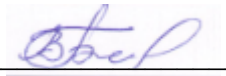
*Направление подготовки 12.03.02 «Оптотехника»*
*Профиль «Оптико-электронные приборы и системы»*
*Методическое обеспечение РПД Б1.О.11 «Безопасность жизнедеятельности»*

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования**
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**
**в г. Смоленске**

# МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

**Смоленск - 2020**

**Методические материалы составил:**


_____ к.т.н., доцент__ ___В.Р. Белалов_____
подпись ФИО

« 28 » ____июня____ 2020 г.

**Заведующий кафедрой «Оптико-электронные системы»:**

__ Беляков Михаил Владимирович
подпись

« 2 » июля 2020 г.

**Методическое обеспечение лекций по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»**

**Тема 1. Безопасность жизнедеятельности: термины и определения, нормативно правовые основы**

Цель и содержание дисциплины БЖД, ее основные задачи. Основные понятия и определения. Основы физиологии труда и комфортные условия жизнедеятельности в техносфере. Влияние метеоусловий и освещения на деятельность человека. Негативные факторы техносферы и их классификация. Вредные вещества, вредные и опасные факторы, воздействующие на человека. Понятие риска и его качественная оценка. Дерево отказов. Нормативно-правовые основы безопасности жизнедеятельности. Международное сотрудничество в области охраны труда. Специальная оценка условий труда в организациях. Расследование и учет несчастных случаев на производстве.

**Изучение дополнительных материалов дисциплины:**

1.1. Профессиональный отбор операторов сложных технических систем

Оценка критерия быстродействия, средней скорости переработки единицы информации, надежности, безошибочности, коэффициента готовности к работе, восстанавливаемости, своевременности и точности действий оператора. Профессиональный отбор работающих по отдельным специальностям. Профессиональный психологический отбор работников. Медицинские освидетельствования.

1.2. Экономические оценки вопросов охраны труда

Экономическое значение мероприятий по улучшению условий и охране труда. Прямые и косвенные убытки организации. Экономические потери организации, связанные с временной утратой трудоспособности. Социальные издержки. Условные потери.

**Тема 2. Электробезопасность**

Действие электрического тока на организм человека. Электрическое сопротивление тела человека. Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током. Критерии опасности электрического тока. Классификация помещений по степени опасности поражения электрическим током. Явления, возникающие при стекании тока в землю. Напряжение прикосновения. Напряжение шага. Анализ опасности поражения человека электрическим током в различных электрических сетях. Виды сетей. Схемы включения человека в цепь электрического тока. Выбор схемы сети и режима нейтрали. Основные меры защиты от поражения электрическим током в электроустановках. Защитное заземление. Зануление. Устройство защитного отключения. Статическое электричество. Физиологическое воздействие статического электричества на организм человека. Защита от статического напряжения. Атмосферное электричество. Основные разновидности молний. Устройство молниезащиты.

**Изучение дополнительных материалов дисциплины:**

2.1. Электрозащитные средства и предохранительные приспособления

Классификация средств и приспособлений. Порядок хранения, учета, испытания электрозащитных средств. Выбор необходимых средств защиты при работах в электроустановках.

**Тема 3. Виброакустика**

Механические колебания. Виды вибраций. Воздействие на человека. Нормирование вибраций. Методы и средства защиты от вибраций. Акустические колебания. Ультразвук, шум, инфразвук и ударная волна. Физическая характеристика. Воздействие на человека. Нормирование. Методы и средства защиты от ультразвука, шума, инфразвука и ударной волны.

**Изучение дополнительных материалов дисциплины:**

3.1. Обобщенное защитное устройство и методы защиты

Источник, приемник энергии и защитное устройство. Энергетические коэффициенты, характеризующие защитное устройство. Принципы защиты. Методы защиты.

**Тема 4. Производственное освещение**

Основные светотехнические характеристики. Зрительная работоспособность. Виды и системы производственного освещения. Электрические источники света и светильники. Основные требования к искусственному освещению. Методы расчета естественного и искусственного освещения. Нормирование освещения. Средства индивидуальной защиты органов зрения.

**Тема 5. Электромагнитная безопасность**

Электромагнитные поля и излучения. Инфракрасное, ультрафиолетовое и лазерное излучение. Характеристика ЭМИ. Воздействие ЭМИ на человека. Нормирование ЭМИ. Методы и средства защиты от ЭМИ. (2 часа)

**Изучение дополнительных материалов дисциплины:**

5.1. Электростатическое поле

Основные характеристики электростатического поля. Свойства электростатического поля. Меры по устранение опасности возникновения электростатических зарядов.

**Тема 6. Радиационная безопасность**

Ионизирующее излучение. Воздействие радиации на человека. Гигиеническая регламентация радиационной безопасности. Методы и средства защиты от радиации.

**Изучение дополнительных материалов дисциплины:**

6.1. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)

Требования по ограничению облучения персонала и населения. Радиационный контроль.

**Тема 7. Пожарная безопасность**

Виды горения. Основные параметры характеризующие взрыво- и пожароопасность веществ и материалов. Категорирование и классификация помещений, зданий, сооружений и технологических процессов по взрывопожароопасности. Огнестойкость строительных конструкций. Классы взрыво- и пожароопасных зон. Мероприятия по ограничению распространения пожара. Средства локализации и тушения пожаров.

**Тема 8. Чрезвычайные ситуации**

Общие сведения о чрезвычайных ситуациях (ЧС). Классификация ЧС. Единая государственная система предупреждения и ликвидации ЧС (РСЧС). Очаг поражения при возникновении ЧС. Основные направления в решении задач по обеспечению безопасности жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях. Проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ при возникновении ЧС. Устойчивость работы промышленного предприятия в условиях ЧС. Методы оценки и повышения устойчивости промышленного предприятия.

**Изучение дополнительных материалов дисциплины:**

8.1. Приемы оказания первой помощи пострадавшим при несчастных случаях

Единый алгоритм действий оказывающего помощь при обнаружении пострадавшего. Правила и приемы оказания первой помощи пострадавшим при различных типовых несчастных случаях.

**Методическое обеспечение лабораторных работ по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»**

**Лабораторная работа 1 Заземление электроустановок. Измерение сопротивления заземляющего устройства**

**Цель работы:** приобрести навыки измерения сопротивления заземляющего устройства и определения удельного сопротивления грунта.

**Программа работы:**

1. Ознакомиться с назначением, исполнением заземления и требованиями к нему.
2. Ознакомиться с устройством измерителя сопротивления заземления М416 и методикой производства измерений.
3. Произвести измерение прибором М416 сопротивления заземляющего устройства, $R_x$.
4. Произвести измерение сопротивления одиночного заземлителя, $R_o$.
5. Произвести расчет требуемого количества заземлителей в заземляющем устройстве для выполнения условия $R_x \leq R_{норм}$.
6. Произвести расчет удельного сопротивления грунта, установить характер грунта и сравнить измеренное ρ с табличными значениями.
7. Составить отчет.

**Содержание отчета:**

1. Тема лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Применяемые приборы и оборудование.
4. Схема измерения сопротивления заземляющего устройства компенсационным методом.
5. Таблица результатов.
6. Заключение о соответствии данного заземления нормам ПУЭ.

## 1. Теоретическая часть

### 1.1. Устройство защитного заземления

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением с землей или ее эквивалентом.

Основное назначение защитного заземления – устранение опасности поражения человека электрическим током при прикосновении его к нетоковедущим частям электроустановки, оказавшимся под напряжением, вследствие замыкания на корпус и по другим причинам.

При замыкании фазы на корпус незаземленной электроустановки человек, прикоснувшийся к этому корпусу, попадает под фазное напряжение, опасное для жизни.

При наличии заземления сопротивление человека $R_h$ и заземлителя $R_з$ включаются в параллельные ветви, и при неизменном общем токе (токе замыкания), сила тока проходящего через тело человека будет равна $I_h = I_з \cdot (R_з / R_h)$.

Поэтому для уменьшения силы тока, проходящего через тело человека, необходимо снижать сопротивление заземлителя.

Принцип действия защитного заземления основан на снижении до безопасных значений напряжения прикосновения, обусловленного замыканием на корпус.

Замыкание на корпус – случайное электрическое соединение токоведущей части с металлическими нетоковедущими частями электроустановок.

Кроме защитного заземления различают также грозозащитное (от грозовых перенапряжений в проводке или воздушной линии), молниезащитное и рабочее (необходимое для работы установки) заземление.

Заземление (заземляющее устройство) состоит из заземлителя и заземляющего проводника, соединяющего заземляемые элементы электроустановки с заземлителем.

Заземлитель – это проводник (электрод) или совокупность металлически соединенных между собой проводников (электродов), находящихся в соприкосновении с землей. Заземлители бывают искусственные, предназначенные исключительно для целей заземления и естественные, находящиеся в земле, а также проводящие ток предметы иного назначения.

В качестве искусственных заземлителей используют вертикальные или горизонтальные электроды – стальные трубы диаметром 30 – 60 мм, уголки размером от 40х40 до 60х60 мм длиной 2,5 – 3,5 м, металлические стержни диаметром 10 – 12 мм длиной до 10 м . Для связи вертикальных электродов используют стальные полосы сечением не менее 4х25 мм или стальные прутки диаметром не менее 10 мм$^2$.

В качестве естественных заземлителей можно использовать находящиеся в соприкосновении с землей электропроводящие части коммуникаций (трубопроводы, за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих и взрывоопасных газов, а также трубопроводов, покрытых изоляцией); свинцовые оболочки кабелей, обсадные трубы; металлические конструкции и арматуру железобетонных конструкций зданий и т.п.

Для заземления оборудования в первую очередь используют такие естественные заземлители, как железобетонные фундаменты, а также металлические конструкции зданий, расположенные в земле.

Соединение заземляющих проводников осуществляют следующим образом: с оборудованием – сваркой или болтами; с заземлителями и металлоконструкциями (под землей) – сваркой; к трубопроводам, используемым в качестве естественного заземлителя – при помощи хомутов.

В открытых установках (на открытом воздухе) защищаемые корпуса присоединяются обычно непосредственно к заземлителю проводами. В зданиях прокладывается магистраль заземления, к которой присоединяются заземляющие провода.

### 1.2. Область применения заземления

Защитное заземление может быть эффективно только в том случае, если ток замыкания на землю $I_з$ не увеличивается с уменьшением сопротивления заземления $R_з$. Это возможно в сетях с изолированной нейтралью напряжением до и выше 1000 В, в которых при глухом замыкании на землю и на заземленный корпус электрооборудования ток $I_з$ не зависит от сопротивления заземления $R_з$, а определяется уровнем сопротивления фаз $Z$ относительно земли, т.е. $I_з = 3U_з / Z$.

В сетях с глухозаземленной нейтралью напряжением до 1000 В заземление неэффективно, т.к. даже при глухом замыкании на землю ток $I_з$ зависит от сопротивления заземления $R_з$ и при его уменьшении ток $I_з$ возрастает; в этих сетях и электроустановках используется защитное зануление.

В сетях с глухозаземленной нейтралью выше 1000 В защитное заземление эффективно, т.к. замыкание на землю является коротким замыканием с большими токами, в результате чего срабатывает максимально – токовая защита.

### 1.3. Нормирование сопротивления заземляющих устройств

Заземляющее устройство, состоящее из одиночного заземлителя, обладает значительным сопротивлением $R_о$. Поэтому заземляющее устройство выполняют из нескольких одиночных заземлителей, соединенных металлической полосой.

При этом результирующее сопротивление заземляющего устройства $R_з$ определяется зависимостью: $R_з = \frac{R_o \cdot \eta_c}{n \cdot \eta_э}$,

где $R_o$ – сопротивление одиночного заземлителя;

$n$ – число заземлителей;

$\eta_э$ – коэффициент экранирования ($\eta_э < 1$);

$\eta_c$ – коэффициент сезонности ($\eta_c > 1$).

Значения $\eta_э$ и $\eta_c$ приводятся в таблицах.

Согласно ПУЭ (Правилам устройства электроустановок) сопротивление защитного заземления $R_з$ нормируется в зависимости от напряжения электроустановок и мощности источников тока и в любое время года не должно превышать:

- 4 Ом – в установках напряжением до 1000 В;
- 10 Ом – в установках напряжением до 1000 В, если мощность источника тока (трансформатора, генератора) не более 100 кВА;
- 0,5 Ом – в установках напряжением выше 1000 В с большими токами замыкания на землю ($I_з > 500$ А);
- 250/$I_з$, но не более 10 Ом – в установках напряжением более 1000 В с малыми токами замыкания на землю $I_з < 500$ А);
- 125/$I_з$, но не более 10 Ом (или 4 Ом, если это требуется для установок напряжением до 1000 в) – для установок различных назначений и напряжений, имеющих общее заземляющее устройство.

Согласно ПУЭ заземление электроустановок необходимо выполнять:

а) при напряжении 380 В и выше переменного и 440 В постоянного тока во всех случаях;

б) при напряжении выше 42 В переменного и 110 В постоянного тока – в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных электроустановках;

в) при всех напряжениях переменного и постоянного тока – во взрывоопасных помещениях.

Заземлению подлежат: корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников, приводы электрических аппаратов, каркасы распределительных щитов, щитков и шкафов, металлические конструкции распределительных устройств, металлические оболочки проводов и кабелей, стальные трубы электропроводки, металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников и т.д.

Каждая установка должна присоединяться к заземлителю (или заземляющей магистрали) посредством отдельного ответвления; последовательное включение нескольких установок одним проводником ЗАПРЕЩАЕТСЯ.

Сечение неизолированных заземляющих проводников в установках напряжением до 1000 В должно быть не менее:

- 4 мм$^2$ – для меди;
- 6 мм$^2$ – для алюминия;

для стали диаметром:

- 5 мм – в зданиях;
- 6 мм – в наружных установках;
- 10 мм – в земле.

Измерение сопротивления заземляющих устройств на подстанциях и выборочная проверка их состояния должны производиться после монтажа, в первый год эксплуатации и в последующие – не реже 1 раза в 3 года. Измерение сопротивления заземляющих устройств цеховых электроустановок должно производиться не реже 1 раза в год. Внеплановые измерения

сопротивления заземляющих устройств должны производиться после их реконструкции или капитального ремонта. Результаты измерений сопротивления должны оформляться протоколом, заключение после измерений должно заноситься в паспорт заземляющего устройства.

Измерение сопротивления заземлителей, а также удельного сопротивления грунта должно производиться, как правило, в периоды наименьшей проводимости почвы: летом при наибольшем просыхании, зимой – при наибольшем промерзании почвы.

## 2. Измерение сопротивления заземления

### 2.1. Методы измерения сопротивления заземления

Необходимость измерения сопротивления заземляющего устройства и удельного сопротивления грунта возникают уже на этапе проектирования и монтажа. Система заземления должна также подвергаться периодическим проверкам во время эксплуатации, чтобы коррозия или изменение удельного сопротивления грунта не могли значительно повлиять на ее параметры.

Для измерения сопротивления заземления обычно используют метод амперметра и вольтметра (рис.1) либо компенсационный метод (рис.2).

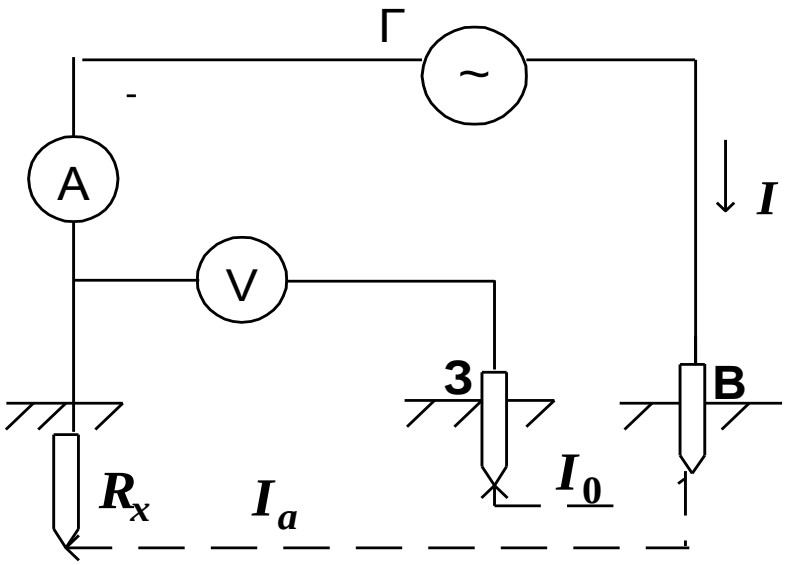



Рис. 1. Принципиальная схема измерения сопротивления заземления по методу амперметра-вольметра:

Г – источник тока; $R_x$ – измеряемое сопротивление заземления; В – вспомогательный заземлитель; З – зонд; А – амперметр в цепи вспомогательного заземлителя; V – вольметр в цепи зонда.

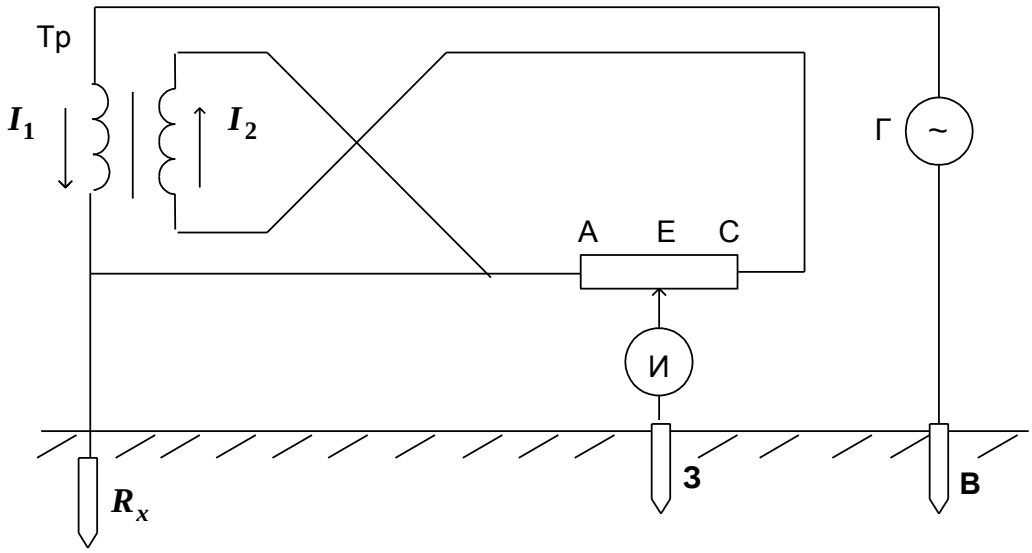



Рис. 2. Принципиальная схема измерения сопротивления заземления компенсационным методом.

Оба эти метода можно отнести к трехполюсному методу измерения сопротивления, согласно которому для измерения величины искомого сопротивления $R_x$, необходимо забить в грунт два измерительных электрода З и В вблизи заземляющего устройства по однолучевой схеме (рис.3).

Один из электродов называется вспомогательным или токовым заземлителем «В» (сопротивление $R_в$), а другой зондом или электродом напряжения «З» (сопротивление $R_з$).

Вспомогательный заземлитель предназначен для образования замкнутой цепи между заземлителем, сопротивление которого измеряется, и вспомогательным заземлителем во всех случаях, в которых один полюс источника электрической энергии присоединен к заземлителю $R_x$, а другой – к вспомогательному заземлителю $R_в$. Зонд располагают на таком расстоянии от заземлителя $R_x$ и вспомогательного заземлителя, на котором потенциал грунта может быть принят равным нулю.

а) б)

Рис. 3. Однолучевая схема измерения: а) – одиночный заземлитель; б) составной (контурный) заземлитель; d – наибольшая диагональ контура заземлителя.

Метод амперметра и вольметра основан на получении разности между падениями напряжения в амперметровой и вольметровой цепях приборов:

$$\Delta U = I_a R_x - I_o R_з .$$

Ввиду того, что в таких схемах применяют высокоомные вольтметры, ток, протекающий через вольтметр, принимают равным нулю, т.е. $I \approx I_a$, а $I_o << I_a$.

В этом случае $\Delta U = I_a R_x$, откуда искомое сопротивление (Ом):

$$R_x = \Delta U / I_a ,$$

где $\Delta U$ – падение напряжения в амперметровой цепи на измеряемом заземлителе, В;

$I_a$ – ток, протекающий в амперметровой цепи, А.

Компенсационный метод заключается в уравновешивании напряжения равным по величине и противоположным по направлению падением напряжения на известном сопротивлении.

Если трансформатор тока $T_p$ обеспечивает равенство: тока $I_1$ в земле от заземлителя $R_x$ до вспомогательного электрода «В» и компенсирующего тока $I2$ по калиброванному резистору АС, то на резисторе найдется точка Е, имеющая тот же потенциал, что и зонд «З». В этом случае по нулевому индикатору «И» не будет проходить ток, а сопротивление участка резистора $R_{AE}$ будет равно сопротивлению растекания тока измеряемого заземлителя.

## 3. Приборы для измерения сопротивления заземления

В данной работе для измерения сопротивления заземляющего устройства используется измеритель сопротивления заземления М416. Принцип действия прибора основан на компенсированном методе с применением вспомогательного электрода «В» и потенциального электрода (зонда) «З» (см. рис.2).

Прибор состоит из трех основных узлов:

1. Источника постоянного тока, предназначенного для питания цепей генератора и усилителя переменного тока (три сухих элемента напряжением по 1,5 В каждый, соединенных последовательно).
2. Преобразователя постоянного тока в переменный, на транзисторах, и питающего измерительные цепи прибора переменным током.
3. Измерительного устройства, которое питается переменным током от преобразователя, основными элементами которого являются усилитель переменного тока, детектор и индикатор (микроамперметр магнитоэлектрической системы).

Прибор имеет специальный калиброванный резистор (реохорд) с оцифрованной шкалой, что позволяет непосредственно отсчитывать величину измеренного сопротивления.

Прибор имеет четыре предела измерения: 0,1 – 10; 0,5 – 50; 2 – 200; 10 – 1000 Ом. Он выполнен в переносном виде в пластмассовом корпусе с откидной крышкой. На лицевой стороне прибора расположены: ручка переключателя пределов измерения, ручка реохорда, кнопка включения прибора и четыре зажима для присоединения измерительных проводов, которые обозначены 1, 2, 3, 4.

### 3.1. Подготовка прибора к работе

1. Ознакомиться с устройством измерителя сопротивления заземления.
2. Установить прибор на ровной поверхности, открыть крышку.
3. Включить источник питания.
4. Установить с помощью ручки переключатель пределов измерения в положение «Контроль 5 Ом».
5. Нажав и удерживая кнопку источника питания, вращая ручку реохорда, добиться установки стрелки индикатора на нулевую отметку. На шкале реохорда при этом должно быть показание 5 ± 0,35 Ом при номинальном напряжении источника питания.

ВНИМАНИЕ! Во избежание поломки прибора соблюдать осторожность при вращении ручки реохорда в момент приближения к крайним положениям шкалы.

## 4. Порядок выполнения заданий

Задание №1. Измерить сопротивление контурного заземления компенсационным методом.

1. Ознакомиться со схемой присоединения испытуемого заземлителя $R_x$, вспомогательного электрода «В» и потенциального электрода (зонда) «З» с клеммами прибора (рис.4).

2. Присоединить с помощью соединительных приводов клеммы электродов «В» и «З» и испытуемого заземления $R_x$, расположенных на рабочем столе к соответствующим клеммам прибора 1, 2, 3, 4.

3. Установить переключатель пределов измерения в положение «х 1».

4. Нажав и удерживая кнопку включения прибора, вращая ручку «реохорда», добиться наибольшего приближения стрелки к нулю.

5. Результат измерения равен произведению показания стрелки реохорда на множитель. Если измеряемое сопротивление окажется больше 10 Ом, переключатель пределов измерения установить в положение «х 5», «х 20», «х 100» и выполнить пункты 3, 4, 5.

6. Полученные данные занести в Протокол №1.

7. Определить по ПУЭ нормативное значение сопротивления защитного заземления $R_{норм}$ и занести в Протокол №1.

8. Рассчитать требуемое количество заземлителей $n$ в заземляющем устройстве для выполнения условия $R_x \le R_{норм}$, по формуле $n = \dfrac{R_0 \cdot \eta_c}{R_x \cdot \eta_э}$.

9. Дать заключение о соответствии измеренного сопротивления требованиям ПУЭ.

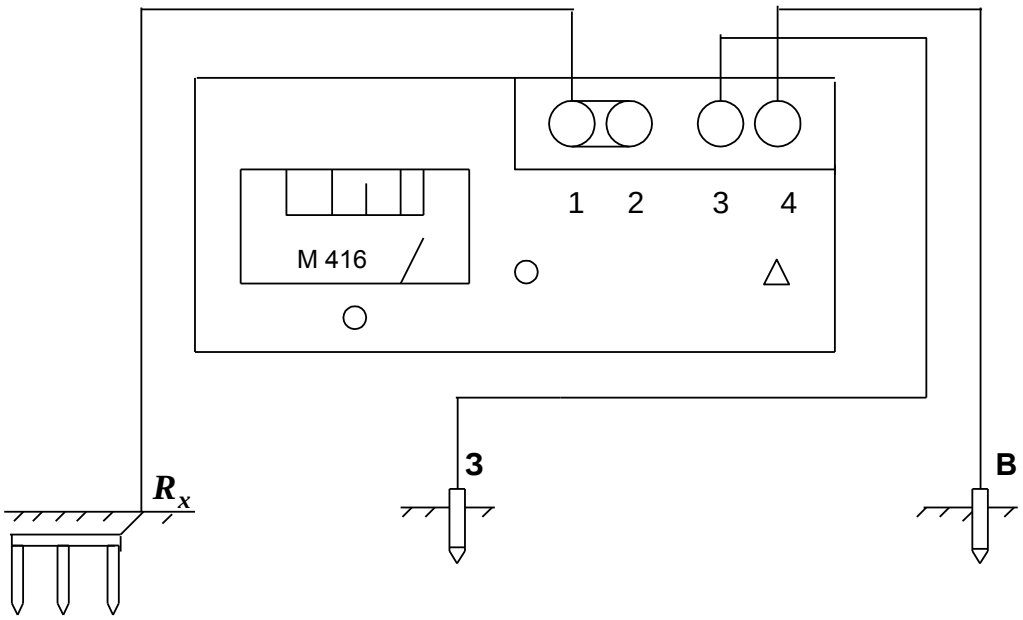



Рис. 4. Схема подключения прибора М416 для измерения сопротивления заземляющего устройства.

Задание №2. Измерить сопротивление растекания тока одиночного заземлителя.

1. Измерение сопротивления одиночного заземлителя $R_0$ производится аналогично измерению сопротивления контурного заземления. При этом к клеммам 1 – 2 вместо $R_x$ присоединяется одиночный заземлитель $R_0$ клемма которого находится на рабочем столе.

2. Далее выполнить п.п. 3, 4, 5 задания №1.

Задание №3. Определить удельное сопротивление грунта.

Сопротивление заземления прямо пропорционально удельному сопротивлению грунта, которое находится в большой зависимости от характера и строения грунта, содержания в нем влаги и солей.

1. Удельное сопротивление грунта ρ, Ом·см определяют посредством измерения сопротивления растекания тока одиночного заземлителя $R_о$ и расчета по приведенной ниже формуле.

2. Сопротивление одиночного заземлителя $R_о$ взять из Протокола №1, так как одиночный заземлитель представляет собой копию заземлителя, из которых составлен контур заземления и располагается в грунте на той же глубине, что и заземлители контура.

В данной работе одиночный заземлитель представляет собой металлическую трубу диаметром $d$ = 50 мм и длиной $l$ = 2,0 м.

3. Рассчитать удельное сопротивление грунта $\rho_{изм}$, Ом·см по формуле:

$$\rho_{изм} = 2{,}73 \cdot R_0 \cdot \frac{l}{\lg \frac{4l}{d}},$$

где $R_о$ – измеренное сопротивление одиночного заземлителя, Ом;

$l$ – глубина забивки трубы (принимается равной длине трубы), см;

$d$ – диаметр трубы, см.

4. По $\rho_{изм}$ определить характер грунта (по таблице стенда) и сравнить с табличными значениями ρ для различных грунтов.

5. Результаты расчета ρ и его табличное значение для определенного грунта внести в Протокол №2.

6. Сделать выводы.

Протокол №1. Результаты исследования сопротивления заземляющего устройства

| Тип заземлителя | $R_о$, Ом | $R_х$, Ом | $\eta_э$ | $\eta_с$ | $n$, шт | $R_{норм}$, по ПУЭ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

Результат расчета: $n$ =

Вывод: Сравнить измеренное значение сопротивление заземляющего устройства и нормативное по ПУЭ и дать заключение о его пригодности.

Протокол №2. Результаты исследования удельного сопротивления грунта

| Тип заземлителя | $R_о$, Ом | $l$, см | $d$, см | $\rho_{изм}$, Ом·см | Таблич-ное значение ρ Ом·см | Грунт |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

Результат расчета: ρ =

Вывод: Сравнить рассчитанное значение удельного сопротивления грунта с табличным и дать заключение о характере грунта.

Литература

1. Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) : учебник / С. В. Белов. – М. : Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2011.

2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Издание 7-ое. (утв. Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204)

3. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. – М. : Изд-во стандартов, 1981.

**Контрольные вопросы:**

1. От каких факторов будет зависеть сила тока проходящего через тело человека при прикосновении к заземленному корпусу электроустановки?
2. Что можно использовать в качестве естественных заземлителей?
3. В каких сетях наиболее эффективно защитное заземление?
4. Как нормируется согласно ПУЭ защитное заземление?
5. Какое должно быть сечение неизолированных заземляющих проводников в установках напряжением до 1000 В?
6. С какой периодичностью должно производиться измерение сопротивления заземляющих устройств цеховых электроустановок?
7. Какой метод измерения сопротивления заземления используются в данной работе?

## Лабораторная работа 2 Определение довзрывоопасных концентраций парогазовоздушных смесей и противопожарных требований к зданиям и электроустановкам

**Цель работы**: определить довзрывоопасные концентрации паров растворителей и дать оценку по взрывопожароопасности производств, зданий и электроустановок.

Программа работы

1. Ознакомиться с содержанием теоретической части.
2. Ознакомиться с работой сигнализатора СГГ-20.
3. Произвести замеры довзрывоопасных концентраций с помощью сигнализатора СГГ-20 в емкостях, содержащих пары растворителей (для 2 – 3 видов растворителей по указанию преподавателя) и дать их сравнительную оценку по взрывопожароопасности и токсичности.
4. Для вещества (растворителя), заданного преподавателем, выполнить задание 1.
5. Выполнить задания 2 и 3.
6. Составить отчет.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Приборы, применяемые для выполнения работы и принцип их действия.
3. Результаты исследований: по пунктам 3, 4, 5, программы.
4. Выводы (изложить принципиальные меры обеспечения взрывопожарной профилактики).

### 1. Теоретическая часть

#### 1.1. Характеристика веществ по пожаровзрывоопасности и воздействию на организм человека

Технологические процессы многих отраслей промышленности сопровождаются выделением различных газов, паров и пыли. Большинство этих выделяющихся веществ неблагоприятно воздействуют на организм человека, способствуют возникновению различных заболеваний. Поэтому их объединяют общим названием – вредные вещества. С другой стороны, смеси многих пылей, газов, паров с воздухом (аэрозоли) являются взрывоопасными. В то же время, воздушная среда в замкнутых помещениях должна отвечать определенным стандартам, зависящим от назначения помещения, длительности пребывания в нем людей и характера протекающих процессов.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должны превышать значений, указанных в ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Под предельно допустимой понимается такая концентрация вредных веществ, которая при ежедневной работе (не более 40 часов в неделю) в течение всего рабочего стажа не вызовет заболеваний или отклонений в состоянии здоровья работающего (табл. 1).

Взрывопожароопасность веществ характеризуется многими параметрами: температурами воспламенения, вспышки, самовозгорания, нижним (НКПР) и верхним (ВКПР) концентрационными пределами распространения пламени, скоростью распространения пламени и др.

Температурой вспышки паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей называют наинизшую температуру, при которой происходит вспышка паров жидкости от источника зажигания. По температуре вспышке жидкости подразделяются на: легковоспламеняющиеся до 61°С – бензин, эфир, спирт и др.; горючие > 61°С – керосин, мазут, масла и др.

Температура воспламенения – температура горючего вещества, при которой оно выделяет горючие газы и пары с такой скоростью, что после воспламенения их от внешнего источника зажигания возникает устойчивое горение.

Чем ниже температура вспышки и чем меньше разница между температурой вспышки и температурой воспламенения, тем опаснее жидкость.

Воспламенение характеризуется областью воспламенения, т.е. областью концентрации газа, пара или пыли, внутри которой его смеси с окислителями способны воспламеняться от источника зажигания с последующим распространением горения по смеси. Область воспламенения ограничивается нижним (минимальная концентрация) и верхним (максимальная концентрация) пределами распространения пламени (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика газов и жидкостей (температура кипения указана при давлении 760 мм рт. ст.)

| № п/п | Вещество | Молекулярная масса, $M$ | Температура кипения, $t_к$ ,°С | Теплота сгорания, $H_т$, кДж/кг | Давление насыщен. пара, $P_н$ , кПа | ПДК мг/м$^3$ | Концентрационные пределы распространения пламени, **%** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | нижний | верхний |
| 1. | Аммиак | 17,03 | -33,4 | 18646 | | 20 | 15,5 | 27,0 |
| 2. | Ацетилен | 26,04 | -83,6 | 48185 | | | 2.0 | 80,0 |
| 3. | Ацетон | 58,08 | 56,2 | 28492 | 25,0 | 200 | 2,2 | 13,0 |
| 4. | Бензол | 78,11 | 80,1 | 38548 | 10 | 5 | 1,41 | 6,95 |
| 5. | Бензин | 97,2 | 40,0 | 43600 | 14,4 | 100 | 1,1 | 5,4 |
| 6. | Водород | 2,46 | -253 | 120127 | | | 4,0 | 74,2 |
| 7. | Керосин | 19,17 | 150 | 43200 | | 300 | 1,4 | 7,5 |
| 8. | Ксилол | 106,16 | 139,3 | 39805 | 3,89 | 50 | 0,93 | 4,5 |
| 9. | Пропан | 44,09 | -42,2 | 46509 | | | 2,37 | 9,5 |
| 10. | Толуол | 92,14 | 110,8 | 41062 | 2,93 | 50 | 1,27 | 6,75 |
| 11. | Спирт этиловый | 46,07 | 78,4 | 36900 | 5,8 | 1000 | 3,3 | 19 |
| 12. | Метан | 16,04 | -161,2 | 49861 | | | 5,0 | 15,0 |
| 13. | Окись углерода | 28,01 | -191,5 | 10140 | | 20 | 12,5 | 74,2 |
| 14. | Спирт метиловый | 32,04 | 78,0 | 34800 | 12,8 | 5 | 6,0 | 34,7 |

Все смеси, концентрация которых находится между пределами воспламенения и способны распространять горение, называются взрывоопасными.

Температура самовоспламенения – самая низкая температура вещества, при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермической реакции, приводящее к возникновению пламенного горения.

Температура самовоспламенения жидкостей достигает 415 – 660°С (кроме сероводорода - 149°С), газов – 480 - 780°С, пылей – 540 - 720°С, дерева – 295°С, торфа – 285°С, каменного угля – 250 - 450°С.

Взрыв – это быстрое превращение вещества (взрывное горение), сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов, способных производить работу.

Взрывоопасными могут быть смеси веществ (газов, паров, пылей) с воздухом и другими окислителями (кислород, озон, хлор, окислы азота и др.). К взрывному превращению способны пыли: угольная и торфяная, мучная, сахарная, крахмальная, древесная, эбонитовая, алюминиевая, цинковая, магниевая и др.

Температура вспышки, самовоспламенения и воспламенения горючих жидкостей определяется экспериментально или расчетным путем согласно ГОСТ 12.1.044-89. Нижний и верхний концентрационный пределы распространения пламени газов, паров и горючих пылей также могут определяться экспериментально или расчетным путем согласно ГОСТ 12.1.041-83, ГОСТ 12.1.044-89 или руководству по «Расчету основных показателей пожароопасности веществ и материалов».

Пожаровзрывоопасность производства определяется параметрами пожароопасности и количеством используемых в технологических процессах материалов и веществ, конструктивными особенностями и режимами работы оборудования, наличием возможных источников зажигания и условий для быстрого распространения огня в случае пожара.

Согласно ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования» вероятность пожара и взрыва на предприятиях нормируется на уровне $10^{-6}$, а вероятность воздействия вредных факторов, связанных с пожаром или взрывом, не более $10^{-6}$ на одного работника.

Для снижения опасности взрыва на предприятиях осуществляют следующие технологические и строительные мероприятия:

герметизацию оборудования и трубопроводов; устройство местной и общей вентиляции; улавливание пыли в местах ее выделения или ее увлажнение (если это допустимо технологией); применение высоконадежной системы автоматической защиты; для защиты зданий от возможных разрушений при взрывах на отдельных участках стен и покрытий устанавливают легкосбрасываемые конструкции (остекление, легкие панели, легкие сбрасываемые крыши, распашные люки, двери, ворота и т.д.).

### 1.2. Определение категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности, степени огнестойкости зданий, пределов огнестойкости строительных конструкций

Категории помещений и зданий промышленных предприятий определяются на стадии проектирования зданий и сооружений в соответствии с «Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности».

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности принимаются в соответствии с таблицей 2.

Определение категорий помещения следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в таблице, от высшей (А), к низшей (Д).

Количественными критериями назначения категории являются избыточное давление ($\Delta P$), которое может развиваться при взрывном сгорании максимально возможного скопления взрывоопасных веществ в помещении и температура вспышки $t_B$ взрывоопасного вещества.

В зависимости от категории взрывоопасности производства определяется требуемая степень огнестойкости здания, допустимое число этажей и площадь этажа здания (табл. 3).

Пожарная безопасность зданий определяется степенью его огнестойкости и пожарной опасностью строительных конструкций, которая зависит от горючести материалов, из которых они выполнены.

Под огнестойкостью понимают способность строительной конструкции сопротивляться воздействию высокой температуры в условиях пожара и выполнять при этом свои обычные эксплуатационные функции.

Время (в минутах) от начала испытания конструкции на огнестойкость до момента, при котором она теряет способность сохранять несущие или ограждающие функции, называется пределом огнестойкости.

Потеря несущей способности определяется обрушением конструкции или возникновением предельных деформаций и обозначается индексом *R*. Потеря ограждающих функций определяется потерей целостности или теплоизолирующей способности. Потеря целостности обусловлена проникновением продуктов сгорания за изолирующую преграду и обозначается индексом *E*. Потеря теплоизолирующей способности определяется повышением температуры на необогреваемой поверхности конструкции в среднем более чем на 140°С или в любой точке этой поверхности более чем на 180 °С и обозначается индексом *J*.

Степень огнестойкости здания определяется огнестойкостью его конструкций в соответствии с табл. 4.

Таблица 2. Категории помещений по взрывопожароопасности

| Категория помещения | Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении |
|---|---|
| А Повышенная взрывопожаро-опасность | Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°С в таком количестве, что могут образовать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа и (или) вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа. |
| Б Взрывопожаро-опасность | Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28°С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. |
| В1-В4 Пожаро - опасность | Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии (обращаются), не относятся к категории А или Б. |

| | |
|---|---|
| Г<br>Умеренная пожароопасность | Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени и (или) горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива. |
| Д<br>Пониженная пожароопасность | Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии |

Таблица 3. Зависимость степени огнестойкости зданий от категории зданий

| Категория зданий или пожарных отсеков | Допустимое число этажей | Степень огнестойкости зданий | Площадь этажа в пределах пожарного отсека, м$^2$, зданий | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | одно-этажных | многоэтажных | |
| | | | | в два этажа | в три и более |
| А,Б | 6 | I | Не ограничивается | | |
| А, Б (за исключением зданий нефтеперерабатывающей, газовой, химической и нефтехимической промышленности) | 6<br>1 | II<br>IIIа | 5200 | То же<br>- | <br>- |
| А - здания нефтеперерабатывающей, газовой, химической, и нефтехимической | 6<br><br><br>1 | II<br><br><br>IIIа | Не ограничивается<br><br><br>3500 | 5200<br><br><br>- | 3500<br><br><br>- |
| Б - здания нефтеперерабатывающей, газовой, химической, и нефтехимической | 6<br><br><br>1 | II<br><br><br>IIIа | Не ограничивается<br><br><br>3500 | 10400<br><br><br>- | 7800<br><br><br>- |
| В | 8<br>3<br>2<br>1<br>2*<br>2<br>1 | I, II<br>III<br>IIIа<br>IIIб<br>IVа<br>IV<br>V | Не ограничивается<br>5200<br>25000<br>15000<br>2600<br>2600<br>1200 | <br>3500<br>10400*<br>-<br>2000<br>2000<br>- | <br>2600<br>-<br>-<br>-<br>-<br>- |

Примечание: Характеристика зданий категорий Г и Д не приведена.

Таблица 4. Требуемые пределы огнестойкости строительных конструкций в зависимости от степени огнестойкости зданий, сооружений и строений

| Степень огнестойкости здания | Предел огнестойкости строительных конструкций, не менее | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Несущие элементы здания | Наружные ненесущие стены | Перекрытия междуэтажные в т.ч. чердачные и над подвалами) | Элементы бесчердачных покрытий | | Лестничные клетки | |
| | | | | Настилы в т.ч. с утеп-лителем | Фермы, балки, прогоны | Внутрен-ние стены | Марши и площадки лестниц |
| I | *R* 120 | *E* 30 | *REJ* 60 | *RE* 30 | *R* 30 | *REJ* 120 | *R* 60 |
| II | *R* 90 | *E* 15 | *REJ* 45 | *RE* 15 | *R* 15 | *REJ* 90 | *R* 60 |
| III | *R* 45 | *E* 15 | *REJ* 45 | *RE* 15 | *R* 15 | *REJ* 60 | *R* 45 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| IV | *R* 15 | *E* 15 | *REJ* 15 | *RE* 15 | *R* 15 | *REJ* 45 | *R* 15 |
| V | Не нормируется | | | | | | |

1.3. Определение взрыво – и пожароопасных зон

Во взрывопожарных производствах источниками воспламенения может служить электрооборудование.

Для правильного выбора электрооборудования «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» устанавливает несколько классов взрыво и пожароопасных зон.

Взрывоопасной зоной считается помещение, часть или территория вне его, где могут образовываться взрывоопасные смеси.

В зависимости от частоты и длительности присутствия взрывопожарной смеси взрывоопасные зоны подразделяются на следующие классы:

0-й класс – зоны, в которых взрывоопасная газовая смесь присутствует постоянно или хотя бы в течение одного часа;

1-й класс – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования выделяются горючие газы или пары легковоспламеняющихся жидкостей, образующие с воздухом взрывоопасные смеси;

2-й класс – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования взрывоопасные смеси горючих газов или паров легковоспламеняющихся жидкостей с воздухом не образуются, а возможны только в результате аварии или повреждения технологического оборудования;

20-й класс – зоны, в которых взрывоопасные смеси горючей пыли с воздухом имеют нижний концентрационный предел воспламенения менее 65 г/м$^3$ и присутствует постоянно;

21-й класс – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования выделяются переходящие во взвешенное состояние горючие пыли или волокна, способные образовывать с воздухом взрывоопасные смеси при концентрации 65 и менее г/м$^3$;

22-й класс – зоны, расположенные в помещениях, в которых при нормальном режиме работы оборудования не образуются взрывоопасные смеси горючих пылей или волокон с воздухом при концентрации 65 и менее г/м$^3$, но возможно образование такой взрывоопасной смеси горючих пылей или волокон с воздухом только в результате аварии или повреждения технологического оборудования.

Пожароопасные зоны подразделяются на следующие классы:

П-I – зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки 61 и более градуса Цельсия;

П-II – зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыли или волокна;

П-IIа - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр;

П-III – зоны, расположенные вне зданий, сооружений, строений, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки 61 и более градуса Цельсия или любые твердые горючие вещества.

По ПУЭ принимается, что в том случае, когда $\Delta P$ = 5 кПа, взрывоопасная зона занимает весь объем помещения.

При давлении взрыва паров перегретых жидкостей не более 5 кПа принимается пожарная зона П-I.

При давлении взрыва пылевоздушной смесей не более 5 Па принимается пожарная зона П-II.

В соответствии с ПУЭ в пожароопасных зонах, как правило, используется электрооборудование закрытого типа, внутренняя полость которого отделена от внешней среды оболочкой. Аппаратуру управления и защиты, светильники рекомендуется применять в пыленепроницаемом исполнении. Вся электропроводка должна быть обеспечена надежной изоляцией.

1.4. Выбор электрооборудования по пожаровзрывоопасности и пожарной опасности

Согласно «Технического регламента» в зависимости от степени пожароопасности и пожарной опасности электрооборудование подразделяются на следующие виды:

1) электрооборудование без средств пожаровзрывозащиты;
2) пожарозащищенное оборудование (для пожароопасных зон);
3) взрывозащищенное электрооборудование (для взрывоопасных зон).

Под степенью пожаровзрывоопасности электрооборудования понимается опасность возникновения источника зажигания внутри электрооборудования и (или) опасность контакта источника зажигания с окружающей электрооборудования горючей средой. Электрооборудование без средств пожаровзрывозащиты по уровням пожарной защиты и взрывозащиты не классифицируется.

Электрооборудование, применяемое в пожароопасных зонах, классифицируется по степени защиты от проникновения внутрь воды и внешних твердых предметов, обеспечиваемой конструкцией этого электрооборудования.

Маркировка степени защиты оболочки электрооборудования осуществляется при помощи международного знака защиты (*IP*) и двух цифр, первая из которых означает защиту от попадания твердых предметов, вторая – от проникновения воды.

Врывозащищенное электрооборудование классифицируется по уровням взрывозащиты, видам взрывозащиты, группам и температурным классам.

Взрывозащищенное электрооборудование по уровням взрывозащиты подразделяется на следующие виды:

Уровень 2 – электрооборудование повышенной надежности против взрыва – взрывозащищенное электрооборудование, в котором защита от взрыва обеспечивается только при нормальном режиме работы оборудования (при отсутствии аварий и повреждений).

Уровень 1 – взрывобезопасное электрооборудование – взрывозащищенное оборудование, в котором взрывозащита обеспечивается как при нормальном режиме работы, так и при повреждении, за исключением повреждения средств взрывозащиты.

Уровень 0 – особовзрывобезопасное электрооборудование – электрооборудование с дополнительными средствами взрывозащиты.

Выбор исполнения электрооборудования по уровню взрывозащиты производится в зависимости от класса взрывоопасной зоны (табл. 5).

Таблица 5. Исполнение электрооборудования в зависимости от класса взрывоопасной зоны, где оно применяется

| Класс взрывоопасной зоны | Уровень взрывозащиты |
|---|---|
| 0; 1 | Взрывобезопасное, особо безопасное |
| 2 | Повышенной надежности против взрыва |
| 20; 21 | Взрывобезопасное, особо взрывобезопасное |
| 22 | Без взрывозащитной оболочки, со степенью защиты *IP*54 |

Пусковую аппаратуру (выключатели, магнитные пускатели) в классах 0, 1, 2, 20, 21 22 необходимо выносить за пределы взрывоопасных помещений и снабжать устройствами дистанционного управления. Провода внутри взрывоопасных помещений следует прокладывать в

стальных трубах или использовать для этих целей бронированный кабель. Светильники для классов 0, 1, 2, 20, 21, 22 также должна быть взрывозащищенными.

## 2. Экспериментальная часть

### 2.1. Применяемые приборы

Сигнализатор СГГ-20 предназначен для измерения концентрации многокомпонентных смесей горючих газов и паров в воздухе взрывоопасных зон помещений и открытых пространств и выдачи сигнализации о превышении установленных пороговых значений довзрывоопасных концентраций.

Сигнализатор представляет собой носимый (индивидуальный) прибор непрерывного действия.

Принцип действия сигнализатора – термохимический.

Способ забора пробы – конвекционный.

Сигнализатор выполнен во взрывозащищенном исполнении, имеет маркировку взрывозащиты «1ExibdsIICT6X».

Сигнализатор имеет взрывобезопасный уровень (1) взрывозащиты по ГОСТ Р 51330.0-99, обеспечиваемый видами:

1) «искробезопасная электрическая цепь» (ib) по ГОСТ Р 51330.10-99;
2) «специальный» (s) по ГОСТ 22782.3-77;
3) «взрывонепроницаемая оболочка» (d) по ГОСТ Р 51330.1-99.

Сигнализатор может эксплуатироваться во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок. Степень защиты от внешних воздействий *IP*54.

### 2.2.Технические характеристики

Сигнализатор имеет следующие виды сигнализации:

1) прерывистые световую красного цвета и звуковую с периодом повторения (4 ± 0,5) с, свидетельствующие о достижении концентрацией горючих газов порога срабатывания «Порог 1».
2) постоянную световую красного цвета и прерывистую звуковую с периодом повторения (1 ± 0,2) с, свидетельствующие о достижении концентрацией горючих газов порога срабатывания «Порог 2».
3) прерывистую звуковую с периодом повторения (3±0,5) с, свидетельствующие об обрыве (перегорании) чувствительных элементов термохимического датчика (ТХД).
4) прерывистую звуковую с периодом повторения (3±0,5)с, свидетельствующую о разряде встроенной аккумуляторной батареи с выдачей сообщения на индикатор сигнализатора.

Сигнализатор СГГ-20 имеет следующий диапазон измерения довзрывоопасных концентраций горючих газов и паров: % НКПР от 0 до 50.

Цена единицы младшего разряда цифровой индикации должна быть 0,1% НКПР.

Поверочным компонентом является метан ($CH_4$).

Диапазон показаний сигнализатора СГГ-20: от 0 до 99,9, % НКПР.

Предел допускаемого значения абсолютной погрешности сигнализатора (Δ): ± 5% НКПР.

При выпуске из производства устанавливаются следующие пороги срабатывания по поверочному компоненту (метану) для сигнализатора СГГ-20, % НКПР:

- «Порог 1» ……..7;
- «Порог 2»……..12.

Время срабатывания сигнала сигнализатора – не более 15 с.

Время прогрева сигнализатора – не более 3 мин.

### 2.3. Устройство и принцип работы

2.3.1. Устройство сигнализатора

Конструктивно сигнализатор состоит из блока аккумуляторов, в каждый из которых входит аккумуляторная батарея и устройство искрозащиты, платы измерительной, ТХД и жидкокристаллического индикатора (ЖКИ).

На передней панели сигнализатора расположены индикаторы единичные красного цвета.

В верхней части передней панели сигнализатора расположен ЖКИ.

На боковой панели сигнализатора расположены:

- кнопка включения;
- кнопки управления (с маркировкой белого, синего и красного цвета);
- гнездо для подключения зарядно-питающего устройства (ЗПУ).

2.3.2. Принцип работы сигнализатора

Принцип работы ТХД. Работа ТХД основана на термохимическом принципе, при котором определяется тепловой эффект сгорания горючих газов и паров на каталитически активной поверхности измерительного чувствительного элемента (ИЧЭ). Для компенсации влияния состояния окружающей среды ТХД содержит каталитически пассивный сравнительный чувствительный элемент (СЧЭ).

Принцип работы сигнализатора. Питание сигнализатора осуществляется от аккумуляторной батареи, состоящей из четырех аккумуляторов. Напряжение питания от аккумуляторной батареи поступает на плату измерительную через устройство искрозащиты.

Включение сигнализатора осуществляется с помощью схемы электронного включения-выключения.

Чувствительные элементы (СЧЭ и ИЧЭ) ТХД включены в мостовую схему с питанием от источника напряжения. Сигнал, снимаемый с измерительного моста, усиливается дифференциальным усилителем и поступает через аккумулятор аналоговых сигналов (КАС) на АЦП.

На АЦП также поступают напряжения, пропорциональные току, протекающему через ТХД, и напряжению аккумуляторной батареи.

Величина тока датчика устанавливается с помощью переменного резистора, изменяющего выходное напряжение стабилизатора.

Однокристальная микроЭВМ (ОМЭВМ) осуществляет включение ТХД, вывод значения концентрации на ЖКИ, опрос кнопок управления и включения и управления устройством звуковой и световой сигнализации.

2.4. Указание мер безопасности и обеспечение взрывозащищенности при эксплуатации

2.4.1. Сигнализаторы по способу защиты человека от поражения электрическим током относятся к классу III по ГОСТ 12.2.007-75.

2.4.2. Перед проведением замеров сигнализатор должен подвергаться внешнему осмотру.

При внешнем осмотре необходимо проверять:

- наличие и целостность маркировок взрывозащиты и степени защиты;
- наличие всех крепежных элементов;
- отсутствие механических повреждений, влияющих на работоспособность сигнализаторов.

ВНИМАНИЕ! Категорически запрещается проводить заряд аккумуляторной батареи сигнализаторов и питать их от зарядно-питающего устройства во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок!

2.5. Порядок выполнения работы

Перед включением сигнализатора необходимо произвести внешний осмотр в соответствии с п.2.4.2.

2.5.1. Режимы работы сигнализатора.

Схема режимов работы приведена на рис. 2.1. Для каждого режима указано его наименование и пример индикации на ЖКИ.

2.5.2. Режимы работы термохимического датчика (ТХД)

В зависимости от предполагаемых условий эксплуатации в сигнализаторе может быть установлен циклический или непрерывный режим работы ТХД в соответствии с табл. 2.1.

Таблица 2.1.

| Условное наименование и обозначение сигнализатора | Единица измерения | Режим работы ТХД | Способ включения | Режим работы ТХД, устанавливаемый на предприятии изготовителе |
|---|---|---|---|---|
| СГГ-20 ИБЯЛ.413531.009 | %НКПР | циклический | Кнопка «включение» | циклический |
| | | непрерывный | Комбинация кнопок «Включение» и «Красная» | |

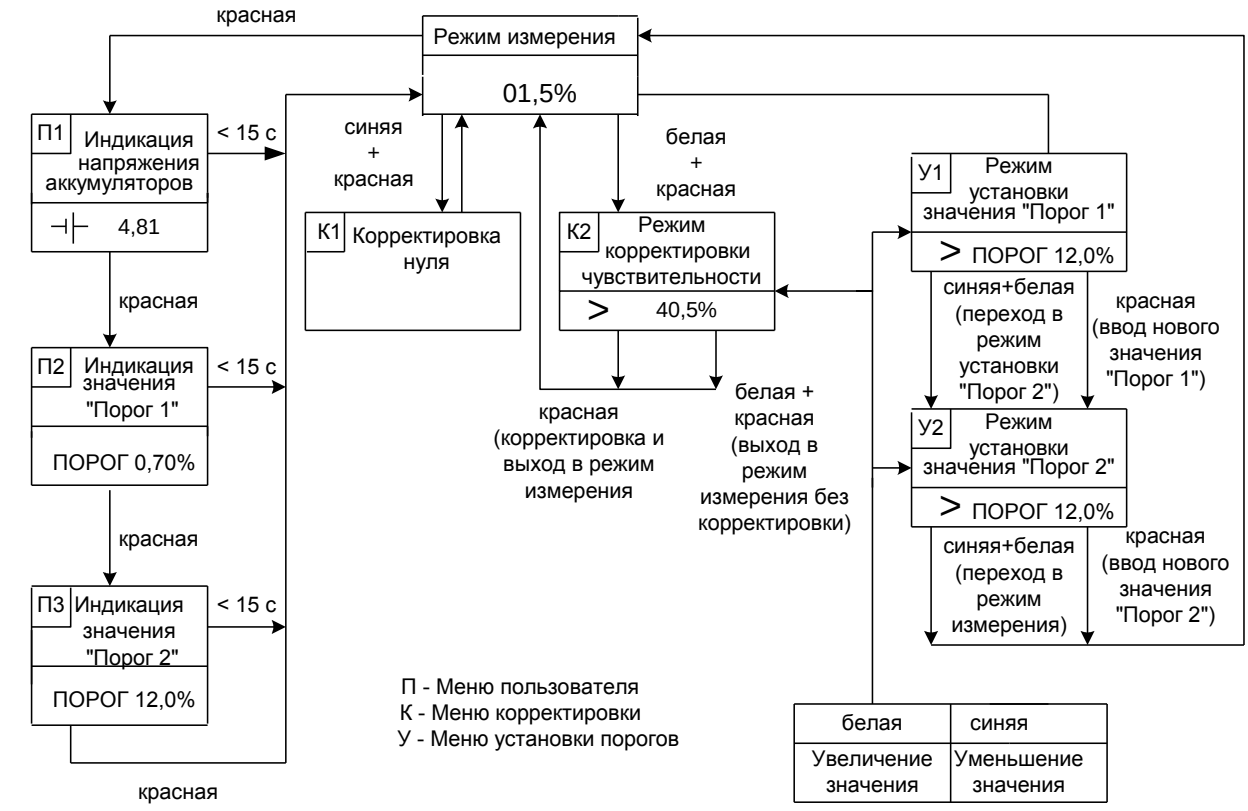



Рисунок 2.1. Схема режимов работы сигнализатора СГГ-20 .

Циклический режим работы ТХД рекомендуется использовать при длительном использовании прибора в качестве средства защиты человека и объектов при выполнении продолжительных работ в рабочей зоне с возможным появлением горючих газов и паров.

Непрерывный режим работы ТХД рекомендуется использовать для увеличения быстродействия срабатывания, которое требуется, как правило, при кратковременных замерах (периодические замеры загазованности в люках, колодцах и т.д.). При использовании постоянно включенного непрерывного режима работы ТХД время непрерывной работы сигнализатора до разряда аккумуляторной батареи на треть меньше.

2.5.3. Проверка работоспособности сигнализатора.

1. Включить питание сигнализатора.

1.1. Для включения сигнализатора в циклический режим работы ТХД необходимо нажать кнопку «включение» и удерживать ее в нажатом состоянии в течение не менее 2 с. После отпускания кнопки произойдет срабатывание световой и звуковой сигнализации и включение ЖКИ, сигнализатор перейдет в режим измерения. Если в режиме измерения на ЖКИ не будет нуля, надо провести корректировку нуля согласно рис. 2.1.

1.2. Включение сигнализатора в непрерывный режим производится комбинацией кнопок «включение», «красная». Необходимо нажать красную кнопку, нажать кнопку «включение» и удерживать их в нажатом состоянии не менее 2 с, затем отпустить кнопку «включение» и через 1 с после этого отпустить красную кнопку.

После отпускания кнопок произойдет срабатывание звуковой и световой сигнализации и включение ЖКИ, сигнализатор перейдет в режим измерения. В режиме измерения произвести корректировку нуля (см. рис. 2.1).

1.3. Для отбора контролируемой среды поместить газозаборник, удерживая его за соединительную трубку, в необходимую точку контроля и прокачивать воздух с помощью устройства отбора проб (УОП) или меха резинового до получения устойчивых показаний концентрации. УОП подключается к сигнализатору согласно рис. 2.2.

1.4. На ЖКИ в циклическом режиме работы ТХД индуцируется значение концентрации в % НКПР (% объемной доли), знак % индуцируется периодически, знак десятичной точки – постоянно.

В непрерывном режиме работы ТХД на ЖКИ индуцируется значение концентрации в % НКПР (% объемной доли), знак % индуцируется постоянно, знак десятичной точки – периодически.

1.5. Для выключения сигнализатора необходимо нажать кнопку «включение» и не отпускать ее в течение не менее 3 с.

2. Для проверки напряжения аккумуляторной батареи, установленных порогов сигнализации, для перехода в меню пользователя необходимо нажать на красную кнопку не ранее, чем через 15 с после включения питания, при этом на ЖКИ выводится значение напряжения на аккумуляторной батарее, В (см. рисунок 2.1, режим П1).

При повторном нажатии на красную кнопку на ЖКИ выводится установленное значение порога «Порог 1» в % НКПР (% объемной доли). Для вывода значения «Порог 2» необходимо в третий раз нажать на красную кнопку.

Возврат в режим измерения происходит автоматически через несколько секунд или при нажатии красной кнопки.

2.5.4. Изменение порогов сигнализации.

Для изменения значений порогов сигнализации необходимо:

1) нажать синюю, затем белую кнопки, удерживать их течение не менее 4 с, после отпускания кнопок убедиться, что сигнализатор перешел в режим установки значения «Порог 1» (режим У1, рисунок 2.1);

2) нажатием кнопок синей (уменьшение) и белой (увеличение) установить значение индикации равным требуемому значению «Порог 1»;

3) нажать красную кнопку, после ее отпускания вырабатывается короткий звуковой сигнал, свидетельствующий о вводе нового значения «Порог 1» и переходе к режиму установки значения «Порог 2» (в режим У2, рисунок 2.1), который устанавливается аналогично.

ВНИМАНИЕ! При попытке установки значения «Порог 1» большего, чем значение «Порог 2» после нажатия красной кнопки на ЖКИ выводится сообщение АВАРИЯ и введенное значение «Порог 1» не запоминается.

Примечания

1. При срабатывании сигнализации «Порог 1» и «Порог 2» обслуживающий персонал должен действовать в соответствии с действующими инструкциями.

2. При срабатывании сигнализации разряда аккумуляторной батареи необходимо выключить питание сигнализаторов и произвести заряд аккумуляторной батареи.

3. Для выключения сигнализаторов необходимо нажать кнопку включения и не отпускать ее не менее 3 с.

4. При срабатывании сигнализации обрыва (перегорания) ТХД необходимо проверить соединение проводников в кабеле связи с БД или произвести работы по замене ТХД.

Внимание!

1. Работа с сотовым телефоном ближе 30 м от корпуса сигнализатора может привести к ложному срабатыванию сигнализатора.

2. Пластмассовый защитный колпачок предохраняет металлический корпус ТХД от возможного прикосновения к поверхности, имеющий большой электростатический потенциал, что может привести к отключению сигнализатора, но повреждения сигнализатора при этом не происходит.

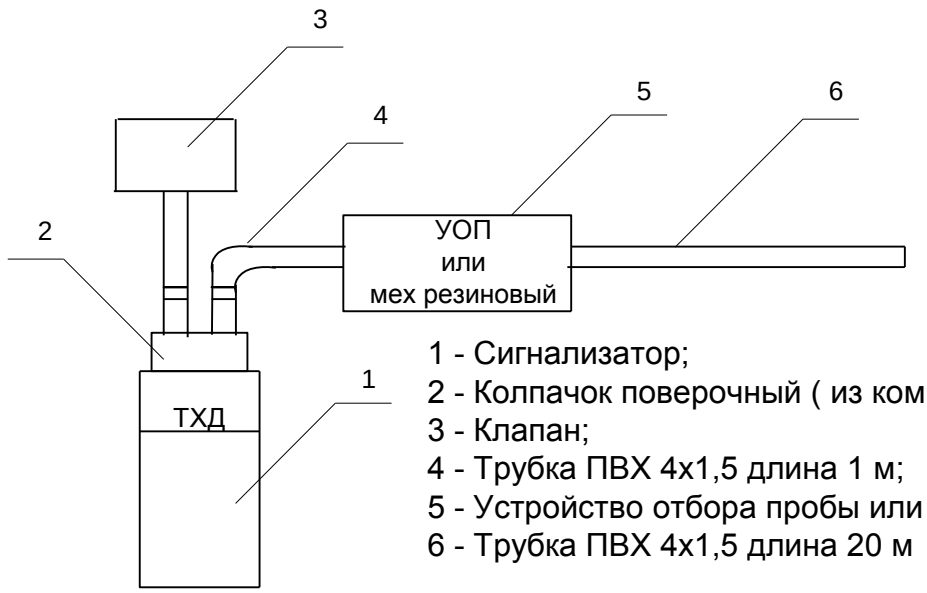



Рисунок 2.2 Схема подключения к сигнализатору СГГ-20 устройства отбора пробы (УОП) или меха резинового

## 3. Практическая часть

Задание 1. Определить категорию помещения по взрывопожароопасности

Исходные данные:

- наименование вещества – задает преподаватель из табл.1;
- количество вещества в помещении (в емкости) – 30 кг;
- температура вещества и в помещении – 20°С;
- геометрический объем помещения, м$^3$: $V_Г = a$ х $b$ х $h$ = 20 х 10 х 5.
- скорость движения воздушного потока в помещении $W = 0$. Вентиляция в цехе не работает.

За аварийную принимается следующая ситуация: произошла авария емкости и вся жидкость вылилась на пол и испаряется.

Недостающие исходные данные принять из табл. 1.

Последовательность определения категории:

1. Определить свободный объем помещения, $V_{СВ} = 0{,}8V_г$ ;
2. Определить скорость испарения разлившейся жидкости, $W_и$, кг/м$^2$ с:

$$W_u = 10^{-6}\eta\sqrt{M}\cdot P_H,$$

где $\eta$ – коэффициент учета движения воздуха (для скорости $W = 0$, $\eta=1$);
$M$ – молекулярная масса вещества (из табл. 1);
$P_н$ – давление насыщенных паров при расчетной температуре, кПа (из табл. 1);

3. Определить массу жидкости, испарившейся при разливе, кг:

$$m_p = W_u F_u \tau_u,$$

где $F_u$ – поверхность разлива, принимаемая из расчета 1 л на 1 м$^2$ (можно принять 1 кг на 1 м$^2$);

$\tau_u$ – время испарения (принимается по времени полного испарения, но не более 3600 с, т.е. $\tau_u$ =3,6 10$^3$ с).

4. Определить избыточное давление, $\Delta P$, кПа:

$$\Delta P = \frac{m_p H_m P_0 Z}{V_{св}\rho C_в T_0 K_н},$$

где $H_m$ – теплота сгорания вещества, кДж/кг;

$P_0$ – атмосферное давление ( $P_0$ =101 кПа);

Z – коэффициент участия горючего вещества во взрыве (Z=0,3 для паров жидкости, Z =0,5 для газов и пылей, Z =1 для водорода);

$\rho_в$ – плотность воздуха (можно принять $\rho_в$ = 1,2 кг/м$^3$);

$C_в$ – теплоемкость воздуха (можно принять $C_в$ =1,01 кДж/кг · К);

$T_0$ – температура в помещении (можно принять $T_0$ = 293 К);

$K_н$ – коэффициент, учитывающий негерметичность помещения (принимается равным $K_н$ =3).

5. Определить температуру вспышки, $t_в$ в °С:

$$t_в = T_в - 273,$$

где $T_в$ – температура вспышки в К:

$$T_в = 0{,}736\,T_к,$$

где $T_к$ – температура кипения, К:

$$T_к = 273 + t_к,$$

где $t_к$ – температура кипения в °С (из табл. 2).

6. По значениям $\Delta P$ и $t_в$ определить категорию помещения, пользуясь табл. 2.

Задание 2. Определить категорию здания по взрывопожароопасности

После категорирования помещений производится категорирование здания в целом.

Категорию здания определяют согласно следующим рекомендациям:

1. Здание относится к категории А, если в нем суммарная площадь помещений категории А превышает 5% площади всех помещений или 200 м$^2$.

Допускается не относить здание к категории А, если суммарная площадь помещений категории А в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м$^2$), и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

2. Здание относится к категории Б, если одновременно выполнены два условия:

а) здание не относится к категории А;

б) суммарная площадь помещений категорий А и Б превышает 5% суммарной площади всех помещений или 200 м$^2$.

Допускается не относить здание к категории Б, если суммарная площадь помещений категорий А и Б не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м$^2$) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

3. Здание относится к категории В, если одновременно выполнены два условия:

а) здание не относится к категориям А или Б;

б) суммарная площадь помещений категорий А , Б и В превышает 5% (10%, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б) суммарной площади всех помещений.

Допускается не относить здание к категории В, если суммарная площадь помещений категорий А, Б и В в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в нем помещений (но не более 3500 м$^2$) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Примечание: характеристика зданий категорий Г и Д не приведена.

Исходные данные:

1. Номер варианта – задает преподаватель.
2. Тип здания – отдельностоящий склад ЛВЖ, ГЖ и ГГ.
3. Характеристика помещений:

| Наименование помещений | Категория помещений | Площадь, м$^2$ | | Наличие УАПТ | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 вариант | 2 вариант | 1 вариант | 2 вариант |
| Склад ЛВЖ | А | 36 | 58 | да | нет |
| Склад ГЖ | Б | 114 | 136 | нет | нет |
| Склад баллонов с ГГ | А | 30 | 46 | нет | да |

Примечание: ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость; ГЖ – горючая жидкость; УАПТ – установка автоматического пожаротушения.

4. Определить категорию здания.
5. По категории здания определить: требуемую степень огнестойкости здания, допустимое число этажей и площадь этажа в соответствии с табл. 3.

По степени огнестойкости определить требуемые пределы огнестойкости строительных конструкций в соответствии с табл. 4.

Задание 3. Определить класс взрывоопасной зоны

По рекомендациям п.1.3. определить класс взрывоопасной зоны помещения с параметрами $\Delta P$ и $t_в$ (см. задание 1).

По рекомендациям п.1.4. определить исполнение электрооборудования по уровню взрывозащиты в соответствии с табл. 5.

Литература

1. Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) : учебник для вузов. – М. : Издательство Юрайт, 2010.
2. ГОСТ 12.1.005 – 88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
3. Определение категорий помещений и зданий по взрывоопасной и пожарной опасности (НПБ 105-03). – М., 2003.
4. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. – М. : Проспект, 2010.
5. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений.
6. СНиП 31-03-2001 Производственные здания.

Контрольные вопросы

1. Какими параметрами характеризуется взрывопожароопасность веществ и материалов?
2. Какие технологические и строительные мероприятия осуществляют для снижения опасности взрыва на предприятиях?
3. По каким критериям осуществляют категорирование помещений и зданий по взрывопожароопасности?
4. Что такое огнестойкость и предел огнестойкости строительной конструкции?
5. Что обозначается индексами *R*, *E*, и *J*?
6. Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещениях различных категорий?
7. На какие виды по уровням взрывозащиты подразделяется электрооборудование?
8. Какие технические характеристики имеет сигнализатор СГГ-20?
9. В какой режим работы и комбинацией каких кнопок включается сигнализатор СГГ-20 для проведения кратковременных замеров?
10. Чем обеспечивается взрывобезопасный уровень сигнализатора СГГ-20?

**Лабораторная работа 3 Определение освещенности на рабочих местах**

**Цель работы**: изучить принципы контроля, нормирования и расчета естественного и искусственного освещения на рабочих местах.

Программа работы

1. Ознакомиться с конструкцией и принципом работы цифрового фотометра (люксметра-яркомера) модели «ТКА-04/3».
2. Замерить освещенность на рабочих местах в лаборатории при естественном и искусственном освещении.
3. Сравнить полученные экспериментальные данные с данными норм.
4. Освоить расчетный способ определения искусственной освещенности для заданных условий.
5. Составить отчет.

*Содержание отчета*

Тема лабораторной работы.
Цель работы.
Результаты исследований (таблицы 3, 4, 5, 6).

График зависимости КЕО= $f(l)$.

Выводы:

Результаты расчета искусственного освещения (таблица 10).

1. Теоретическая часть

1.1. Светотехнические понятия

Освещение является важным фактором производственной среды, оказывающим существенное влияние на человека, производительность и безопасность его труда.

Нормативные требования к освещению приведены в СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Основные светотехнические понятия применительно к производственному освещению как вредному производственному фактору следующие:

Освещенность ($E$) – поверхностная плотность светового потока, которая падает на освещаемую поверхность. Единицей измерения освещенности является люкс (лк).

Яркость ($B$) – поверхностная плотность силы света в данном направлении. Единицей измерения яркости является кандела на 1 кв. м. (кд/м$^2$).

Как пониженная, так и повышенная яркость ухудшают условия зрительного восприятия, приводят к утомлению глаз и снижению работоспособности. С явлением повышенной яркости связано понятие слепящей блесткости.

Слепящая блесткость – блесткость, нарушающая видимость объектов. Критерием оценки слепящего действия осветительных установок является показатель ослепленности ($P_o$), характеризующийся прямой и отраженной блесткостью.

Отраженная блесткость – характеристика отражения светового потока от рабочей поверхности в направлении глаз работающего, определяющая снижение видимости объекта, вследствие чрезмерного увеличения яркости рабочей поверхности, снижающей контраст между объектом и фоном.

Коэффициент пульсации освещенности ($k_E$, %) – критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током.

1.2. Виды освещения рабочих мест

Исключение вредного воздействия освещения достигается обеспечением его нормируемых параметров путем правильного выбора системы освещения, источников света, светильников, правильного устройства осветительных установок и их эксплуатации.

Производственное освещение классифицируется в зависимости от источников света на естественное и искусственное.

Естественное освещение – освещение помещений светом неба (прямым и отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях. Естественное освещение в зависимости от места расположения световых проемов подразделяется на боковое, верхнее и комбинированное.

Условия естественного освещения характеризуются относительной величиной, показывающей, во сколько раз освещенность внутри помещения ($E_{ВН}$) меньше освещенности снаружи здания ($E_{НАР}$). Эта относительная величина называется коэффициентом естественной освещенности (КЕО)*е* и выражается в процентах (%):

$$КЕО = 100 \cdot E_{ВН} / E_{НАР}$$

Нормированные значения КЕО определяются с учетом характера зрительной работы по нормам СНиП 23-05-95 (Приложение 1).

В помещениях с боковым односторонним освещением нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов. В помещениях с верхним и комбинированным освещением нормируется среднее значение КЕО ($e_{СР}$).

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение. Без естественного освещения допускается использовать помещения, размещение которых предусмотрено нормативными актами (СНиП 23-05-95).

Искусственное освещение применяется при отсутствии или недостаточности естественного освещения.

По исполнению искусственное освещение бывает двух систем:

Общее – равномерное распределение светильников по всей площади помещения и локализованное – с учетом размещения оборудования и рабочих мест.

Комбинированное – когда к общему освещению добавляется местное.

Местное освещение – освещение, дополнительное к общему, создаваемое светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах.

Применение одного местного освещения недопустимо.

Для производственных помещений, в которых выполняются работы повышенной точности, применяют:

Совмещенное освещение – освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным. Совмещенное освещение помещений производственных зданий следует предусматривать:

- для производственных помещений, в которых выполняются работы I – III разрядов (разряды высокой точности);
- если не обеспечивается нормированное значение КЕО;
- в соответствии с нормативными требованиями отдельных отраслей промышленности.

Общее освещение должно составлять не менее 10% нормируемой величины комбинированного освещения.

1.3. Оценка освещенности рабочих мест

Нормы искусственного освещения устанавливаются СНиП 23-05-95 (Приложение 1), с учетом отраслевых (ведомственных) норм освещения в зависимости от:

- размера объекта различения;
- контраста объекта различения с фоном;
- характеристики фона.

Размер объекта различения – наименьший размер, который необходимо выделить при проведении работы (например, при работе с приборами – толщина линии градуировки шкалы; при чертежных работах – толщина самой тонкой линии на чертеже и т.д.).

Контраст объекта различения с фоном ($k$) – определяется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона. Считается большим, если $k > 0{,}5$ (объект и фон резко отличаются по яркости), $k$ от 0,2 до 0,5 (объект и фон заметно отличаются по яркости) и $k < 0{,}2$ (объект и фон мало отличаются по яркости).

В некоторых случаях фон и контраст объекта с фоном можно определить визуально, например, при чертежных работах: фон – светлый, контраст объекта с фоном – большой.

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

Фон считается:

светлым – при коэффициенте отражения поверхности более 0,4;

средним – при коэффициенте отражения поверхности от 0,2 до 0,4;

темным – при коэффициенте отражения поверхности менее 0,2.

Условная рабочая поверхность – условно принятая поверхность, расположенная на высоте 0,8 метра от пола.

Обследование условий освещения заключается в определении следующих показателей:

- коэффициента естественной освещенности;
- освещенности рабочей поверхности;
- показателя ослепленности;
- коэффициента пульсации освещенности;
- отраженной блесткости (наличия эффективных мероприятий по ее ограничению).

Оценка условий освещения проводится в соответствии с Гигиеническими критериями (таблица 1) и заключается в определении класса условий труда в зависимости от результатов проверки.

Таблица 1. Классы условий труда в зависимости от параметров световой среды производственных помещений

| Фактор, показатель | | Допустимый | Класс условий труда | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | *Вредный – 3* | | |
| | | | 1-й степени | 2-й степени | 3-й степени |
| | | 2 | 3.1. | 3.2 | 3.3 |
| Естественное освещение: Коэффициент естественной освещенности (КЕО), % | | КЕО $\geq$ 0,6 | 0,1 $\leq$ КЕО < 0,6 | КЕО < 0,1 | |
| Искусственное освещение ($E$), лк для разрядов зрительных работ: | I-IV, VII | $E \geq E_Н$ | 0,5 $\leq E < E_Н$ | $E < 0{,}5\ E_Н$ | |
| | V, VI , VIII - XIV | $E \geq E_Н$ | $E < E_Н$ | | |
| Яркость ($B$), кд/м$^2$ | | $B \leq B_Н$ | $B > B_Н$ | | |

Примечание: В таблице 1 приняты следующие буквенные обозначения:

- $E_Н$ – нормативное значение освещенности;
- $B_Н$ – нормативное значение яркости в соответствии со СНиП 23-05-95;

Необходимо помнить, что нормы освещенности рабочих мест зависят от типов светильников (таблица 2).

Таблица 2. Нормы искусственной освещенности некоторых помещений учебных учреждений

| Наименование помещения | Оптимальная освещенность, лк | |
|---|---|---|
| | при люминесцентных лампах | при лампах накаливания |
| Аудитории, классы, учебные кабинеты, лаборатории | 300 | 150 |
| Кабинеты черчения | 400 | 200 |
| Рекреационные помещения | 150 | 75 |
| Вестибюли и коридоры | 100 | 50 |

2. Применяемые приборы

Измерение и контроль освещенности осуществляется с помощью приборов, получивших название люксметров. В данной работе используется цифровой фотометр (люксметр/яркомер) модели «ТКА 04/3» (далее прибор).

2.1. Назначение и принцип работы прибора.

Люксметр/яркомер мод. «ТКА-04/3» предназначен для:

- измерения освещенности в видимой области спектра, создаваемой искусственными или естественными источниками, расположенными произвольно относительно приемника, в лк;
- измерения яркости накладным методом ТВ-кинескопов, дисплейных экранов и самосветящихся протяженных объектов, в кд/м$^2$.

Прибор может быть использован:

- для проведения санитарных световых обследований рабочих мест производственных помещений;
- для проведения санитарных световых обследований рабочих мест с видеодисплейными терминалами и персональными электронно-вычислительными машинами на соответствие требованиям санитарных правил и норм СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Прибор также может быть использован в других областях науки и техники для измерения освещенности и яркости.

Принцип работы прибора заключается в преобразовании фотоприемными устройствами оптического излучения в числовые значения освещенности (лк) и яркости (кд/м$^2$).

2.2. Основные технические и метрологические характеристики прибора

2.2.1. Диапазоны измерения:

- освещенности……... ……10 – 200000 лк,
- яркости…….. ……10 – 200000 кд/м$^2$,

2.2.2. Пределы измерений при положении переключателя:

1) « х 1»…….. …….2000 (лк, кд/м$^2$),
2) « х 10»……. …….20000 (лк, кд/м$^2$),
3) « х 1000»…… …….200000 (лк, кд/м$^2$).

Переключение пределов производится вручную.

Внимание! При измерении величин, меньших 100 единиц младшего разряда, необходимо из измеренной величины вычитать отклонение показателей прибора от «0» при закрытых входных окнах фотоприемников.

2.2.3. Предел допускаемого значения основной относительной погрешности измерения освещенности не более 8%.

2.2.4. Предел допускаемого значения основной относительной погрешности измерения яркости не более 10%.

2.2.5. Вид индикации – жидкокристаллический индикатор.

2.2.6. Напряжение питания 9 В.

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

2.2.8. Рабочий диапазон температур (0 ÷ 50)ºС.

2.3. Конструкция прибора

Конструктивно прибор состоит из двух функциональных блоков: фотометрической головки и блока обработки сигналов, связанных между собой многожильным кабелем. В фотометрической головке расположены фотоприемные устройства для регистрации излучения. На измерительном блоке расположен переключатель режимов работы и жидкокристаллический индикатор.

На задней стенке фотометрической головки расположен батарейный отсек.

2.4. Подготовка прибора к работе и порядок работы

2.4.1. Перед началом измерений убедитесь в работоспособности элемента питания. Если при любом из выбранных режимов измерений в поле индикатора появится символ, индицирующий разряд батареи, то необходимо произвести замену элемента питания.

2.4.2. Включение прибора и выбор режима измерения («ОСВЕЩЕННОСТЬ», «ЯРКОСТЬ») производится путем установки переключателя в соответствующее положение.

2.4.3. Появление на ЖКИ символа «1…» информирует о превышении значением измеряемого параметра установленного диапазона.

2.4.4. При измерениях яркости более 2000 кд/м$^2$ и освещенности более 2000 лк необходимо перевести переключатель в положение «х 10», при этом показания прибора необходимо умножить на 10.

2.4.5. При измерениях яркости более 20000 кд/м$^2$ и освещенности более 20000 лк необходимо перевести переключатель в положение «х 100», при этом показания прибора необходимо умножить на 100.

2.4.6. Перед измерением малых значений (менее 100 единиц младшего разряда) следует определить темновую ошибку прибора при закрытом входном окне, которую затем необходимо вычитать из измеренной величины.

2.4.7. Измерение освещенности (режим люксметра).

- Расположите фотометрическую головку прибора параллельно плоскости измеряемого объекта. Проследите за тем, чтобы на окна фотоприемников не падала тень от оператора, производящего измерения, а также тень от временно находящихся посторонних предметов.
- Включите прибор в режим работы «ОСВЕЩЕННОСТЬ» и считайте с цифрового индикатора измеренное значение освещенности.

2.4.8. Измерение яркости (режим яркомера).

- При измерении яркости протяженных объектов расположите фотометрическую головку прибора параллельно измеряемой плоскости на расстоянии 1 – 4мм. Входные окна фотоприемников должны быть обращены по направлению к измеряемой поверхности.
- При измерении яркости экранов видеодисплеев терминалов и экранов мониторов персональных электронно-вычислительных машин расположите фотометрическую головку прибора параллельно плоскости экрана на расстоянии 1 – 4 мм. Входные окна фотоприемников должны быть обращены по направлению к плоскости экрана, при этом диаметр измеряемой площадки не превышает 7 – 9 мм.
- Включите прибор в режиме работы «ЯРКОСТЬ» и считайте с цифрового индикатора измеренное значение яркости.

3. Порядок проведения эксперимента

Перед выполнением работы необходимо ознакомиться с устройством и принципом работы прибора.

3.1. Выключив в лаборатории искусственное освещение измерить естественную освещенность в пяти точках лаборатории по ее оси. Первое измерение провести на расстоянии 0,5 м от окна, последнее – на расстоянии 1 м от стены, противоположной световому проему. Промежуточные точки замера принять на равных расстояниях между первой и последней точкой. Освещенность определятся на высоте рабочих столов (0,8 м от пола). Фотометрическую головку прибора установить горизонтально, окнами фотоприемников вверх. Полученные результаты занести в таблицу 3.

3.2. Замерить наружную освещенность $E_{НАР}$. Для измерения наружной освещенности фотометрическую головку необходимо поместить за окно в горизонтальном положении. Показания люксметра удвоить, так как свет попадает на фотоэлемент только от половины небосвода (вторая половина закрыта зданием), т.е. действительная наружная освещенность вдвое больше, либо замер наружной освещенности сделать не ближе 10 м от здания, чтобы на фотоэлемент воздействовал рассеянный свет всего небосвода. В зимний период допускается производить измерение наружной освещенности у окна.

3.3. Для каждой из пяти точек подсчитать значение КЕО и занести в таблицу 3.
По полученным данным построить график изменения КЕО в лаборатории:
КЕО = $f(l)$.

3.4. В зависимости от величины КЕО по СНиП 23-05-95 (Приложение 1) определить разряд зрительной работы и наименьший размер объекта различения, допустимые в лаборатории в точках 1,2,3,4,5 при существующем естественном освещении. Результаты записать в таблицу 3.

3.5. Определить, можно ли выполнять следующие работы: чертежные (толщина линии 0,3 мм) в точке 5; измерительным инструментом (толщина риски микрометра 0,15 мм) в точке 3.

Таблица 3. Результаты исследования естественного освещения

| Точки замера | $E_{ВН}$, лк | $E_{НАР}$, лк (или $E_{НАР}$ х 2) | КЕО, % | Разряд работы | Размер объекта, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |

Выводы по п.3.7.

3.6. Замерить освещенность в помещении лаборатории при искусственном общем освещении в тех же точках, что и в п.3.2., для чего необходимо включить все верхние светильники. В случае незатененных окон (в дневное время) замеры производить при совмещенном освещении. Сделать допущение о том, что совмещенное освещение является искусственным. Измеренные значения занести в таблицу 4.

Таблица 4. Результаты исследования искусственного освещения

| Система освещения | Точки замера | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | |
| | Освещ. | Разряд работы | Освещ. | Разряд работы | Освещ. | Разряд работы | Освещ. | Разряд работы | Освещ | Разряд работы |
| Искусственное общее, лк | | | | | | | | | | |
| Искусственное комбиниро-ванное, лк | | | | | | | | | | |
| Доля общего освещения, % | | | | | | | | | | |
| Достаточна/ | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| недостаточна | | | | | | | | | | |

3.7. Замерить освещенность при искусственном комбинированном освещении, для чего включить общее освещение лаборатории и дополнительно включить светильник местного освещения (настольную лампу). Измерить освещенность на плоскости стола в пяти точках, приняв первую точку – под светильником. Затем последовательно на расстояниях 20, 40, 60, 80 см от светильника. Сделать допущение, что это те же точки, что и в п.3.8. Результаты занести в таблицу 4.

3.8. Для полученных значений освещенности в заданных точках определить разряд зрительных работ по СНиП 23-05-95 (Приложение 1). Результаты занести в таблицу 4.

3.9. Определить в каждом случае долю общего освещения в % по формуле:

$\varphi = 100\ E_{общ.} / E_{комб.}$,

Сделать заключение о достаточности освещенности. Результаты измерений и выводы занести в таблицу 4.

3.10. Определить класс условий труда по освещенности, для чего взять результаты замеров освещенности в точках 1 – 5 из таблиц 3 и 4 и занести их в соответствующие графы таблицы 5. Пользуясь таблицей 1 и этими данными определить класс условий труда в каждой точке.

Таблица 5. Результаты определения класса условий труда по освещенности

| Точки замера | Естественное освещение | | Искусственное освещение | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Общее | | Комбинированное | |
| | КЕО, % | Класс условий труда | *E*, лк | Класс условий труда | *E*, лк | Класс условий труда |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |

3.11. Произвести нормирование искусственного освещения и заполнить табл. 6. По варианту, указанному преподавателем определить разряд и подразряд зрительной работы, и норму освещенности на рабочем месте. Вариант задания и исходные данные (Приложение 2).

Таблица 6. Результаты нормирования осветительных условий для заданных зрительных работ

| Вид помещения | Наименьший размер объекта различения, мм | Разряд зрительной работы | Контраст объекта с фоном | Характе-ристика фона | Подразряд зрительной работы | Нормированные значения искусственного освещения, $E_н$,лк |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

4. Расчетный способ определения искусственной освещенности

Задание. Произвести расчет искусственного освещения в помещении методом коэффициента использования светового потока по данным таблицы, согласно своего варианта задания (Приложение 2).

4.1. Методика и порядок выполнения задания

4.1.1. Определить разряд и подразряд зрительной работы, а также нормируемый уровень освещенности на рабочем месте $E_Н$, используя данные своего варианта (Приложение 1).

4.1.2. Вычислить площадь помещения $S = A$ x $B$, м$^2$.

4.1.3. Определить индекс помещения $i$ по формуле: $i = \dfrac{S}{H_p \cdot (A + B)}$.

4.1.4. По табл. 7 найти значение коэффициента использования светового потока $\eta$.

Таблица 7. Коэффициенты использования светового потока

| Индекс помещения $i$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| η | 0,28 – 0,46 | 0,34 – 0,57 | 0,37 – 0,62 | 0,39 – 0,65 | 0,40 – 0,66 |

4.1.5. По таблице 8 и исходным данным варианта найти значение коэффициента запаса К.

Таблица 8. Коэффициенты запаса для ламп

| /п | Характеристика помещения | Коэффициент запаса К | |
|---|---|---|---|
| | | При люминесцентных лампах | При лампах накаливания |
| . | Помещения с большими выделениями пыли, дыма, копоти | 2,0 | 1,7 |
| . | Помещения со средними выделениями пыли, дыма, копоти | 1,8 | 1,5 |
| . | Помещения с малыми выделениями пыли, дыма, копоти | 1,5 | 1,3 |

4.1.6. Найти значение коэффициента минимальной освещенности $Z$. Для ламп накаливания и ДРЛ он принимается равным 1,15; для люминесцентных – 1,1.

4.1.7. Определить потребный световой поток $F_Σ$, для помещения, используя полученные в пп. 1 – 6 значения, данные варианта и формулу:

$$F_Σ = \frac{E_H \cdot S \cdot K \cdot Z}{\eta}.$$

4.1.8. С помощью таблицы 9 выбрать люминесцентную лампу и определить ее световой поток $F_Л$ , лм.

Таблица 9. Характеристика люминесцентных ламп

| Тип и мощность лампы, Вт | Длина, мм | Световой поток лампы $F_Л$, лм |
|---|---|---|
| ЛДЦ-20 | 604 | 620 |
| ЛБ-20 | 604 | 1180 |
| ЛДЦ-30 | 909 | 1450 |
| ЛБ-30 | 909 | 2100 |
| ЛДЦ-40 | 1214 | 2100 |
| ЛД-40 | 1214 | 2340 |
| ЛДЦ-65 | 1515 | 3050 |
| ЛДЦ-80 | 1515 | 4070 |

| | | |
|---|---|---|
| ЛБ-80 | 1515 | 5220 |

4.1.9. Определить требуемое количество люминесцентных ламп: $n = F_{\Sigma} / F_{Л}$.

4.1.10. Определить число светильников $N$ в помещении, учитывая, что в светильнике с ЛЛ может быть больше одной лампы, т.е. $n'$ может быть равно 2 или 4: $N = n / n'$.

4.1.11. Определить мощность, потребляемую осветительной установкой $P$, Вт:

$P = p \cdot N \cdot n'$, где $p$ – мощность лампы, Вт.

4.1.12. Все полученные в пп. 1 – 11 значения занести в таблицу 10.

Таблица 10 Результаты расчета искусственного освещения

| № вар. | Разряд и подразряд | $E_{Н}$, лк | S, м$^2$ | $i$ | η | K | $Z$ | $F_{\Sigma}$, лм | $F_{Л}$, лм | Тип лампы | $n$, шт | $n'$, шт | $N$, шт | $P$, Вт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | |

Литература

1. Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) : учебник / С. В. Белов. – М. : Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2010.

2. СП 52.13330.2011. Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.

Контрольные вопросы

1. Какими основными светотехническими понятиями характеризуется производственное освещение?
2. Чем комбинированное освещение отличается от совмещенного?
3. Когда контраст объекта различения с фоном ($k$) считается большим?
4. При каком значении коэффициента отражения поверхности фон считается светлым?
5. При каком значении КЕО рабочее место будет относиться к допустимому (2-му) классу по условиям труда?
6. В чем заключается принцип работы люксметра/яркомера модели «ТКА-04/3»?
7. Основные технические и метрологические характеристики прибора?
8. О чем информирует появление на ЖКИ прибора символа «1 .»?

Приложение 1.

**Нормирование освещенности рабочего места**

| Характеристика зрительной работы | Наименьший и эквивалентный размер объекта различения, мм | Разряд зрительной работы | Подразряд зрительной работы | Контраст объекта с фоном | Характеристика фона | Искусственное освещение | | | | | Естественное освещение | | Совмещенное освещение | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Освещенность, лк | | | Сочетание показателя ослепленности и коэффициента пульсации | | $КЕО, e_н, \%$ | | | |
| | | | | | | комбинированное освещение | | при системе общего освещения | | | при верхнем или комбинированном освещении | при боковом освещении | при верхнем или комбинированном освещении | при боковом освещении |
| | | | | | | всего | в том числе от общего | | P | $K_п, \%$ | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Наивысшей точности | Менее 0,15 | I | а | Малый | Темный | 5000 | 500 | - | 20 | 20 | | | | |
| | | | | Средний | Средний | 4500 | 500 | - | 10 | 10 | | | | |
| | | | б | Малый | Средний | 4000 | 400 | 1250 | 20 | 10 | - | - | 6,0 | 2,0 |
| | | | | Средний | Темный | 3500 | 400 | 1000 | 10 | 10 | | | | |
| | | | в | Малый | Светлый | 2500 | 300 | 750 | 20 | 10 | | | | |
| | | | | Средний | Средний | | | | | | | | | |
| | | | | Большой | Темный | 2000 | 200 | 600 | 10 | 10 | | | | |
| | | | г | Средний | Светлый | 1500 | 200 | 400 | 20 | 10 | | | | |
| | | | | Большой | Светлый | | | | | | | | | |
| | | | | Большой | Средний | 1250 | 200 | 300 | 10 | 10 | | | | |
| Очень высокой точности | От 0,15 до 0,30 | II | а | Малый | Темный | 4000 | 400 | - | 20 | 10 | | | | |
| | | | | | | 3500 | 400 | - | 10 | 10 | | | | |
| | | | б | Малый | Средний | 3000 | 300 | 750 | 20 | 10 | | | | |
| | | | | Средний | Темный | 2500 | 300 | 650 | 10 | 10 | | | | |
| | | | в | Малый | Светлый | 2000 | 200 | 500 | 20 | 10 | | | | |
| | | | | Средний | Средний | | | | | | | | | |
| | | | | Большой | Темный | 1500 | 200 | 400 | 10 | 10 | | | | |
| | | | г | Средний | Светлый | 1000 | 200 | 300 | 20 | 10 | | | | |
| | | | | Большой | Светлый | | | | | | | | | |
| | | | | Большой | Средний | 750 | 200 | 200 | 10 | 10 | - | - | 4,2 | 1,5 |
| Высокой точности | От 0,30 до 0,50 | III | а | Малый | Темный | 2000 | 200 | 500 | 40 | 15 | | | | |
| | | | | | | 1500 | 200 | 400 | 20 | 15 | | | | |
| | | | б | Малый | Средний | 1000 | 200 | 300 | 440 | 15 | | | | |
| | | | | Средний | Темный | 750 | 200 | 200 | 20 | 15 | | | | |
| | | | в | Малый | Светлый | 750 | 200 | 300 | 40 | 15 | - | - | 3,0 | 1,2 |
| | | | | Средний | Средний | | | | | | | | | |
| | | | | Большой | Темный | 600 | 200 | 200 | 20 | 15 | | | | |
| | | | г | Средний | Светлый | 400 | 200 | 200 | 40 | 15 | | | | |
| | | | | Большой | Светлый | | | | | | | | | |
| | | | | Большой | Средний | | | | | | | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Средней точности | IV | Свыше 0,5 до 1,0 | а | Малый | Темный | 750 | 200 | 300 | 40 | 20 | | | | |
| | | | б | Малый | Средний | 500 | 200 | 200 | 40 | 20 | | | | |
| | | | | Средний | Темный | | | | | | 4 | 1,5 | 2,4 | 0,9 |
| | | | в | Малый | Светлый | | | | | | | | | |
| | | | | Средний | Средний | 400 | 200 | 200 | 40 | 20 | | | | |
| | | | | Большой | Темный | | | | | | | | | |
| | | | г | Средний | Светлый | | | | | | | | | |
| | | | | Большой | Светлый | - | - | 200 | 40 | 20 | | | | |
| | | | | Большой | Средний | | | | | | | | | |
| Малой точности | Свыше 1,0 до 5,0 | V | а | Малый | Темный | 400 | 200 | 300 | 40 | 20 | | | | |
| | | | б | Малый | Средний | - | - | 200 | 40 | 20 | | | | |
| | | | | Средний | Темный | | | | | | 3 | 1 | 1,8 | 0,6 |
| | | | в | Малый | Светлый | - | - | 200 | 40 | 20 | | | | |
| | | | | Средний | Средний | | | | | | | | | |
| | | | | Большой | Темный | | | | | | | | | |
| | | | г | Средний | Светлый | | | | | | | | | |
| | | | | Большой | Светлый | - | - | 200 | 40 | 20 | | | | |
| | | | | Большой | Средний | | | | | | | 1,0 | | 0,6 |
| Грубая (очень малой точности) | Более 5,0 | VI | | Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном | | - | - | 200 | 40 | 20 | | 0,5 | | 0,5 |
| Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах | Более 0,5 | VII | | Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном | | - | - | 200 | 40 | 20 | 3 | 1 | 1,8 | 0,6 |
| Общее наблюдение за ходом производственного процесса: | | VIII | | | | | | | | | | | | |
| постоянное | | | а | То же | | - | - | 200 | 40 | 20 | 3 | 1 | 1,8 | 0,6 |
| периодическое при постоянном пребывании людей в помещении | | | б | То же | | - | - | 75 | - | - | 1 | 0,3 | 0,7 | 0,2 |
| периодическое при периодическом пребывании людей в помещении | | | в | Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном | | - | - | 50 | - | - | 0,7 | 0,2 | 0,5 | 0,2 |
| Общее наблюдение за инженерными коммуникациями | | | г | То же | | - | - | 20 | - | - | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 0,1 |

Приложение 2.

## Варианты заданий

| Вариант | Помещение | Габариты помещений | | Высота повеса светильника $H_р$, м | Наименьший размер объекта различения, мм | Контраст объекта различения с фоном | Характеристика фона | Характеристика помещения по условиям среды |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Длина А | Ширина В | | | | | |
| 1 | Вычислит. центр | 60 | 30 | 5 | 0,4 | Малый | Светлый | Небольшая запыленность |
| 2 | Дисплейн. класс | 35 | 20 | 4 | 0,35 | Малый | Светлый | Небольшая запыленность |
| 3 | Метрическая лаборатория | 25 | 10 | 5 | 0,13 | Средний | Светлый | Небольшая запыленность |
| 4 | Лаборатория тех.нического обслуживания ЭВМ | 25 | 12 | 4 | 0,31 | Средний | Средний | Небольшая запыленность |
| 5 | Аналитическая лаборатория | 20 | 10 | 5 | 0,48 | Средний | Средний | Небольшая запыленность |
| 6 | Кабинет черчения | 20 | 12 | 4 | 0,4 | Средний | Светлый | Небольшая запыленность |
| 7 | Механизиров. участок получения заготовок | 46 | 24 | 6 | 0,5 | Средний | Светлый | Большая запыленность |
| 8 | Аудитория | 40 | 18 | 6 | 0,4 | Большой | Светлый | Средняя запыленность |
| 9 | Участок сварки | 40 | 12 | 7 | 0,4 | Средний | Светлый | Средняя запыленность |
| 10 | Лаборатория механических испытаний | 66 | 18 | 5 | 0,35 | Большой | Средний | Небольшая запыленность |
| 11 | Участок импульсно-дуговой сварки | 56 | 18 | 8 | 0,4 | Средний | Светлый | Средняя запыленность |
| 12 | Участок автоматизиро-ванных установок | 90 | 24 | 8 | 0,45 | Большой | Средний | Средняя запыленность |
| 13 | Лаборатория металло-графических исследований | 36 | 12 | 5 | 0,49 | Средний | Средний | Небольшая запыленность |
| 14 | Инструмен-тальный цех | 76 | 24 | 6 | 0,23 | Большой | Средний | Небольшая запыленность |
| 15 | Участок цеха | 50 | 18 | 6 | 0,25 | Большой | Светлый | Небольшая запыленность |