток, максимальная величина которого определяется по формуле:

$$I = \frac{U}{R_2}$$

Так, при напряжении питания  $U=220\text{В}$  через тело человека будет протекать ток  $0,22\text{А}$ , что превышает значение порогового фибрилляционного тока, т.е. является смертельным.

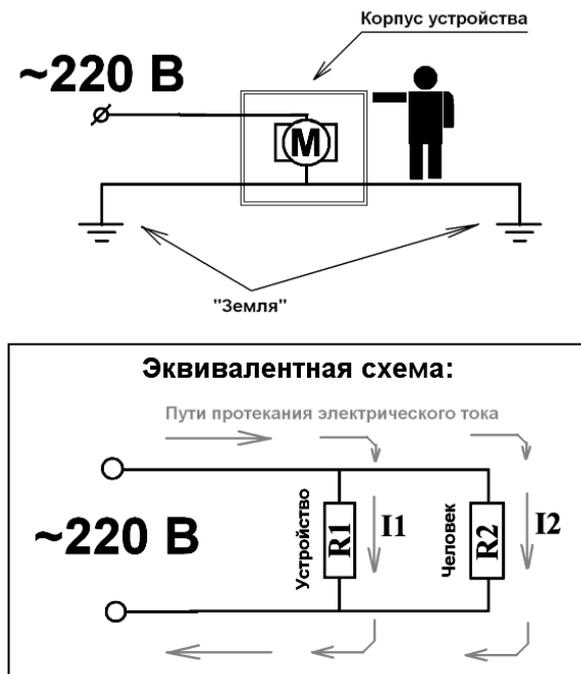


Рисунок 1.1 – Схема поражения электрическим током в отсутствии средств защиты.

Существует ряд методов, снижающих или исключаящих риск поражения электрическим током при работе с электрическими сетями и оборудованием, находящимся под напряжением. Рассмотрим некоторые из них.

*Средства индивидуальной защиты от поражения электрическим током:*

- Защитные перчатки из изоляционного материала. Применяются для защиты от поражения электрическим током при напряжении не более 1000В. Обычно используются в комплексе с другими методами защиты;
- Изоляционный резиновый коврик;
- Специализированная резиновая обувь.

*Технические методы защиты:*

- Защитное заземление. Внешний корпус установки или электрического кабеля посредством провода или металлической шины подключается к вбитым в землю металлическим штырям. Сопротивление заземляющей цепи не должно превышать 40м. Принцип действия заземления изображен на рис. 1.2.

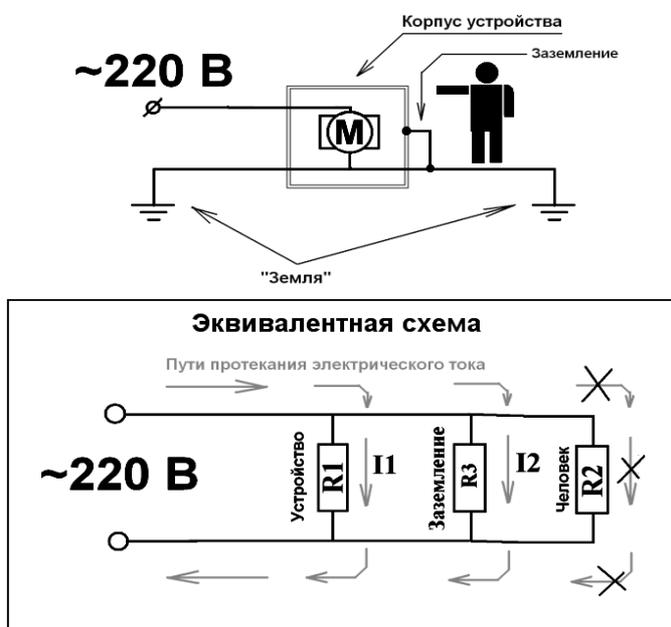


Рисунок 1.2 – Протекание электрического тока при наличии заземления.

Так как сопротивление заземления  $R_3$  значительно ниже сопротивления тела человека  $R_2$ , практически весь ток протекает по заземляющему проводу. Предполагается, что внутреннее сопротивление сети питания не нулевое, либо электрический ток встречает дополнительное сопротивление на пути от провода сети питания до корпуса устройства (на рисунке не показано), на котором происходит значительное «падение» напряжения. В противном случае метод заземления не гарантирует безопасность.

- Использование разделительного трансформатора. Питание электрической установки осуществляется не напрямую от сети, а через разделительный трансформатор. Принцип действия изображен на рис. 1.3.

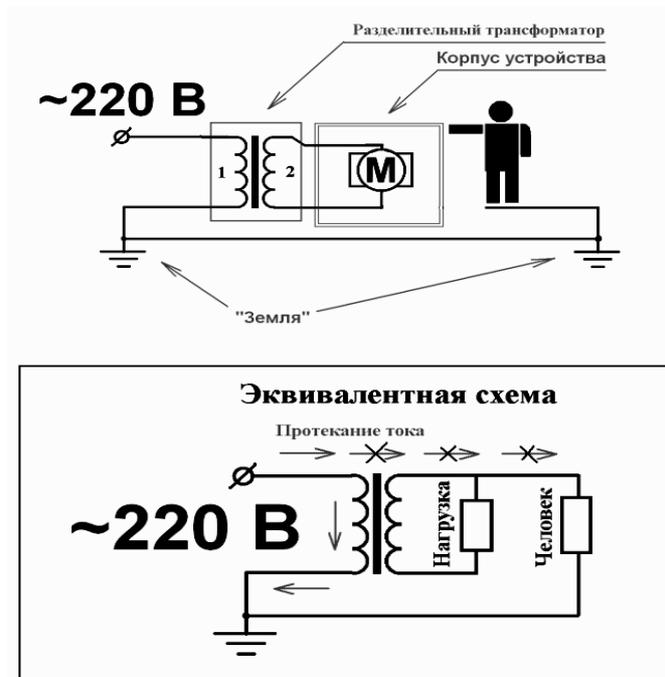


Рисунок 1.3 – Протекание электрического тока при наличии разделительного трансформатора.

Разделительный трансформатор имеет две обмотки. Обмотки изолированы друг от друга, т.е. не имеют между собой электрического контакта, паразитное сопротивление между ними определяется сопротивлением изоляции намоточного провода и компаунда, которым залит трансформатор и составляет единицы МОм. На выходе трансформатора напряжение существует только между выводами вторичной обмотки; прикосновение к любому из выводов вторичной обмотки по отдельности не вызывает поражения электрическим током. При этом напряжение сети питания надежно изолировано от устройства (нагрузки).

## 2 Экспериментальная часть

### 2.1 Указания по технике безопасности

1. Мегаомметр может применяться только для измерения сопротивления изоляции цепей, **не находящихся под напряжением**.

2. Перед измерением необходимо убедиться в отсутствии напряжения исследуемой электрической сети прибором – указателем при напряжении до 500 В или мультиметром в режиме измерения напряжения при условии, что допустимое измеряемое напряжение прибора не меньше напряжения измеряемой сети.

3. После отсоединения мегаомметра от исследуемой сети (особенно кабеля большой протяженности) необходимо сеть разрядить на землю с помощью специальной разрядной штанги, или в установках до 1000В с помощью переносного заземляющего проводника в диэлектрических перчатках.

4. В процессе измерения не следует прикасаться к соединительным проводам, клеммам и элементам испытываемой цепи для исключения протекания тока через тело работающего с прибором.

5. Измерение проводить только в присутствии преподавателя. С мегаомметром работают не менее двух человек.

6. Подробные требования по электробезопасности изложены в ГОСТ 12.1.019-79, ГОСТ 12.1.051-90, ГОСТ 12.1.030-81, ГОСТ 12.1.013-78.

### **1. Принцип действия и правила использования мегаомметра**

В мегаомметрах М4100 (рисунок 2.1) для получения измерительного напряжения используется встроенный электромеханический генератор, приводимый в действие путём вращения от руки. Скорость вращения указывается в паспорте (обычно 1–2 об/с). Такие приборы изготавливаются с номинальным напряжением 100, 500 и 1000 В.



Рисунок 2.1 – Мегаомметр М4100

В мегаомметрах ЦС0202-1 (рисунок 2.2) для получения измерительного напряжения используется встроенный импульсный преобразователь, преобразующий низкое напряжение батарей питания (либо напряжение блока питания при работе прибора от сети) в напряжение 100–2500В. Измерение и индикация осуществляются цифровым способом.



Рисунок 2.2 – Мегаомметр ЦС0202-1

Перед измерениями изучить указания по технике безопасности. Проверить исправность прибора. Для этого ручку генератора вращают при разомкнутых зажимах и следят за тем, чтобы стрелка установилась на отметку «О» шкалы мегомов или килоомов (в зависимости от нахождения переключателей в положении «Мом» или «Ком»).

Измерение сопротивлений производится по следующим схемам:

1. Схема измерения сопротивления изоляции относительно земли (корпуса). Зажим «З» соединяется с заземленным корпусом объекта или заземлением. Зажим «Л» (линия) присоединяется к объекту, например, к одной жиле обесточенного кабеля.

2. Схема измерения сопротивления изоляции между цепями, изолированными от земли, например, между жилами кабеля. Зажимы «Л» и «З» присоединяются к обесточенным проводам.

3. Схема измерения сопротивления изоляции всей установки трех фазного тока. Зажим «З» соединяется с заземлением, а зажим «Л» присоединяется к каждому проводу последовательно.

***Согласно ПУЭ контролируемое сопротивление изоляции на каждом участке сети с напряжением до 1 кВ должно быть не менее 500 кОм.***

Выводы о соответствии сопротивлений изоляции требованиям ПУЭ делают на основе сравнения измеренных значений сопротивлений с нормативными.

### **Методика выполнения работы и обработка результатов**

#### **Задание 1: измерение сопротивления изоляции образцов проводов**

Ход работы:

- 1) Подключить мегаомметр для измерения сопротивления изоляции между разными жилами каждого образца провода;
- 2) Поставить переключатель на «Мом» и, вращая рукоятку генератора со скоростью 120 об/мин (в случае использования мегаомметра марки М4100), записать показания прибора. Развиваемое мегаомметром максимальное

напряжение должно соответствовать номинальному напряжению измеряемой установки или сети и не должно превышать установленных стандартом напряжений, применяемых при испытании повышенным напряжением, например, для электродвигателей переменного тока, при испытании обмотки статора испытываемое напряжение

$U = 0.75 \cdot (1000 + 2U_{ном})$ , но не ниже 1100В. Для исследуемых образцов проводов номинальное напряжение составляет 1000В;

3) Для 3х и более жильных проводов провести измерение сопротивления изоляции между всеми жилами попарно; для проводов с металлической оплеткой – провести измерение сопротивления между каждой жилой провода и оплеткой.

### **Задание 2: измерение сопротивления разделительного трансформатора**

Ход работы:

- 1) Определить выводы первичной и вторичной обмотки трансформатора, входящего в состав лабораторного стенда. Соединить попарно выводы первичной и вторичной обмотки между собой;
- 2) Произвести измерение сопротивления между закороченными выводами первичной обмотки с закороченными выводами вторичной обмотки при напряжении 500В.

### **Задание 3: измерение сопротивления изоляционного коврика**

Ход работы:

- 1) Объектом измерения является лабораторный стенд с образцом резинового изоляционного коврика, зажатым между металлическими пластинами-электродами. Измерение сопротивления производится при напряжении 2500В.

Общие требования по оформлению студенческих учебных работ содержатся в ОС ТУСУРа 61-97\*.

### **Контрольные вопросы**

1. Действие электрического тока на организм человека.
2. Причины смертельного исхода поражения электрическим током.
3. Перечислите факторы, влияющие на исход поражения током.
4. Чем отличается электрический удар от местных электротравм?
5. От каких факторов зависит сопротивление тела человека?
6. Каковы критические значения поражающих токов?
7. Что такое напряжение прикосновения?
8. Первая помощь при поражении электрическим током.
9. Электрическая изоляция и значимость её применения.
10. Виды электрической изоляции.
11. По каким причинам происходит нарушение целостности электроизоляции?
12. Виды контроля за состоянием изоляции электропроводов.
13. Как часто проводится проверка сопротивления изоляции проводов?
14. Методы защиты от поражения электрическим током.

## **Лабораторная работа № 4 «Исследование эффективности и качества искусственного освещения»**

**Цель работы:** изучение количественных и качественных характеристик освещения, оценка влияния типа светильника и цветовой отделки интерьера помещения на освещенность и коэффициент использования светового потока.

**Оборудование:** лабораторная установка, состоящая из макета производственного помещения оборудованного различными источниками искусственного освещения, и люксметра-пульсметра для измерения значений освещенности и коэффициента её пульсаций.

### **План работы:**

- изучение теоретической части;
- ознакомление с правилами эксплуатации прибора;
- выполнение экспериментальной части;
- оформление полученных результатов;
- ответы на контрольные вопросы.

## **1 Теоретическая часть**

### **1.1 Общие сведения**

Около 80 % общего объема информации человек получает через зрительный аппарат. Качество получаемой информации во многом зависит от освещения: неудовлетворительное в количественном или качественном отношении освещение не только напрягает зрение, но и вызывает утомление организма в целом. Нерационально организованное освещение, кроме того, может явиться причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие источники света и блики от них, резкие тени и пульсации освещенности ухудшают видимость и могут вызвать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта. Поэтому рациональное освещение помещений и рабочих мест – одно из важнейших условий создания благоприятных и безопасных условий труда.

Организация освещения связана с получением, распределением и использованием световой энергии для обеспечения благоприятных условий видения предметов и объектов. Грамотно выполненное освещение влияет на настроение и самочувствие, повышает эффективность труда.

В зависимости от источника света освещение может быть трех видов: естественное, искусственное и совмещенное (смешанное).

### **1.2 Светотехнические характеристики освещения**

При оптических измерениях для гигиенической оценки освещения необходимо учитывать неодинаковую чувствительность глаза к энергии различных длин волн. Человеческий глаз воспринимает электромагнитные колебания в диапазоне длин волн от 380 до 770 нм ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ), которые

называются видимым излучением.

Основной световой единицей в системе СИ является кандела (кд) - сила света ( $I$ ) в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой  $540 \cdot 10^{12}$  Гц, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет 1/683 Вт/ср.

Световой поток ( $F$ ) – мощность оптического излучения, оцениваемая по производимому ею зрительному ощущению. За единицу светового потока принят люмен (лм) – световой поток, испускаемый точечным источником силой света  $I = 1$  кд внутри телесного угла в 1 ср ( $1 \text{ лм} = 1 \text{ кд} \cdot \text{ср}$ ).

Освещенность ( $E$ ) – величина, равная отношению светового потока  $F$ , падающего на поверхность, к площади  $S$  этой поверхности:

$$E = \frac{F}{S}, \quad (1.1)$$

Единица измерения освещенности - люкс (лк) ( $1 \text{ лк} = 1 \text{ лм}/\text{м}^2$ ).

Яркость  $B$  – поверхностная плотность силы света  $I$  в заданном направлении. Яркость является характеристикой светящихся тел, она равна отношению силы света  $I$  в каком-либо направлении к площади  $S$  проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную к этому направлению.

$$B = \frac{I}{S} \cdot \cos \alpha, \quad (1.2)$$

где:  $\alpha$  – угол между направлением излучения и плоскостью, град.

Единицей измерения яркости является кд/м<sup>2</sup>, это яркость такой плоской поверхности, которая в перпендикулярном направлении излучает силу света в 1 кд с площади 1 м<sup>2</sup>.

### 1.3 Искусственное освещение

Искусственное освещение предусматривается в помещениях с недостатком естественного света, а также для освещения помещений в темное время суток.

По принципу организации искусственное освещение можно разделить на два вида: общее и комбинированное.

Общее освещение предназначено для освещения всего помещения, оно может быть равномерным или локализованным. Общее равномерное освещение создает условия для выполнения работ в любом месте освещаемого пространства. При общем локализованном освещении светильники размещают в соответствии с расположением оборудования, что позволяет создавать повышенную освещенность на рабочих местах.

Комбинированное освещение состоит из общего и местного. Его целесообразно устраивать при работах высокой точности, а также при необходимости создания в процессе работы определенной направленности светового потока. Местное освещение предназначено для освещения только рабочих поверхностей. Оно может быть стационарным и переносным.

Применение только местного освещения в производственных помещениях запрещается, так как резкий контраст между ярко освещенными и неосвещенными местами утомляет зрение, замедляет скорость работы, нередко

является причиной несчастных случаев.

По функциональному назначению искусственное освещение подразделяют на рабочее, аварийное, эвакуационное и охранное.

Рабочее освещение обеспечивает нормируемые осветительные условия (освещенность, качество освещения) в помещениях и в местах производства работ вне зданий.

Аварийное освещение служит для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения. Аварийное освещение в помещениях и на местах производства работ необходимо предусматривать, если отключение рабочего освещения и связанное с этим нарушение обслуживания оборудования может привести к взрыву, пожару, длительному нарушению технологического процесса или работы объектов жизнеобеспечения. Наименьшая освещенность, создаваемая аварийным освещением, должна составлять 5 % освещенности, нормируемой для рабочего освещения, но не менее 2 лк внутри зданий и не менее 1 лк для территории предприятий.

Эвакуационное освещение следует предусматривать в местах, отведенных для прохода людей, в проходах и на лестницах, служащих для эвакуации людей в количестве более 50 человек. Это освещение должно обеспечивать на полу основных проходов (или на земле) и на ступенях лестниц освещенность не менее 0,5 лк в помещениях и 0,2 лк на открытой территории.

Охранное освещение предусматривается вдоль границ территории охраняемой в ночное время. Охранное освещение должно обеспечивать освещенность не менее 0,5 лк на уровне земли.

#### **1.4 Источники искусственного освещения**

В качестве источников искусственного освещения применяются лампы накаливания и газоразрядные лампы.

В лампах накаливания источником света является раскаленная вольфрамовая проволока. Эти лампы дают непрерывный спектр излучения с повышенной (по сравнению с естественным светом) интенсивностью в желто-красной области спектра. По конструкции лампы накаливания бывают вакуумные и газонаполненные, в том числе галогенные у которых температура проволоки может быть повышена, что увеличивает световую отдачу (отношение создаваемого лампой светового потока к потребляемой электрической мощности).

Общим недостатком ламп накаливания является сравнительно небольшой срок службы (менее 2000 часов) и малая световая отдача (8 – 20 лм/Вт). В промышленности они находят применение для организации местного освещения.

Наибольшее применение в промышленности находят газоразрядные лампы низкого и высокого давления. Газоразрядные лампы низкого давления называемые люминесцентными, конструктивно выполнены в виде стеклянной трубки, внутренняя поверхность которой покрыта люминофором. Трубка наполнена дозированным количеством ртути (30–80 мг) и смесью инертных газов под давлением около 400 Па. На противоположных концах внутри трубки

размещаются электроды. При включении лампы в сеть между электродами возникает газовый разряд, сопровождающийся излучением преимущественно в ультрафиолетовой области спектра. Это излучение, в свою очередь, преобразуется люминофором в видимый световой поток. В зависимости от состава люминофора люминесцентные лампы обладают различной цветностью.

Основным недостатком люминесцентных ламп является повышенный коэффициент пульсации генерируемого ими излучения. Поэтому в последние годы появились газоразрядные лампы низкого давления со встроенным высокочастотным преобразователем. Газовый разряд в таких лампах (называемый вихревым) возбуждается на высоких частотах (десятки кГц) за счет чего обеспечиваются малые значения коэффициента пульсации генерируемого излучения.

К газоразрядным лампам высокого давления (0,03–0,08 МПа) относятся дуговые ртутные лампы (ДРЛ). В спектре излучения этих ламп преобладают составляющие зелено-голубой области спектра. В последнее время достаточно широко стали применять электродуговые ксеноновые лампы, обладающие очень высокой световой отдачей при малых габаритах. Однако они в настоящее время достаточно дорогостоящие и применяются преимущественно в фарах элитных автомобилей. Их использование внутри помещений запрещено.

Основными достоинствами, люминесцентных ламп является их долговечность (свыше 10000 часов), экономичность, малая себестоимость изготовления, благоприятный спектр излучения, обеспечивающий высокое качество цветопередачи, низкая температура поверхности. Светоотдача этих ламп превышает 30 лм/Вт, что в несколько раз превосходит светоотдачу ламп накаливания.

## 1.5 Нормирование искусственного освещения

Известны два подхода к нормированию освещенности рабочих поверхностей. «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03» определяет наименьшую освещенность рабочих поверхностей в производственных помещениях в зависимости от вида производимой деятельности, а СНиП 23–05–95 «Естественное и искусственное освещение» – в зависимости от характеристики зрительной работы, определяемой минимальным размером объекта различения, контрастом объекта с фоном и свойствами фона. В этом документе используются следующие основные понятия:

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

**Фон** – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Фон считается: светлым при коэффициенте отражения  $\rho$  светового потока поверхностью более 0,4; средне светлым при коэффициенте отражения от 0,2 до 0,4; темным при коэффициенте отражение менее 0,2.

**Контраст** объекта различения с фоном ( $K$ ) определяется отношением абсолютной величины разности яркостей объекта  $B_0$  и фона  $B_\phi$  к наибольшей из этих двух яркостей.

$$K = \frac{|B_0 - B_\phi|}{\max\{B_0, B_\phi\}}. \quad (1.3)$$

Контраст считается большим при значениях  $K$  более 0,5, средним – при значениях  $K$  от 0,2 до 0,5; малым – при значениях  $K$  менее 0,2.

В соответствии со СНиП 23–05–95 все виды работ в зависимости от размера объекта различения делятся на восемь разрядов (I–VIII), которые в свою очередь в зависимости от фона и контраста объекта с фоном делятся на четыре подразряда (а, б, в, г). Допустимые значения наименьшей освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях в соответствии со СНиП 23–05–95 приведены в Приложении Г. (В зарубежных нормах размер объекта, различения часто указывают в угловых минутах).

Еще одним важным параметром, характеризующим качество освещения, является коэффициент пульсации освещенности  $K_n$ :

$$K_n = \frac{(E_{\max} - E_{\min})}{2 \cdot E_{cp}} \cdot 100, \quad (1.4)$$

где  $E_{\max}$  – максимальное значение пульсирующей освещенности на рабочей поверхности;  $E_{\min}$  – минимальное значение пульсирующей освещенности;  $E_{cp}$  – среднее значение освещенности.

Пульсации освещенности возникают из-за питания источников света переменным напряжением. Особо большие значения они имеют при использовании малоинерционных источников света, которыми являются люминесцентные лампы. Пульсации освещенности на рабочей поверхности не только утомляют зрение, но и могут вызывать неадекватное восприятие наблюдаемого объекта за счет появления стробоскопического эффекта.

**Стробоскопический эффект** – кажущееся изменение или прекращение движения объекта, освещаемого светом, периодически изменяющимся с определенной частотой. Например, если вращающийся белый диск с черным сектором освещать пульсирующим световым потоком (вспышками), то сектор будет казаться: неподвижным при частоте  $f_{всп} = f_{вращ}$ , медленно вращающимся в обратную сторону при  $f_{всп} > f_{вращ}$ , медленно вращающимся в ту же сторону при  $f_{всп} < f_{вращ}$ , где  $f_{всп}$  и  $f_{вращ}$  – соответственно частоты вспышки и вращения диска. Пульсации освещенности вращающихся объектов могут вызывать видимость их неподвижности и быть причиной травматизма. Значение  $K_n$  меняется от нескольких процентов (для ламп накаливания) до нескольких десятков процентов (для люминесцентных ламп). Малое значение  $K_n$  для ламп накаливания объясняется большой тепловой инерцией нити накала, препятствующей заметному уменьшению светового потока  $F_{лн}$  ламп в момент перехода мгновенного значения переменного напряжения сети через 0 (рис. 1.1).

Газоразрядные лампы обладают малой инерцией и меняют свой световой поток  $F_{\text{лл}}$  почти пропорционально амплитуде сетевого напряжения (рис. 1.1).

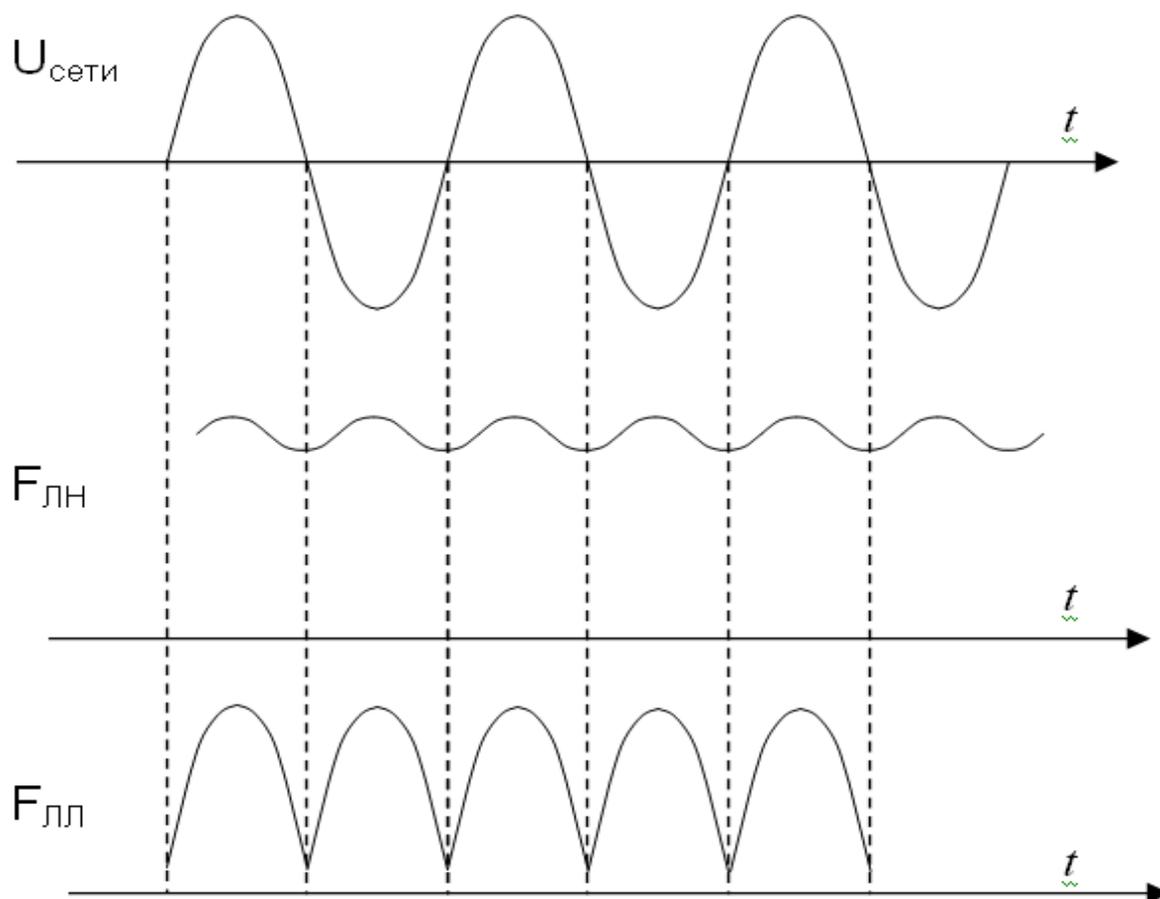


Рисунок 1.1 – Зависимости напряжения электропитания, светового потока лампы накаливания (ЛН) и люминесцентной лампы (ЛЛ) от времени  $t$

Для уменьшения коэффициента пульсации освещенности  $K_{\text{п}}$  люминесцентные лампы включают в разные фазы трехфазной электрической сети. Это хорошо поясняет нижняя кривая на рисунке 1.2, где показан характер изменения во времени светового потока (и связанной с ним освещенности) создаваемого тремя люминесцентными лампами, включенными в фазу А ( $F_{\text{лл}}$ ) и в три различные фазы сети ( $3F_{\text{лл}}$ ). В последнем случае за счет сдвига фаз на  $1/3$  периода провалы в световом потоке каждой из ламп компенсируются световыми потоками двух других ламп, так что пульсации суммарного светового потока существенно уменьшаются. При этом среднее значение освещенности, создаваемой лампами, остается неизменным и не зависит от способа их включения.

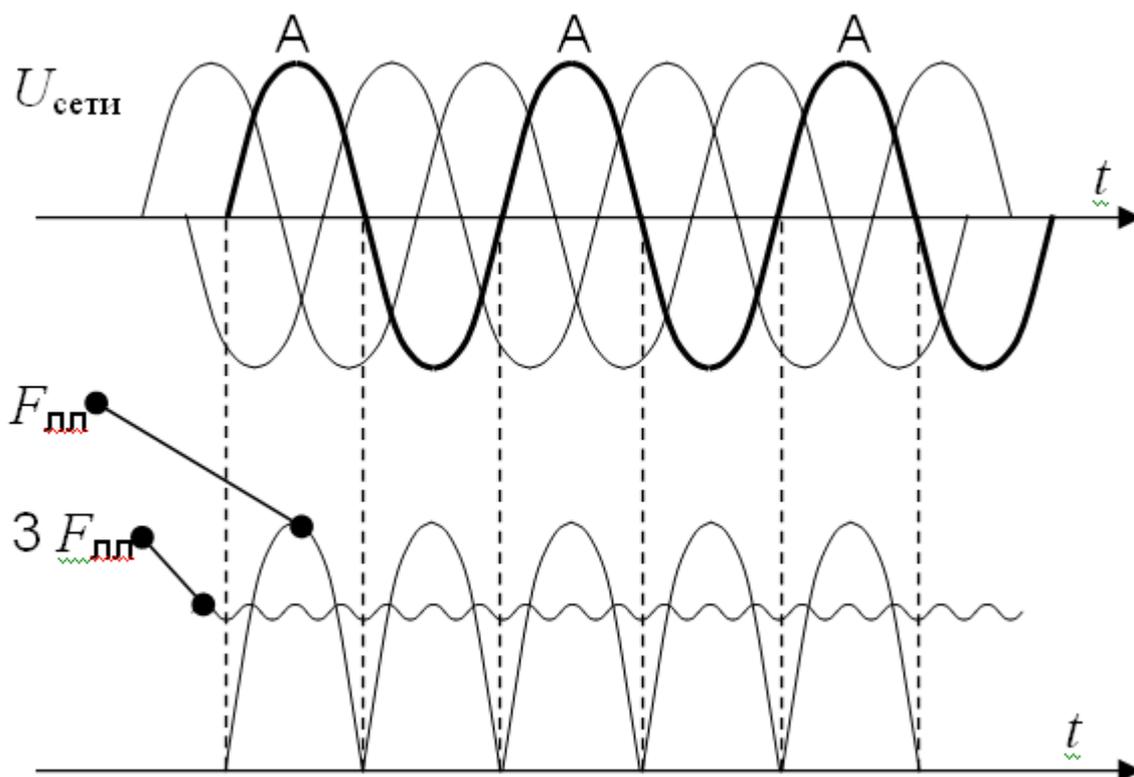


Рисунок 1.2 — Зависимости напряжения электропитания и световых потоков люминесцентных ламп, включенных в одну ( $F_{лп}$ ) и в три ( $3F_{лп}$ ) фазы сети электропитания от времени  $t$

В соответствии со СНиП 23–05–95 коэффициент пульсации освещенности  $K_{п,}$  нормируется в зависимости от разряда зрительных работ. Значения этого коэффициента приведены в Приложении Д.

На освещенность рабочих поверхностей в производственном помещении влияют отражение и поглощение света стенами, потолком и другими поверхностями, расстояние от светильника до рабочей поверхности, состояние излучающей поверхности светильника, наличие рассеивателя света и т.д. Вследствие этого полезно используется лишь часть светового потока излучаемого источником света.

### 1.6 Коэффициент использования осветительной установки

Расчет искусственного освещения предусматривает: выбор типа источника света, системы освещения и светильника, проведение светотехнических расчетов, распределение светильников и определение потребляемой системой освещения мощности. Величина, характеризующая эффективность использования источников света, называется **коэффициентом использования светового потока** или коэффициентом использования осветительной установки ( $\eta$ ) и определяется как отношение фактического светового потока ( $F_{факт}$ ) к суммарному световому потоку ( $F_{лампы}$ ) используемых источников света, определенному по их номинальной мощности в соответствии с нормативной документацией:

$$\eta = \frac{F_{\text{факт}}}{F_{\text{ламп}}}, \quad (1.5)$$

Значение фактического светового потока  $F_{\text{факт}}$  можно определить по результатам измерений в помещении средней освещенности  $E_{\text{ср}}$  по формуле:

$$F_{\text{факт}} = E_{\text{ср}} \cdot S, \quad (1.6)$$

где  $S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>.

При проектировании освещения для оценки светового потока  $F_{\text{факт}}$ , используется формула:

$$F_{\text{факт}} = E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z, \quad (1.7)$$

где  $E$  – нормируемая освещенность, лм (Приложение Г);  $K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий старение ламп, запыление и загрязнение светильников, (обычно  $K_3 = 1,3$  для ламп накаливания и  $1,5$  для люминесцентных ламп);  $Z$  – коэффициент неравномерности освещения (обычно  $Z = 1,1 - 1,2$ ).

## 2 Экспериментальная часть

В ходе работы необходимо измерить освещенность, создаваемую различными источниками света, внутри макета производственного помещения и сравнить с нормируемыми значениями. По измеренным значениям освещенности определить коэффициент использования осветительной установки. А также необходимо измерить и сравнить коэффициенты пульсаций освещенности в учебной аудитории, создаваемых различными источниками света; оценить зависимость коэффициента пульсаций освещенности от способа подключения ламп к фазам трехфазной сети.

### 2.1 Описание лабораторной установки и методика измерения коэффициента пульсации

Лабораторная установка состоит из макета производственного помещения оборудованного различными источниками искусственного освещения, люксметра-пульсметра для измерения значений освещенности и коэффициента её пульсаций. Макет и люксметр-пульсаметр устанавливаются на лабораторный стол.

Внешний вид макета представлен на рисунке 2.1. Макет имеет каркас 1 из алюминиевого профиля, пол 2, потолок 3, боковые стенки 4, заднюю и переднюю стенки 5. Задняя и боковые стенки являются съемными и могут устанавливаться любой из двух сторон внутрь макета помещения, фиксируясь в проемах каркаса с помощью магнитных лент. Одна сторона стенок окрашена в светлый тон, другая в темный тон. Передняя стенка 5 жестко вмонтирована в каркас и выполнена из прозрачного стекла. В передней нижней части каркаса 1 предусмотрено окно для установки измерительной головки 6 люксметра-пульсметра 7 внутрь каркаса. На уровне пола 2 размещен вентилятор 8 для наблюдения стробоскопического эффекта и охлаждения ламп в процессе работы. На потолке 3 размещены 8 патронов, в которых установлены светодиодная лампа 9, три люминесцентные лампы на 9 Вт 10, 13 и сзади люминесцентной лампы на 11 Вт 12, галогенная

лампа позади люминесцентной лампы 10 и две лампы накаливания 11. Расположение ламп отмечены на полу 2 и их схематическим изображением и цифрами, соответствующими номерам ламп на лицевой панели макета.

На передней панели каркаса (рисунок 2.1) расположены органы управления и контроля, в том числе:

- переключатель для включения вентилятора;
- ручка регулирования частоты вращения вентилятора;
- переключатели (1–8) для включения ламп.

Электропитание ламп, накаливания и люминесцентных ламп осуществляется от разных фаз. Схема позволяет включать отдельно каждую лампу с помощью соответствующих переключателей, расположенных на передней панели каркаса (рисунок 2.1).

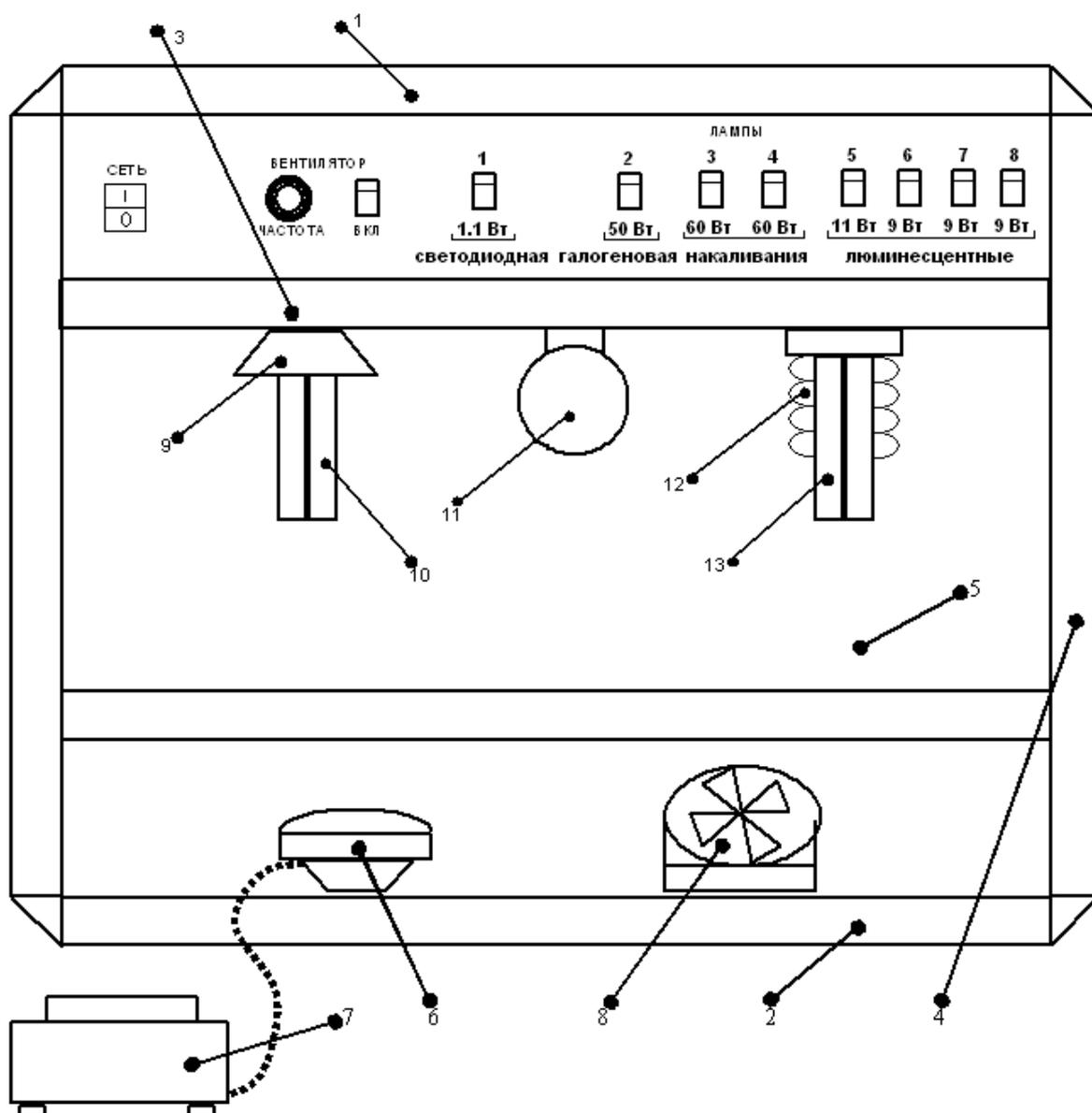


Рисунок 2.1 – Внешний вид лабораторного стенда

Люксметр-пульсметр содержит корпус 1 (рисунок 2.2), на лицевой панели которого расположен стрелочный индикатор 2, переключатель режима измерения 3 (освещенности  $E$  / коэффициент пульсации  $K_n$ ), переключатель диапазона измерения 4 и переключатель включения напряжения сети со встроенным индикатором 5. На задней стенке корпуса 1 закреплен сетевой шнур 6 и держатель предохранителя 7. В качестве приемника светового потока используется измерительная головка 8 с насадками 9. При выключенном электропитании прибор работает как люксметр и позволяет измерять освещенность в диапазоне от 5 до 100000 лк. Выбор диапазона определяется насадками. В положении 100 переключателя диапазона измерения 4 с насадками К и М измеряется освещенность до 1000 лк, с насадками К и Р – до 10000 лк и с насадками К и Т до 100000 лк. В положении 30 переключателя диапазона измерения с этими же насадками измеряется освещенность до 300 лк, до 3000 лк, до 30000 лк, соответственно.

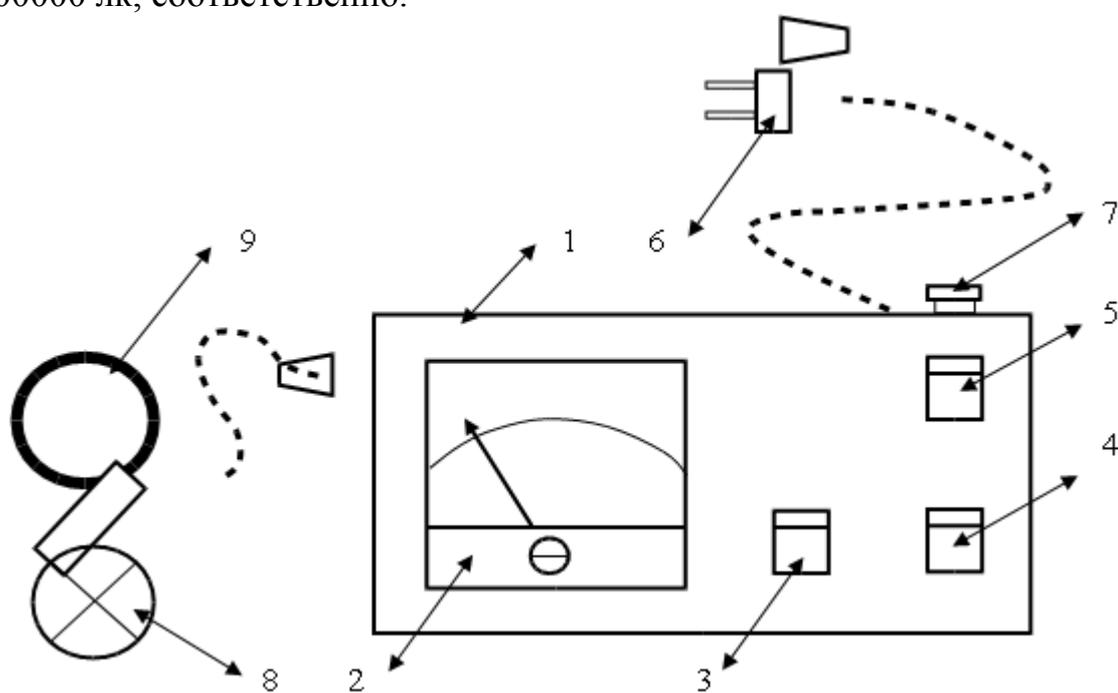


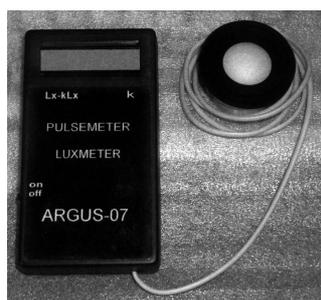
Рисунок 2.2 – Внешний вид люксметра-пульсметра

При включении питания прибор позволяет измерять коэффициент пульсации освещенности в диапазоне от 0 до 30% или от 0 до 100% в зависимости от положения переключателя диапазона измерения. Следует обратить внимание на то, чтобы измерение коэффициента пульсации необходимо производить при тех же насадках, что и измерение освещенности.

## 2.2 Измерительные приборы

В качестве средств измерения в лабораторной работе могут быть использованы различные приборы (люксметры, пульсометры, яркометры и др.). Те или иные приборы используются на усмотрение преподавателя.

### **Люксметр-пульсометр Аргус 07**



Предназначен для измерения освещенности, создаваемой естественным светом и различными источниками искусственного освещения, и коэффициента пульсаций излучения искусственного освещения. При этом источники освещения могут быть расположены произвольно относительно люксметра. Показание коэффициента пульсаций индицируется в процентах, при этом прибор определяет максимальное, минимальное и среднее значение освещенности пульсирующего излучения и рассчитывает значение коэффициента пульсаций. Отсчет освещенности и коэффициента пульсации ведется одновременно по индикаторной шкале.

Технические характеристики.

Диапазон измерения освещенности, Лк	1,0...200.0
Коэффициент пульсации, %	0,38...0,8
Предел допускаемой основной относительной погрешности, %	5...8
Температура окружающей среды, °С	20±15
Относительная влажность, %	0...90
Питание: батарея напряжением, В	1...100
Габаритные размеры индикаторного блока, мм	125x68x3

### **Люксметр/яркометр ТКА-09**



Цифровой фотометр модель «ТКА-09» предназначен для измерения освещенности (Лк) и яркости протяженных самосветящихся объектов (кд/м<sup>2</sup>) в видимой области спектра.

Диапазоны измерений:

освещенности, Лк .....10...200 000

яркости, кд/м<sup>2</sup> .....10...200 000

Пределы измерений:

10...2 000 (Лк, кд/м<sup>2</sup>);

100...20 000(Лк, кд/м<sup>2</sup>);

1 000...200 000 (Лк, кд/м<sup>2</sup>).

Предел допустимого значения основной относительной погрешности измерения освещенности не более 8, %.

Предел допустимого значения основной относительной погрешности яркости не более 10 %.

Ток, потребляемый прибором от источника питания, мА, не более 1,5.

Эксплуатационные параметры.

Габаритные размеры, мм, не; более:

– блок обработки сигнала 160x85x30

– фотометрическая головка 150x50x50

Рабочий диапазон температур, °С 0–50

### 2.3 Требования безопасности при выполнении лабораторной работы

1. К работе допускаются студенты, ознакомленные с устройством лабораторного стенда, принципом действия и мерами безопасности при проведении лабораторной работы.
2. Питание стена трехфазное 380/220 В. Соблюдать правила электробезопасности.
3. Обмер макета помещения производить при выключенном питании.
4. Дотрагиваться до патронов и ламп во время выполнения работы запрещается.
5. Измерения люксметрами производить только через предназначенные для этого отверстия в макете.
6. Для предотвращения перегрева стенда в процессе работы ламп необходимо, предварительно, включить вентилятор.
7. Выключение вентилятора производится только после выключения ламп.
8. После проведения лабораторной работы отключить электропитание стенда и люксметра-пульсметра.

### 2.4 Порядок проведения лабораторной работы

1. Установить стенки макета производственного помещения таким образом, чтобы стороны, окрашенные в темные тона, были обращены внутрь помещения.
2. Включить установку.
3. Включить лампы (выбор ламп производится по заданию преподавателя).
4. Произвести измерение освещенности с помощью люксметра-пульсметра не менее чем в пяти точках макета производственного помещения (в центре и углах пола), определить среднее значение освещенности  $E_{\text{ср}}$ .
5. Установить стенки макета производственного помещения таким образом, чтобы стороны, окрашенные в светлые тона, были обращены внутрь помещения.
6. Произвести измерение освещенности не менее чем в пяти точках макета производственного помещения, определить среднее значение освещенности.
7. Сравнить полученные в результате измерений по п.п. 4 и 6 значения освещенности с допустимыми значениями освещенности, приведенными в Приложении 1 (разряд зрительных работ принять по указанию преподавателя).
8. По результатам измерений освещенности для варианта с темной и светлой окраской стен вычислить значение фактического светового потока

$F_{\text{факт}}$  по формуле (2.1):

$$F_{\text{факт}} = E_{\text{ср}} \cdot S, \quad (2.1)$$

где  $E_{\text{ср}}$  – среднее значение освещенности;  $S$  – площадь макета помещения,  $\text{м}^2$ .

9. Вычислить коэффициент использования осветительной установки  $\eta$  для варианта с темной и светлой окраской стен по формуле 1.5. Суммарный световой поток  $F_{\text{ламп}}$  выбрать по номинальной мощности для каждого типа ламп по таблице 2.1.

Таблица 2.1 Световой поток различных источников света

Тип ламп	Номинальная мощность, Вт	Номинальный световой поток, лм
Лампа накаливания	60	730
Лампа люминесцентная КЛ9	9	600 (465)*
Лампа люминесцентная СКЛЭН	11	700
Лампа галогенная	50	850
Лампа светодиодная	1,1	53

\* После минимальной продолжительности горения (2000 часов)

10. Повторить измерения для другого типа ламп.
11. Сравнить значения коэффициентов использования осветительных установок, полученные для случаев с использованием различных источников света и различной окраской стен.
12. С помощью люксметра-пульсметра измерить коэффициент пульсации освещенности при включении одной лампы накаливания, а затем при включении одной люминесцентной лампы на 9 Вт. Сравнить полученные значения.
13. Измерить и сравнить между собой коэффициенты пульсации освещенности на рабочем месте в учебной аудитории при включении одной фазы, затем двух и трех фаз.
14. Включить люминесцентную лампу на 9 Вт в центре установки и вентилятор. Вращая ручку «Частота», регулирующую скорость вращения лопастей вентилятора, подобрать такую частоту, при которой возникает стробоскопический эффект (лопасти кажутся неподвижными).
15. Выключить стенд. Составить отчет о работе.

Общие требования по оформлению студенческих учебных работ содержатся в ОС ТУСУРа 61-97\*.

### Контрольные вопросы

2. Какие основные виды производственного освещения Вы знаете?
3. Перечислите виды естественного освещения.
4. Какие системы искусственного освещения применяются в производственных помещениях?
5. Допускается ли применение одного местного освещения на производственных рабочих местах?
6. Что характеризует показатель ослепленности?
7. Критерием чего является коэффициент пульсации  $k_E$ ?
8. К какому диапазону длин волн относится видимое излучение?
9. Какой параметр нормируется при использовании естественного освещения?

10. Какие параметры нормируются при использовании искусственного освещения?

11. В зависимости от каких параметров определяется нормируемое значение освещенности на рабочем месте при использовании искусственного освещения?

12. В зависимости от каких параметров определяется нормируемое значение КЕО при использовании естественного освещения?

13. Какие приборы используются для измерения и контроля освещенности на рабочих местах?

## Инструкция по ТБ при работе на лабораторном стенде

### 1. Введение

1.1. Эксплуатацию стенда необходимо производить в соответствии с правилами, изложенными в эксплуатационной документации. Во избежание поражения электрическим током и возникновения пожара **ЗАПРЕЩАЕТСЯ**:

- пользоваться электрическими розетками без защитных изолирующих кожухов или с неисправленными кожухами;
- включать в электросеть испытательный образец с оголенными проводами и токоведущими частями электрических устройств;
- вытягивать вилку из розетки за шнур;
- работать на стенде со снятыми облицовочными частями;
- бросать на пол бумагу, тряпки, пользоваться легковоспламеняющимися жидкостями;
- закладывать провода и шнуры за водопроводные трубы и батареи отопления;
- оставлять стенд включенными в сеть при длительном отключении питающего напряжения;
- допускать к работе на стенде посторонних лиц.

1.2. В случае возникновения неисправности пользователь должен сообщить об этом своему непосредственному руководителю с целью своевременного вызова специалиста для устранения неисправности.

**УСТРАНЯТЬ НЕИСПРАВНОСТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНО ЗАПРЕЩАЕТСЯ!**

1.3. За нарушение требований данной инструкции пользователи привлекаются к дисциплинарной, а в соответствующих случаях к материальной и уголовной ответственности в порядке, установленном действующим законодательством РФ.

### 2. Требования безопасности перед началом работы

2.1. При подготовке к работе на стенде пользователь обязан:

- подготовить рабочее место и освободить его от посторонних предметов;
- внешним осмотром убедиться в отсутствии на корпусах, розетках, шнурах питания и составных частях стенда видимых дефектов и повреждений. Проверить наличие и надежность подключения защитного заземления, если это предусмотрено эксплуатационной документацией;
- убедиться, что включение стенда не приведет к попаданию под действие электрического тока других сотрудников;
- после включения стенда убедиться в его исправном состоянии и только после этого приступать к работе.

2.2. В случае возникновения неисправности или ненормальной работы элементов стенда немедленно отключить ее от электросети и выполнить требования пункта 1.2. настоящей инструкции.

### 3. Требования безопасности во время работы

- 3.1. Во время работы пользователь должен соблюдать требования правил эксплуатации данного стенда.
- 3.2. Не оставлять включенное оборудование без присмотра. Выключать при перерывах в работе и во время перерыва на обед.

### 4. Требования безопасности в аварийных ситуациях

4.1. При работе на стенде пользователь должен соблюдать требования инструкции по обеспечению электробезопасности при эксплуатации электроустановок потребителей и Инструкции по правилам пожарной безопасности в помещениях организаций.

4.2. В случае возникновения неисправности в процессе работы на стенде и его составных частях пользователь обязан:

- отключить вышедшую из строя аппаратуру, в том числе и от питающей сети 220 В;
- в случае возникновения пожара принять меры к тушению и позвонить по телефону 01;
- в случае поражения электротоком принять меры по освобождению пострадавшего от действия электрического тока, с соблюдением правил электробезопасности, и оказать ему первую (доврачебную) помощь, принять меры к скорейшему оказанию пострадавшему медицинской помощи.

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ ВЫПОЛНЯТЬ КАКИЕ-ЛИБО РЕМОНТНЫЕ РАБОТЫ НА СТЕНДЕ ЛИЦАМ, НЕ ИМЕЮЩИМ СПЕЦИАЛЬНОГО РАЗРЕШЕНИЯ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ТАКИХ РАБОТ.**

4.3. В случае падения напряжения в сети отключить стенд до полного устранения неисправности.

## 5. Требования безопасности по окончании работы

5.1. По окончании работы на стенде пользователь обязан:

- отключить стенд от питания сети, убедиться по состоянию средств индикации стенда в том, что аппаратура выключена;
- отключить электрооборудование рабочего места от электросети путем извлечения штепсельных вилок из розеток.

5.2. При возникновении признаков неисправности в процессе и по окончании работы, повторное включение этого оборудования производить только после проверки его исправности специалистом.

## Список использованных источников

1. Федоревич Г.В. Экологический мониторинг электромагнитных полей – Москва, 2004. -91с.
2. СанПиН 2.2.2/2.4.2620—03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы"
3. ГОСТ 12.1.006-84 "Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля"
4. Тупицына Т.В. Исследование параметров микроклимата в производственных помещениях –Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2006. -120с.
5. СанПиН 2.2.4.548-96. "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений".
6. ГОСТ 12.1.005-88 "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны".
7. Денисенко Г.Ф. Охрана труда. – М.: Высшая школа, 1985. – 319 с.
8. Кельберт Д.Л. Охрана труда в текстильной промышленности. – М.: – Легпромбытиздат, 1990. – 304 с.
9. Фильев В.И. Регулирование условий труда на предприятиях РФ. – М.: Интел-Синтез, 1996. – 131 с.
- 10.СНиП 23–05–95 «Естественное и искусственное освещение». – М.: Стройиздат, 1996.
- 11.Макашев В.А., Петров С.В. Опасные ситуации техногенного характера и защита от них – М: Изд-во ЭНАС, 2008. – 192с.
- 12.Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: Учеб. пособие для вузов. – М.: Знак, 2003. – 178с.
- 13.ГОСТ 50571-4-47-2009 «Защита от поражения электрическим током».
- 14.Ваксер Н.М., Канискин В.А. и др. Электроизоляционная, кабельная и конденсаторная техника. Оценка состояния изоляции – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2004. – 96с.
- 15.ГОСТ 12175-90. "Общие методы испытаний материалов изоляции и оболочек электрических кабелей".

## Приложение А

(справочное)

Предельно допустимые уровни электромагнитного поля для потребительской продукции, являющейся источником ЭМП

Источник	Диапазон	Значение ПДУ	Примечание
Индукционные печи	20 - 22 кГц	500 В/м 4 А/м	Условия измерения: расстояние 0,3 м от корпуса
<u>СВЧ печи</u>	2,45 ГГц	10 мкВт/см <sup>2</sup>	Условия измерения: расстояние 0,50–0,05 м от любой точки, при нагрузке 1 литр воды
ВДТ	5 Гц - 2 кГц	$E_{пду} = 25 \text{ В/м}$ $B_{пду} = 250 \text{ нТл}$	Условия измерения: расстояние 0,5 м вокруг монитора ПЭВМ
	2 - 400 кГц	$E_{пду} = 2,5 \text{ В/м}$ $B_{пду} = 25 \text{ нТл}$	
	поверхностный электростатический потенциал	$V = 500 \text{ В}$	Условия измерения: расстояние 0,1 м от экрана монитора ПЭВМ
Прочая продукция	50 Гц	$E = 500 \text{ В/м}$	Условия измерения: расстояние 0,5 м от корпуса изделия
	0,3 - 300 кГц	$E = 25 \text{ В/м}$	
	0,3 - 3 МГц	$E = 15 \text{ В/м}$	
	3 - 30 МГц	$E = 10 \text{ В/м}$	
	30 - 300 МГц	$E = 3 \text{ В/м}$	

Приложение Б  
(Справочное)

Значения максимальной влажности воздуха F, мм.рт.ст., в зависимости температуры.

t, °C	F, мм.рт.ст.	t, °C	F, мм.рт.ст.	t, °C	F, мм.рт.ст.
8	8,051	17	14,530	26	25,209
9	8,612	18	15,477	27	26,739
10	9,209	19	16,477	28	28,344
11	9,844	20	17,735	29	30,043
12	10,518	21	18,650	30	31,842
13	11,231	22	19,827	31	33,695
14	11,987	23	21,068	32	35,598
15	12,788	24	22,377	33	37,551
16	13,634	25	23,756	34	39,901

Приложение В  
(справочное)

Психрометрическая таблица для определения относительной влажности по значениям температуры сухого и влажного термометров

t <sub>вл.</sub> , °C	Относительная влажность воздуха φ <sub>m</sub> , %, при разности показаний сухого t <sub>сух</sub> и влажного t <sub>вл</sub> термометров, °C																				
	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5	10
10	100	94	87	82	76	71	66	61	57	53	48	45	41	38	34	31	28	26	23	21	19
11	100	94	88	82	77	72	67	62	58	55	50	47	43	40	36	33	30	28	25	23	20
12	100	94	88	82	78	73	68	63	59	56	52	48	44	42	38	35	32	30	27	24	22
13	100	94	88	83	78	73	68	63	59	57	53	50	46	43	40	37	34	32	29	27	24
14	100	94	89	83	79	74	70	66	62	58	54	51	47	45	41	39	36	34	31	29	26
15	100	94	89	84	80	75	71	67	63	59	55	52	49	46	43	41	37	35	33	31	28
16	100	94	89	84	80	75	72	67	64	60	57	53	50	48	44	42	39	37	34	32	30
17	100	95	90	84	81	76	73	68	65	61	58	54	52	49	46	44	41	39	36	34	31
18	100	95	90	85	81	76	74	69	66	62	59	56	53	50	47	45	42	40	37	35	33
19	100	95	91	85	82	77	74	70	66	63	60	57	54	51	48	46	43	41	39	37	34
20	100	95	91	86	82	78	75	71	67	64	61	58	55	53	49	47	44	43	40	38	35
21	100	95	91	86	83	79	75	71	68	65	62	59	56	54	51	49	46	44	41	39	37
22	100	95	91	86	83	79	76	72	69	65	63	60	57	55	52	50	47	45	42	40	38
23	100	96	91	87	83	80	76	72	69	66	63	61	58	55	52	51	48	46	43	41	39
24	100	96	92	88	84	80	77	73	70	67	64	62	59	56	53	52	49	47	44	42	40
25	100	96	92	88	84	81	77	74	70	68	65	63	59	58	54	52	50	47	45	44	42
26	100	96	92	88	85	81	78	75	72	69	66	63	61	58	56	53	51	49	47	45	43
27	100	96	92	89	85	82	78	75	72	69	67	64	61	59	56	54	52	50	48	46	44
28	100	96	92	89	85	82	79	76	73	70	67	65	62	60	57	55	53	51	49	47	45
29	100	96	93	89	86	82	79	76	73	70	68	65	63	60	58	55	54	52	50	48	46
30	100	96	93	89	86	83	79	76	74	71	68	65	63	61	58	55	54	52	50	48	47
31	100	96	93	89	86	83	79	76	74	71	68	65	63	61	58	55	54	52	50	49	48
32	100	96	93	89	86	83	79	76	74	71	68	65	63	61	59	57	55	53	51	50	48
33	100	96	93	89	86	83	79	76	74	71	68	66	64	62	60	58	56	54	52	50	49
34	100	96	93	89	86	83	79	76	74	71	69	67	65	63	61	59	57	55	53	51	50
35	100	96	93	89	86	83	79	76	74	72	70	68	66	64	62	60	58	56	54	52	50

Приложение Г  
(справочное)

Нормирование значения освещенности на рабочих местах производственных помещений при искусственном освещении, согласно СНиП 23-05-95

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта	Подразряд зрительной работы	Контраст объекта различения с фоном	Характеристика фона	Освещенность, лк	
					Комбинированное освещение	Общее освещение
наивысшая точность (1 разряд зрительной работы)	менее 0,15	а	малый	темный	5000	1500
			малый	средний	4000	1250
		б	средний	темный	4000	1250
			малый	светлый	2500	750
		в	средний	средний	2500	750
			большой	темный	2500	750
			средний	светлый	1500	400
		г	большой	светлый	1500	400
			большой	средний	1500	400
		очень высокая точность (2 разряд зрительной работы)	0,15-0,3	а	малый	темный
малый	средний				3000	750
б	средний			темный	3000	750
	малый			светлый	2000	500
в	средний			светлый	2000	500
	большой			темный	2000	500
	средний			светлый	1000	300
г	большой			светлый	1000	300
	большой			средний	1000	300
высокая точность (3 разряд зрительной работы)	0,3-0,5			а	малый	темный
		малый	средний		1000	500
		б	средний	темный	1000	300
			малый	светлый	750	300
		в	средний	светлый	750	300
			большой	темный	750	300
			средний	светлый	400	200
		г	большой	светлый	400	200
			большой	средний	400	200
		средняя точность (4 разряд зрительной работы)	0,5-1,0	а	малый	темный
малый	средний				500	200
б	средний			темный	500	200
	малый			светлый	400	200
в	средний			светлый	400	200
	большой			темный	400	200
	средний			светлый	300	150
г	большой			светлый	300	150
	большой			средний	300	150
малая точность (5 разряд зрительной работы)	1,0-5,0			а	малый	темный
		малый	средний		200	150
		б	средний	темный	200	150
			малый	светлый		150
		в	средний	средний		150
			большой	темный		150
			средний	светлый		100
		г	большой	светлый		100
			большой	средний		100

Приложение Д  
(справочное)

Нормативные значения Кп для газоразрядных ламп

Система освещения	Коэффициент пульсации освещенности, % при разрядах зрительной работы		
	I, II	III	IV–VIII
Общее освещение	10	15	20
Комбинированное освещение			
а) общее	20	20	20
б) местное	10	15	20