

В. К. ИВАНОВ
С. А. ПАНИХИДНИКОВ
Н. В. САКОВА

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2018

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»
(СПбГУТ)

В. К. Иванов, С. А. Панихидников, Н. В. Сакова

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ

СПб ГУТ)))

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2018

УДК 355.58(075.8)
ББК 68.9я73
И 20

Рецензент
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры экологии
и безопасности жизнедеятельности СПбГУТ
К. Б. Греков

*Рекомендовано к печати
редакционно-издательским советом СПбГУТ*

Иванов, В. К.

И 20 Безопасность жизнедеятельности : учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ / В. К. Иванов, С. А. Панихидников, Н. В. Сакова ; СПбГУТ. – СПб., 2018. – 80 с.

Даны рекомендации по изучению теоретических вопросов для подготовки к выполнению лабораторных работ. Приведена методика выполнения лабораторных работ на персональной электронно-вычислительной машине, измерения и оценки физических факторов на рабочем месте.

Материал изложен в соответствии с учебным планом дисциплины «Безопасность жизнедеятельности».

Предназначено для студентов, обучающихся по всем направлениям.

**УДК 355.58(075.8)
ББК 68.9я73**

© Иванов В. К., Панихидников С. А., Сакова Н. В., 2018
© Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа 1 ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ТРЕХФАЗНЫХ СЕТЕЙ	4
Лабораторная работа 1 ИССЛЕДОВАНИЕ ОПАСНОСТИ ТРЕХФАЗНЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	22
Лабораторная работа 2 ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ЧЕЛОВЕКУ ПРИ ПОРАЖЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ	24
Лабораторная работа 3 ИССЛЕДОВАНИЕ ИОНИЗАЦИИ ВОЗДУХА	34
Лабораторная работа 3 ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АЭРОИОННОГО СОСТАВА ВОЗДУХА	44
Лабораторная работа 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ	45
Лабораторная работа 4 ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ	52
Лабораторная работа 5 ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ	53
Лабораторная работа 5 ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ	59
Лабораторная работа 6 ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ, ВЫБОР СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ	64

Лабораторная работа 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ ТРЕХФАЗНЫХ СЕТЕЙ

Цель работы

1. Исследовать опасность поражения человека электрическим током в 3-фазной сети с изолированной нейтралью при однополюсном прикосновении.
2. Исследовать опасность поражения человека электрическим током в 3-фазной сети с глухозаземленной нейтралью при однополюсном прикосновении.
3. Исследовать опасность поражения человека электрическим током в 3-фазной сети с изолированной и глухозаземленной нейтралью при двухполюсном прикосновении.

Содержание работы

1. Теоретическая часть, выводы, контрольные вопросы, литература [1, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13].
2. Экспериментальная часть, выводы.
3. Составление отчета и защита проделанной работы.

Теоретическая часть

Характеристика электрических сетей

Электрические сети с напряжением до 1000 В по количеству проводов подразделяют на:

- однопроводные (второй провод-рельс, «земля»);
- двухпроводные – сети постоянного и переменного однофазного тока;
- трехпроводные – сети 3-фазного переменного тока с глухозаземленной (рис. 1.1, а) и изолированной (рис. 1.1, б) нейтралью;

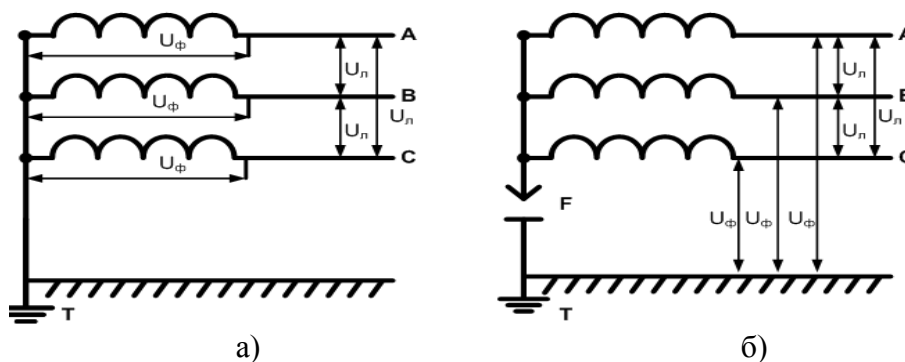


Рис. 1.1. Трехпроводная 3-фазная сеть переменного тока с глухозаземленной (а) и изолированной (б) нейтралью

– пятипроводные – сети переменного 3-фазного тока с глухозаземленной нейтралью, нулевым рабочим N и защитным PE проводами (рис. 1.2).

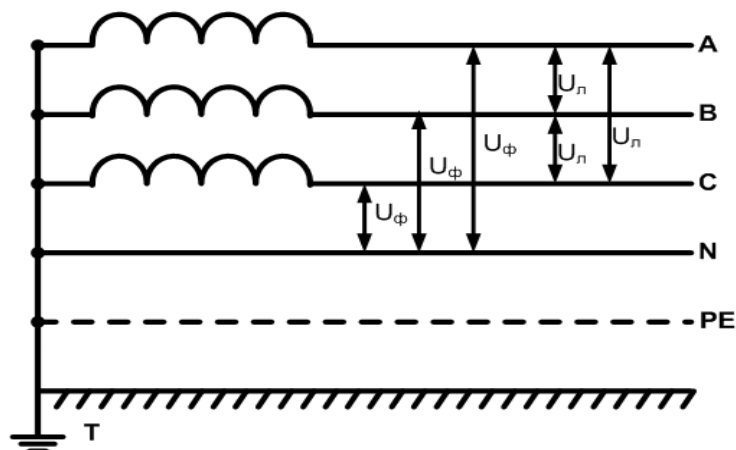


Рис. 1.2. Пятипроводная 3-фазная сеть переменного тока с глухозаземленной нейтралью, нулевым рабочим N и защитным PE проводами

При анализе электробезопасности сетей и электроустановок с напряжением до 1000 В и протяженностью до 1 км емкостью фазных проводов пренебрегают.

Векторные диаграммы напряжений 3-фазной сети переменного тока приведены на рис. 1.3.

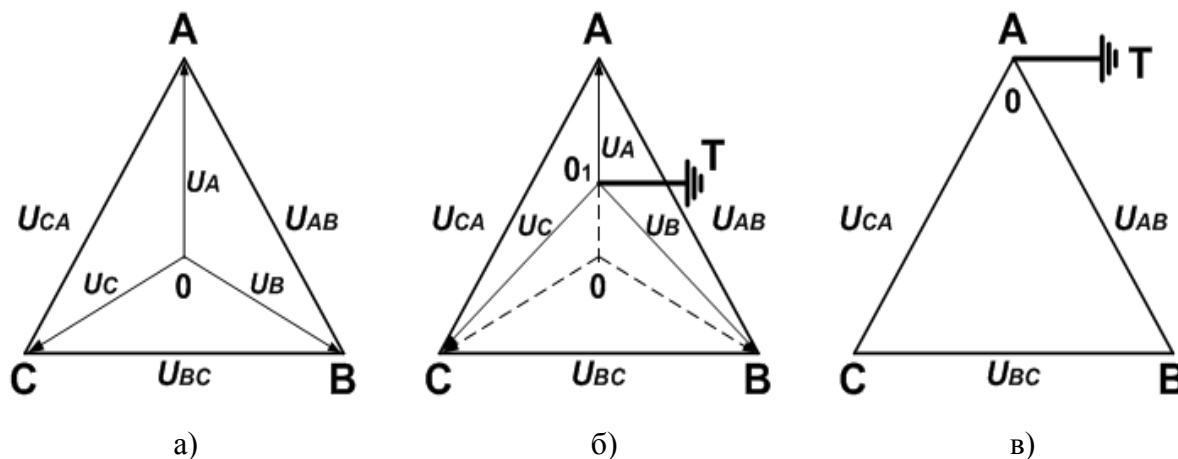


Рис. 1.3. Векторные диаграммы напряжений 3-фазной сети переменного тока: а) нормальный режим работы, т. е. сопротивления изоляции фазных проводов находятся в исправном состоянии; б) частичное замыкание фазного провода на «землю»; в) полное замыкание провода на «землю»

Из векторной диаграммы следует, что при исправной сети фазные напряжения U_A , U_B , U_C равны между собой (рис. 1.3, а) (угол сдвига фаз

равен 120°) и являются фазными напряжениями $U_{\text{ф}}$. Напряжения U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} равны между собой и представляют собой линейные напряжения $U_{\text{Л}}$. Линейные и фазные напряжения связаны между собой зависимостью:

$$U_{\text{Л}} = \sqrt{3} U_{\text{ф}} = 1,73 U_{\text{ф}}.$$

В случае если сопротивление одного из фазных проводов относительно «земли» уменьшается, то нулевая точка сдвигается по вектору соответствующего фазного напряжения (рис. 1.3, б), напряжение данной фазы уменьшается, а напряжения двух других фаз увеличиваются и стремятся к линейному. Если же сопротивление фазного провода равно нулю (замыкание на «землю»), то и напряжение этой фазы равно нулю, а напряжения двух других фаз становятся равным линейным (рис. 1.3, в).

Электрический ток и его опасность для человека

Опасность воздействия электрического тока на человека зависит от сопротивления тела человека и величины приложенного к нему напряжения, силы тока, проходящего через тело, длительности его воздействия, пути прохождения, рода и частоты тока, индивидуальных свойств человека и факторов окружающей среды.

По опасности воздействия на человека и в зависимости от величины токи делятся:

- *на ощутимые*, вызывающие первые ощущения воздействия тока – переменный ток от 0,6 до 1,5 мА и постоянный от 5 до 10 мА;
- *отпускающие*, при которых человек способен самостоятельно освободиться от контакта с токоведущими частями (переменный ток не более 10 мА и постоянный ток не более 50 мА);
- *неотпускающие*, при которых человеку необходима помощь для освобождения от токоведущих частей (переменный ток более 10 мА и постоянный ток более 50 мА);
- *фибрилляционные*, вызывающие неkoordinированные сокращения мышц сердца (фибрилляцию), ведущие к прекращению кровообращения (переменный ток от 100 мА до 5 А и постоянный ток от 300 мА до 5 А).

Важно!

Опасной величиной тока, протекающего через внутренние органы человека, можно считать для переменного тока 10 мА и для постоянного тока – 50 мА.

Смертельным для человека считается ток, проходящий через внутренние органы человека величиной 100 мА, и выше при воздействии 0,5 с и более!

В общем случае, при любом прикосновении человека к электрической сети, величина тока, протекающего через тело человека, зависит от напряжения сети, схемы электрической сети (режима включения нейтральной точки трансформатора), сопротивления изоляции и величины емкости токонесущих проводов относительно «земли».

Электрическое сопротивление тела человека

Общее электрическое сопротивление тела человека (R_h) определяется сопротивлениями кожного покрова и внутренних органов.

Электрическое сопротивление кожного покрова неодинаково у разных людей и неодинаково на различных частях поверхности тела одного и того же человека, зависит от физических параметров окружающей среды и состояния организма человека.

Сопротивление кожного покрова тела человека зависит от следующих основных факторов:

- состояния кожи (чистая, грязная, влажная, сухая);
- от места приложения электродов;
- величины поверхности прикосновения к электродам и плотностью контакта с поверхностью;
- частоты тока;
- длительности прохождения тока.

При сухой, неповрежденной коже электрическое сопротивление тела человека составляет непостоянную величину и колеблется в пределах $R_h = 10...100$ кОм. При повреждении верхнего слоя сопротивление тела человека снижается и приближается к сопротивлению его внутренних органов $R_h = 600...800$ Ом. Сопротивление тела человека падает при увеличении значения тока и длительности его прохождения.

Повышение напряжения, приложенного к телу человека, уменьшает в десятки раз сопротивление кожи, а следовательно, и полное сопротивление тела, которое приближается к своему наименьшему значению 300–500 Ом. Это объясняется пробоем рогового слоя кожи, ростом тока, проходящего через кожу, и другими факторами.

Род тока и частота также влияют на значение электрического сопротивления. При частотах 10–20 кГц наружный слой кожи практически утрачивает сопротивление электрическому току.

Для экспериментальных расчетов сопротивление тела человека принято считать равным 1000 Ом.

Сеть с глухозаземленной нейтралью

Заземленная нейтраль – это соединение средней точки вторичной обмотки трансформатора с заземляющим устройством T , обладающим сопротивлением R_T (рис. 1.4).

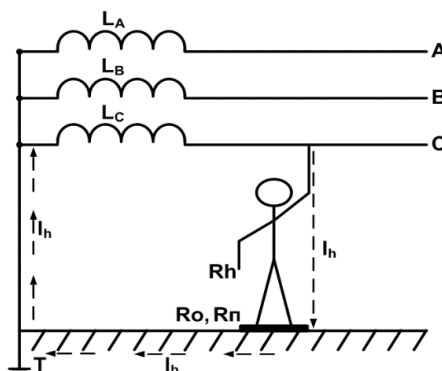


Рис. 1.4. Однополюсное прикосновение человека к неповрежденной 3-фазной сети с глухозаземленной нейтралью

Однополюсное прикосновение человека к неповрежденной трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью

Согласно нормам, сопротивление заземления нейтрали R_T не превышает 4 Ом, что существенно меньше сопротивления изоляции проводов R_A , R_B , R_C и реактивных сопротивлений фаз C_A , C_B , C_C относительно «земли», а поэтому при определении величины тока I_h , протекающего через тело человека в случае однополюсного прикосновения, сопротивлениями изоляции проводов R_A , R_B , R_C относительно «земли» пренебрегают, и ток I_h , протекающий через тело человека при однополюсном прикосновении к 3-фазной неповрежденной сети с глухозаземленной нейтралью, определяется по формуле

$$I_h = U_{\phi} / (R_h + R_T).$$

Поскольку сопротивление заземления R_T существенно меньше сопротивления тела человека R_h , то сопротивлением R_T пренебрегаем и тогда ток через тело человека определяется по формуле

$$I_h = U_{\phi} / R_h.$$

При однополюсном прикосновении человека к одной из фаз 3-фазной сети с глухозаземленной нейтралью он практически попадает под фазное напряжение U_{ϕ} . Ток проходящий через тело человека I_h не зависит от со-

противления заземления R_T , сопротивления изоляции проводов R_A, R_B, R_C и емкости фазных проводов C_A, C_B, C_C относительно «земли». Электробезопасность человека существенно повышает сопротивление обуви $R_{об}$ и пола R_n , которые последовательно складываются с сопротивлением тела человека R_h . В этом случае ток через тело человека I_h определяется выражением

$$I_h = U_{\phi} / (R_h + R_{об} + R_n).$$

Двухполюсное прикосновение человека к неповрежденной трехфазной сети с глухозаземленной нейтралью

Из рис. 1.5 видно, что человек находится под линейным напряжением U_L и ток через тело человека I_h протекает по цепи «рука–рука».

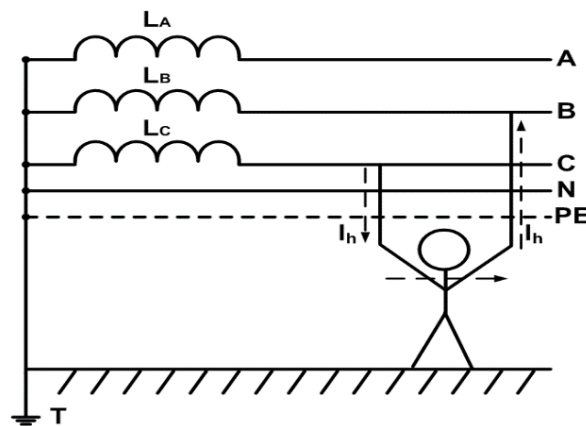


Рис. 1.5. Двухполюсное прикосновение человека к неповрежденной 3-фазной сети с глухозаземленной нейтралью

В этом случае величина тока I_h , протекающего через тело человека, зависит от величины линейного напряжения U_L , сопротивления тела человека R_h и определяется по формуле

$$I_h = U_L / R_h = \sqrt{3} U_{\phi} / R_h.$$

В этом случае сопротивление обуви $R_{об}$ и пола R_n не оказывают влияния на величину тока I_h , протекающего через тело человека.

Сеть с изолированной нейтралью

Изолированная нейтраль представляет собой неизолированный (голый) провод, соединяющий нулевую точку вторичной обмотки трансформатора через пробивной предохранитель F , приборы сигнализации (приборы, имеющие большое внутреннее сопротивление) с «землей» (рис. 1.1, б).

В 3-фазных сетях с изолированной нейтралью величина тока I_h , протекающего через тело человека прикоснувшегося к фазному проводу, зависит от напряжения сети, сопротивления изоляции R_A, R_B, R_C и емкости C_A, C_B, C_C фазных проводов относительно «земли». Емкость фазных проводов C_A, C_B, C_C относительно «земли» определяется удельным сопротивлением диэлектриков, длиной проводов и конструкцией сети (воздушные или кабельные линии электропередачи).

При анализе опасности поражения человека электрическим током различают сети, в которых емкость мала и не оказывает влияния на величину поражающего тока, и сети, в которых емкость оказывает влияние на опасность поражения человека.

К электрическим сетям с малой емкостью относятся сети с напряжением до 1000 В и протяженностью:

- воздушных линий (практически при любой длине);
- кабельных линий (до 1 км).

Так как емкость сети относительно «земли» мала, она в расчетах не учитывается.

К электрическим сетям с большой емкостью относятся:

- кабельные линии напряжением до 1000 В и длиной более 1 км;
- кабельные и воздушные линии электропередачи с напряжением выше 1000 В при любой их длине.

Однополюсное прикосновение человека к неповрежденной сети с изолированной нейтралью и малой емкостью относительно «земли»

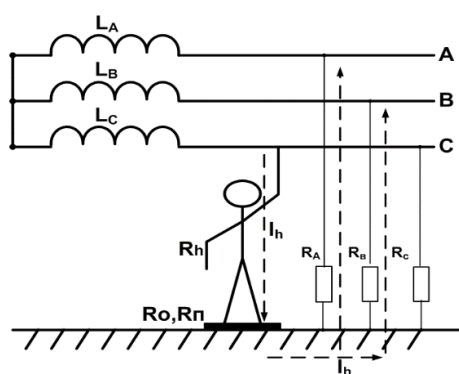


Рис. 1.6. Однополюсное прикосновение человека к неповрежденной сети с изолированной нейтралью и малой емкостью относительно «земли»

При анализе опасности прикосновения человека к фазе в сетях небольшой протяженности емкостью фазных проводов C_A, C_B, C_C относительно «земли» пренебрегают и полагают $C_A = C_B = C_C = 0$ (рис. 1.6).

Прикосновение человека к одной из фаз сети, например, к фазе C , создает электрическую цепь замыкания тока через тело человека, «землю» и сопротивления изоляции фаз A и B .

До прикосновения человека к фазе C , при равенстве сопротивлений изоляции $R_A = R_B = R_C$, протекающие через эти сопротивления токи утечки равны между собой $I_A = I_B = I_C$.

В этом случае имеют место уравнения

$$U_A = I_A R_A; U_B = I_B R_B; U_C = I_C R_C,$$

где U_A, U_B, U_C – напряжения фазных проводов относительно «земли».

В случае прикосновения человека к фазе C сопротивление этой фазы относительно «земли» уменьшается (параллельное включение сопротивлений тела человека R_h и сопротивления изоляции R_C фазного провода) и приближается к сопротивлению тела человека R_h , нарушается симметрия системы и происходит перераспределение фазных напряжений по отношению к «земле» (рис. 1.3, б).

Из векторной диаграммы напряжений видно, что напряжение этой фазы уменьшается, а напряжение двух других фаз увеличивается. Нулевая точка источника относительно «земли» перемещается из точки «0» в точку «0–0₁» (рис. 1.3, б).

Учитывая, что фазные напряжения равны между собой, величина напряжения в точке «0–0₁» определяется по формуле

$$U_0 = U_C R_{\text{И}} / (3 R_h + R_{\text{И}})$$

и ток, протекающий через тело человека, определяется выражением

$$I_h = 3 U_C / (3 R_h + R_{\text{И}}),$$

где $R_{\text{И}}$ – сопротивление изоляции фазных проводов относительно «земли».

Так как $U_C = U_{\text{Ф}}$, то ток I_h , протекающий через тело человека, определяется по формуле

$$I_h = 3 U_{\text{Ф}} / (3 R_h + R_{\text{И}}).$$

Итак, в случае прикосновения к одному из фазных проводов 3-фазной сети с изолированной нейтралью человек находится под защитой сопротивления изоляции фазных проводов R_A, R_B, R_C относительно «земли». При хорошей изоляции проводов прикосновение человека к одной из фаз в сетях с изолированной нейтралью и напряжением до 1000 В практически считается безопасным. В процессе эксплуатации изоляция токоведущих частей может понизиться и оказаться в аварийном состоянии. В этом случае опасность поражения человека электрическим током резко возрастает.

*Однополюсное прикосновение человека
к трехфазной сети с изолированной нейтралью
при замыкании одной из фаз на «землю»*

В случае замыкания одной из фаз на «землю» человек, касаясь неповрежденной фазы (рис. 1.7), практически попадает под линейное напряжение, и ток, проходящий через тело человека, определяется по формуле

$$I_h = U_{\text{Л}} / R_h.$$

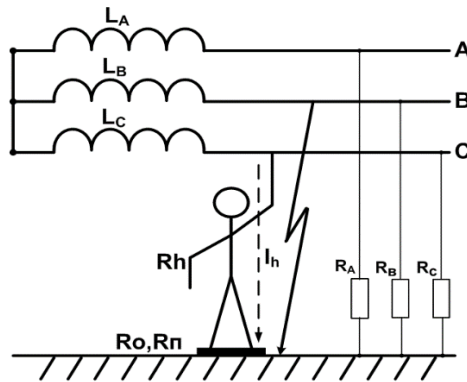


Рис. 1.7. Однополюсное прикосновение человека к 3-фазной сети с изолированной нейтралью при замыкании одной из фаз на «землю»

Защитную роль в данном случае могут сыграть сопротивления обуви $R_{об}$ и пола $R_{п}$. С учетом этих сопротивлений, ток I_h , проходящий через тело человека, определяется по формуле

$$I_h = U_{л} / (R_h + R_{об} + R_{п}).$$

Двухполюсное (двухфазное) прикосновение человека к трехфазной сети с изолированной нейтралью

Величина тока, протекающего через тело человека, определяется только линейным напряжением, под которое попадает человек (рис. 1.8), сопротивлением тела человека и определяется по формуле

$$I_h = U_{л} / R_h.$$

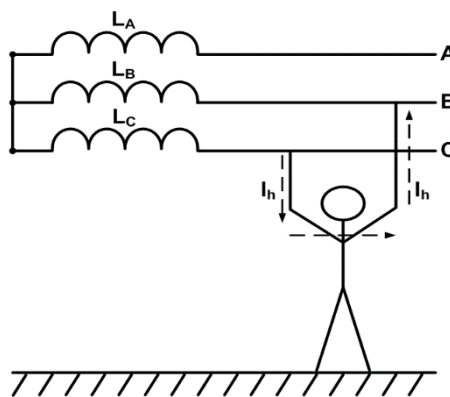


Рис. 1.8. Двухполюсное прикосновение человека к 3-фазной сети переменного тока с изолированной нейтралью

В этом случае параметры сети, кроме напряжения, определяющие величину тока I_h , протекающего через тело человека, влияния не оказывают.

Выводы

1. Наиболее опасным является двухполюсное прикосновение, при котором, независимо от режима нейтрали, человек оказывается под линейным напряжением $U_{\text{л}}$. В этом случае сопротивления изоляции фазных проводов R_A, R_B, R_C , пола $R_{\text{п}}$ и обуви $R_{\text{об}}$ не оказывают защитного действия.

2. При однополюсном прикосновении к сети с заземленной нейтралью человек практически всегда оказывается под фазным напряжением $U_{\text{ф}}$.

3. При однополюсном прикосновении человека в сети с изолированной нейтралью опасность прикосновения определяется параметрами связи сети с «землей». Напряжение прикосновения, воздействующее на человека, изменяется от нуля, в случае идеальной изоляции фазных проводов и малой емкости фаз относительно «земли», до линейного напряжения $U_{\text{л}}$ в случае замыкания одной из фаз на «землю».

4. Для обеспечения электробезопасности рекомендуется применять:

– сети с изолированной нейтралью в коротких и малоразветвленных сетях, позволяющих вести постоянный контроль и надзор за электрооборудованием и обеспечивать высокий уровень сопротивления изоляции токонесущих проводов относительно «земли»;

– сети с глухозаземленной нейтралью в длинных разветвленных линиях электропередачи, в которых сложно обеспечить постоянный контроль за состоянием изоляции.

5. В 5-проводных сетях с нулевым рабочим N (нейтральным) и PE (защитным) проводами всегда необходимо заземлять нейтраль.

Контрольные вопросы

1. Характеристика электрических сетей с напряжением до 1000 В.
2. Векторные диаграммы напряжений 3-фазных сетей переменного тока.
3. Опасности воздействия электрического тока на человека.
4. Электрическое сопротивление тела человека.
5. Что понимают под линейным и фазным напряжением? Какая существует между ними зависимость?
6. Какие сети переменного тока называют трех- и пятипроводными? Какую задачу выполняет 5-й провод трехфазной сети переменного тока?
7. От каких факторов зависит опасность поражения человека электрическим током?
8. Какова величина сопротивления тела человека и от чего она зависит?
9. Какой величины ток считается опасным для жизни человека?
10. Как меняется опасность поражения человека электрическим током в зависимости от частоты тока?
11. Какие напряжения считаются безопасными для жизни человека?

12. Причины, вызывающие поражение человека электрическим током.
13. От каких факторов зависит опасность поражения при прикосновении человека к сети трехфазного тока?
14. Как определяется величина тока, протекающего через тело человека, при однополюсном прикосновении:
 - а) к сети трехфазного тока с изолированной нейтралью?
 - б) к сети трехфазного тока с заземленной нейтралью?
 - в) к сети, обладающей большой емкостью фазных проводов относительно «земли»?
15. В каких сетях и почему сопротивление изоляции проводов относительно «земли» не защищает человека от поражения электрическим током?
16. В каких случаях следует применять 3-фазную сеть с изолированной нейтралью, а в каких – с заземленной нейтралью?
17. Какова должна быть величина сопротивления изоляции в электроустановках с напряжением до 1000 В?
18. Как определить величину тока через тело человека при замыкании одной фазы на «землю»?

Экспериментальная часть

1. Исследовать опасность поражения человека электрическим током в 3-фазной сети переменного тока с изолированной нейтралью при однополюсном прикосновении к одной из фаз в зависимости от сопротивления изоляции фаз R_A , R_B , R_C , емкости фазных проводов относительно «земли» C_A , C_B , C_C и сопротивления цепи замыкания тока, протекающего через тело человека I_h на «землю», обладающего сопротивлением R_h , с учетом сопротивления обуви $R_{об}$, пола $R_{п}$.

2. Исследовать опасность поражения человека электрическим током в 3-фазной сети переменного тока с глухозаземленной нейтралью при однополюсном прикосновении к одной из фаз в зависимости от величины сопротивления заземляющего устройства R_T , сопротивления изоляции фазных проводов R_A , R_B , R_C и сопротивления цепи замыкания тока, протекающего через тело человека I_h на «землю», обладающего сопротивлением R_h , с учетом сопротивления обуви $R_{об}$, пола $R_{п}$.

3. Исследовать опасность поражения человека электрическим током в 3-фазной сети переменного тока с изолированной и глухозаземленной нейтралью при двухполюсном прикосновении в зависимости от величины сопротивления заземляющего устройства R_T , сопротивления изоляции фазных проводов R_A , R_B , R_C и сопротивления цепи замыкания тока, протекающего через тело человека I_h на «землю», обладающего сопротивлением R_h , с учетом сопротивления обуви $R_{об}$, пола $R_{п}$.

Лабораторная установка – моделирующий стенд

Лабораторная установка представляет собой моделирующий стенд, позволяющий моделировать различные режимы работы и различные параметры 3-фазной сети. Моделирующий стенд состоит из силовой части, расположенной внутри лабораторной установки, и передней панели управления с измерительными приборами.

На передней панели расположены органы управления установкой и измерительные приборы:

$S1$ – тумблер для подключения заземления нейтрали;

$SA2$ – тумблер включения питания стенда (включение сети);

A, B, C – фазные провода 3-фазной сети;

N – нулевой рабочий провод;

PE – нулевой защитный провод;

T – заземление нейтрали;

$FU1, FU2, FU3$ – предохранители в сети переменного тока после 3-фазного трансформатора;

$S3, S5, S7$ – переключатели, имитирующие сопротивление изоляции фазных проводов R_A, R_B, R_C 3-фазной сети переменного тока;

$S4, S6, S8$ – переключатели, имитирующие емкость фазных проводов C_A, C_B, C_C 3-фазной сети переменного тока;

mA – миллиамперметр для измерения тока, протекающего через тело человека I_h ;

V – вольтметр (V) для измерения фазного U_Φ и линейного U_Δ напряжений 3-фазной сети переменного тока;

$S9, S10$ – переключатели, имитирующие руки человека при одно- и двухполюсном прикосновении в 3-фазной сети переменного тока;

$S11$ – переключатель «ОП-ДП» имитирующий одно- и двухполюсное прикосновение человека;

R_h – сопротивление тела человека;

$S12$ – переключатель, коммутирующий величину R^* ($R^* = R_h + R_{об} + R_{п}$) с учетом сопротивления тела человека R_h , обуви $R_{об}$ и пола $R_{п}$:

$R_1^* = R_h = 1000 \text{ Ом}$ (сопротивление тела человека, принимаемое в расчетах по электробезопасности),

$R_2^* = R_h + R_{об1} + R_{п4}$ (человек в мокрой обуви на мокром бетонном полу),

$R_3^* = R_h + R_{об2} + R_{п5}$ (человек в мокрой обуви на мокром деревянном полу),

$R_4^* = R_h + R_{об3} + R_{п6}$ (человек в сухой обуви на сухом деревянном полу);

$S13$ – переключатель для подключения вольтметра при измерении фазных и линейных напряжений в 3-фазной сети переменного тока.

Управление лабораторной установкой

1. Работа с переключателями $S1, S3, S5, S7, S4, S6, S8, S9, S10, S12, S13$.

Для этого:

- навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки выделить переключатель в синий цвет;
- навести курсор в нужную зону переключения и левой клавишей мышки осуществить переключение.

2. Работа с переключателем $SA2, S11$.

Для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки осуществить переключение.

Порядок выполнения исследовательской работы

1. Изучить действие электрического тока на организм человека и условия электробезопасности при работе с электроустановками напряжением до 1000 В [1, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13].

Особое внимание следует обратить :

- на действие электрического тока на организм человека;
- условия поражения человека электрическим током;
- характеристику электрических сетей;
- методы анализа электробезопасности сетей переменного тока.

2. Рассмотреть:

- возможные случаи однополюсного прикосновения человека к фазным проводам 3-фазной сети переменного тока с изолированной и заземленной нейтралью;
- пути прохождения тока через тело человека при одно- и двухполюсном прикосновении человека к фазным проводам в 3-фазной сети переменного тока с изолированной и заземленной нейтралью.

3. Провести необходимые измерения по заданию, занести данные измерений в таблицы, построить графики и векторные диаграммы, сделать выводы.

Проведение исследований и обработка полученных результатов

1. Измерить линейные и фазные напряжения 3-фазной сети переменного тока.

Для этого:

- тумблером $SA2$ включить питание стенда: навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки осуществить включение;
- измерить линейные и фазные напряжения, поочередно подключая вольтметр (V) переключателем $S13$ к «A–B», «A–C», «B–C», «A–N», «B–N»,

«C–N», «A– $\frac{1}{2}$ », «B– $\frac{1}{2}$ », «C– $\frac{1}{2}$ ». Для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки выделить переключатель в синий цвет, навести курсор в нужную зону переключения и левой клавишей мышки осуществить переключение.

Данные измерений занести в табл. 1.1 протокола отчета.

Установить переключатель S13 в положение «Стенд» – в этом положении к стенду подключен миллиамперметр (mA) и вольтметр (V). Для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки выделить переключатель в синий цвет, навести курсор в нужную зону переключения и левой клавишей мышки осуществить переключение.

2. Исследовать опасность поражения человека электрическим током при однополюсном прикосновении в 3-фазной сети переменного тока с изолированной нейтралью в зависимости от сопротивления изоляции фазных проводов R_A , R_B , R_C , емкости фазных проводов относительно «земли» C_A , C_B , C_C и сопротивления R^* цепи замыкания тока I_h на «землю» через тело человека, обладающего сопротивлением R_h с учетом сопротивления обуви $R_{об}$, пола $R_{п}$.

Для этого:

- переключатель S1 установить в положение « ∞ ». Для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки выделить переключатель в синий цвет, навести курсор в нужную зону переключения и левой клавишей мышки осуществить переключение;

- переключатель S11 установить в положение «ОП». Для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки осуществить переключение;

- переключатель S9 установить в положение «A». Для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки выделить переключатель в синий цвет, навести курсор в нужную зону переключения и левой клавишей мышки осуществить переключение;

- изменяя переключателями S3, S5, S7 (для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки выделить переключатель в синий цвет, навести курсор в нужную зону переключения и левой клавишей мышки осуществить переключение) сопротивление изоляции R_A , R_B , R_C фазных проводов 3-фазной сети переменного тока, исследовать функцию $I_h = f(R_{и})$ (функция зависимости тока I_h , протекающего через тело человека, от величины сопротивления изоляции R_A , R_B , R_C фазных проводов 3-фазной сети переменного тока). Результаты измерений занести в табл. 1.2 протокола отчета;

- изменяя переключателем S12 (для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки выделить переключатель

в синий цвет, навести курсор в нужную зону переключения и левой клавишей мышки осуществить переключение) величину R^* ($R^* = R_h + R_{об} + R_{п}$) с учетом сопротивления тела человека R_h , обуви $R_{об}$ и пола $R_{п}$, исследовать функцию $I_h = f(R^*)$ (функция зависимости тока I_h , протекающего через тело человека от величины сопротивления тела человека (R_h), обуви ($R_{об}$) и пола ($R_{п}$)).

Результаты измерений занести в табл. 1.2 протокола отчета.

Сделать вывод об опасности прикосновения человека к фазному проводу 3-фазной сети переменного тока с изолированной нейтралью в зависимости от сопротивления изоляции фазных проводов R_A, R_B, R_C , емкости фазных проводов относительно «земли» C_A, C_B, C_C и сопротивления R^* цепи замыкания тока I_h на «землю» через тело человека (R_h с учетом сопротивления обуви $R_{об}$, пола $R_{п}$).

3. Исследовать опасность поражения человека электрическим током в 3-фазной сети переменного тока с глухозаземленной нейтралью при однополюсном прикосновении в зависимости от величины сопротивления R_T заземляющего устройства T , сопротивления изоляции фазных проводов R_A, R_B, R_C и сопротивления R^* цепи замыкания тока I_h на «землю» через тело человека (R_h с учетом сопротивления обуви $R_{об}$, пола $R_{п}$).

Для этого:

- переключатель $S1$ установить в положение «4 Ом». Для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки выделить переключатель в синий цвет, навести курсор в нужную зону переключения и левой клавишей мышки осуществить переключение;

- переключатель $S11$ установить в положение «ОП». Для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки осуществить переключение;

- переключатель $S9$ установить в положение A . Для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки выделить переключатель в синий цвет, навести курсор в нужную зону переключения и левой клавишей мышки осуществить переключение ($R_{и}$ – сопротивление изоляции фазы, вариант которой определяет преподаватель);

- изменяя переключателями $S3, S5, S7$ (для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки выделить переключатель в синий цвет, навести курсор в нужную зону переключения и левой клавишей мышки осуществить переключение) сопротивление изоляции R_A, R_B, R_C фазных проводов 3-фазной сети переменного тока, исследовать функцию $I_h = f(R_{и})$ (функция зависимости тока I_h , протекающего через тело человека, от величины сопротивления изоляции R_A, R_B, R_C фазных проводов

3-фазной сети переменного тока). Результаты измерений занести в табл. 1.3 протокола отчета.

– изменяя переключателем $S12$ (для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки выделить переключатель в синий цвет, навести курсор в нужную зону переключения и левой клавишей мышки осуществить переключение) величину R^* ($R^* = R_h + R_{об} + R_{п}$) с учетом сопротивления тела человека R_h , обуви $R_{об}$ и пола $R_{п}$, исследовать функцию $I_h = f(R^*)$ (функция зависимости тока I_h , протекающего через тело человека, от величины сопротивления тела человека R_h , обуви $R_{об}$ и пола $R_{п}$).

Результаты измерений занести в табл. 1.3 протокола отчета.

Сделать вывод об опасности прикосновения человека к фазному проводу 3-фазной сети переменного тока с глухозаземленной нейтралью в зависимости от величины сопротивления изоляции R_A, R_B, R_C , емкости C_A, C_B, C_C фазных проводов относительно «земли» и сопротивления R^* (сопротивление тела человека R_h с учетом сопротивления обуви $R_{об}$, пола $R_{п}$).

4. Исследовать опасность поражения человека электрическим током в 3-фазной сети переменного тока с глухозаземленной нейтралью при двухполюсном прикосновении в зависимости от величины сопротивления изоляции фазных проводов R_A, R_B, R_C и сопротивления R^* цепи замыкания тока I_h на «землю» через тело человека (R_h с учетом сопротивления обуви $R_{об}$, пола $R_{п}$).

Для этого:

– переключатель $S1$ установить в положение «4 Ом». Для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки выделить переключатель в синий цвет, навести курсор в нужную зону переключения и левой клавишей мышки осуществить переключение;

– переключатель $S11$ установить в положение «ДП». Для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки осуществить переключение;

– переключатели $S9, S10$ установить в положение, имитирующее руки человека при двухполюсном прикосновении в 3-фазной сети переменного тока. Для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки выделить переключатель в синий цвет, навести курсор в нужную зону переключения и левой клавишей мышки осуществить переключение ($R_{и}$ – сопротивление изоляции фазы, вариант которой определяет преподаватель);

– изменяя переключателями $S3, S5, S7$ (для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки выделить переключатель в синий цвет, навести курсор в нужную зону переключения и

левой клавишей мышки осуществить переключение) сопротивление изоляции R_A, R_B, R_C фазных проводов 3-фазной сети переменного, тока исследовать функцию $I_h = f(R_{и})$ (зависимости тока I_h , протекающего через тело человека, от величины сопротивления изоляции R_A, R_B, R_C фазных проводов 3-фазной сети переменного тока). Результаты измерений занести в табл. 1.4 протокола отчета;

– изменяя переключателем S12 (для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки выделить переключатель в синий цвет, навести курсор в нужную зону переключения и левой клавишей мышки осуществить переключение) величину R^* ($R^* = R_h + R_{об} + R_{п}$) с учетом сопротивления тела человека R_h , обуви $R_{об}$ и пола $R_{п}$, исследовать функцию $I_h = f(R^*)$ (функция зависимости тока I_h , протекающего через тело человека, от величины сопротивления тела человека R_h , обуви $R_{об}$ и пола $R_{п}$).

Результаты измерений занести в табл. 1.4 протокола отчета.

Сделать вывод об опасности двухполюсного прикосновения человека к фазным проводам 3-фазной сети переменного тока с глухозаземленной нейтралью в зависимости от сопротивления изоляции фазных проводов R_A, R_B, R_C и сопротивления R^* (сопротивление тела человека R_h с учетом сопротивления обуви $R_{об}$, пола $R_{п}$).

5. Исследовать опасность поражения человека электрическим током в 3-фазной сети переменного тока с изолированной нейтралью при двухполюсном прикосновении в зависимости от величины сопротивления изоляции фазных проводов R_A, R_B, R_C и сопротивления R^* цепи замыкания тока I_h на «землю» через тело человека (R_h с учетом сопротивления обуви $R_{об}$, пола $R_{п}$).

Для этого:

– переключатель S1 установить в положение «∞». Для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки выделить переключатель в синий цвет, навести курсор в нужную зону переключения и левой клавишей мышки осуществить переключение;

– переключатель S11 установить в положение «ДП». Для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки осуществить переключение;

– переключатели S9, S10 установить в положение, имитирующее руки человека при двухполюсном прикосновении в 3-фазной сети переменного тока. Для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки выделить переключатель в синий цвет, навести курсор в нужную зону переключения и левой клавишей мышки осуществить переключение ($R_{и}$ – сопротивление изоляции фазы, вариант которой определяет преподаватель);

– изменяя переключателями $S3$, $S5$, $S7$ (для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки выделить переключатель в синий цвет, навести курсор в нужную зону переключения и левой клавишей мышки осуществить переключение) сопротивление изоляции R_A , R_B , R_C фазных проводов 3-фазной сети переменного тока, исследовать функцию $I_h = f(R_{и})$ (функция зависимости тока I_h , протекающего через тело человека, от величины сопротивления изоляции R_A , R_B , R_C фазных проводов 3-фазной сети переменного тока). Результаты измерений занести в табл. 1.4 протокола отчета;

– изменяя переключателем $S12$ (для этого навести курсор на обозначение переключателя и левой клавишей мышки выделить переключатель в синий цвет, навести курсор в нужную зону переключения и левой клавишей мышки осуществить переключение) величину R^* ($R^* = R_h + R_{об} + R_{п}$) с учетом сопротивления тела человека R_h , обуви $R_{об}$ и пола $R_{п}$, исследовать функцию $I_h = f(R^*)$ (функция зависимости тока I_h , протекающего через тело человека, от величины сопротивления тела человека R_h , обуви $R_{об}$ и пола $R_{п}$).

Результаты измерений занести в табл. 1.4 протокола отчета.

Сделать вывод об опасности двухполюсного прикосновения человека к фазным проводам 3-фазной сети переменного тока с изолированной нейтралью в зависимости от сопротивления изоляции фазных проводов R_A , R_B , R_C и сопротивления R^* (сопротивление тела человека R_h с учетом сопротивления обуви $R_{об}$, пола $R_{п}$).

Отчет о проделанной работе

Отчет должен содержать:

- наименование работы;
- цель работы;
- таблицы с результатами измерений;
- графики прохождения тока через тело человека в зависимости от заданных условий;
- эквивалентные схемы прикосновения человека к фазным проводам и пути прохождения тока в этих случаях;
- краткие выводы по пунктам работы.

Лабораторная работа 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПАСНОСТИ ТРЕХФАЗНЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Состав бригады: _____ 20 ____ г.

Результаты измерений

Таблица 1.1

Положение переключателя S13	$A-B$	$A-C$	$B-C$	$A-N$	$B-N$	$C-N$	A_{\perp}	B_{\perp}	C_{\perp}
Показания вольтметра V									

Таблица 1.2

Условия при измерениях	$I_h = f(R_n)$ при: $C_A = C_B = C_C = 0$ $R^* = 1 \text{ кОм}$			$I_h = f(R^*)$ при: $R_A = R_B = R_C = 1 \text{ кОм};$ $C_A = C_B = C_C = 0$		
Режим сети	$R, \text{кОм}$	$I_h, \text{мА}$	$U, \text{В}$	$R^*, \text{кОм}$	$I_h, \text{мА}$	$U, \text{В}$
3-фазная с изолированной нейтралью	500			R_1^*		
	15			R_2^*		
	5			R_3^*		
	1			R_4^*		
	0,05					

Таблица 1.3

Условия при измерениях	$I_h = f(R_n)$ при: $C_A = C_B = C_C = 0$ $R^* = 1 \text{ кОм}$			$I_h = f(R^*)$ при: $R_A = R_B = R_C = 1 \text{ кОм};$ $C_A = C_B = C_C = 0$		
Режим сети	$R, \text{кОм}$	$I_h, \text{мА}$	$U, \text{В}$	$R^*, \text{кОм}$	$I_h, \text{мА}$	$U, \text{В}$
3-фазная с глухозаземленной нейтралью	500			R_1^*		
	15			R_2^*		
	5			R_3^*		
	1			R_4^*		
	0,05					

Таблица 1.4

Условия при измерениях	$I_h = f(R_{и})$ R_A, R_B, R_C (стенд) $C_A = C_B = C_C = 0$			$I_h = f(R^*)$ $R^* = R_h + R_{об} + R_{п}$ $C_A = C_B = C_C = 0$		
Режим сети	R , кОм	I_h , мА	U , В	R^* , кОм	I_h , мА	U , В
3-фазная с глухозаземленной нейтралью $R_T = 4$ Ом	500			R_1^*		
	15			R_2^*		
	5			R_3^*		
	1			R_4^*		
	0,05					
3-фазная с изолированной нейтралью	500			R_1^*		
	15			R_2^*		
	5			R_3^*		
	1			R_4^*		
	0,05					

Рекомендуемая литература

1. Баклашов, Н. И. Охрана труда на предприятиях связи / Н. И. Баклашов, Н. А. Короткова. – М. : Радио и связь, 1985.
2. Безопасность деятельности. Энциклопедический словарь / под ред. О. Н. Рукаса. – СПб. : Информационное изд-во Лик, 2003.
3. Воздвиженский, Ю. М. Экология: проблемы, решения на предприятиях связи / Ю. М. Воздвиженский, Н. А. Короткова, Е. Н. Костромина ; СПбГУТ. – СПб., 2003.
4. Гончаров, Н. Р. Охрана труда на предприятиях связи / Н. Р. Гончаров. – М. : Связь, 1971.
5. Долин, П. А. Основы техники безопасности в электрических установках / П. А. Долин. – М. : Энергия, 1979
6. Князевский, Б. А. Охрана труда в электроустановках / Б. А. Князевский. – М. : Энергия, 1977.
7. Найфельд, М. Р. Заземление, защитные меры электробезопасности / М. Р. Найфельд. – М. : Энергия, 1971.
8. Охрана труда. – М. : Высш. шк., 1982.
9. Павлов, А. Н. Экология, рациональное природопользование и безопасность жизнедеятельности / А. Н. Павлов. – М. : Высш. шк., 2005.
10. Правила устройства электроустановок. – Изд.7-ое. – СПб. : ЦОТПБСП, 2002 г.
11. ГОСТ 12.1.009-76. ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения.
12. ГОСТ 12.1.030-81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
13. ГОСТ 464-79. Заземления для стационарных установок проводной связи, радиорелейных станций, радиотрансляционных узлов и антенн систем коллективного приема телевидения. Нормы сопротивления.

Лабораторная работа 2

ПЕРВАЯ ПОМОЩЬ ЧЕЛОВЕКУ ПРИ ПОРАЖЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ

Цель работы: получить представление об опасных и вредных факторах среды обитания человека и несчастных случаях, потенциально угрожающих человеку; освоить основные правила освобождения пострадавшего от действия электрического тока и оказания ему доврачебной помощи.

Теоретическая часть

Опасные и вредные факторы, их воздействие на человека

В процессе жизнедеятельности человек взаимодействует с окружающей средой. Все действия человека и все компоненты среды обитания, включая технические средства и технологии, являются потенциальными источниками опасностей. Утверждение о потенциальной опасности в настоящее время принято в качестве основополагающей аксиомы при решении практических и теоретических вопросов безопасности.

Опасность – это состояние условий жизнедеятельности, при которых человек с определенной вероятностью подвергается действию опасных и вредных факторов.

Безопасность – это состояние условий жизнедеятельности, при которых с определенной вероятностью исключено действие опасных и вредных факторов на человека.

При анализе опасностей условно различают опасные и вредные факторы среды обитания.

Опасными факторами называются воздействия на человека, приводящие в определенных условиях к травмам или другим внезапным и резким ухудшениям здоровья.

Вредными факторами называются воздействия на человека, приводящие в определенных условиях к заболеванию или снижению работоспособности.

Материальными носителями опасных и вредных факторов являются объекты, формирующие процесс жизнедеятельности, т. е.: средства и продукты труда, технологические процессы, организация труда, природно-климатическая среда, флора и фауна, социальная структура общества и т. д.

К числу *опасных* факторов относятся, например: огонь, ударная волна, горячие и переохлажденные поверхности, электрический ток, транспортные средства и подвижные части машин, отравляющие вещества, острые и падающие предметы, лазерное излучение, ионизирующее излучение и др.

К числу *вредных* факторов относятся, например: запыленность и загазованность воздуха, шум, вибрации, электромагнитные излучения, повышенные и пониженные параметры микроклимата (температура, влажность, подвижность воздуха, давление), неудовлетворительное освещение, монотонность деятельности, тяжелый физический труд, токсичные вещества, загрязненные вода и продукты питания и др.

В настоящее время перечень возможных в среде обитания человека опасных и вредных факторов значителен и насчитывает более 100 видов.

Классификация опасных и вредных факторов определена в ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» и подразделяет опасные и вредные факторы на физические, химические, биологические и психофизиологические.

Следует иметь в виду, что между опасными и вредными факторами нет принципиальной разницы: один и тот же фактор по природе своего воздействия на человека может в одних случаях относиться к опасным факторам, а в других – к вредным.

Во многих случаях наличие вредных факторов способствует возникновению травмоопасных ситуаций, например:

- производственный шум, превышающий допустимые нормы, неблагоприятно действует на нервную систему человека, ослабляет его внимание, затрудняет восприятие звуковых предупредительных сигналов, что связано с повышенной опасностью получения травм;
- чрезмерная влажность и наличие токопроводящей пыли повышают опасность поражения человека электрическим током;
- высокодисперсная пыль и некоторые газы, соединяясь с кислородом воздуха, могут образовывать взрывоопасные смеси;
- вредные психофизиологические факторы, такие как перенапряжение анализаторов, монотонность труда и другие, могут явиться причиной ошибочных действий и, следовательно, причиной возникновения травмоопасных ситуаций.

Травмы по характеру воздействия на организм человека делятся:

- на механические (ушибы, раны, переломы и т. п.);
- тепловые (ожоги, тепловые удары, обморожения);
- химические (химические ожоги, отравления, удушья);
- электрические (местные и общие).

По тяжести поражения организма человека травмы бывают:

- легкими, т. е. не приводящими к долговременной потере трудоспособности;
- тяжелыми, т. е. приводящими к полной или частичной потере трудоспособности (инвалидности);
- смертельными.

Профессиональные заболевания представляют собой постепенное ухудшение здоровья человека под воздействием вредных факторов. Профессиональные заболевания возникают обычно в результате достаточно длительного периода деятельности человека в неблагоприятных условиях.

Кроме профессиональных заболеваний в настоящее время выделяют группу профессионально-обусловленных заболеваний, представляющих обычные болезни, но возникновению и развитию которых способствовали неблагоприятные условия жизнедеятельности. Например, у лиц, выполняющих физическую работу в неблагоприятных условиях, может возникнуть и развиваться радикулит. При работах, требующих больших нервно-психических напряжений, часто возникают неврозы и заболевания сердечно-сосудистой системы.

Воздействие опасных и вредных факторов в некоторых случаях может привести к различным состояниям пострадавшего, в том числе к потере сознания, к нарушению работы органов дыхания и работы сердца, клинической смерти.

Клиническая смерть – состояние организма человека, при котором отсутствуют основные признаки жизни (работа сердца и органов дыхания), угасают функции центральной нервной системы, но еще сохраняются обменные процессы в тканях. У человека, находящегося в состоянии клинической смерти, отсутствуют все признаки жизни: он не дышит, сердце его не работает, он не реагирует на болевые раздражения, зрачки глаз пострадавшего расширены и не реагируют на свет. Это состояние продолжается несколько минут (4–7 мин), после чего оно сменяется биологической смертью, при которой восстановление жизненных функций организма невозможно.

Биологическая смерть характеризуется прекращением биологических процессов в клетках и тканях организма и необратимым распадом белковых структур (биологическая смерть сменяет состояние клинической смерти).

Первая помощь человеку, пораженному током

Одним из опасных факторов, действие которого на человека может привести к смерти, является электрический ток.

Первая помощь при поражении электрическим током состоит из двух этапов: 1) освобождение пострадавшего от действия тока; 2) оказание доврачебной помощи. Во всех случаях поражения человека электрическим током необходимо, не прерывая оказания ему первой помощи, вызвать врача.

При *освобождении пострадавшего от действия тока* необходимо помнить о двух основных принципах:

- 1) действовать как можно быстрее;
- 2) самому не попасть под действие электрического тока.

Время действий по освобождению пострадавшего ограничено длительностью состояния клинической смерти, в котором, возможно, уже находится пострадавший.

При поражении электрическим током пострадавший нередко не может самостоятельно нарушить контакт с токоведущим проводом, что резко усугубляет исход поражения. Освобождение пострадавшего от действия тока сводится к быстрому отключению электроустановки, элементом электрической цепи которой пострадавший стал в результате несчастного случая. Это лучше всего сделать с помощью выключателя, рубильника или выдернуть из розетки электрическую вилку.

К сожалению, в экстремальных и ограниченных по времени условиях простое отключение электроустановки не всегда оказывается возможным: расположение выключателя или рубильника может оказаться неизвестным или слишком удаленным от места несчастного случая.

При напряжении электрических сетей и установок до 1000 В можно попытаться освободить пострадавшего человека от действия электрического тока, например, перекусив провод (провода) кусачками с изолированными ручками или другим подобным инструментом, если он, конечно, окажется под рукой. Можно оттянуть пострадавшего от токоведущих частей, взявшись за сухую одежду пострадавшего (не касаясь его тела). При этом действовать нужно одной рукой, держа вторую за спиной (чтобы самому не попасть под действие электрического тока). Можно обмотать руки сухой тканью или своей одеждой. В качестве диэлектрического коврика можно использовать сухую доску или сверток одежды. Можно отбросить провод, которого касается пострадавший, сухой доской, палкой и т. п.

В установках с рабочими напряжениями выше 1000 В освобождение пострадавшего от действия электрического тока нужно проводить с использованием только штатных защитных средств (диэлектрические перчатки, боты, диэлектрические штанги и клещи, рассчитанные на рабочее напряжение данной установки).

В случаях, когда человек попадает под действие электрического тока, снятие напряжения с целью освобождения пострадавшего должно быть произведено немедленно, без какого бы то ни было предварительного разрешения.

При отключении установки может одновременно отключиться освещение, поэтому при отсутствии дневного освещения необходимо предусмотреть источник света (фонарь, свечу), включить аварийное освещение.

Доврачебная помощь пострадавшему оказывается немедленно после его освобождения от действия тока. Переносить пострадавшего в другое место можно только в тех случаях, когда опасность продолжает угрожать пострадавшему или оказывающему помощь или при наличии крайне

неблагоприятных условий (темнота, дождь, теснота и др.). Меры доврачебной помощи пострадавшему от электрического тока зависят от его состояния, для определения которого пострадавшего необходимо уложить на спину и проверить наличие дыхания и пульса.

Нарушенное дыхание характеризуется нечеткими или неритмичными подъемами грудной клетки при вдохах, редкими вдохами или отсутствием видимых на глаз дыхательных движений грудной клетки. Во всех случаях расстройства дыхания кровь в легких недостаточно насыщается кислородом, в результате чего наступает кислородное голодание тканей и органов пострадавшего. В этом случае пострадавший нуждается в искусственном дыхании.

Наличие пульса, которое свидетельствует о работе сердца, устанавливают на сонной артерии. Отсутствие пульса свидетельствует, как правило, о прекращении движения крови в организме, т. е. о прекращении работы сердца. Признаком отсутствия кровообращения в организме является также расширение зрачка.

Проверка состояния пострадавшего, включая придание его телу соответствующего положения, проверку дыхания и пульса, должна производиться в течение не более 15–20 с.

- Если пострадавший находится в сознании, следует обеспечить ему полный покой и наблюдение за его пульсом и дыханием, не разрешать пострадавшему активно двигаться даже в тех случаях, когда пострадавший считает, что чувствует себя хорошо и не имеет видимых повреждений (известны случаи, когда смерть в результате воздействия электрического тока наступала через несколько дней после освобождения человека от действия электрического тока, в течение которых он чувствовал себя хорошо). Необходимо вызвать врача.

- Если у пострадавшего отсутствует сознание, но сохранились устойчивое дыхание и пульс, его следует уложить на подстилку, расстегнуть одежду и поясной ремень, чтобы они не затрудняли дыхание, обеспечить приток свежего воздуха и принять меры к приведению его в сознание: поднести к носу вату, смоченную в нашатырном спирте, обрызгать лицо холодной водой, растереть и согреть тело. Необходимо обеспечить пострадавшему полный покой и непрерывное наблюдение за его состоянием до прибытия врача.

- Если пострадавший дышит с перебоями или судорожно, но прощупывается пульс, необходимо сразу же приступить к осуществлению искусственного дыхания, а также обеспечить вызов врача.

- Отсутствие у пострадавшего признаков жизни (отсутствие дыхания, сердцебиения, пульса, реакций на болевые раздражители, расширение зрачков и отсутствие их реакции на свет) свидетельствует о том, что он на-

ходится в состоянии клинической смерти. В этом случае надо немедленно приступать к его оживлению, т. е. проведению искусственного дыхания и массажа сердца.

Следует помнить, что только врач имеет право сделать заключение о биологической смерти пострадавшего, достоверными признаками которой является появление трупных пятен, окоченение тела, раздробление черепа, обгорание всей поверхности тела или другие явно видимые признаки смертельных повреждений. Во всех других случаях нужно считать пострадавшего находящимся в состоянии клинической смерти и оказывать ему доврачебную помощь.

Пострадавшего в состоянии клинической смерти необходимо подготовить к оказанию доврачебной помощи. Его следует уложить на спину на жесткую поверхность, расстегнуть стесняющую дыхание одежду и брючный ремень. Осмотреть и при необходимости очистить, повернув голову пострадавшего на бок, полость рта от посторонних элементов (например, с помощью носового платка или края рубашки).

Для освобождения дыхательных путей необходимо максимально запрокинуть голову пострадавшего, подложив под лопатки валик из свернутой одежды, или другие подручные предметы. Рот пострадавшего при этом обычно непроизвольно открывается.

Целью доврачебной помощи является, по возможности, восстановление жизненно важных функций организма пострадавшего (работы сердца и органов дыхания), а если это не удастся, то осуществление, хотя и очень слабого, кислородного питания клеток головного мозга, которое позволяет как бы «растянуть» состояние клинической смерти на более длительный срок, необходимый для прибытия врача.

При остановке сердца рекомендуется сделать попытку механической дефибрилляции: с высоты 20 см наносят энергичный удар кулаком по груди на границе ее средней и нижней трети (метод прекардиального удара). В случае отсутствия пульса на сонной артерии приступают к проведению искусственного дыхания и массажа сердца

Искусственное дыхание. Назначение искусственного дыхания – обеспечить газообмен в организме, т. е. насыщение крови пострадавшего кислородом и удаление из нее углекислого газа. Кроме того, искусственное дыхание, воздействуя рефлекторно на дыхательный центр головного мозга, способствует восстановлению самостоятельного дыхания пострадавшего.

Наиболее эффективным является способ «изо рта в рот»: оказывающий помощь вдвухает воздух в легкие пострадавшего через его рот или нос, используя при этом марлю или другую неплотную ткань.

Установлено, что воздух, выдыхаемый из легких, содержит достаточное для дыхания количество кислорода.

Проведение искусственного дыхания заключается в следующем. Оказывающий помощь делает глубокий вдох, плотно прижимает свой рот ко рту пострадавшего, закрывает его нос пальцами руки и делает короткий достаточно резкий выдох. Вдувание воздуха в легкие взрослого человека проводится через 5 секунд (12 вдуваний в минуту), для детей – через 4 секунды (15–18 вдуваний в минуту). Чем меньше ребенок, тем меньше нужно вдувать воздуха и тем чаще следует проводить вдувание.

Показателем правильного проведения искусственного дыхания является поднятие грудной клетки в момент вдувания и ее опускание в интервалах между вдуваниями.

При попадании воздуха не в легкие, а в желудок (что возможно при длительном выдохе оказывающего помощь в легкие пострадавшего или при недостаточно запрокинутой его голове) грудная клетка не расширяется, а вздувается верхняя часть живота. С целью предотвращения возникновения рвотной реакции организма пострадавшего воздух из желудка необходимо удалить. С этой целью пострадавшего следует повернуть на левый бок и выдавить воздух из желудка.

При появлении первых слабых вдохов следует вдувать воздух в момент самостоятельного вдоха пострадавшего. Искусственное дыхание проводится до восстановления собственного дыхания пострадавшего либо до прибытия врача.

Непрямой массаж сердца заключается в ритмичном надавливании на переднюю стенку грудной клетки пострадавшего. В результате этого сердце сжимается между грудиной и позвоночником и выталкивает из своих полостей кровь в аорту. В паузах между надавливаниями на грудную клетку желудочки сердца самопроизвольно заполняются венозной кровью. У человека, находящегося в состоянии клинической смерти, грудная клетка из-за потери мышечного напряжения легко смещается (сдавливается) при надавливании на нее, обеспечивая необходимое сжатие сердца. Таким образом оказывается возможным искусственное поддержание циркуляции крови по кровеносной системе, осуществляющей кислородное (и другое) питание клеток тела человека и прежде всего – клеток головного мозга.

Рекомендуется на время массажа сердца приподнять на 0,5 м от пола ноги пострадавшего, чтобы обеспечить лучший приток крови в сердце.

Оказывающий помощь располагается справа или слева от пострадавшего и определяет место надавливания: на два пальца выше нижней части грудины (точка в середине грудной клетки человека, где «сходятся» огибающие оконечностей ребер правой и левой стороны – мечевидный отросток грудины). Найденная точка определяет границу расположения ладони помогающего на грудной клетке пострадавшего. Рука помогающего, выпрямленная в локтевом суставе, при этом располагается перпендикулярно

туловищу пострадавшего, а давление на грудную клетку оказывается строго в центральную ее часть (очень удобно использовать и вторую руку, накладывая ее поверх первой), причем пальцы руки не должны касаться грудной клетки пострадавшего.

Такое расположение рук помогающего необходимо для равномерного распределения давления на костяк грудной клетки. В противных случаях существенно возрастает вероятность поломки костей грудной клетки пострадавшего (следует иметь в виду, что мышцы пострадавшего в состоянии клинической смерти совершенно расслаблены и, следовательно, не закрепляют кости скелета).

Надавливание на грудину пострадавшего с целью экономии сил (а оказание помощи может оказаться длительным и тяжелым процессом) целесообразно производить, используя вес своего тела. Правильно расположив руки относительно пострадавшего, осуществляют надавливание на грудную клетку в виде достаточно быстрого толчка так, чтобы грудина опустилась вниз на 3–4 см (у полных людей на 5–6 см); зафиксировав руки в нижнем положении примерно 0,5 с, быстро отпускают грудину, не отрывая рук от нее.

Надавливания производят один раз в секунду или немного чаще, так как менее 60 надавливаний в минуту не обеспечивают необходимого кровотока. Детям до 12 лет следует проводить массаж одной рукой с частотой 65–80 надавливаний в минуту. Детям в возрасте до года массаж проводят двумя пальцами руки с частотой 100–120 надавливаний в минуту.

Если помощь оказывают два человека, то один из них производит искусственное дыхание, а другой – массаж сердца, сменяя друг друга через каждые 5–10 минут. Вдувания воздуха в легкие и надавливания на грудную клетку пострадавшего лучше всего производить в следующем порядке: каждое вдувание должно следовать *после* 5 надавливаний на грудную клетку (соотношение 1:5).

Для проверки пульса через каждые 2 минуты прерывают массаж на 2–3 с, сохранение пульса во время перерыва – признак восстановления самостоятельной деятельности сердца. Если пульс не обнаруживается, то необходимо осуществить контроль эффективности непрямого массажа сердца путем прощупывания толчков крови в сонной артерии в момент надавливаний на грудную клетку пострадавшего. Если толчки крови в сонной артерии не ощущаются, следует несколько увеличить силу давления на грудную клетку так, чтобы толчки крови в сонной артерии начали ощущаться.

Процесс оказания доврачебной помощи может оказаться длительным и физически тяжелым, поэтому, осуществляя искусственное дыхание и непрямой массаж сердца без помощника, можно использовать соотношение 2 : 15 (2 вдувания подряд, а затем 15 надавливаний на грудную клетку).

В минуту необходимо выполнить не менее 4 таких циклов, т. е. 8–10 вдуваний и 60–65 надавливаний.

Зарегистрированы случаи успешной реанимации людей, пораженных электрическим током, после 3–4, а в отдельных случаях после 10–12 часов, в течение которых непрерывно выполнялись искусственное дыхание и массаж сердца.

Практическая часть

Обучение приемам оказания помощи пострадавшему проводится на тренажере сердечно-легочной реанимации «Максим», состоящем из муляжа человека и светового табло, на котором в условном виде отображаются функциональное состояние сердца и легких человека и фиксируются ошибки, совершаемые обучающимися. Тренажер имитирует состояние пострадавшего (соответствующий пульс, состояние зрачков и т. д.).

Тренажер сердечно-легочной и мозговой реанимации «Максим III-01» предназначен для обучения и отработки навыков оказания первой помощи с использованием пульта контроля и управления и обучающей интерактивной анимационной компьютерной программы.

Тренажер позволяет проводить:

- непрямой массаж сердца;
- искусственную вентиляцию легких способами «изо рта в рот» и «изо рта в нос»;
- наложение повязок и шин.

Тренажер позволяет контролировать пульс на сонных артериях, состояние зрачков глаз, динамику возможных в процессе оказания помощи движений грудной клетки и живота (имитация поступления воздуха в желудок), а также запрокидывание головы.

Подготовка тренажера к работе. Муляж человека укладывается на жесткое основание (обычный стол). С помощью специального кабеля к муляжу подключается световое табло, которое, в свою очередь, подключается к стандартной электрической сети.

Чтобы голова муляжа оказалась запрокинутой назад, под плечевой пояс (под лопатки) необходимо подложить, например, стопку журналов.

Искусственное дыхание «изо рта в рот»:

- стоя сбоку от тренажера, зажмите пальцами боковые отверстия носа муляжа;
- ротовое отверстие муляжа с гигиенической целью следует закрыть куском чистой материи (например, носовым платком);
- сделав достаточно глубокий вдох, следует полностью охватывая рот муляжа, плотно прижать к нему свои губы и сделать короткий энергичный выдох.

При недостаточном запрокидывании головы, а также чрезмерном (более 2 литров) вдувании воздуха, тренажер имитирует попадание воздуха через пищевод в желудок. Для имитации удаления воздуха из желудка необходимо повернуть муляж на левый бок и надавить на область живота.

Непрямой массаж сердца следует производить так, как описано в разделе 4 теоретической части «Оказание доврачебной помощи».

Типичные ошибки при оказании доврачебной помощи:

- недостаточное запрокидывание головы и, как следствие, надувание желудка воздухом;
- утечка воздуха через не зажатый нос;
- неполный охват ротового отверстия муляжа своими губами;
- недостаточно или чрезмерно сильное вдувание воздуха;
- слишком длительный выдох в рот пострадавшего и, как следствие, надувание желудка воздухом;
- неправильное положение рук (смещение рук вправо или влево от центра грудины может вызвать перелом ребер, а положение руки на нижнем крае грудины – перелом мечевидного отростка);
- чрезмерно сильное давление на грудную клетку может стать причиной множественного перелома ребер;
- недостаточная сила давления на грудную клетку – причина недостаточной эффективности помощи (отсутствие пульса на сонных артериях);
- длительные (более 2 секунд) паузы между надавливаниями на грудную клетку (невыполнение временной программы реанимации);
- одновременное проведение искусственного дыхания и непрямого массажа, если помощь оказывают два человека.

Контрольные вопросы

1. Опасные и вредные факторы.
2. Последствия воздействия опасных и вредных факторов на человека.
3. Правила освобождения пострадавшего от действия электрического тока.
4. Оценка состояния пострадавшего.
5. Диагностика клинической смерти.
6. Подготовка пострадавшего к оказанию ему доврачебной помощи.
7. Смысл и цель доврачебной помощи пострадавшему.
8. Как правильно производить искусственное дыхание?
9. Как правильно производить непрямой массаж сердца?

Лабораторная работа 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ИОНИЗАЦИИ ВОЗДУХА

Цель работы: изучение влияния ионов в воздухе на здоровье человека, изучение способов измерения концентрации положительных и отрицательных ионов.

Общие сведения

Атмосферный воздух, которым мы дышим, всегда несет на части своих молекул электрические заряды. Процесс возникновения заряда на молекуле называется ионизацией, а заряженная молекула – легким ионом или аэро-ионом. Если ионизированная молекула осела на частице жидкости или пылинке, то такой ион называется тяжелым. Ионы воздуха бывают двух зарядов – положительными и отрицательными.

В воздухе городов число легких ионов может упасть до 50–100, а тяжелых – возрасти до десятков тысяч в 1 см^3 . Тяжелые ионы вредны для здоровья человека, а легкие, особенно отрицательные, обладают благотворным и целебным действием.

Содержащиеся в воздухе ионы образуются из нейтральных молекул под влиянием ультрафиолетового излучения. Снаружи, на улице образование ионов происходит практически постоянно; в чистой сельской местности концентрация ионов обычно колеблется между 700 и 1000 ионов/ см^3 . В загрязненных регионах и, особенно, в помещениях концентрация ионов крайне низка – 40–100 ионов/ см^3 .

Концентрация ионов в помещении определяется присутствием ионизирующего излучения (преимущественно за счет радона), различных заряженных поверхностей и степенью загрязненности воздуха микрочастицами. В чистом воздухе содержание положительных ионов не намного превышает количество отрицательных (преобладание в 1,2 раза); в загрязненном – доля положительных ионов значительно увеличивается (в 10 и более раз). Вентиляция имеет крайне важное значение для поддержания оптимального соотношения ионов в воздухе помещения.

В естественных условиях ионизация кислорода происходит за счет ультрафиолетового излучения солнца. Большинство из нас, проводя до 90 % времени в помещении (офис, квартира, транспорт) практически начисто лишает себя отрицательных ионов кислорода, поскольку воздух закрытого помещения, в котором находится хотя бы один человек, постепенно приобретает положительный заряд.

Пыль и другие загрязнения не только засоряют воздух, но также и снижают концентрацию ионов кислорода. Дополнительными источниками

положительных ионов являются электробытовые приборы, в первую очередь экраны телевизоров и мониторы компьютеров, большая скученность людей, работающие электронагревательные приборы и др.

Ионизация воздуха заключается в насыщении его электроразряженными частицами – ионами. В основе ионизации лежат те же процессы, что и при воздействиях ионизирующих излучений. Внешняя энергия, воздействующая на атомы и молекулы составных элементов воздуха, выбивает с их внешней оболочки отрицательно заряженную частицу – электрон или несколько электронов, в результате чего оставшаяся часть атома или молекулы получает положительный заряд. Свободные электроны и положительно заряженная остальная часть атома или молекулы не могут длительное время находиться не в связанном состоянии и вскоре, встречаясь на пути своего движения с нейтральными атомами или молекулами, соединяются с ними, сообщая им соответствующий заряд, т. е. образуют отрицательный и положительный ионы. Таким образом, каждый ионизирующийся атом или молекула образуют пару противоположного знака ионов. Эти первично заряженные атомы или молекулы получили название легких ионов. Они могут состоять из одного атома, или молекулы, или из нескольких одноименных.

В воздухе всегда имеются различные включения в виде мельчайших пылинок – аэрозолей, водяных паров и других посторонних примесей. Встречая на пути движения эти взвешенные в воздухе частицы, легкие ионы соединяются с ними, сообщая им свой заряд. В результате таких соединений частиц образуются единые заряженные частицы, которые получили название тяжелых ионов.

Наряду с постоянной естественной или искусственной ионизацией воздуха происходит постоянное уничтожение ионов. В основном этот процесс происходит в результате соединений положительных и отрицательных ионов, которые нейтрализуют друг друга. Кроме того, уничтожение ионов имеет место вследствие адсорбции их, т. е. оседания на твердых поверхностях, диффузии – самопроизвольного передвижения от места их образования, и других факторов.

Недостаток легких отрицательных ионов угнетающе сказывается на окислительно-восстановительных процессах в организме человека, животных и растений, на поддержании процесса гомеостаза, на состоянии иммунной системы. Единственный выход из создавшегося положения – внедрение системы искусственной ионизации и очистки воздуха. Аэроионизатор, обогащая воздух помещений аэроионами, приближает его по своим качествам к воздуху морских и горных курортов, хвойных боров и соляных пещер, компенсирует аэроионную недостаточность, что оказывает на организм человека благотворное воздействие. Отрицательная аэроионизация может оказать не только антиинфекционное, но и детоксицирующее влияние при ряде инфекционных процессах.

Многочисленные исследования показали: при нормальной концентрации аэроионов заболеваемость снижается на 20–30 %. В частности заболеваемость ОРЗ снижается в 2–3 раза, а применение аппаратов искусственной ионизации на ряде предприятий полиграфической промышленности привело к снижению заболеваемости на 60 % и во много раз уменьшило запыленность помещений. Аэроионы, попадая в дыхательные пути и в альвеолы легких, способствуют коагуляции инородных загрязнений и их выводу из организма с естественными выделениями.

Общие положения санитарных норм

1. Ионизация воздуха – процесс превращения нейтральных атомов и молекул воздушной среды в электрически заряженные частицы (ионы).

2. Ионы в воздухе производственных помещений могут образовываться вследствие естественной, технологической и искусственной ионизации.

2.1. Естественная ионизация происходит в результате воздействия на воздушную среду космических излучений и частиц, выбрасываемых радиоактивными веществами при их распаде. Естественное ионообразование происходит повсеместно и постоянно во времени.

2.2. Технологическая ионизация происходит при воздействии на воздушную среду радиоактивного, рентгеновского и ультрафиолетового излучения, термоэмиссии, фотоэффекта и других ионизирующих факторов, обусловленных технологическими процессами. Образовавшиеся при этом ионы распространяются, в основном, в непосредственной близости от технологической установки.

2.3. Искусственная ионизация осуществляется специальными устройствами – ионизаторами. Ионизаторы обеспечивают в ограниченном объеме воздушной среды заданную концентрацию ионов определенной полярности.

3. Характеристиками ионов являются подвижность и заряд. Подвижность ионов выражается коэффициентом пропорциональности «К» ($\text{см/с} \div \text{см/В}$) между скоростью ионов и напряженностью электрического поля, действующего на ион. Подвижность ионов зависит от их массы: чем больше масса, тем меньше скорость перемещения ионов в электрическом поле. По подвижности весь спектр ионов делят на пять диапазонов:

- легкие $K > 1,0$,
- средние $1,0 > K > 0,01$,
- тяжелые $0,01 > K > 0,0001$.

Каждый ион имеет положительный или отрицательный заряд (полярность).

4. Наряду с возникновением происходит непрерывное исчезновение ионов. Факторами, определяющими исчезновение легких ионов, являются: рекомбинация двух легких ионов разных полярностей, адсорбция легких

ионов на незаряженных ядрах конденсации, рекомбинация легкого и тяжелого ионов с зарядами противоположных знаков и др. В зависимости от соотношения процессов ионизации и деионизации устанавливается определенная степень ионизованности воздуха.

5. Степень ионизованности воздушной среды определяется количеством ионов каждой полярности в одном кубическом сантиметре воздуха. Определение количества ионов и их полярности осуществляется счетчиками ионов.

6. По результатам измерения рассчитывается показатель полярности. Показателем полярности Π является отношение разности числа ионов положительной π^+ и отрицательной π^- полярности к их сумме, т. е.

$$\Pi = (\pi^+ - \pi^-) / (\pi^+ + \pi^-).$$

Показатель полярности может изменяться от +1 до -1. При равенстве количества ионов положительного и отрицательного знаков $\Pi = 0$.

Нормативные уровни ионизации воздуха производственных и общественных помещений

Санитарно-эпидемиологические правила и нормы СанПиН 2.2.4.1294-03 содержат следующие нормативы.

1. Нормы регламентируют количество только легких ионов.
2. В качестве регламентируемых показателей ионизации воздуха устанавливаются:

- минимально необходимый уровень,
- оптимальный уровень,
- максимально допустимый уровень,
- показатель полярности.

Минимально необходимый и максимально допустимый уровни определяют интервал концентраций ионов во вдыхаемом воздухе названных помещений, отклонение от которого создает угрозу здоровью человека.

Нормативные величины ионизации воздушной среды производственных и общественных помещений приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Нормативы содержания аэроионов

Нормируемые показатели	Концентрации аэроионов, (ион /см ³)		Коэффициент униполярности, Π
	положительной полярности, π^+	отрицательной полярности, π^-	
Минимально допустимые	$\pi^+ \geq 400$	$\pi^- > 600$	0,4 < Π < 1,0
Максимально допустимые	$\pi^+ > 50000$	$\pi^- \leq 50000$	

Содержание работы



Рис. 3.1. Внешний вид аэроионного счетчика:

- 1 – защитная насадка; 2 – матричный жидкокристаллический индикатор; 3 – лицевая панель счетчика; 4 – пленочная клавиатура; 5 – гнездо ЗЕМЛЯ с резьбовым отверстием под установку штатива; 6 – тумблер включения и выключения напряжения ПИТАНИЯ; 7 – разъем для подключения сетевого блока питания

В ходе лабораторной работы проводится замеры концентрации ионов в воздухе помещения.

Аэроионный счетчик выполнен в виде малогабаритного прибора с автономным питанием. Конструктивно счетчик размещен в корпусе из алюминиевых сплавов. Основным элементом счетчика является аспирационная камера, размещенная в корпусе, сочлененная с вентилятором с предусилителем (ПУ). Объемный расход воздуха поддерживается постоянным путем стабилизации скорости вращения микроэлектродвигателя с закрепленной на оси крыльчаткой.

Конструктивно счетчик размещен в корпусе из алюминиевых сплавов. Основным элементом счетчика является аспирационная камера, размещенная в корпусе, сочлененная с вентилятором с предусилителем (ПУ). Объемный расход воздуха поддерживается постоянным путем стабилизации скорости вращения микроэлектродвигателя с закрепленной на оси крыльчаткой.

В корпусе счетчика расположен блок управления и индикации, размещенный на отдельной плате.

Назначение MAC-01

Малогабаритный аэроионный счетчик MAC-01 предназначен для измерения концентраций легких аэроионов обеих полярностей в воздухе помещений в условиях как природной, так и искусственной аэроионизации в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.4.1294-03 («Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных помещений») и СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 («Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»).

Счетчик аэроионов применяется при проведении санитарно-гигиенического обследования помещений и рабочих мест, а также при мониторинге окружающей среды.

Подготовка к использованию МАС-01.

1. Перед началом измерений следует заземлить корпус счетчика с помощью привода заземления, который соединяет гнездо ЗЕМЛЯ с шиной заземления или с любым заведомо заземленным проводящим предметом.

2. Включить питание счетчика переключателем ПИТАНИЕ, поставив его в положение «1». При этом на матричном жидкокристаллическом дисплее появится надпись:

МАС-01 00: 00: 00 Ready

3. Выбор режима работы счетчика осуществить путем нажатия одной из кнопок 0–9 на лицевой панели. Последовательно нажимая одну из кнопок 0–9, можно выбрать любой из режимов измерения счетчика:

-1- Режим непрерывных измерений концентрации отрицательных аэроионов.

-2- Режим непрерывных измерений концентрации положительных аэроионов.

-5- Режим однократных измерений концентрации отрицательных и положительных аэроионов, определение коэффициента униполярности.

-8- Измерение уровня собственного фона счетчика.

-4- Контроль напряжения на аккумуляторной батарее.

-3- Проверка работы амплитудно-цифрового преобразования блока управления и индикации.

-6- Контроль напряжения на микроэлектродвигателе.

-0- Контроль измерительного канала счетчика.

-9- Дополнительные режимы измерения.

4. Контроль напряжения на аккумуляторной батарее осуществляется после нажатия кнопки 4. На мониторе фиксируется величина напряжения на аккумуляторной батарее:

-4- 00: 00: 10 Um=8.00 В Ut= 7.77 В BatteRy ContRol
--

Рабочее напряжение на аккумуляторной батарее должно находиться в пределах $(8,0 \pm 1,5)$ В.

Использование МАС-01

В счетчике предусмотрено два режима работы:

- режим непрерывных измерений концентраций положительных или отрицательных аэроионов;
- последовательное измерение концентраций положительных и отрицательных аэроионов с последующим вычислением полярности.

Работа в режиме измерения.

-1- Режим непрерывного измерения концентрации отрицательных аэроионов с последующей индикацией текущего и среднего значения из зарегистрированных. Режим целесообразно использовать для общего обследования рабочих помещений: определения среднего уровня концентраций аэроионов в помещении, поисков возможных источников аэроионов (по увеличению уровня концентраций аэроионов при приближении к источнику).

После нажатия кнопки 1, появляется надпись:

-1- 00: 10: 01 Negative Ions ZeRo Setting 15
--

(в правом нижнем углу показано время до окончания текущей операции) и начинается цикл измерений. На отклоняющиеся электроды аспирационной камеры подается напряжение. После стабилизации в течение примерно 20 с на собирающем электроде проводятся измерения. Затем включается вентилятор, и начинается измерение концентрации отрицательных аэроионов:

-1- 00: 10: 50 $Ns^- = -3.33 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-3}$ $Nt^- = -3.33 \cdot 10^3 \text{ cm}^{-3}$ Negative N- 20
--

Показания Nt^- обновляются каждую секунду. Значение Ns^- средняя концентрация аэроионов за 25 с (значения обновляются через 25 секунд).

В конце цикла измерений выводится значение средней концентрации аэроионов Ns^- вместо текущих Nt^- , выключается вентилятор, и цикл измерений повторяется.

Если полученное значение Ns выходит за предел нижней границы диапазона измерений концентраций аэроионов, на мониторе появляется информация:

-1- 00: 11: 10 $N_s < 0,100 * 10^3 \text{ см}^{-3}$ $N_+ = 0,120 * 10^3 \text{ см}^{-3}$ 30
--

-2- Режим непрерывных измерений концентрации положительных аэроионов. Алгоритм работы режима аналогичен режиму -1-.

-5- В этом режиме осуществляется измерения концентраций как положительных, так и отрицательных аэроионов, вычисляется коэффициент униполярности, измеренный в конкретном месте.

Режим целесообразно использовать для аттестации рабочих мест в помещениях с видеодисплейными терминалами и персональными электронно-вычислительными машинами, в помещениях с системами кондиционирования, там, где применяются и индивидуальные ионизаторы воздуха, устройства автоматического регулирования ионного режима воздушной среды.

Процесс измерения данных отображается на мониторе:

-5- 00: 15: 01 $N_{s-} = -2.00 * 10^3 \text{ см}^{-3}$ $N_{t+} = +1.00 * 10^3 \text{ см}^{-3}$ PolaRity ? 15

В данном режиме реализуются последовательно измерения режимов -1- и -2-. По завершению последнего измерения автоматически вычисляются значения коэффициента униполярности:

$$Y = N_s^+ / N_s^-,$$

где N_s^+ и N_s^- число положительных ионов в 1 см^3 воздуха.

Результаты измерений выводятся на монитор:

-5- off 00: 16: 01 $N_{s-} = -2.00 * 10^3 \text{ см}^{-3}$ $N_{s+} = +100 * 10^3 \text{ см}^{-3}$ $Y = 0.50$

Технические характеристики

Малогобаритный счетчик аэроионов МАС-01

1. Диапазон измерения концентрации положительных и отрицательных ионов, $\text{см}^{-3} - 10^2 \dots 10^6$.

2. Собственный фон прибора, см^{-3} – 50.
3. Пределы допускаемой основной погрешности, % – 30.
4. Объемный расход воздуха через аспирационную камеру, л/мин – 90.
5. Питание: аккумуляторная батарея, В – $6 \times 1,25$.
6. Масса, кг – 1,2.
7. Размеры, мм – $190 \times 105 \times 56$.

Порядок выполнения лабораторной работы

1. Ознакомиться с мерами по технике безопасности при проведении лабораторной работы и строго выполнять их.

2. Осмотреть приборы на отсутствие внешних повреждений.

3. Перед началом измерений следует заземлить корпус счетчика с помощью провода заземления, который соединяет гнездо ЗЕМЛЯ с шиной заземления или с любым заведомо заземленным проводящим предметом. Заземление является условием корректности измерений. Незаземленный счетчик может неконтролируемым образом приобрести электростатический заряд, что существенно исказит результаты измерений.

4. Включить блок питания в гнездо счетчика аэроионов, подключить к сети.

5. Включить питание счетчика переключателем ПИТАНИЕ, поставив его в положение «1» (край переключателя с цифрой «1» – утоплен). При этом на матричном жидкокристаллическом дисплее (далее мониторе) появится надпись:

MAC-01 00: 00: 00 Ready

(в правом верхнем углу экрана показан отсчет времени работы прибора), сопровождаемая кратковременными звуковыми сигналами. Далее счетчик автоматически входит в рабочий режим и ожидает команду от пользователя.

Выбор режима работы счетчика осуществляется путем нажатия одной из кнопок 0–9 на лицевой панели. Остановка соответствующего режима работы осуществляется при вторичном нажатии данной кнопки.

6. Замерить концентрацию ионов в воздухе помещения.

7. Данные измерений занести в протокол.

8. Составить отчет о работе.

Отчет по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) общие сведения;
- 2) описания оборудования и приборов;

- 3) данные измерений, занесенные в протокол;
- 4) основные выводы по работе;
- 5) ответы на контрольные вопросы;
- 6) дату, подпись студента.

Контрольные вопросы

- 1. От чего зависит подвижность ионов в электрическом поле?
 - а) чем больше масса ионов, тем меньше скорость;
 - б) чем меньше масса ионов, тем больше скорость;
 - в) скорость и масса ионов одинаковы.
- 2. на сколько диапазонов делят весь спектр ионов по подвижности?
 - а) 2; б) 5; в) 6; г) 3.
- 3. Какой заряд (полярность) имеет каждый ион?
 - а) положительный;
 - б) отрицательный;
 - в) положительный и отрицательный.
- 4. Как определяется степень ионизированности воздушной среды?
 - а) количеством ионов каждой полярности в 1 см^3 воздуха;
 - б) количеством ионов каждой полярности в 1 м^3 воздуха.
- 5. Показателем полярности является:
 - а) $\Pi = (\pi^+ - \pi^-) / (\pi^+ + \pi^-)$;
 - б) $\Pi = (\pi^+ + \pi^-) / (\pi^+ - \pi^-)$;
 - в) $\Pi = (\pi^+ - \pi^-) / (\pi^+ - \pi^-)$.
- 6. Каким из приборов измеряется концентрация ионов в воздухе?
 - а) вольтметр;
 - б) амперметр;
 - в) счетчик ионов;
 - г) ионизатор воздуха.

Рекомендуемая литература

- 1. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.1294-03.
- 2. Руководство по эксплуатации и применению малогабаритного аэроонного счетчика МАС-01.

Лабораторная работа 3

ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АЭРОИОННОГО СОСТАВА ВОЗДУХА

от «__»_____20____.г.

1. Наименование объекта, предприятия (заявитель), адрес: кафедра
Э и БЖД.

2. Место проведения измерений:

кабинет №_____

3. Вид контроля: по заданию преподавателя.

4. Измерения проводились в присутствии представителя обследуемого
объекта: _____

5. Средства измерений: счетчик аэроионов малогабаритный МАС-01.

6. Нормативно-техническая документация, в соответствии с которой
проводились измерения и давалось заключение: СанПиН 2.2.4.1294-03
«Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производст-
венных и общественных помещений, руководство по эксплуатации счет-
чика аэроионов МАС-01».

7. Эскиз помещений.

8. Результаты измерений:

№ п/п	№ т/э	Место измерения	Концентрация аэроионов, р (ион/см ³)	
			Положительной полярности	Отрицательной Полярности
1	2	3	4	5
Эскиз №				
Кабинет №				
1	1	Рабочее место оснащенное		
2	2	Рабочее место оснащенное		
		Предельно допустимые уровни	$400 \leq p^+ < 50000$	$600 < p^- \leq 50000$

Фамилия и подпись проводившего исследования _____

Вывод _____

Руководитель _____

Лабораторная работа 4

ИССЛЕДОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Цель работы: изучение нормативно-технических требований и принципов нормирования естественного освещения; получение практических навыков экспериментальной оценки качества освещения.

Теоретические сведения

Ощущение зрения происходит под воздействием видимого излучения (света), которое представляет собой электромагнитное излучение с длиной волны 0,38–0,76 мкм. Чувствительность зрения особенно высока при электромагнитном излучении с длиной волны 0,555 мкм (желто-зеленый цвет) и уменьшается к границам видимого спектра.

Освещение характеризуется количественными и качественными показателями. К количественным показателям относятся:

световой поток (Φ) – часть лучистого потока, воспринимаемая человеком как свет; характеризует мощность светового излучения; измеряется в люменах (лм);

сила света (J) – пространственная плотность светового потока; определяется как отношение светового потока $d\Phi$, исходящего от источника и равномерно распространяющегося внутри элементарного телесного угла $d\Omega$, к величине этого угла; $J = d\Phi/d\Omega$; измеряется в канделах (кд);

освещенность (E) – поверхностная плотность светового потока; определяется как отношение светового потока, равномерно падающего на освещаемую поверхность dS (м²), к ее площади; $E = d\Phi/dS$; измеряется в люксах (лк);

яркость (L) поверхности под углом α к нормали – это отношение силы света dJa , излучаемой, освещаемой или светящейся поверхностью в этом направлении, к площади dS проекции этой поверхности, на плоскость, перпендикулярную этому направлению; $L = dJa/(dS \cos \alpha)$; измеряется в кд·м⁻².

Для качественной оценки условий зрительной работы используют следующие показатели.

Фон – это поверхность, на которой происходит различение объекта. Фон характеризуется способностью поверхности отражать падающий на нее световой поток. Фон характеризуют коэффициентом отражения ρ , который определяется как отношение отраженного от поверхности светового потока $\Phi_{отр}$ к падающему на нее световому потоку $\Phi_{пад}$, $\rho = \Phi_{отр}/\Phi_{пад}$.

Контраст объекта с фоном (k) – характеризуется соотношением яркостей рассматриваемого объекта (точки, линии, знака, пятна, трещины, риски или других элементов) и фона; $k = (L_{об} - L_{ф})/L_{об}$.

Коэффициент пульсации освещенности (k_E) – это критерий глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока $k_E = 100(E_{\max} - E_{\min})/(2E_{\text{ср}})$, где E_{\max} , E_{\min} , $E_{\text{ср}}$ – максимальное, минимальное и среднее значения освещенности за период колебаний; для газоразрядных ламп $k_E = 25...65 \%$, для обычных ламп накаливания $k_E = 7 \%$, для галогенных ламп накаливания $k_E = 1 \%$.

Видимость (V) характеризует способность глаза воспринимать объект. Она зависит от освещенности, размера объекта, его яркости, контраста объекта с фоном, длительности экспозиции. Видимость определяется как $V = k/k_{\text{пор}}$, где $k_{\text{пор}}$ – пороговый или наименьший различимый глазом контраст, при небольшом уменьшении которого объект становится неразличимым на этом фоне.

Показатель ослепленности (P_0) – критерий оценки слепящего действия, создаваемого осветительной установкой: $P_0 = 1000(V_1/V_2 - 1)$, где V_1 и V_2 – видимость объекта различения соответственно при экранировании и наличии ярких источников света в поле зрения. Экранирование источников света осуществляется с помощью щитков, козырьков и т. п.

При освещении производственных помещений используют следующие системы освещения: **естественное** освещение, создаваемое прямыми солнечными лучами и рассеянным светом небосвода и меняющимся в зависимости от географической широты, времени года и суток, степени облачности и прозрачности атмосферы; **искусственное** освещение, создаваемое электрическими источниками света, и **совмещенное** освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняют искусственным.

Конструктивно естественное освещение подразделяют на боковое (одно- и двустороннее), осуществляемое через световые проемы в наружных стенах; верхнее – через световые проемы в кровле и перекрытиях; комбинированное – сочетание верхнего и бокового освещения.

Искусственное освещение по конструктивному исполнению может быть двух видов – **общее** и **комбинированное**. Систему общего освещения применяют в помещениях, где по всей площади выполняются однотипные работы (литейные, сварочные, гальванические цехи), а также в административных, конторских и складских помещениях. Различают общее равномерное освещение (световой поток распределяется равномерно по всей площади без учета расположения рабочих мест) и общее локализованное освещение (с учетом расположения рабочих мест).

При выполнении точных зрительных работ в местах, где оборудование создает глубокие, резкие тени или рабочие поверхности расположены вертикально, наряду с общим освещением применяют местное. Совокуп-

ность местного и общего освещения называют **комбинированным** освещением. Применение одного местного освещения внутри производственных помещений не допускается, поскольку образуются резкие тени, зрение быстро утомляется и создается опасность производственного травматизма.

Совмещенное освещение допускается для производственных помещений, в которых выполняются зрительные работы 1-го и 2-го разрядов; для производственных помещений, строящихся в северной климатической зоне страны; для помещений, в которых по условиям технологии требуется выдерживать стабильными параметры воздушной среды. При этом общее искусственное освещение помещений должно обеспечиваться газоразрядными лампами, а нормы освещенности повышаются на одну ступень.

Нормирование освещения. Естественное и искусственное освещение в помещениях регламентируется нормами СНиП 23-05-95 в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном. Характеристика зрительной работы определяется наименьшим размером объекта различения (например, при работе с приборами – толщиной линии градуировки шкалы, при чертежных работах – толщиной самой тонкой линии). В зависимости от размера объекта различения все виды работ, связанные со зрительным напряжением, делятся на восемь разрядов, которые, в свою очередь, в зависимости от фона и контраста объекта с фоном делятся на четыре подразряда.

В качестве критерия оценки естественного освещения принята относительная величина – коэффициент естественной освещенности (КЕО). КЕО – это отношение освещенности в данной точке внутри помещения $E_{вн}$ к одновременному значению наружной горизонтальной освещенности $E_{н}$, выраженное в процентах, т. е. $КЕО = 100 E_{вн}/E_{н}$. Принято раздельное нормирование КЕО для бокового и верхнего естественного освещения. При боковом освещении нормируют минимальное значение КЕО в пределах рабочей зоны, которое должно быть обеспечено в точках, наиболее удаленных от окна; в помещениях с верхним и комбинированным освещением – по усредненному КЕО в пределах рабочей зоны (табл. 4.1). Нормированное значение КЕО:

$$e_{н} = e_{н}^I m, \quad (4.1)$$

где $e_{н}^I$ – коэффициент естественной освещенности для 1-й группы административных районов, определяемый в зависимости от характеристики зрительной работы и системы освещения;

m – коэффициент светового климата, определяемый в зависимости от района расположения здания на территории страны и от ориентации здания относительно сторон света.

Ленинградская область относится к 3-й группе административных районов (табл. 4.2).

Таблица 4.1

Нормы естественного и совмещенного освещения для образовательных учреждений (выдержка из СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»)

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г – горизонтальная, В – вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
		КЕО, е, % н		КЕО, е, % н	
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
Аудитории, учебные кабинеты, лаборатории в техникумах и высших учебных заведениях	Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7
Кабинеты информатики и вычислительной техники	Г-0,8 Экран дисплея: В-1	3,5 —	1,2 —	2,1 —	0,7 —
Лаборантские при учебных кабинетах	Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7
Спортивные залы	Г-0,0 В-2,0 с обеих сторон на продольной оси помещения	2,5 —	0,7 —	1,5 —	0,4 —
Актовые залы, киноаудитории	Г-0,0	—	—	—	—
Кабинеты и комнаты преподавателей	Г-0,8	3,0	1,0	1,8	0,6
Рекреации	Г-0,0	2,0	0,5	1,2	0,3

Таблица 4.2

Коэффициенты светового климата (m)
для зданий со световыми проемами в наружных стенах

Номер группы административных районов	« m » при световых проемах, ориентированных по сторонам горизонта		
	север, северо-запад, северо-восток	запад, восток	юг, юго-запад, юго-восток
3	1,1	1,1	1

Описание оборудования

Для замера освещенности применяются люксметры Ю-15, Ю-17, а также люксметр-яркометр ТКА.

Люксметры Ю-16 и Ю-17 состоят из селенового фотоэлемента и микроамперметра, градуированного в люксах. Для измерения больших освещенностей на фотоэлемент надевают фильтр, а соответствующие показания люксметра умножают на коэффициент фильтра K_1 . При замере освещенности также учитывается поправочный коэффициент K_2 , соответствующий источнику света (для естественного света), напряжению в сети и виду ламп (для искусственного освещения):

для естественного освещения $K_2 = 0,8$;

для ламп накаливания $K_2 = 1$;

для люминесцентных ламп типа ЛБ $K_2 = 1,15$,

ЛД $K_2 = 0,88$.

Фактическая освещенность определяется как

$$E_{\text{факт}} = E_{\text{изм}} K_1 \cdot K_2, \quad (4.2)$$

где $E_{\text{изм}}$ — показания освещенности по шкале люксметра.

Порядок выполнения работы

1. После изучения теоретической части ознакомиться с люксметром. Замерить освещенность в 5 точках характерного поперечного сечения помещения на уровне рабочей поверхности (0,8 м от уровня пола). Характерное поперечное сечение проходит посередине помещения перпендикулярно оконному проему. Первая точка располагается на расстоянии 1 м от окна. Последняя точка располагается на расстоянии 1 м от глухой стены. При замере фотоэлемент должен находиться на уровне рабочей поверхности (стола), тень от замерщика не должна падать на фотоэлемент. Искусственное освещение должно быть выключено.

2. Одновременно замеряется наружная горизонтальная освещенность (при наличии второго люксметра). При замере наружной освещенности следует выбрать место, где нет близких затеняющих небосвод зданий и предметов (под полностью открытым небосводом).

3. Данные замеров занести в протокол.

4. По формуле (4.2) определяется освещенность в каждой точке замера. Фактический КЕО (в %) для внутренних точек в помещении рассчитывается по формуле:

$$\text{КЕО}_{\text{факт}} = 100 E_{\text{вн}} / E_{\text{н}},$$

где $E_{\text{вн}}$ – освещенность в данной точке внутри помещения (фактическая),

$E_{\text{н}}$, – одновременная наружная горизонтальная освещенность (фактическая).

5. Нормативное значение КЕО $e_{\text{н}}$ для данного помещения рассчитывают по формуле (4.1). Значения $e_{\text{н}}^I$ и m выбирают по табл. 4.1 и 4.2.

6. Построить график зависимости КЕО фактического ($\text{КЕО}_{\text{факт}}$). Провести линию, параллельную оси абсцисс на уровне $e_{\text{н}}$ (нормируемый КЕО).

7. Сделать вывод о соответствии естественного освещения фактического нормативным требованиям. Для этого нормируемое значение КЕО $e_{\text{н}}$ сопоставляется с фактическим КЕО в точке, наиболее удаленной от окна.

8. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

9. Оформить отчет.

Отчет по лабораторной работе

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- 1) цель работы;
- 2) описания оборудования и приборов;
- 3) протокол измерений;
- 4) график зависимости $\text{КЕО}_{\text{факт}}$;
- 5) основные выводы по работе;
- 6) ответы на контрольные вопросы;
- 7) дату и подпись студента.

Контрольные вопросы

1. Светотехнические величины, единицы их измерения.
2. Системы естественного освещения.
3. Величина, используемая для количественной оценки естественного освещения.

4. Нормирование естественного освещения: нормируемые величины, факторы, определяющие их значения.

5. В каких точках нормируется КЕО для бокового, верхнего и комбинированного освещения?

Рекомендуемая литература

1. Безопасность жизнедеятельности : учебник для вузов / С. В. Белов, В. А. Девясилов, А. В. Ильницкая [и др.] ; под общей редакцией С. В. Белова. – 8-е изд., стереотипное – М. : Высшая школа, 2009. – 616 с.

2. СанПиН 2.2.4.3359-16. «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

Лабораторная работа 4

ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

от «___» _____ 20__ г.

1. Наименование объекта, предприятия (заявитель), адрес: кафедра Э и БЖД.

2. Место проведения измерений:

кабинет № _____

3. Вид контроля: по заданию преподавателя.

4. Измерения проводились в присутствии представителя обследуемого объекта: _____

5. Средства измерений: *(указать используемый прибор)*.

6. Нормативно-техническая документация, в соответствии с которой проводились измерения и давалось заключение:

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

7. Эскиз помещения.

8. Результаты измерений.

Номера точек замера	$E_{\text{изм, ЛК}}$	K_1	K_2	$E_{\text{факт, ЛК}}$	$KEO_{\text{факт, \%}}$	$e_n^I, \%$	Коэффициент светового климата, t	e_n по формуле (4.1), %
1								
2								
3								
4								
5								
Наружный замер								

9. График зависимости $KEO_{\text{факт}}$.

10. Вывод.

Фамилия и подпись проводившего исследования _____

Руководитель _____

Лабораторная работа 5

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Цель работы: определение параметров микроклимата на рабочем месте и их оценка по нормативным документам.

Общие сведения

Микроклимат производственных помещений – климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также интенсивности теплового излучения (Вт/м^2) от нагретых поверхностей.

Влажность воздуха – содержание в воздухе водяного пара.

Абсолютная влажность (W) – количество водяных паров, находящихся в 1 м^3 воздуха, выраженное в граммах.

Максимальная влажность (F) – масса водяных паров, которые могут насытить 1 м^3 воздуха при данной температуре.

Относительная влажность (ϕ) – это отношение абсолютной влажности к максимальной, выраженное в процентах.

Указанные параметры – каждый в отдельности и все в совокупности – оказывают значительное влияние на работоспособность человека, его самочувствие и здоровье. При определенных их значениях человек испытывает состояние теплового комфорта, что способствует повышению производительности труда, предупреждению простудных заболеваний. И, наоборот, неблагоприятные значения микроклиматических показателей могут стать причиной снижения производственных показателей в работе, привести к таким заболеваниям работающих как различные формы простуды, радикулит, хронический бронхит, тонзиллит и др. Мероприятия по доведению микроклиматических показателей до нормативных значений включаются в комплексные планы предприятий по охране труда. Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям человеческого организма, санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения. Рабочая зона ограничивается высотой 2,2 м над уровнем пола, где находится рабочее место. При этом нормируются: температура, t °С, относительная влажность, ϕ % и скорость движения воздуха, v м/с (СанПиН 2.2.4.548–96).

Нормы учитывают:

– время года – холодный и переходный (+10 °С и ниже), теплый (+10 °С и выше) периоды;

- категорию работ – легкая, средней тяжести и тяжелая;
- характеристику помещения по теплоизбыткам (помещения с незначительными избытками явного тепла – $23 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$ и менее – и со значительными избытками – более $23 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$).

Классификация работ по категории тяжести определяется по затрачиваемой работниками энергии и приведена в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Классификация работ по тяжести (СанПиН 2.2.4.548-96)

Категория работ	Характеристика работ	Физические энергозатраты, Вт
Легкая (категория 1б)	Работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой, но не требующие систематического физического напряжения или поднятия и переноски тяжестей	<174
Средней тяжести (категория 2а)	Работы, связанные с постоянной ходьбой, выполняемые стоя или сидя, но не требующие перемещения тяжестей	175–232
Средней тяжести (категория 2б)	Работы, связанные с переноской тяжестей до 10 кг, и ходьбой	233–290
Тяжелая (категория 3)	Работы, связанные с систематическим напряжением, в частности, с постоянным передвижением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей	>290

Оптимальные микроклиматические условия – сочетания параметров климата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека обеспечивают сохранение нормального функционального и теплового состояния организма без напряжения реакций терморегуляции. Они обеспечивают ощущение теплового комфорта и создают предпосылки для высокого уровня работоспособности.

Допустимые микроклиматические условия – сочетание параметров микроклимата, которые при длительном и систематическом воздействии на человека могут вызвать преходящие и быстро нормализующиеся изменения функционального и теплового состояния организма и напряжения реакций терморегуляции, не выходящие за пределы физиологических приспособительных возможностей. При этом не возникает повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут наблюдаться дискомфортные теплоощущения, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности.

Оптимальные и допустимые показатели микроклимата на рабочих местах в помещениях должны соответствовать величинам, приведенным в табл. П1 и П2.

В производственных помещениях, в которых величины показателей микроклимата невозможно довести до уровня допустимых, рабочие места следует рассматривать как вредные.

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата должны быть использованы защитные мероприятия, например, системы местного кондиционирования воздуха, применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), регламентация времени работы и т. д. К числу СИЗ от неблагоприятных климатических условий относят спецодежду, спецобувь, средства защиты рук и головные уборы. В России эти средства должны выдаваться бесплатно на определенный срок носки. Рекомендуемая регламентация времени работы в пределах рабочей смены с температурой воздуха выше или ниже допустимых величин приведена в табл. П4.

Оборудование для выполнения работы

Исследования микроклимата проводятся на рабочих местах студентов в лаборатории кафедры ЭиБЖД.

Для измерения микроклиматических факторов (температуры, влажности и интенсивности тепловой подвижности воздуха) ранее использовались следующие классические приборы: термометры, психрометры, анемометры и актинометры, которые в настоящее время используются в роли образцовых приборов для поверки.

Однако в последнее время, благодаря достижениям в области микроэлектроники, в практику вошли универсальные автономного действия приборы контроля параметров воздушной среды – метеометры, предназначенные для измерения атмосферного давления, температуры, относительной влажности воздуха, скорости воздушных потоков, параметров тепловой нагрузки среды ТНС – индекса и концентрации токсичных газов как внутри помещений, так и вне их.

Порядок выполнения работы

Измерение параметров микроклимата в естественных условиях

Поместить измерительный шуп метеометра на рабочее место в зоне дыхания работника (на высоте 1,5 м от пола при работе стоя и 1,0 м – при работе сидя). Используя блок микроэлектроники, считать отображение результатов измерений и записать в протокол.

Последовательность действий:

1) используя данные табл. 5.1, определить категорию по тяжести выполняемой в лаборатории работы;

2) используя данные табл. П1 и П2, установить для воздуха помещения учебной лаборатории оптимальные и допустимые значения микроклиматических параметров;

3) сравнивая измеренные, оптимальные и допустимые значения температуры, влажности и скорости движения воздуха, сделать вывод о соответствии микроклимата лабораторий требованиям нормативов;

4) дать рекомендации по мероприятиям обеспечения в исследуемом помещении нормального микроклимата;

5) используя табл. П4, установить время работы (рекомендуемое) при температуре воздуха на рабочем месте выше или ниже допустимых величин в условиях, полученных при опыте.

Результаты замеров микроклимата по СанПиН 2.2.4.548-96 и определения времени работы в неблагоприятных условиях занести в протокол.


Подготовка МЭС-200 к работе

Перед эксплуатацией МЭС-200А проверяют визуально. При этом внимание должно быть обращено на отсутствие видимых повреждений щупов и блока электроники, наличие пломб, состояние разъемных соединений.

Подключают соединительный кабель используемого щупа к разъему «Т, Н, V» и снимают защитный кожух со щупа.

В период эксплуатации МЭС-200А при резкой смене температур необходимо выдержать МЭС-200А при положительной температуре в течение 20 мин, после чего прибор готов к измерениям. При пользовании МЭС-200А необходимо предохранять сенсоры, расположенные в щупах, от касания с различными предметами. При транспортировке щупов сенсоры должны быть обязательно закрыты защитным кожухом.

Порядок выполнения работы


1. При нажатии кнопки «» включается подсветка матричного индикатора на время 20 с.

На индикаторе появляются надписи со значениями температуры и относительной влажности:

Т.....°С,

Н..... %.

2. Установка режимов работы МЭС-200А осуществляется кнопками «П», «+», «-» в соответствии с алгоритмами.

При нажатии кнопки «» МЭС-200А переходит в режим измерения температуры и влажности. Для установки МЭС-200А в режим измерения давления необходимо нажать кнопку «П». При следующем нажатии кнопки «П» МЭС-200А возвращается в режим измерения температуры и влажности.

Для установки МЭС-200А в режим измерения скорости воздушного потока необходимо после нажатия кнопки «П» нажать кнопку «+» и выждать 2–3 минуты, после чего можно производить измерения скорости. При следующем нажатии «П» МЭС-200А устанавливается в режим измерения температуры и влажности.

3. В режиме измерения температуры и влажности (Т, Н) при нажатии кнопки «П» и сразу затем кнопки «←» младшему разряду единицы измерения температуры соответствует 0,01 °С. В режиме измерения давления (Р) при нажатии кнопки «П» и сразу затем кнопки «←» младшему разряду единицы измерения давления соответствует 0,01 кПа и 0,1 мм рт. ст.

4. Подсветка матричного индикатора возникает каждый раз при нажатии кнопки «↵» и затем любой другой кнопки и продолжается в течение 10 с, а затем подсветка выключается. Для повторной подсветки следует нажать кнопку «+» или «←».

5. При измерении скорости воздушного потока измерительный щуп Щ-1 должен быть ориентирован относительно направления воздушного потока таким образом, чтобы плоскость приемного окна сенсора скорости измерительного щупа была перпендикулярна направлению воздушного потока, при этом головка крепежного винта на щупе должна быть направлена в сторону потока.

Количество углекислоты, выделяемой человеком при разной работе представлено в табл. 5.3.

Таблица 5.3

Количество углекислоты, выделяемой человеком при работе

Возраст человека и характер работы	Количество CO ₂	
	в л/ч	в г/ч
Взрослые: при физической работе, при легкой работе, в состоянии покоя	45	68
	28	44
	23	35
Дети до 12 лет	12	18

C_d – допустимая концентрация CO₂, определяется по табл. 5.4; C_n – концентрация CO₂ в наружном воздухе.

Таблица 5.4

Виды помещений для пребывания людей

Наименование помещений	Концентрация CO ₂	
	в л/м ³	в г/кг
Для постоянного пребывания людей	1	1,5
Для периодического пребывания людей	1,25	1,75
Для кратковременного пребывания	2	3
Для больничных помещений	0,7	1
Для населенных пунктов	0,5	0,86

Потребная кратность воздухообмена составит:

$$K_n = \frac{W_n}{V_n}, \text{ час}^{-1}$$

Действительный воздухообмен обеспечивается вентиляционным устройством, например, кондиционером

$$W_d = Fv,$$

где $F = xy$ – сечение воздухоподающего отверстия кондиционера с линейными размерами x и y в метрах, v – скорость воздуха в этом сечении в м/час.

K_d определяется по формуле $K_d = W_d/V_n$, делается вывод об эффективности вентиляционного устройства.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под микроклиматом производственных помещений?
2. Как влияет микроклимат помещений на работающих?
3. Какими приборами измеряется температура воздуха, влажность и скорость движения воздуха? Каков принцип их работы?
4. Какие принципы положены в основу нормирования микроклиматических показателей по СанПиН 2.2.4.548–96.
5. Что относят к средствам индивидуальной защиты от неблагоприятных климатических условий?

Отчет по лабораторной работе

В отчете по лабораторной работе указываются:

- 1) цель работы;
- 2) задание;
- 3) оборудование;
- 4) сводная таблица замеров, расчетов, выбор нормативных величин;
- 5) выводы;
- 6) список используемой литературы.

Оформленный письменно отчет по работе предоставляется преподавателю на проверку, защита производится индивидуально в установленном порядке устно.

Лабораторная работа 5

ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

от «___» _____ 20___ г.

1. Наименование объекта, предприятия (заявитель), адрес: кафедра Э и БЖД.

2. Место проведения измерений:

кабинет № _____.

3. Вид контроля: по заданию преподавателя.

4. Измерения проводились в присутствии представителя обследуемого объекта: _____.

5. Средства измерений: метеометр МЭС-200.

6. Нормативно-техническая документация, в соответствии с которой проводились измерения и давалось заключение: СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

7. Эскиз помещений.

8. Результаты измерений.

№ п/п	№ т/э	Место измере- ния	Результаты измерений			Нормированные значения (оптимальные)		
			Темпе- ратура, С°	Влаж- ность, %	Скорость движения воздуха, м/с	Темпе- ратура, С°	Влаж- ность, %	Скорость движения воздуха, м/с
1	1							
2	2							
3	3							

Фамилия и подпись проводившего исследования _____

Вывод _____

Руководитель _____

Приложение к лабораторной работе 5

Таблица П1

Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах
(СанПиН 2.2.4.548-96)

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

Таблица П2

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах
(СанПиН 2.2.4.548-96)

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

Нормы температур и скоростей движения воздуха
при воздушном душировании

Периоды года	Категория работы	При тепловом облучении, ккал/м ² ·ч							
		300–600		600–1200		1200–1800		1800–2400	
		<i>t</i> , °С	<i>V</i> , м/с	<i>t</i> , °С	<i>V</i> , м/с	<i>t</i> , °С	<i>V</i> , м/с	<i>t</i> , °С	<i>V</i> , м/с
Теплый (+10 °С) и выше	Легкая	22–24 21–23	0,5–1	21–23	0,7–1,5	20–22	1–2	19–22	2–3
	Средней тяжести	20–22	0,7–1,5	20–22	1,5–2,0	19–21	1,5–2,5	18–21	2,0–3,5
	Тяжелая	22–23 21–22	1–2	19–21	1,2–2,5	18–20	2,0–3,0	18–19	3,0–3,5
Холодный и переходный (+10 °С) и ниже	Легкая	20–21	0,5–0,7	21–22	0,5–1,0	20–2	1,0–1,5	19–22	1,5–2,0
	Средней тяжести	–	0,7–1,0	20–21	1,0–1,5	19–20	1,5–2,0	19–21	2,0–2,5
	Тяжелая	–	1,0–1,5	19–20	1,5–2,0	18–19	2,0–2,5	18–19	2,5–3

**Время пребывания на рабочих местах
при температуре воздуха выше или ниже
допустимых величин (рекомендуемое)**

В целях защиты работающих от возможного перегревания или охлаждения, при температуре воздуха на рабочих местах выше или ниже допустимых величин, время пребывания на рабочих местах (непрерывно или суммарно за рабочую смену) должно быть ограничено величинами, указанными в табл. П4 и П5. При этом среднесменная температура воздуха, при которой работающие находятся в течение рабочей смены на рабочих местах и местах отдыха, не должна выходить за пределы допустимых величин температуры воздуха для соответствующих категорий работ, указанных в протоколе измерений.

Таблица П4

Время пребывания на рабочих местах
при температуре воздуха выше допустимых величин

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания не более при категориях работ, ч		
	Ia–Iб	IIa–IIб	III
32,5	1	–	–
32,0	2	–	–
31,5	2,5	1	–
31,0	3	2	–
30,5	4	2,5	1
30,0	5	3	2
29,5	5,5	4	2,5
29,0	6	5	3
28,5	7	5,5	4
28,0	8	6	5
27,5	–	7	5,5
27,0	–	8	6
26,5	–	–	7
26,0	–	–	8

Таблица П5

Время пребывания на рабочих местах
при температуре воздуха ниже допустимых величин

Температура воздуха на рабочем месте, °С	Время пребывания, не более, при категориях работ, ч				
	Ia	Iб	IIa	IIб	III
6	–	–	–	–	1
7	–	–	–	–	2
8	–	–	–	1	3
9	–	–	–	2	4
10	–	–	1	3	5
11	–	–	2	4	6
12	–	1	3	5	7
13	1	2	4	6	8
14	2	3	5	7	–
15	3	4	6	8	–
16	4	5	7	–	–
17	5	6	8	–	–
18	6	7	–	–	–
19	7	8	–	–	–
20	8	–	–	–	–

Среднесменная температура воздуха ($t_{\text{в}}$) рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{в}} = \frac{t_1 \tau_1 + t_2 \tau_2 + \dots + t_n \tau_n}{8}$$

где $t_1, t_2 \dots t_n$ – температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$) на соответствующих участках рабочего места;

$\tau_1, \tau_2 \dots \tau_n$ – время (ч) выполнения работы на соответствующих участках рабочего места; 8 – продолжительность рабочей смены (ч).

Остальные показатели микроклимата (относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, температура поверхностей, интенсивность теплового облучения) на рабочих местах должны быть в пределах допустимых величин.

Нормативная литература, необходимая для выполнения данной работы: «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». СанПиН 2.2.4.548-96.

Лабораторная работа 6

ОЦЕНКА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ, ВЫБОР СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Теоретические сведения

Общие сведения о процессе горения

Использование в производственной деятельности горючих и взрывчатых жидкостей вызывает необходимость оценивать степень взрывной пожарной опасности предприятий и принимать профилактические меры.

Горением называется физико-химический процесс взаимодействия горючего вещества и окислителя, сопровождающегося выделением тепла и излучением света.

Горючее вещество в соединении с окислителем называется **горючей системой**. Свойством гореть обладают не только вещества органического и растительного происхождения, но и ряд металлов. Например, при взаимодействии с водой горят калий, натрий, рубидий, цезий, карбид кальция, карбиды щелочных металлов, фосфористые кальций и натрий, негашеная известь и др. Окислителем обычно является кислород, находящийся в воздухе. Однако следует помнить, что окислителями могут быть и другие вещества, например, хлор, бром, азотная кислота, бертолетова соль и другие соединения.

Для возникновения горения кроме горючей системы в большинстве случаев необходим источник высокой температуры (импульс).

В ряде случаев возможно возникновение горения без внешнего импульса, т. е. самовозгорание. Например, самовозгорается при долгом хранении в большом количестве промасленная ветошь, ряд каменных и бурых углей и другие вещества. В этих случаях происходит аккумуляция тепла при окислении кислородом воздуха. Известны также вещества, самовозгорающиеся при смешивании друг с другом. Ацетилен, водород, метан и этилен в смеси с хлором самовозгораются при дневном свете.

В зависимости от свойств горючей смеси горение бывает гомогенным и гетерогенным. В первом случае горючее вещество и окислитель имеют одинаковое агрегатное состояние (например, горение газов), во втором – различное (горение твердых и жидких веществ). Но и при гетерогенной системе горение идет в газообразной форме, так как горючая жидкость испаряется и смешивается с воздухом, а при нагревании твердого горючего вещества происходит его разложение и выделяются газы и пары.

Процесс возникновения горения подразделяется на несколько видов.

Вспышка – быстрое сгорание горючей смеси, не сопровождающееся образованием сжатых газов.

Возгорание – возникновение беспламенного горения под действием источника зажигания.

Воспламенение – возгорание, сопровождающееся появлением пламени.

Самовозгорание – увеличение скорости экзотермических реакций приводящее к возникновению горения вещества при отсутствии источника зажигания.

Самовоспламенение – самовозгорание, сопровождающееся появлением пламени.

Взрыв – чрезвычайно быстрое химическое превращение, сопровождающееся выделением энергии и повышением давления, способных производить разрушительную механическую работу.

По скорости распространения пламени горение подразделяется на дефлаграционное (скорость измеряется несколькими м/с), взрывное (порядка десятка м/с) и детонационное (тысячи м/с).

Показателями пожарной опасности являются температура вспышки, температура воспламенения, температура самовоспламенения, концентрационные и температурные пределы воспламенения.

Температура вспышки – самая низкая температура *горючего вещества*, при которой над поверхностью образуются пары и газы, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания, но скорость образования паров еще не достаточна для постоянного горения.

Температура воспламенения – температура горючего вещества, при которой оно выделяет горючие пары и газы с достаточной для устойчивого горения скоростью.

Все горючие жидкости разделяются на два класса: легковоспламеняющиеся (ЛВЖ) с температурой вспышки до 61 °С и горючие (ГЖ) – с температурой вспышки выше 61 °С.

Температура самовоспламенения – минимальная температура вещества при которой происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающееся возникновением пламенного горения.

Нижний концентрационный предел воспламенения (НКПВ) – минимальная концентрация газов и паров горючих веществ в воздухе, при которой они способны загораться и распространять пламя.

Верхний концентрационный предел воспламенения (ВКПВ) – максимальная концентрация горючих веществ в воздухе, при которой еще возможно распространение пламени.

Область воспламенения – область концентраций паров и газов горючих веществ, лежащая между верхним и нижним концентрационными пределами.

Нижний предел воспламенения пыли – минимальная концентрация пыли в воздухе, при которой происходит ее загорание. Термин «верхний предел воспламенения» к пыли не применяется.

Концентрационные пределы непостоянны и изменяются с изменением мощности источника воспламенения, температуры и давления горючей смеси, примесей инертных газов и т. д.

Концентрация паров жидкости находится в определенной связи с ее температурой, поэтому концентрационные пределы можно заменять *температурными пределами воспламенения*, под которыми понимают температуры, при которых насыщенные пары вещества образуют концентрации, равные соответственно нижнему и верхнему концентрационным пределам воспламенения.

Температура вспышки всегда меньше температуры воспламенения, поэтому пожарная опасность жидкости характеризуется температурой вспышки. Она может также рассчитываться по эмпирической формуле:

$$T_B = 0,736T_K, \text{ } ^\circ\text{K} \quad (6.1)$$

где T_K – температура кипения, $^\circ\text{K}$.

Истинная температура в градусах Цельсия с учетом атмосферного давления определяется по формуле:

$$t_B = t + \Delta t, \quad (6.2)$$

где t – (средняя) температура вспышки, $^\circ\text{C}$;

$\Delta t = 0,345(P - 760)$ – поправка на атмосферное давление (вычисляется с точностью до 1°C);

P – барометрическое давление при испытании, мм рт. ст.

Температура вспышки, нижний концентрационный предел воспламенения и химические свойства горючих веществ (например, свойство самовозгорания при соединении друг с другом, водой и воздухом) положены в основу классификации производств по пожарной и взрывной опасности.

Классификация производств по взрывной и пожарной опасности

Согласно СП 12.13130.2009, производственные объекты в соответствии с характером технологического процесса делятся на пять категорий по взрывопожарной и пожарной опасности (табл. 6.1).

Определение категорий помещений следует осуществлять путем последовательной проверки принадлежности помещения к категориям, приведенным в табл. 6.1, от наиболее опасной (А) к наименее опасной (Д).

Таблица 6.1

Категории помещений взрывопожарной и пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов находящихся (обращающихся) в помещении
А Повышенная взрывопожароопасность	Горючие газы, ЛВЖ с t_v не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные паро-воздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б Взрывопожароопасность	Горючие пыли или волокна, ЛВЖ с $t_{всп} > 28$ °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пыли или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В Пожароопасность	ГЖ и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся в наличии или обращаются, не относятся к категории А или В
Г Умеренная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д Пониженная пожароопасность	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Классификация пожаров и выбор средств пожаротушения

В зависимости от вида горящих веществ и материалов выделяют следующие классы пожаров: **А, В, С, Д, Е**.

Описание классов пожаров и выбор средств пожаротушения приведены в табл. 6.2.

Вода является наиболее широко применяемым средством тушения. Попадая в зону горения, вода нагревается и испаряется, отнимая большое количество теплоты от горящих веществ. Водяной пар является инертным разбавителем, затрудняя доступ воздуха к очагу горения. Сильная струя воды сбивает пламя. Однако воду нельзя применять для тушения некоторых металлов, нефтепродуктов, электроустановок под напряжением и др.

Таблица 6.2

Классификация пожаров по ГОСТ 27331 и рекомендуемые средства пожаротушения

Класс пожара	Характеристика класса	Подкласс пожара	Характеристика подкласса	Рекомендуемые средства пожаротушения
А	Горение твердых веществ	А1	Горение твердых веществ, сопровождаемое тлением (например, древесина, бумага, уголь, текстиль)	Вода со смачивателями, пена, хладоны, порошки
		А2	Горение твердых веществ, не сопровождаемое тлением (каучук, пластмассы)	Все виды огнетушащих средств
В	Горение жидких веществ	В1	Горение жидких веществ, нерастворимых в воде (бензин, нефтепродукты), а также сжигаемых твердых веществ (парафин)	Пена, тонкораспыленная вода, вода с добавкой фторированного ПАВ, хладоны, CO ₂ , порошки
		В2	Горение полярных жидких веществ, растворимых в воде (спирты, ацетон, глицерин и др.)	Пена на основе специальных пенообразователей, тонкораспыленная вода, хладоны, порошки
С	Горение газообразных веществ	—	Бытовой газ, пропан, водород, аммиак и др.	Объемное тушение и флегматизация газовыми составами, порошки, вода для охлаждения оборудования
D	Горение металлов и металлосодержащих веществ	D1	Горение легких металлов и их сплавов (алюминий, магний и др.), кроме щелочных	Специальные порошки
		D2	Горение щелочных металлов (натрий, калий и др.)	Специальные порошки
		D3	Горение металлосодержащих соединений (металлоорганические соединения, гидриды металлов)	Специальные порошки
Е	Горение электроустановок	—	—	—

Основным огнегасительным свойством пены является изоляция зоны горения путем образования на поверхности горячей жидкости паронепроницаемого слоя определенной структуры и стойкости. Характеристиками

пены, определяющими ее огнегасящие свойства, являются стойкость и кратность. Стойкость – это способность пены сохраняться при высокой температуре во времени, кратность – отношение объема пены к объему жидкости, из которой она получена.

Инертные газы (углекислый, азот, аргон, фреоны и др.) понижают концентрацию кислорода в очаге горения и отбирают значительное количество теплоты. Применяют их в случаях, когда применение других веществ недопустимо.

Огнетушащие порошки являются универсальным средством для тушения пожаров. Они применяются при ликвидации небольших загораний, не поддающихся тушению другими средствами, в том числе при загорании щелочных металлов, металлоорганических соединений и других веществ.

Выбор огнетушителей

Количество, тип огнетушителей, необходимых для защиты конкретного объекта, устанавливают, исходя из категории защищаемого помещения, величины пожарной нагрузки, физико-химических и пожароопасных свойств обращающихся горючих материалов и т. д.

Эффективность применения огнетушителей для тушения пожаров разных классов представлена в табл. 6.3.

Таблица 6.3

Выбор типа огнетушителей

Класс пожара	Огнетушители									
	Водные		Воздушно-эмульсионные		Воздушно-пенные		Воздушно-пенные с фторсодержащим зарядом	Порошковые	Углекислотные	Хладоновые
	с распыленной струей	с тонкораспыленной струей	с распыленной струей	с тонкораспыленной струей	пена низкой кратности	пена средней кратности				
A	++	++	+++	+++	++	+	++	++	+	+
B	–	+	+++	+++	++	++	+++	+++	+	++
C	–	–	–	–	–		–	+++	+	+
D	–	–	–	–	–		–	+++	–	–
E	–	+	–	++	–		–	++	+++	++

+++ огнетушители, наиболее эффективные при тушении пожара данного класса;

++ огнетушители, пригодные для тушения пожара данного класса;

+ огнетушители, недостаточно эффективные при тушении пожара данного класса;

– огнетушители, непригодные для тушения пожара данного класса.

Важно!

Водные, воздушно-пенные, воздушно-эмульсионные огнетушители не должны применяться для тушения пожаров оборудования, находящегося под электрическим напряжением, для тушения сильно нагретых или расплавленных веществ, а также веществ, вступающих с водой в химическую реакцию, которая сопровождается интенсивным выделением тепла и разбрызгиванием горючего.

Углекислотные огнетушители

Углекислотные огнетушители предназначены для тушения загораний различных веществ и материалов, электроустановок под напряжением, двигателей внутреннего сгорания, горючих жидкостей (рис. 6.1–6.3).



Рис. 6.1. Внутреннее строение углекислотных огнетушителей

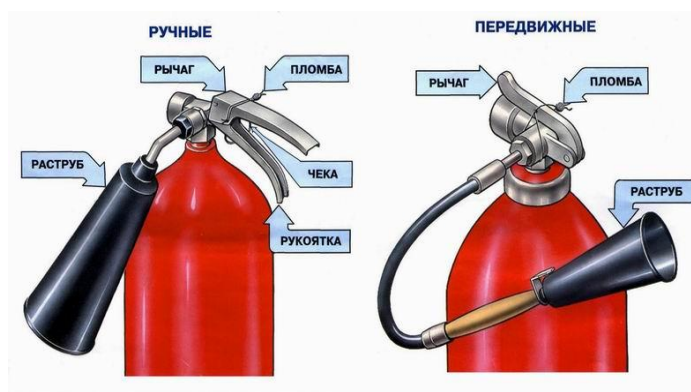


Рис. 6.2. Внешний вид углекислотных огнетушителей



Рис. 6.3. Внешний вид различных углекислотных огнетушителей

Углекислотные огнетушители запрещается применять для тушения пожаров электрооборудования, находящегося под напряжением выше 10 кВ.

Углекислотный огнетушитель, оснащенный раструбом из металла, не должен использоваться для тушения пожаров электрооборудования, находящегося под напряжением.

Запрещается тушить материалы, горение которых происходит без доступа воздуха.

Углекислотные огнетушители бывают переносными (ОУ – 2, 3, 5, 6, 8, 10) и передвижными (ОУ – 20, 40, 80, 400).

При пожаре надо, взяв огнетушитель левой рукой за ручки, поднести его как можно ближе к огню, выдернуть чеку или сорвать пломбу, направить раструб в очаг пожара и открыть вентиль или нажать рычаг пистолета (в случае пистолетного запорно-пускового устройства). С помощью раструба струю выходящего газа нужно последовательно переводить с одного горящего места на другое (рис. 6.4, 6.5). Раструб нельзя держать голой рукой, так как он имеет очень низкую температуру.



Рис.6.4. Приведение в действие ручного углекислотного огнетушителя



Рис. 6.5. Приведение в действие передвижного углекислотного огнетушителя

Пенные огнетушители

Пенные огнетушители предназначены для тушения пожаров и загораний твердых веществ и материалов, ЛВЖ и ГЖ, кроме щелочных металлов и веществ, горение которых происходит без доступа воздуха, а также электроустановок под напряжением.

Пенными огнетушителями запрещается тушить электроустановки под напряжением.

Различают химические пенные и воздушно-пенные огнетушители (рис. 6.6 и 6.7).

Пенные огнетушители бывают переносными (ОХВП-10, 10 мм, ОВП-5(з), 10, 10(з)) и передвижными (ОВП-50, 100).

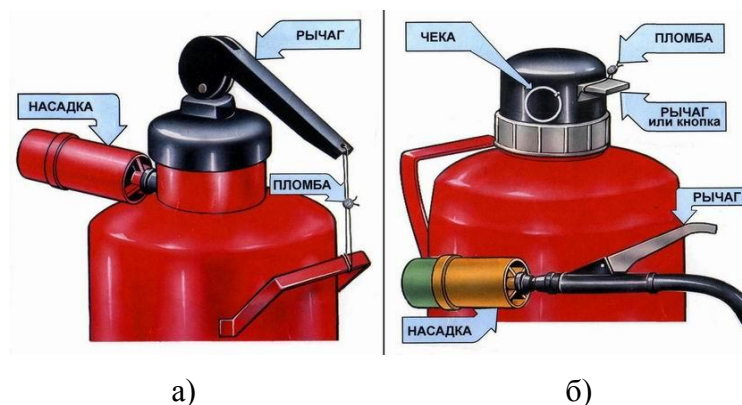


Рис. 6.6. Внешний вид химических пенных (а) и воздушно-пенных (б) огнетушителей



Рис. 6.7. Внешний вид различных пенных огнетушителей

Химические пенные огнетушители

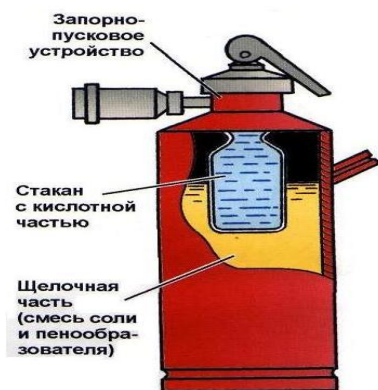


Рис. 6.8. Внутреннее строение химических пенных огнетушителей

Огнетушитель предназначен для тушения пожаров твердых материалов, а также различных горючих жидкостей на площади не более 1 м^2 , за исключением электроустановок, находящихся под напряжением, а также щелочных материалов (рис. 6.8). Огнетушитель рекомендуется использовать и хранить при температуре от 5 до 45 градусов.

Химический пенный огнетушитель подлежит зарядке каждый год, независимо от того, использовался он или нет.

Чтобы привести огнетушитель в действие, необходимо прочистить спрыск металлическим стержнем, повернуть рукоятку запорного устройства на 180 градусов (при этом открывается клапан кислотного стакана) и перевернуть огнетушитель вверх дном (рис. 6.9). Затем встряхнуть его, направив на очаг пожара.



Рис. 6.9. Приведение в действие химического пенного огнетушителя

При работе с пенными огнетушителями нужно соблюдать требования техники безопасности. Дело в том, что при взаимодействии кислотной и щелочной частей заряда выделяется такое количество углекислотного газа, которое создает большое давление внутри корпуса огнетушителя. Оно может превысить допустимые нормы. Причиной этого является засорение sprays, из-за чего задерживается выход пены. Поэтому прежде чем привести огнетушитель в действие, необходимо прочистить sprays шпилькой.

Воздушно-пенные огнетушители

Воздушно-пенный огнетушитель предназначен для тушения различных веществ и материалов, за исключением щелочных и щелочноземельных элементов (рис. 6.10, 6.11).

Воздушно-пенные огнетушители применяют для тушения пожаров класса А (как правило, со стволом пены низкой кратности) и пожаров класса В.

Воздушно-пенные огнетушители не должны применяться для тушения пожаров оборудования, находящегося под электрическим напряжением, для тушения сильно нагретых или расплавленных веществ, а также веществ, вступающих с водой в химическую реакцию, которая сопровождается интенсивным выделением тепла и разбрызгиванием горючего.

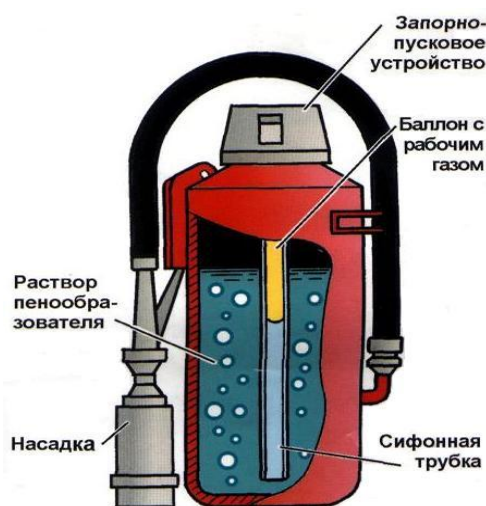


Рис. 6.10. Внутреннее строение воздушно-пенных огнетушителей



Рис. 6.11. Приведение в действие воздушно-пенного огнетушителя

Огнетушащая эффективность этих огнетушителей в два с половиной раза выше эффективности химических пенных огнетушителей одинаковой емкости. Бывают огнетушители переносные ОВП-5, ОВП-10, передвижные ОВП-100 и стационарные ОВП-250.

Порошковые огнетушители

Порошковые огнетушители предназначены для тушения загораний легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, лаков, красок, пластмасс, электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 вольт.

В зависимости от заряда порошковые огнетушители применяют для тушения пожаров классов А, В, С, Е; В, С, Е; D.

Порошковые огнетушители различают: со встроенными газовыми источниками давления и закачные (рис. 6.12–6.14).

Порошковые огнетушители бывают переносными (ОПУ-2, 5, 7Ф, 10, ОП-1(з), 2(з), 5(з), 10(з)) и передвижными (ОП-50(з), ОП-100) (рис. 6.15).

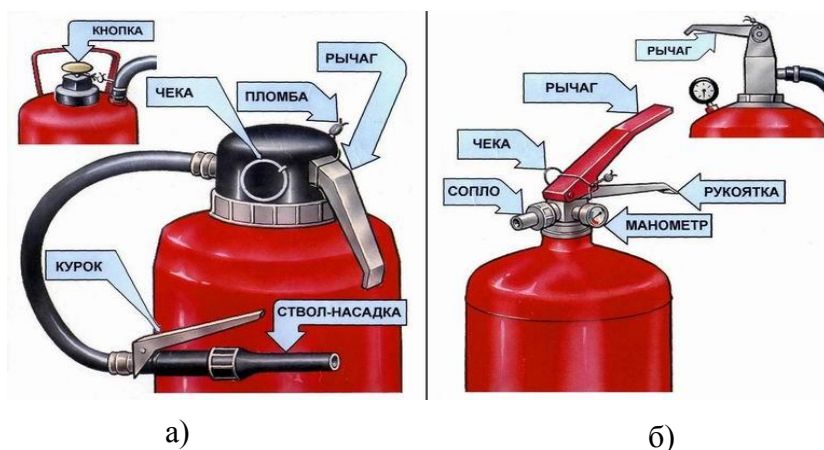


Рис. 6.12. Внешний вид порошковых огнетушителей со встроенными газовыми источниками давления (а) и закачных (б)

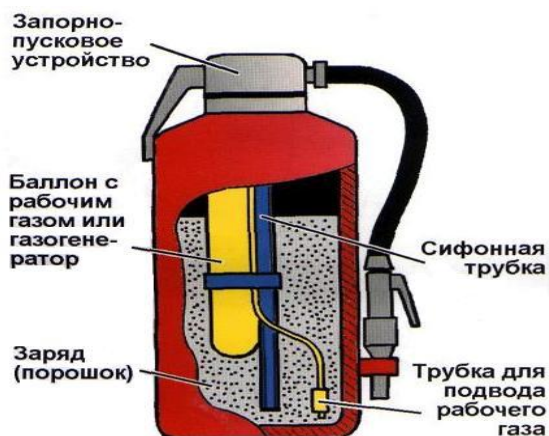


Рис. 6.13. Внутреннее строение порошкового огнетушителя со встроенными газовыми источниками давления

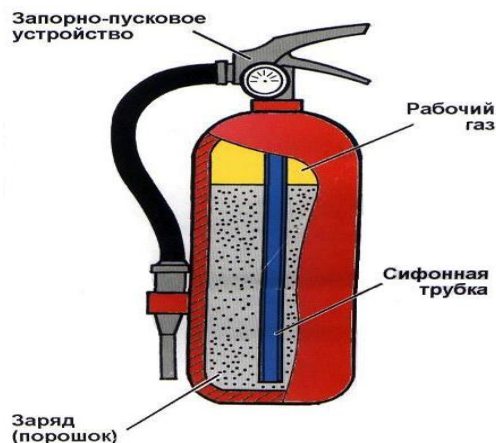


Рис. 6.14. Внутреннее строение порошкового закачного огнетушителя



Рис. 6.15. Внешний вид различных порошковых огнетушителей

Для приведения порошкового огнетушителя в действие необходимо выдернуть чеку или фиксатор, направить огнетушитель или ствол огнетушителя на очаг пожара, поднять рычаг вверх (или нажать на кнопку для прокола газового баллона), через 5 секунд приступить к тушению пожара (рис. 6.16, 6.17).



Рис. 6.16. Приведение в действие огнетушителя с газовым источником давления



Рис. 6.17. Приведение в действие закачного огнетушителя

Перед тушением убедитесь в отсутствии скруток и перегибов на шланге огнетушителя.

После тушения убедитесь, что очаг горения ликвидирован и пожар не возобновился.

При тушении пожара порошковыми огнетушителями необходимо применять дополнительные меры по охлаждению нагретых элементов оборудования или строительных конструкций.

Порошковые огнетушители из-за высокой запыленности во время их работы и, как следствие, резко ухудшающейся видимости очага пожара и путей эвакуации, а также раздражающего действия порошка на органы дыхания не рекомендуется применять в помещениях малого объема (менее 40 м³).

Необходимо строго соблюдать рекомендованный режим хранения и периодически проверять эксплуатационные параметры порошкового заряда (влажность, текучесть, дисперсность).

Выполнение работы

В работе производится оценка пожарной безопасности для трех производственных помещений (рис. 6.18–6.20).



Рис. 6.18. Помещение 1. Склад хранения дизельного топлива



Рис. 6.19. Помещение 2. Архив предприятия
(хранение большого количества бумажных документов)



Рис. 6.20. Помещение 3. Помещение цеха с электрооборудованием – станками для холодной обработки металлов

Для каждого из помещений определяется:

- 1) категория по пожарной и взрывопожарной опасности;
- 2) тип пожара;
- 3) вид огнетушащих веществ;
- 4) тип огнетушителей.

Порядок выполнения работы

1. Провести анализ веществ и материалов, хранящихся и применяемых в помещении.

2. При наличии в помещении жидких горючих веществ рассчитать по формуле (6.1) ожидаемую температуру вспышки, принимая температуру кипения по табл. 6.4.

Таблица 6.4

Температура кипения горючих веществ

Вид топлива	Температура кипения	
	°C	°K
Машинное масло	340	613
Дизельное топливо	250	523
Керосин	140	413

3. Определить, к какому типу жидкости относится данное вещество: ЛВЖ или ГЖ.

4. Определить категорию помещения по взрывопожарной и пожарной опасности по табл. 6.1.
5. Определить тип пожара и рекомендуемые средства пожаротушения.
6. Выбрать тип огнетушителей для помещения по табл. 6.3.
7. Ознакомиться со строением выбранного огнетушителя и правилами приведения его в действие.

Отчет по лабораторной работе

Отчет по работе должен содержать

- цель работы;
- краткие теоретические сведения
- расчет температуры вспышки по эмпирической зависимости (6.1);
- заполненную таблицу с указанием категории производства, класса пожара, типа огнетушителя (табл. 6.5);
- эскиз огнетушителя с указанием основных частей;
- правила приведения в действие огнетушителя;
- выводы по работе.

Отчет оформляется на специальных бланках или отдельных листах.

Таблица 6.5

Результаты работы

№ помещения	Расчетная t_v	ЛВЖ или ГЖ	Категория производства	Класс пожара	Вещества, используемые для тушения пожара	Тип огнетушителя
1						
2						
3						

Контрольные вопросы

1. Что такое горение, каковы условия его возникновения?
2. Что такое область воспламенения и взрыва, нижний и верхний концентрационные пределы воспламенения и взрыва?
3. Как подразделяется горение по скорости распространения пламени?
4. Что такое температура вспышки, воспламенения и самовоспламенения?
5. На какие категории делятся производства по взрывопожарности?
6. Как подразделяются жидкие горючие вещества?
7. Как рассчитать температуру вспышки горючей жидкости в лабораторной работе?
8. Как определить истинную температуру вспышки?

9. Какие существуют классы пожаров в зависимости от горящих веществ?

10. Какие вещества используют для тушения пожаров разных классов?

11. Какие существуют типы огнетушителей? Как выбирают огнетушители?

Рекомендуемая литература

1. Блинов, С. Ю. Пожарная безопасность. Часть 2 : учеб. пособие / С. Ю. Блинов, Т. В. Блинова, В. К. Иванов ; СПбГУТ – СПб., 2014. – 108с.

2. Лабораторный практикум по охране труда / под ред. проф. Н. Б. Золотницкого. – М. : Высшая школа, 1979.

**Иванов Владимир Кузьмович
Панихидников Сергей Александрович
Сакова Наталья Владимировна**

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ**

Редактор *Л. К. Паришина*

План издания 2018 г., п. 238

Подписано к печати 08.11.2018
Объем 5,0 усл.-печ. л. Тираж 14 экз. Заказ 894

Редакционно-издательский отдел СПбГУТ
193232 СПб., пр. Большевиков, 22

Отпечатано в СПбГУТ