

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт горного дела и строительства
Кафедра «Охрана труда и окружающей среды»

Утверждено на заседании кафедры
«Охрана труда и окружающей среды»
« 26 » « 01 » 2021 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой



В.М. Панарин

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине (модулю)
по дисциплине

«Теория, методы и организация коллективной защиты»

основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы бакалавриата

по направлению подготовки
20.03.01 Техносферная безопасность

с направленностью (профилем)
Инженерная защита окружающей среды

Форма(ы) обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 200301-01-21

Тула 2021

Разработчик(и) методических указаний

Ларина М.В., доцент, канд.техн.наук, доцент
(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Л.В.', on a light pink rectangular background.

(подпись)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

АНАЛИЗ ОПАСНОСТИ ТРЕХФАЗНЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В И ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ УСТРОЙСТВА ЗАЩИТНОГО ОТКЛЮЧЕНИЯ

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель работы: оценить опасность прямого прикосновения человека к фазным проводам электрических сетей напряжением до 1 кВ. Определить влияние активного сопротивления изоляции и емкости фазных проводов относительно земли на опасность поражения человека электрическим током при нормальном и аварийном режимах работы двух типов сети.

Задачи работы:

1.1. Сравнить опасность прямого прикосновения человека к проводам трехфазных сетей напряжением до 1 кВ: трехпроводной с изолированной нейтралью и четырехпроводной с заземленной нейтралью. Измерения проводить для двух режимов работы сетей: нормального и аварийного (при замыкании одного из фазных проводов на землю).

1.2. При нормальном режиме работы для каждого типа сети определить зависимость тока, проходящего через тело человека, при прямом прикосновении к фазному проводу в зависимости от:

- активного сопротивления изоляции фазных и нулевого провода относительно земли при постоянном значении емкости проводов относительно земли (сеть симметричная);
- ёмкости фазных и нулевого провода относительно земли при постоянном значении активного сопротивления изоляции проводов относительно земли (сеть симметричная).

1.3. Оценить работоспособность устройства защитного отключения (УЗО), реагирующего на дифференциальный (остаточный) ток в сети с заземленной нейтралью напряжением до 1 кВ.

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1 Действие тока на организм человека, предельно допустимые значения напряжения прикосновения

Характер воздействия электрического тока на организм человека зависит от величины тока, рода тока (постоянный или переменный) и времени его прохождения.

При прохождении тока промышленной частоты 50 Гц по наиболее опасному для человека пути (рука - рука или рука - ноги), воздействие будет следующим:

0,6...1,5 мА - начало ощущения, легкое пощипывание кожи;

10 мА и более - сильные и весьма болезненные судороги рук, которые человек преодолеть не в состоянии. Человек не может разжать руку, которой взялся за провод или токоведущую часть, не может отбросить от себя провод, он оказывается как бы прикованным к проводу или токоведущей части. Такой ток называется пороговым не отпускающим;

25...50 мА - действие тока распространяется также на мышцы грудной клетки, что приводит к затруднению и даже прекращению дыхания. При воздействии этого тока в течение нескольких минут может наступить смерть вследствие прекращения работы легких;

100 мА - считается смертельно опасным, так как ток оказывает непосредственное влияние и на мышцу сердца, вызывая за 2...3 секунды его остановку или фибрилляцию, при которой сердце перестает работать как насос. В результате в организме прекращается кровообращение и наступает клиническая смерть. Через 4 минуты начинают отмирать клетки головного мозга, а через 10 минут наступают необратимые процессы. Если человеку не окажут помощь (не отключат электроэнергию и не сделают предкардиальный удар, и искусственное дыхание и массаж сердца), то наступит биологическая смерть.

Ток, проходящий через человека, определяется по закону Ома:

$I_{\text{ч}} = \frac{U_{\text{пр}}}{R_{\text{ч}}}$ ток, проходящий через тело человека, А;

$U_{\text{пр}}$

- напряжение прикосновения, В;

$R_{\text{ч}}$ - сопротивление тела человека, Ом. Напряжение прикосновения $U_{\text{пр}}$ - это разность потенциалов двух точек электрической цепи, которых касается человек: например, при прикосновении к двум фазам (рисунок 1, а) напряжение прикосновения будет равно линейному напряжению в сети, т.е.

$U_{\text{пр}}$

а при прикосновении к одной фазе, а также к корпусу электрооборудования, находящегося под напряжением (рисунок 1, б), напряжение прикосновения будет определяться разностью потенциалов на оборудовании и поверхности земли на

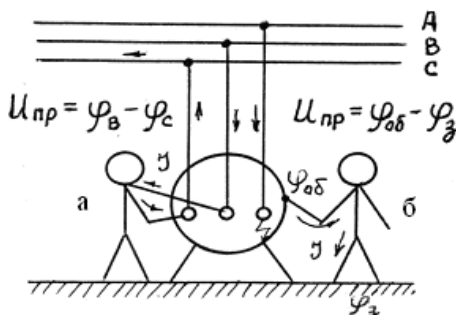


Рисунок 1 - Напряжение прикосновения $U_{\text{пр}}$

С

напряжения прикосновения сопротивление кожи, и следовательно R_q , резко уменьшается (рисунок 2) и при $U_{пр}$ выше 50 В может наступить пробой кожи.

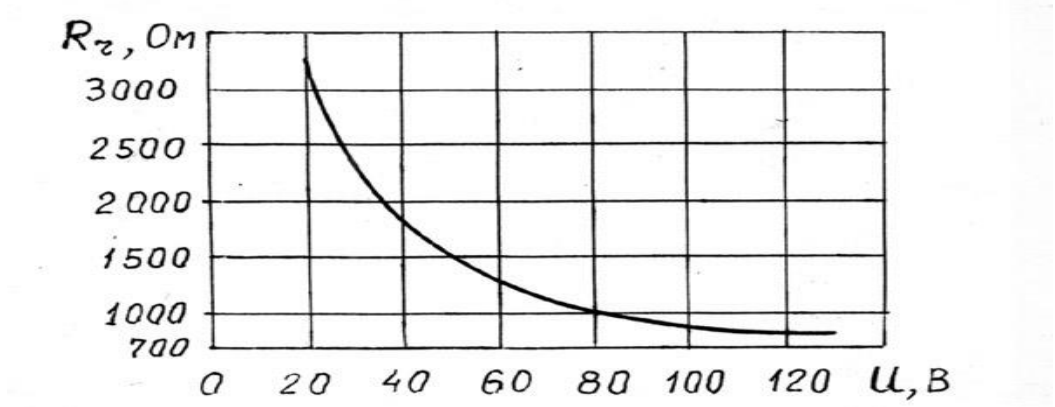


Рисунок 2 - Зависимость R_q от $U_{пр}$

П
р
е
д
е
л
ь
н
о

д
о
п
у
с
т
и
м
ы
е

Таблица 1 - Предельно допустимые значения напряжений прикосновения $U_{пд}$ и токов, протекающих через тело человека, $I_{пд}$ при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки

Род тока	$U_{пд}$, В	$I_{пд}$
	Не более	
Переменный, 50 Гц Переменный, 400 Гц Постоянный		
Примечание: 1. Напряжение и токи приведены при продолжительности воздействия не более 10 мин в сутки и установлены, исходя из реакции ощущения. 2. напряжение прикосновения и токи для лиц, выполняющих работу в условиях высоких температур (выше 25 С) и влажности (более 75%), должны быть уменьшены в три раза.		

Таблица 2 - Предельно допустимые значения напряжений прикосновения $U_{пр.ав}$ и токов $I_{пр.ав}$ при аварийном режиме производственных электроустановок

а
ч
е
н
и
я

напряжением до 1000 В с глухозаземленной или изолированной нейтралью и выше 1000 В с изолированной нейтралью

Род тока	Предельно допустимые значения $U_{ПР.ав}$, В по ГОСТ 12.1.038-82 при аварийном режиме и продолжительности воздействия тока, с											
	0,01 - 0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Свыше 1 с
$\approx U$ 50 Гц	550	340	160	135	120	105	95	85	75	70	60	20
$\approx U$ 400 Гц	650	500	500	330	250	200	170	140	130	110	100	36
постоянный	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	40
<p>Предельно допустимые значения токов, протекающих через тело человека, при продолжительности воздействия более 1 с:</p> <p>Для переменного тока частотой 50 Гц..... $I_{ПР.ав} = 6$ мА</p> <p>Для переменного тока частотой 400 Гц..... $I_{ПР.ав} = 8$ мА</p> <p>Для постоянного тока..... $I_{ПР.ав} = 15$ мА</p> <p>Значение $U_{ПР.ав}$ и $I_{ПР.ав}$ соответствует отпускающим (переменным) и не болевым (постоянным) токам.</p>												

Для контроля предельно допустимых значений напряжения прикосновения и токов измеряют напряжения и токи в местах, где может произойти замыкание электрической цепи через тело человека, при этом сопротивление тела человека в электрической цепи при частоте 50 Гц должно моделироваться резистором сопротивления:

- для таблицы 1: $R_q = 6,7$ кОм;

- для таблицы 2: при времени воздействия до 0,5 с $R_q = 0,85$ кОм;

при времени воздействия более 0,5 с - сопротивлением, имеющим зависимость от напряжения согласно рис. 2.

2.2 Анализ опасности поражения людей током в сети с изолированной нейтралью

В сети с изолированной нейтралью нулевая точка трансформатора "О" не присоединена к заземляющему устройству или присоединена через приборы, имеющие большое сопротивление. Если человек прикоснется к двум фазам (рисунок 3,а), то напряжение прикосновения будет равно линейному напряжению

сети. Если же человек прикоснется к одной фазе (рисунок 3,б) или к корпусу электроустановки в случае замыкания фазы на корпус (в), то через человека потечет ток

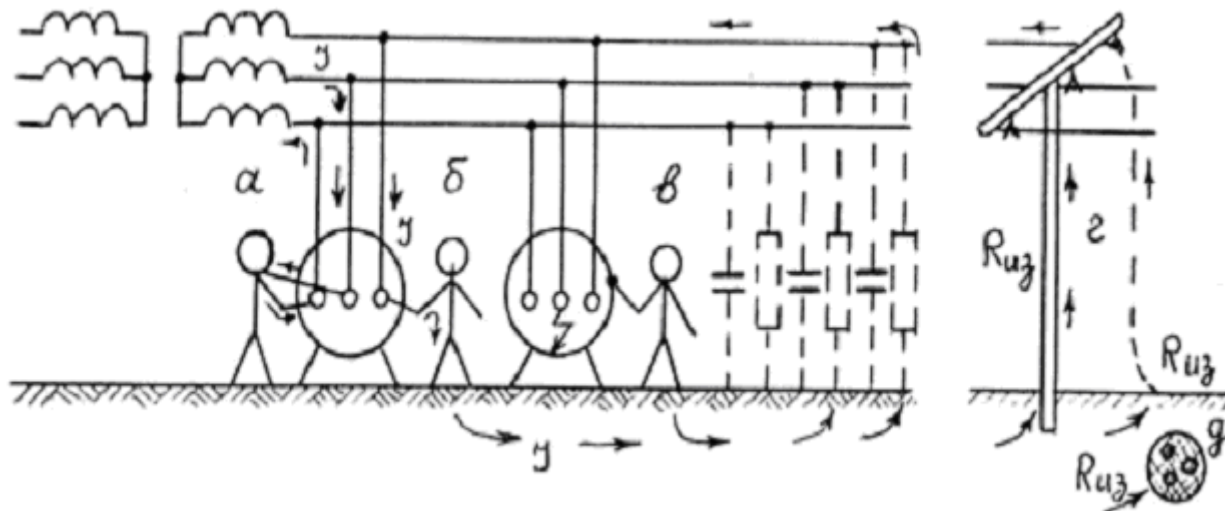
$$I_{\text{чел}}$$

Сопротивление изоляции $R_{\text{из}}$ — это сопротивление столба и изоляторов (рисунок 3,г) или сопротивление изоляции кабеля (рисунок 3,д), а также емкостное сопротивление проводов относительно земли.

Согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ) при линейном напряжении $U_{\text{лин}} = 380 \text{ В}$ сопротивление изоляции фаз должно быть не менее 0,5 МОм. При хорошей изоляции ток $I_{\text{чел}}$ будет маленьким, и человеку будет безопасно прикосновение к одной фазе. Однако, при низком сопротивлении изоляции (мокрый столб, разбитый изолятор, падение провода на землю) - будет опасно.

Н

$$I_{\text{чел}} = 380 / (1000 + 0 + 0 + 2000) = 0,126 \text{ А} - \text{ смертельно опасно.}$$



Б

$R_{\text{из}}$

Рисунок 3 - Схемы возможного поражения человека электрическим током в сети с изолированной нейтралью:

=

г - сопротивление изоляции воздушной линии электропередачи;

2

д - сопротивление изоляции кабельной линии

к

о

м

$R_{\text{обувн}}$

$R_{\text{пола}} = 0$, то

2.4 Анализ опасности поражения людей током в сети с глухозаземленной нейтралью

Глухозаземленной нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, присоединенная к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (рисунок 4).

Прикосновение человека к двум фазам (рисунок 4,а) при линейном напряжении 380 В смертельно опасно:

$$I_{\text{чел}} = 380/1000 = 0,38 \text{ А.}$$

Если человек прикоснется одной рукой к фазе (рисунок 4,б), или к корпусу (в), то ток потечет по цепи: трансформатор, фаза, рука, тело человека, земля, заземляющее устройство, трансформатор:

$$I_{\text{чел}}$$

Сопротивление заземляющего устройства $R_{3,0} < 10 \text{ Ом}$. Если фазное напряжение $U_{\phi} > 42 \text{ В}$, обувь влажная или подбитая гвоздями, пол бетонный, металлический, то возможно поражение человека током.

Одновременное прикосновение человека к корпусу электроустановки с поврежденной изоляцией и к батарее отопления, трубе и т.п., очень опасно (рисунок 4,г), ток

$$I_{\text{чел}}$$

При приближении человека к оборванному проводу (менее 8 м) возможно воздействие шагового напряжения (рисунок 4,е).

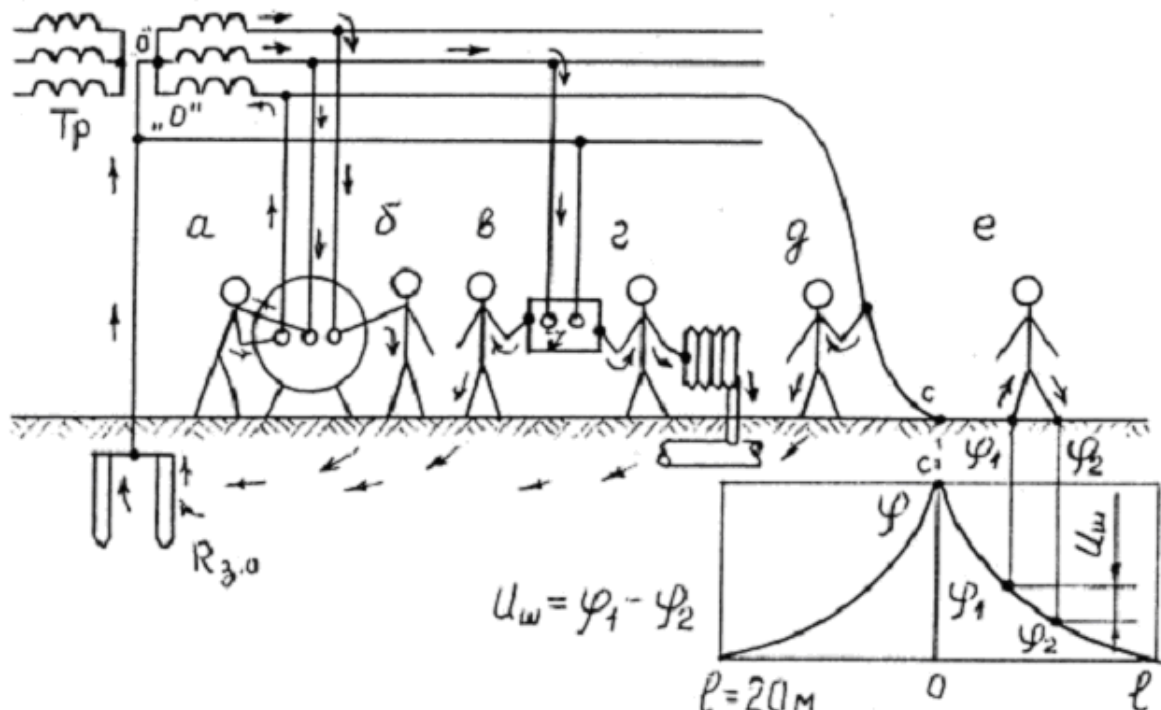


Рисунок 4 - Схемы возможного поражения человека электрическим током в сети с глухозаземленной нейтралью

3. ОБЪЕКТЫ И СРЕДСТВА ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа проводится на лабораторном стенде (рисунок 5), который моделирует электрическую сеть с изолированной и глухозаземленной нейтралью, а также действие устройства защитного отключения (УЗО).

Значение сопротивления заземления нейтрали на стенде – 4 Ом.

Положение «0» переключателя S12 соответствует нормальному режиму работы сети.

Положения «А, В, С» переключателя S12 соответствуют замыканию фазных проводов А, В, С на землю, при этом сопротивление растеканию тока в месте замыкания на землю $R_{зм}$ может принимать различные значения 10, 100 и 1000 Ом.

Тело человека имитируется в схеме стенда резистором R_h , который может подключаться к каждому проводу сети или к проводу сети на стороне трехфазного потребителя электроэнергии.

Переключатель S15 предназначен для моделирования прямого прикосновения человека к токоведущей части (проводу исследуемой сети). Положение «0» переключателя S15 – человек не касается фазного провода. Положение УЗО переключателя S15 – человек касается фазного провода на стороне трехфазного потребителя электроэнергии при нажатой кнопке S16.

Значение сопротивления цепи тела человека может быть задано дискретно (1 кОм, 5 кОм, 10 кОм) с помощью переключателя S13, либо плавно в пределах от 0 до 100 кОм с помощью переменного резистора R_h . Установка значений R_h 1; 5; 10 кОм производится переключателем S13 при положении ручки резистора

Корпус трехфазного потребителя электроэнергии может быть занулен с помощью переключателя S18 (правое положение). С помощью кнопки S17 моделируется замыкание фазного провода на корпус.

На лицевой панели УЗО расположены кнопки «ПУСК» (при нажатии этой кнопки трехфазный потребитель подключается к сети и загорается красный индикатор на панели УЗО); «СТОП» (отключение трехфазного потребителя от сети); «КОНТРОЛЬ» (оперативный контроль УЗО).

В правой части лицевой панели размещены индикаторы трех цифровых приборов: миллисекундомера, амперметра и вольтметра:

- вольтметр для измерения напряжений фазных проводов А, В, С относительно земли (подключение вольтметра осуществляется с помощью переключателя);

- амперметр для измерения тока I_h , проходящего через тело человека (положение A1) и уставки устройства защитного отключения $I_{уст}$ (положение A2). Амперметр имеет четыре предела измерения (0-2мА; 0-20 мА; 0-200 мА, 0-2000мА);

- миллисекундомер для измерения времени срабатывания УЗО; кнопка «СБРОС» обнуляет показания миллисекундомера.

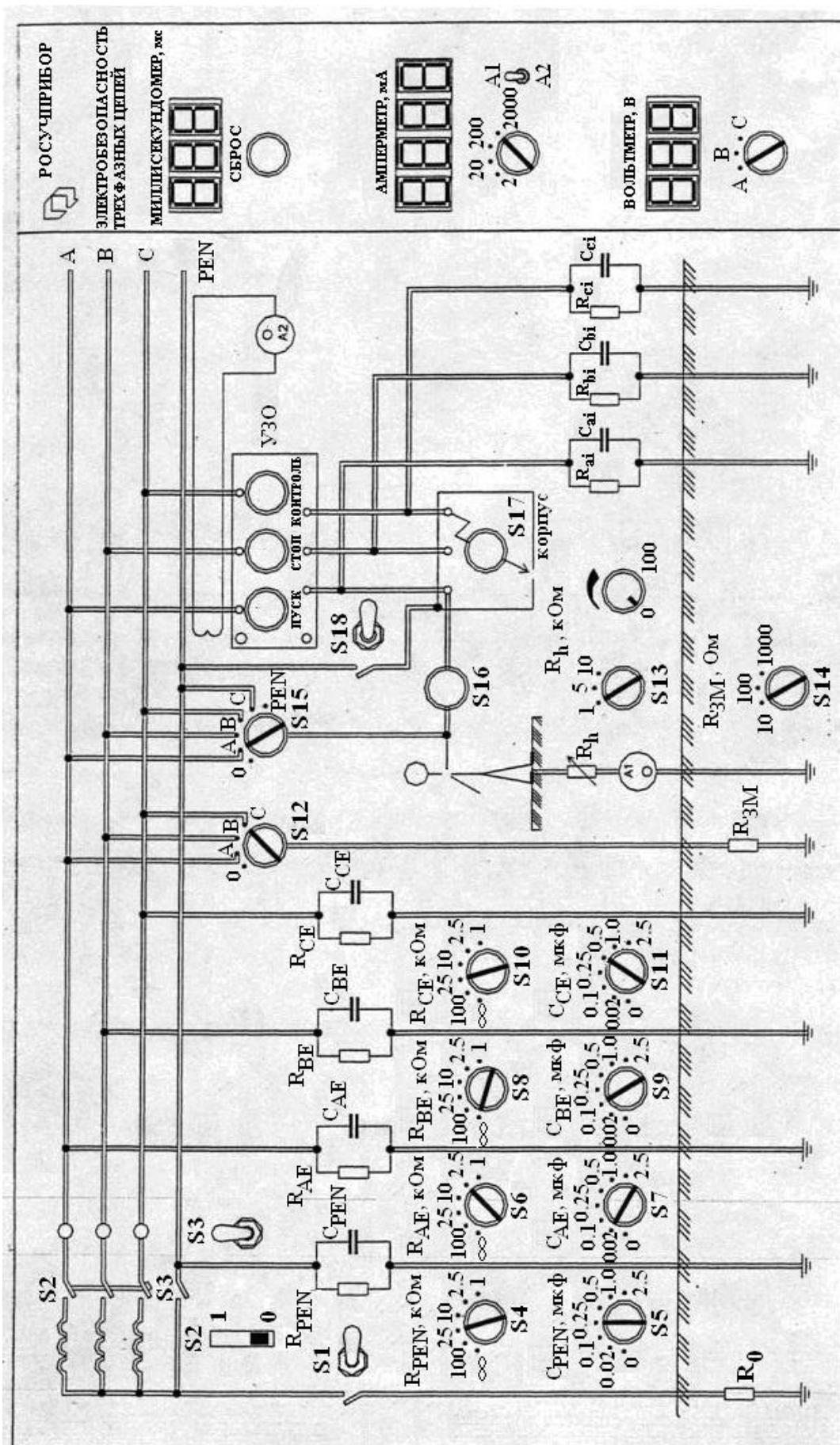


Рисунок 5 - Лицевая панель для исследования трехфазных сетей и УЗО

4. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ, ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Внимание! Включение стенда в сеть 380 В производит преподаватель, он проверяет работу стенда и только после этого студенты могут выполнять исследования.

4.1. Определить изменение тока, проходящего через человека, в зависимости от активного и ёмкостного сопротивления изоляции фазных проводов относительно земли для сети с изолированной нейтралью при нормальном режиме работы.

4.1.1. Изолировать нейтраль – перевести переключатель S1 в левое положение.

Отключить нулевой (PEN) провод – перевести переключатель S3 в нижнее положение.

Перевести переключатель S12 в положение «0».

4.1.2. Установить переключатель S15 в положение «А».

4.1.3. Установить значение сопротивление тела человека R_h в соответствии с заданием преподавателя по варианту из таблицы 3. При этом ручка регулятора резистора R_h должна находиться в положении «0».

4.1.4. Установить значения ёмкостей проводов относительно земли переключателями S7, S9, S11 в соответствии с вариантом по таблице 3.

4.1.5. Выполнить измерения тока J_{hA} , проходящего через тело человека, с помощью амперметра, устанавливая поочередно значения активного сопротивления фазных проводов относительно земли $R_{AE}=R_{BE}=R_{CE}=R$ переключателями S6, S8, S10 (1; 2,5; 10; 25; 100 и ∞ кОм).

При измерении установить переключатель амперметра в положение A1 и выбрать необходимый предел измерения.

Результаты записать в таблицу 4.

4.1.6. Установить значение активного сопротивления проводов относительно земли переключателями S6, S8, S10 в соответствии с вариантом задания (по таблице 3).

4.1.7. Выполнить измерения тока J_{hA} , проходящего через тело человека, устанавливая поочередно значения ёмкостей фазных проводов относительно земли $C_{AE}=C_{BF}=C_{CE}=C$ переключателями S7, S9, S11 (0; 0,02; 0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 2,5 мкФ). Результаты записать в таблицу 4.

4.2. Определить изменение тока, проходящего через человека, в зависимости от активного и ёмкостного сопротивления изоляции фазных проводов относительно земли для сети с глухозаземленной нейтралью при нормальном режиме работы.

4.2.1. Заземлить нейтраль – перевести переключатель S1 в правое положение.

Подключить нулевой провод (REN) – перевести переключатель S3 в верхнее положение.

Перевести переключатель S12 в положение «0».

4.2.2. Повторить пункты 4.1.3; 4.1.4; 4.1.5, 4.1.6, 4.1.7, дополнительно выставив значения активного сопротивления нулевого провода $R_{REN}=R$ переключателем S4 и емкости $C_{REN}=C$ переключателем S5. Результаты измерения тока J_{hA} записать в таблицу 4.

Таблица 3 - Варианты (исходные данные)

Вариант	$R_{AE}=R_{BE}=R_{CE}=R_{REN}=R$	$C_{AE}=C_{BF}=C_{CE}=C_{REN}=C$	$R_{3M}, \text{ Ом}$	$R_h, \text{ кОм}$
1	∞	0	10	1
2	100	0,02	100	5
3	25	0,1	1000	10
4	10	0,5	10	10
5	2,5	1	100	1
6	1	2,5	1000	5
7	∞	2,5	100	1
8	100	1	1000	5
9	25	0,5	10	10
10	10	0,25	10	1
11	2,5	0,1	1000	5
12	1	0,02	100	10
13	∞	0,1	10	10
14	100	0,5	100	5
15	25	1	1000	1
16	10	2,5	10	1
17	2,5	0,02	100	5
18	1	0,25	100	10
19	∞	0,5	1000	5
20	100	0,1	100	10
21	25	0,02	10	5
22	10	0	100	1
23	2,5	2,5	1000	10
24	1	1	100	5
25	∞	0,25	10	5

4.3. Определить значения тока, проходящего через человека, прикоснувшегося к фазному проводу А, В и С – в сети с изолированной нейтралью при аварийном режиме работы, т.е. когда фаза А замкнута на землю.

4.3.1. Изолировать нейтраль – перевести переключатель S1 в правое положение.

Отключить нулевой провод – перевести переключатель S3 в нижнее положение.

2. Установить аварийный режим – перевести переключатель S12 в положение А. Сопротивление замыкания фазы А на землю R_{3M} установить переключателем S14 по заданному варианту из таблицы 3.

4.3.3. Установить значения активного сопротивления и емкостей проводов относительно земли переключателями S6, S8, S10 и S7, S9, S11 по заданному варианту из таблицы 3.

4.3.4. Измерить величину тока J_{hA} , проходящего через человека, при прикосновении его к фазе А (переключатель S15 установить в положение А). Аналогично измерить ток J_{hB} и J_{hC} . Данные записать в таблицу 5.

4.4. Определить значения тока, проходящего через человека, прикоснувшегося к фазному проводу А, В и С в сети с глухозаземленной нейтралью при аварийном режиме работы, т.е. когда фаза А замкнута на землю.

4.4.1. Заземлить нейтраль – перевести переключатель S1 в правое положение.

Подключить нулевой (PEN) провод – перевести переключатель S3 в верхнее положение.

4.4.2. Установить аварийный режим и все параметры как в пунктах 4.3.2; 4.3.3. Измерить величины токов J_{hA} , J_{hB} и J_{hC} (переключатель S15 устанавливается в положение А, затем В и затем С). Записать данные в таблицу 5.

4.5. Определить уставку и время срабатывания устройства защитного отключения (УЗО).

4.5.1. Установить значение параметров сети с заземленной нейтралью (переключатели S4-S11) в соответствии с заданием преподавателя. Переключатель S1 перевести в правое положение. Переключатель S3 перевести в верхнее положение. Переключатель S12 перевести в положение «0».

4.5.2. Установить переключатель S15 в любое из трех положений А, В, С.

4.5.3. Установить переключатель S13 в положение 1 кОм, а ручку резистора

4.5.4. Измерить длительно допустимый ток через тело человека. Для этого необходимо плавно вращать ручку резистора R_h увеличивая ток I_h через человека. Значение допустимого тока I_h соответствует загоранию индикатора, расположенного на изображении человека.

Ток через тело человека I_h измеряется с помощью амперметра с пределом

и
з
м
в левое положение (т.е. соединить корпус электроустановки к нулевому проводу).

р
красный индикатор на лицевой панели УЗО. Плавным вращением ручки резистора R_h против часовой стрелки при нажатой кнопке S16 увеличивать значение дифференциального тока, являющегося входным сигналом для заданного типа УЗО. Значение дифференциального тока, при котором произойдет срабатывание УЗО, будет соответствовать току уставки. При срабатывании УЗО красный индикатор на его лицевой панели погаснет.

0
Значения тока уставки измеряется по амперметру при положении его переключателя – $I_{уст}$. Ток уставки измеряется на пределе 200 мА амперметра.

м

А

.

П

о

- 4.6. Определить работоспособность УЗО совместно с занулением.
- 4.6.1. Занулить корпус трехфазного потребителя электроэнергии (переключатель S18 в правое положение).
- 4.6.2. Включить УЗО, нажав кнопку «ПУСК» на его лицевой панели.
- 4.6.3. Замкнуть фазный провод на корпус потребителя электроэнергии, нажав кнопку S17. При этом загорается красный индикатор на корпусе. Устройство защитного отключения должно сработать, отключив потребитель электроэнергии от сети за определенное время.
4. Сделать выводы об эффективности защитного отключения при заданных параметрах УЗО и сети.

		$C_{AE}=C_{BE}=C_{CE}=C_{REN}=$ $C=..., \text{ мкФ}$						$R_{AE}=R_{BE}=R_{CE}=R_{REN}=$ $R=..., \text{ кОм}$						
		$R_{AE}=R_{BE}=R_{CE}=R_{REN}=$ $R=..., \text{ кОм}$						$C_{AE}=C_{BE}=C_{CE}=C_{REN}=$ $C=..., \text{ мкФ}$						
		1	2,5	10	25	100	∞	0	0,02	0,1	0,25	0,5	1	2,5
Ток, проходящий через человека J_h , мА	Сеть изолированной нейтралью с													
	Сеть глхозаземленной нейтралью с													

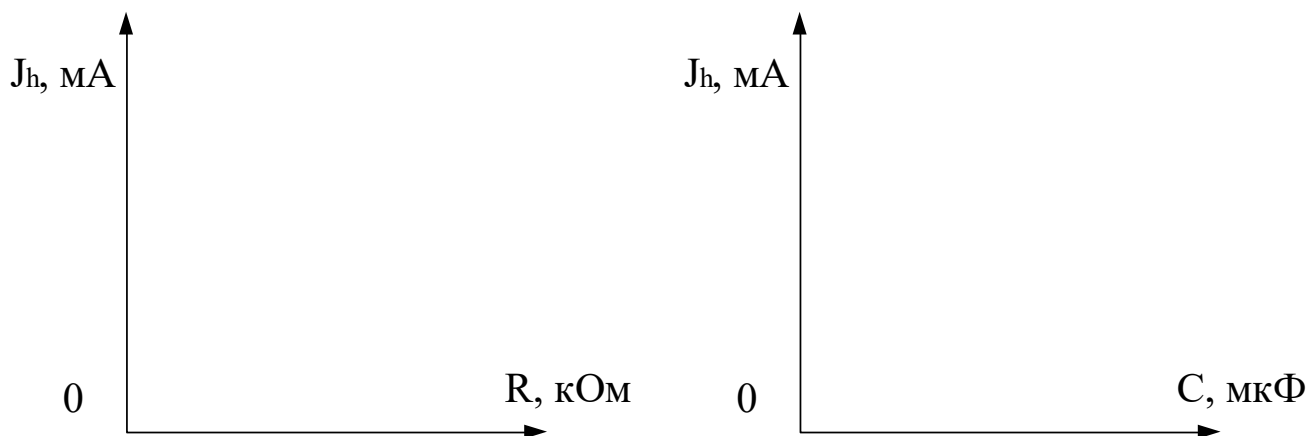


Рисунок 6 - Графики зависимости тока, проходящего через человека, от активного и емкостного сопротивления изоляции фаз

Выводы:

Таблица 5 - Результаты измерений величины тока, проходящего через человека, при аварийном режиме, т.е. когда фаза А замкнута на землю ($R_{3M} = \dots$ Ом). Сопротивление человека $R_h = \dots$ Ом.

		R	
		$C_{AE} = C_{BE} = C_{CE} = C_{REN} = \dots$, мкФ	
		E	
Ток, проходящий через человека	Сеть изолированной нейтралью	c	J_h
	Сеть глухозаземленной нейтралью	c	J_h
		A	

Выводы:

Результаты измерений эффективности устройства защитного отключения:

Измеренное значение длительно допустимого тока через тело человека

$J_{h, \text{доп}} = \dots$ мА

Ток, при котором срабатывает УЗО (ток уставки) $J_{уст} = \dots$ мА.

В

В

Выводы:

р
р
м
м
я
с
р
р
б
б
т
ы

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ И ЗАНУЛЕНИЯ

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель работы: оценить эффективность действия заземления и зануления.

Задачи работы: установить зависимости напряжения прикосновения от сопротивления защитного заземления и сопротивления заземления нулевого провода; измерить время отключения сети при срабатывании схемы зануления; оценить эффективность действия защитного заземления и зануления при различных параметрах сети.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1 Область применения защитного заземления и зануления

Металлические части электроустановок, нормально не находящиеся под напряжением, могут оказаться под опасным напряжением относительно земли в результате замыкания фазы на корпус, пробоя изоляции и т.п. Прикосновение к корпусам этих установок столь же опасно, как и непосредственное прикосновение к токоведущим частям. Согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ) и ГОСТ 12.1.030-81 металлические части, не имеющие защиты от поражения людей электрическим током, должны быть заземлены или занулены. В электрических сетях напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью следует применять зануление, а в сетях с изолированной нейтралью - защитное заземление.

Защитное заземление или зануление необходимо выполнять:

- при напряжении 380 В и выше переменного тока, а также 440 В и выше постоянного тока - во всех электроустановках;
- при напряжении выше 42 В, но ниже 380 В переменного тока, а также выше 110 В, но ниже 440 В постоянного тока - только в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и наружных установках.

Защитное заземление или зануление не требуется при напряжениях до 42 В переменного тока и до 110 В постоянного тока - во всех случаях, кроме взрывоопасных зон помещений.

2.2 Защитное заземление, принцип действия.

Нормирование сопротивления защитного заземления

При напряжении до 1000 В защитное заземление выполняется только в сетях с изолированной нейтралью. Сеть с изолированной нейтралью

применяется в непротяженных сетях (когда емкостное сопротивление проводов относительно земли небольшое), а также в местах повышенной электроопасности: в сырых помещениях, подвалах.

Защитным заземлением какой либо части электроустановки или конструкции называется преднамеренное электрическое соединение этой части с заземляющим устройством.

Принцип действия защитного заземления состоит в снижении напряжения прикосновения $U_{\text{пр}}$ до безопасного значения. Поясним это на примере, причем возьмем наихудший случай по опасности поражения человека, т.е. когда сопротивление изоляции наименьшее (провод упал на землю) и когда оборудование находится на расстоянии больше 20 м от заземлителей (рисунок 1). В случае замыкания фазы на корпус потечет ток I по цепи: обмотка трансформатора, провод, корпус электрооборудования, заземляющее устройство, земля, изоляция, второй провод, обмотка трансформатора, $I = U_{\text{лин}} / (R_{\text{э}} + R_{\text{иэ}})$.

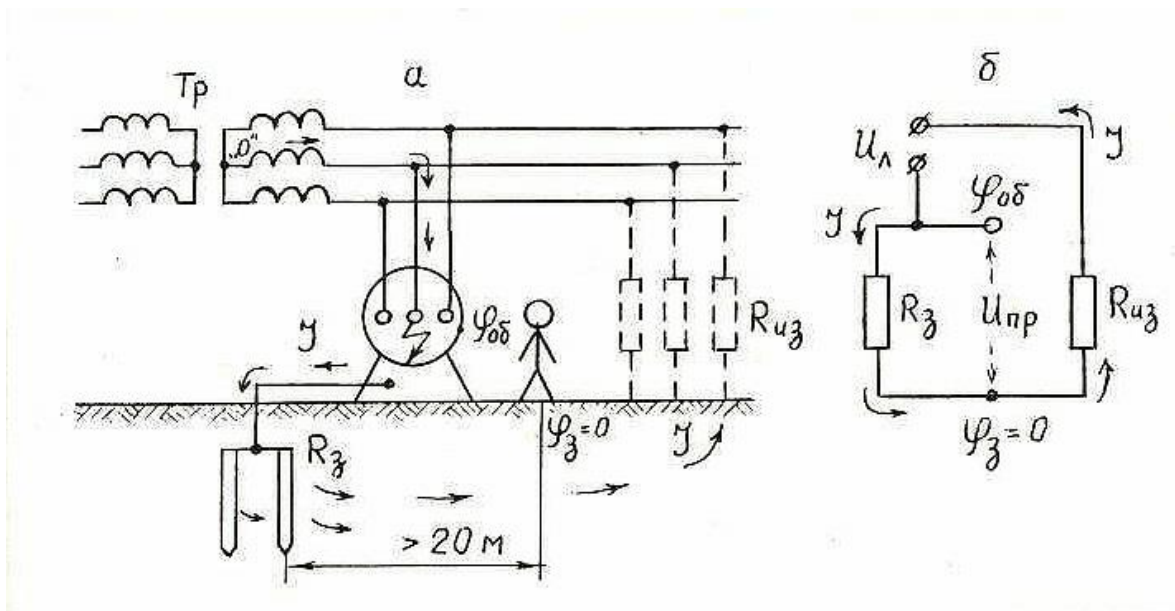


Рисунок 1 - Схема защитного заземления:

а - принципиальная схема; б - схема замещения

Напряжение прикосновения $U_{\text{пр}}$ определяется как разность потенциалов на корпусе оборудования $\varphi_{\text{об}}$ и поверхности земли $\varphi_{\text{з}}$, на которой стоит человек. Когда заземлители находятся на расстоянии больше 20 м от оборудования потенциал $\varphi_{\text{з}} = 0$ и разность потенциалов $\varphi_{\text{об}} - \varphi_{\text{з}}$ равна падению напряжения на заземляющем устройстве:

$$U_{\text{пр}} = \varphi_{\text{об}} - \varphi_{\text{з}} = I \cdot R_{\text{з}} = \frac{U_{\text{лин}}}{R_{\text{з}} + R_{\text{из}}} R_{\text{з}} = U_{\text{пр}} = \frac{U_{\text{лин}}}{1 + R_{\text{из}}/R_{\text{з}}} \quad (4)$$

Из формулы (1) следует: чем меньше сопротивление заземляющего устройства $R_{\text{з}}$, тем меньше напряжение прикосновения $U_{\text{пр}}$.

По правилам устройства электроустановок сопротивление заземляющего

устройства, используемого для заземления электрооборудования, должно быть не более 4 Ом.

При мощности генераторов и трансформаторов 100 кВА и менее заземляющие устройства могут иметь сопротивление не более 10 Ом.

Поэтому, при наличии защитного заземления, даже в самом худшем случае (обрыве провода и падении его на землю) напряжение прикосновения будет небольшим, например, при $U_{\text{лин}}=380$ В, $R_3=4$ Ом, $R_{\text{из}}=100$ Ом, $U_{\text{пр}}=380/(1+100/4)=15$ В, т.е. безопасно. Если заземлители будут расположены к оборудованию ближе 20 м, то потенциал ϕ_3 будет больше нуля и напряжение $U_{\text{пр}}$ будет еще меньше.

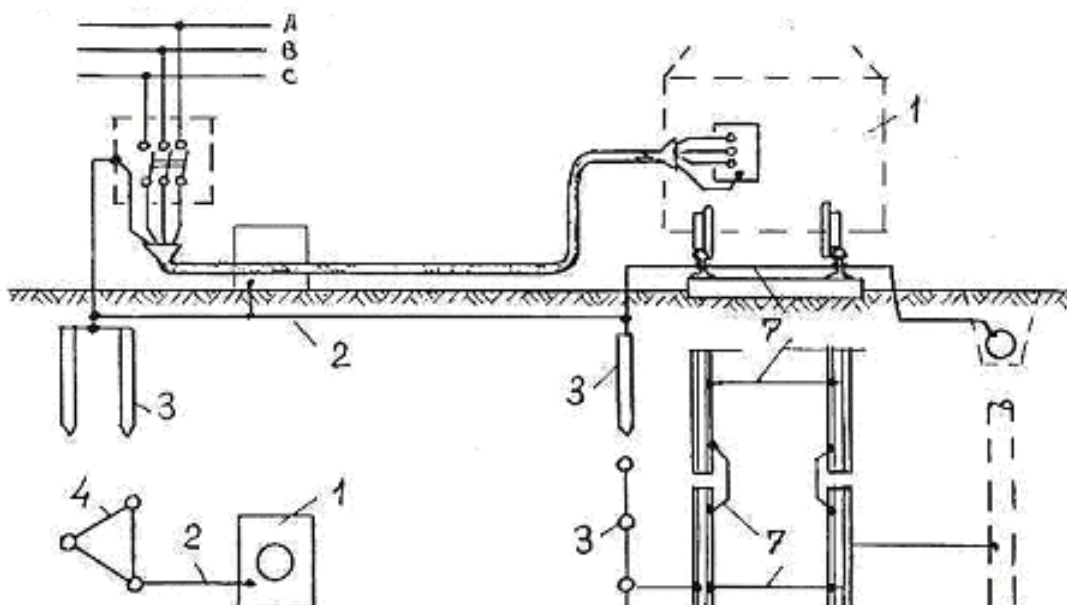


Рисунок 2 - Схемы заземления передвижных и стационарных установок:

1 - корпус электроустановки; 2 - заземляющий проводник; 3 - заземлитель; 4 - магистральная полоса, соединяющая заземлители

2.3 Зануление, принцип действия. Нормирование $R_{3.0}$ и $R_{3.0.повт}$

Занулением называется преднамеренное соединение частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока (рис. 3) или с глухозаземленным выводом источника однофазного тока.

Принцип действия зануления заключается в следующем: при замыкании фазы на корпус электрооборудования появляется "ток короткого замыкания" $I_{\text{кз}}$ (рисунок 3, путь тока показан стрелками); от тока $I_{\text{кз}}$ сгорает предохранитель Пр и отключает поврежденную фазу от сети. Обычно последовательно с

предохранителями устанавливаются автоматические выключатели, которые, при появлении тока короткого замыкания, быстро выключают сразу три фазы. По условиям безопасности время срабатывания автоматических выключателей должно быть не более 0,2 с в сетях с фазным напряжением 220 В.

Ток короткого замыкания определяется по формуле:

$$I_{\text{кз}} = U_{\text{ф}} / Z_{\text{ф-н}} = U_{\text{ф}} / \sqrt{(R_{\text{тр}} + R_{\text{ф}} + R_{\text{н}})^2 + (X_{\text{тр}} - C_{\text{ф}} + C_{\text{н}})^2}, \quad (5)$$

где $I_{\text{кз}}$ - ток короткого замыкания, А;

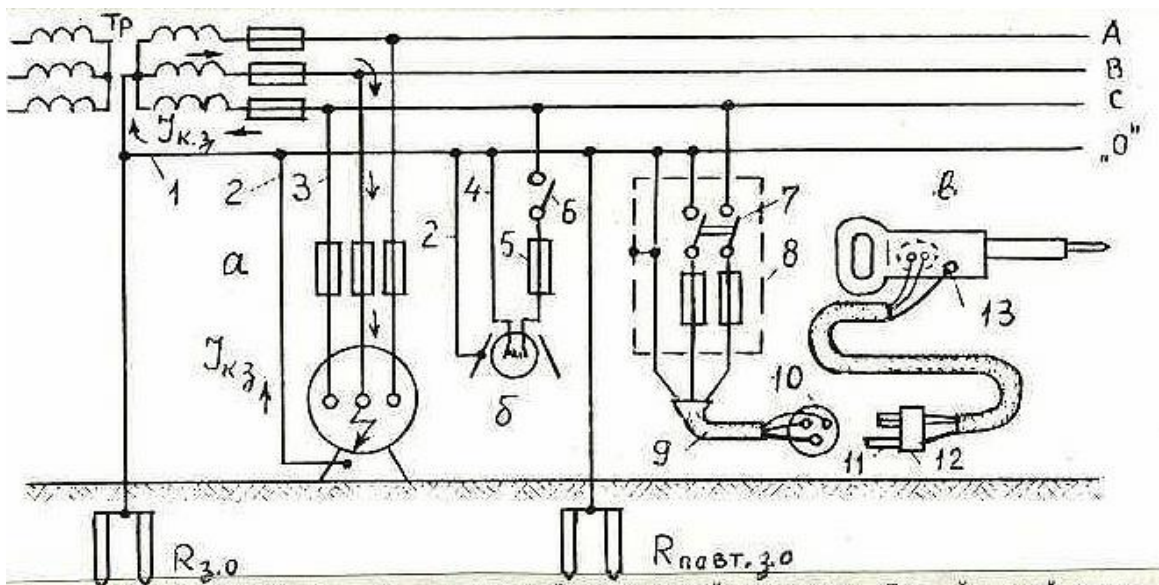
$U_{\text{ф}}$ - фазное напряжение сети, В;

$Z_{\text{ф-н}}$ - сопротивление петли "фаза - нуль", Ом,

$R_{\text{тр}}$, $X_{\text{тр}}$ - активное и индуктивное сопротивления обмотки силового трансформатора, Ом;

$R_{\text{ф}}$, $C_{\text{ф}}$ - активное и емкостное сопротивления фазного провода, Ом;

$R_{\text{н}}$, $C_{\text{н}}$ - активное и емкостное сопротивления нулевого провода, Ом.



- 1 - нулевой провод; 2 - нулевой защитный провод; 3 - фазный провод;
 4 - нулевой рабочий провод; 5 - предохранитель; 6 - выключатель;
 7 - рубильник; 8 - корпус распределительного устройства; 9 - кабель;
 10 - штепсельная розетка; 11 - контакт зануления; 12 - вилка;
 13 - защитный (зануляющий) контакт оборудования

Рисунок 3 - Схема зануления электрооборудования:

(а - трехфазное стационарное электрооборудование; б - светильник;

в - передвижная электроустановка (например, ручной инструмент)

Для надежности сгорания предохранителей ток $I_{\text{кз}}$ должен превышать ток плавкой вставки не менее чем в 3 раза, а для автоматических выключателей - в 1,25...1,4 раза; проводимость нулевого провода должна быть не менее 50 %

проводимости фазных проводников, кроме этого должна обеспечиваться непрерывность нулевого провода (т.е. в нулевом проводе запрещается устанавливать предохранители и выключатели).

Следует отметить, что при отсутствии предохранителей или автоматических выключателей и замыкании фазы на корпус напряжение прикосновения будет выше $0,5 U_{\phi}$, что опасно для людей. Кроме этого, протекающий в сети ток короткого замыкания может привести к пожару.

По ПУЭ при линейном напряжении 380 В сопротивление заземляющего устройства нейтрали трансформатора $R_{3.0}$ не должно превышать 4 Ом. На воздушных линиях повторное заземление нулевого провода должно выполняться на вводах в здание, а также на концах линий и ответвлений длиной более 200 м. Общее сопротивление заземляющих устройств всех повторных заземлителей нулевого провода не должно превышать 10 Ом, при этом сопротивление растеканию тока каждого из повторных заземлителей должно быть не более 30 Ом.

Повторное заземление нулевого провода не обеспечивает безопасности, но позволяет снизить напряжение прикосновения в 2...4 раза и, следовательно, уменьшить вероятность поражения людей электрическим током.

3 ОБЪЕКТЫ И СРЕДСТВА ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа проводится на лабораторном стенде, который моделирует электрическую сеть с изолированной и глухозаземленной нейтралью и действие защитного заземления и зануления (рисунок 4).

Режим нейтрали сети изменяется переключателем S1. Нейтральная точка заземляется через сопротивление $R_0 = 4$ Ом. С помощью переключателя S3 подключается нулевой рабочий проводник (N - проводник). Переключатель S4 предназначен для подключения нулевого защитного проводника (PE – проводника). Верхнее положение переключателей означает наличие пятипроводной сети, нижнее положение – трехпроводной сети.

Электропотребители на мнемосхеме показаны в виде их корпусов. Потребители «Корпус 1» и «Корпус 2» являются трехфазными и подключены к сети через автоматические выключатели S5 и S10 соответственно. Положение 1 означает включение автоматов, при этом напряжение подается на потребители. Электропотребитель «Корпус 3» является однофазным, выполненным по классу 1 защиты от поражения электрическим током.

Подключение корпусов 1 и 2 к нулевому проводнику осуществляется переключателями S8 и S14 соответственно. Первое положение переключателей означает, что корпуса занулены. Сопротивление фазного провода от нейтральной точки до 2 корпуса не изменяется и имеет значение $R_{\phi} = 0,1$ Ом. Сопротивление нулевого (PE) проводника может изменяться с помощью

переключателя S6, причем сопротивления участков «нейтраль – корпус 1» и «корпус 1 – корпус 2» равны, и принимают значения: 0.1; 0.2; 0.5 Ом. Обрыв РЕ – проводника имитируется переключателем S12/

Повторное заземление R_{Π} подключается к РЕ-проводнику с помощью переключателя S17. Значение сопротивления R_{Π} изменяется переключателем S19 (4; 10; 100 Ом).

Переходное сопротивление $R_{\text{пер}}$ между корпусом 2 и зануляющим проводником изменяется переключателем S16 и может принимать значения: 0; 0.1; 0.5 Ом.

Подключение корпусов 1 и 2 к заземляющим устройствам с сопротивлениями R_{31} и R_{32} осуществляется с помощью переключателей S9 и S15 соответственно. Сопротивление заземления R_{31} корпуса 1 является постоянным и равным 4 Ом. Сопротивление R_{32} устанавливается переключателем S11 (4; 10; 100 Ом).

Замыкания фазных проводов на корпуса 1 и 2 осуществляются кнопками S7 и S13 соответственно.

Лабораторный стенд имеет три измерительных прибора: цифровой вольтметр с диапазоном измерения от 0 до 2000 В, цифровой амперметр с диапазоном измерения от 0 до 2000 А, цифровой миллисекундомер с диапазоном измерения от 0 до 999 мс.

Включение амперметра в цепь осуществляется с помощью переключателя, находящегося под индикатором. Положение «ОТКЛ» означает отсутствие амперметра в цепях стенда. В положении А1 измеряется ток короткого замыкания, в положении А3 – ток замыкания на землю через повторное заземление РЕ-проводника.

Миллисекундомер включается при нажатии кнопки S13, а отключается при срабатывании автоматического выключателя S10. Установка позволяет длительно сохранить режим, соответствующий периоду замыкания фазного провода на корпуса 1 и 2. Для возврата схемы в исходное состояние после того, как измерены все необходимые параметры, следует нажать кнопку «СБРОС».

Вольтметр включается в измерительные цепи через гнезда X1-X15, установленные в соответствующих точках схемы, с помощью гибких проводников, снабженных наконечниками.

Стенд имитирует промышленную сеть и все приборы протарированы, как будто на стенде используется напряжение 380 и 220 В. Это сделано для того, чтобы легче было делать выводы об опасности электротравматизма и о действии защитного заземления и зануления. Однако на стенде применяется напряжение 20 В из условия электробезопасности студентов, поэтому вольтметр можно включать только на стенде и запрещается включать его в розетки 220 В.

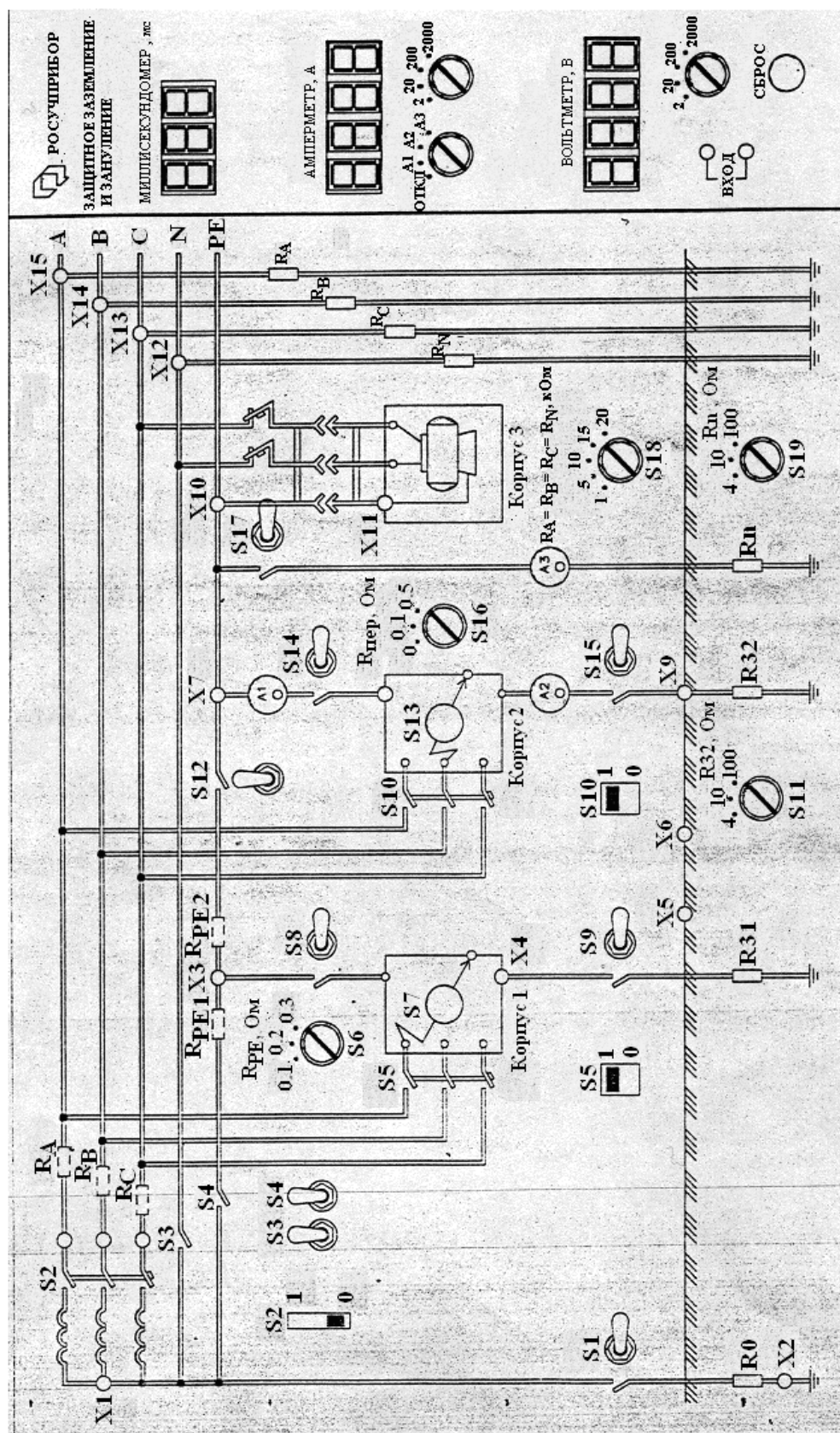


Рисунок 4 - Схема стенда для исследования действия защитного заземления

4 ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ, ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Внимание! Включение стенда в сеть 380 В производит преподаватель, он проверяет работу стенда и только после этого студенты могут выполнять исследования.

4.1. Оценить эффективность действия защитного заземления в сети с изолированной нейтралью.

4.1.1. Изолировать нейтраль – перевести переключатель S1 в левое положение.

4.1.2. Отключить N и РЕ-проводники – перевести переключатели S3 и S4 в нижнее положение.

4.1.3. Установить значения активных сопротивлений изоляции переключателем S18 в соответствии с заданием преподавателя (по варианту из таблицы 1).

4.1.4. Убедиться, что:

- переключатели S8, S14, S17, S9, S15 находятся в левом положении;
- корпус 1 отключен (положение S5 – 0);
- переключатель S12 в нижнем положении.

4.1.5. Подключить корпус 2 к сети – положение автомата S10-1.

4.1.6. Произвести кнопкой S13 замыкание фазного провода В на корпус-2.

4.1.7. Вольтметром с помощью гибких проводников измерить следующие напряжения (при этом необходимо, чтобы был отключен амперметр, т.е. переключатель амперметра должен быть в положении «ОТКЛ»):

- напряжение фазных проводов относительно земли U_A , U_B и U_C (гнезда X15 и X2; X14 и X2; X13 и X2);
- напряжение прикосновения $U_{пр}$, т.е. напряжение корпуса 2 относительно земли (гнезда X8 и X2).

Записать значения U_A , U_B , U_C и $U_{пр}$ в таблицу 2.

4.1.8. Кнопкой «СБРОС» устранить замыкание фазного провода на корпус 2.

4.1.9. Установить значение R_{32} по варианту из таблицы 1.

4.1.10. Заземлить корпус 2 – переключатель S15 в правое положение.

4.1.11. Произвести замыкание фазного провода В на корпус 2.

4.1.12. Вольтметром с помощью гибких проводников измерить следующие напряжения:

- напряжение прикосновения при различных расстояниях l до заземлителя ($l \geq 20$ м - гнезда X8 и X2; $l = 10$ м - гнезда X8 и X5; $l = 5$ м - гнезда X8 и X6; $l = 0$ м - гнезда X8 и X9). Данные записать в таблицу 2.

4.1.13. Измерить ток замыкания на землю, установив переключатель амперметра в положение А2, при этом загорается лампа, соответствующая

данному подключению амперметра. Значение $J_{зз}$ записать в таблицу 2.

ПРИМЕЧАНИЕ. При переходе с одного предела измерения амперметра на другой необходимо дождаться установившегося показания прибора. При измерениях с помощью цифровых приборов наблюдается дрейф последней цифры – в протокол следует заносить среднее значение показания.

4.1.14. Переключатель амперметра установить в положение «ОТКЛ».

4.2. Оценить эффективность действия защитного заземления в сети с глухозаземленной нейтралью.

4.2.1. Заземлить нейтраль источника тока – переключатель S1 в правое положение.

4.2.2. Подключить N и РЕ-проводник к источнику питания – S3 и S4 в верхнее положение.

4.2.3. Кнопкой S13 замкнуть фазный провод В на корпус 2.

4.2.4. Вольтметром измерить напряжения фазных проводов U_A , U_B , U_C и напряжение прикосновения $U_{пр}$ (аналогично пункту 4.1.7). Данные записать в таблицу 2.

4.2.5. Кнопкой «СБРОС» устранить замыкание фазного провода на корпус 2.

4.2.6. Установить значение сопротивления заземляющего устройства $R_{з2}$ в соответствии с заданием.

4.2.7. Заземлить корпус 2 – переключатель S15 в правое положение.

4.2.8. Произвести замыкание фазного провода В на корпус 2.

4.2.9. Вольтметром измерить напряжение прикосновения $U_{пр}$ аналогично пункту 4.1.12. Данные записать в таблицу 2.

4.2.10. Измерить ток замыкания на землю $J_{зз}$, установив переключатель амперметра в положение А2. . Значение $J_{зз}$ записать в таблицу 2.

4.2.11. Переключатель амперметра установить в положение «ОТКЛ».

4.3. Оценить эффективность действия зануления в сети без повторного заземления РЕ-проводника. Определить время срабатывания автоматов защиты и тока короткого замыкания при замыкании фазного провода на корпус при различном сопротивлении петли «фаза-нуль».

4.3.1. Заземлить нейтраль источника тока – перевести S1 в правое положение.

4.3.2. Подключить N и РЕ-проводника к источнику тока – переключатели S3, S4, S12 в верхнее положение.

4.3.3. Подключить корпуса 1 и 2 к РЕ-проводнику – переключатели S8 и S14 в правое положение. Переходное сопротивление $R_{пер}=0$ (переключатель S16 в положении 0).

4.3.4. Убедиться, что переключатели S9, S15, S17 находятся в левом

положении, т.е. заземление корпуса 1, корпуса 2 и повторное заземление нулевого провода отключено.

4.3.5. Подключить корпуса 1 и 2 к сети – положение S5 и S10 -1.

4.3.6. Переключателем S6 установить значение сопротивления нулевого провода R_{PE} (из таблицы 1).

Таблица 1 – Исходные данные для исследований.

Вариант	$R_A=R_B=R_C=R_N$, кОм	Сопротивление заземления R_{32} , Ом	Сопротивление нулевого провода R_{PE} , Ом
1	1	4	0,1
2	5	10	0,2
3	10	100	0,3
4	15	4	0,1
5	20	10	0,2
6	1	10	0,3
7	5	100	0,1
8	10	1	0,2
9	15	10	0,3
10	20	100	0,1
11	1	100	0,2
12	5	4	0,3
13	10	10	0,1
14	15	100	0,2
15	20	4	0,3
16	1	4	0,2
17	5	10	0,3
18	10	100	0,1
19	15	4	0,2
20	20	10	0,3
21	1	10	0,1
22	5	100	0,2
23	10	1	0,3
24	15	10	0,1
25	20	100	0,2

4.3.7. Произвести замыкание фазного провода на корпус 2 кнопкой S13.

4.3.8. Снять показания миллисекундомера и амперметра, при этом переключатель амперметра должен находиться в положении A1. Данные записать в таблицу 3.

4.3.9. В соответствии с п.п. 4.3.7 и 4.3.8 произвести измерения времени срабатывания и тока короткого замыкания при различных переходных сопротивлениях $R_{\text{ПЕР}}=0,1$ и $R_{\text{ПЕР}}=0,5$ Ом. Данные записать в таблицу 3.

4.4. Оценить эффективность действия зануления в сети с повторным заземлением РЕ-проводника. Определить распределение потенциалов вдоль РЕ-проводника при наличии повторного заземления.

4.4.1. Установить значения $R_{\text{РЕ}}$ по заданию преподавателя (из таблицы 1) и $R_{\text{ПЕР}}=0$.

4.4.2. Подключить повторное заземление РЕ-проводника – переключатель S17 в правое положение.

4.4.3. Установить значения $R_{\text{П}}=4$ Ом.

4.4.4. Подключить корпуса 1 и 2 к сети – положения автоматов S5 и S10 – 1.

4.4.5. Произвести замыкание фазного провода на корпус 2 кнопкой S13.

4.4.6. Вольтметром с помощью гибких проводников измерить следующие напряжения (при этом переключатель амперметра должен находиться в положении «ОТКЛ»):

- напряжение нулевой точки относительно земли (гнезда X1 и X2);
- напряжения корпусов 1, 2 и 3 относительно земли (гнезда X4 и X2, X8 и X2, X11 и X2). Данные записать в таблицу 3.

4.4.7. Измерить ток короткого замыкания (положение переключателя амперметра – А1) и время срабатывания. Данные записать в таблицу 3.

4.4.8. Нажать кнопку «СБРОС».

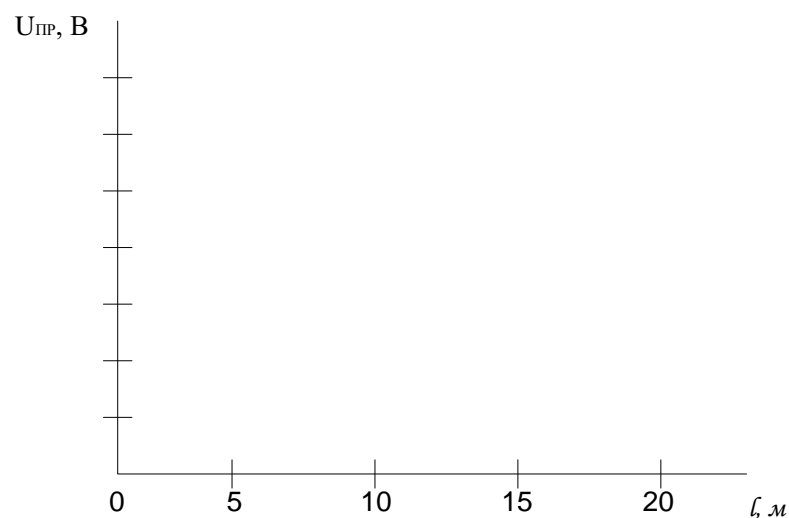
4.4.9. Установить значения $R_{\text{П}}=10; 100$ Ом, соответственно произвести измерения аналогично п.п. 4.4.4 – 4.4.8.

5 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ, ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать: название работы, цель работы, схемы защитного заземления и зануления, результаты измерений: таблицы 2, 3, 4; график зависимости напряжения прикосновения от расстояния до заземлителей $U_{\text{ПР}}=f(l)$, зависимость тока короткого замыкания от сопротивления петли «фаза – ноль» $I_{\text{КЗ}}=f(Z_{\text{Ф-0}})$, зависимость напряжения прикосновения от сопротивления повторного заземления нулевого провода $U_1=f(R_{\text{П}})$, $U_2=f(R_{\text{П}})$, $U_3=f(R_{\text{П}})$.

Таблица 2 – Оценка эффективности действия защитного заземления при сопротивлении изоляции $R_A=R_B=R_C=R_N=\dots$ кОм и сопротивлении защитного заземления $R_3=\dots$ Ом.

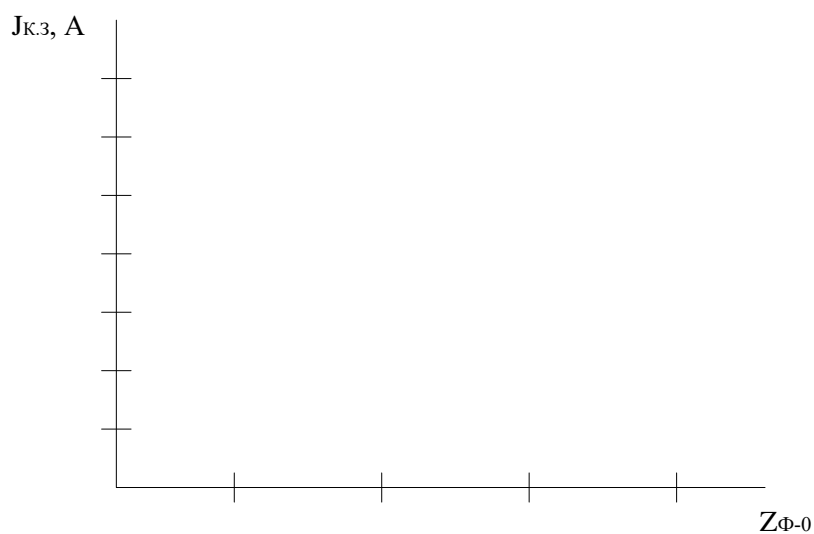
	Напряжение фаз относительно земли, В			Напряжение прикосновения, $U_{\text{пр}}$, В					Т ок замыка ния на землю $I_{\text{зз}}$, А
				Без защитн ого заземле ния	При выполнении защитного заземления. Расстояние до заземлителя l , м				
	U А	U В	U С		$l \geq 20$ м	$l = 10$ м	$l = 5$ м	$l = 0$ м	
Сеть с изолированн ой нейтралью									
Сеть с глухозаземле нной нейтралью									



Выводы:

Таблица 3 – Оценка эффективности действия зануления в сети без повторного заземления нулевого провода

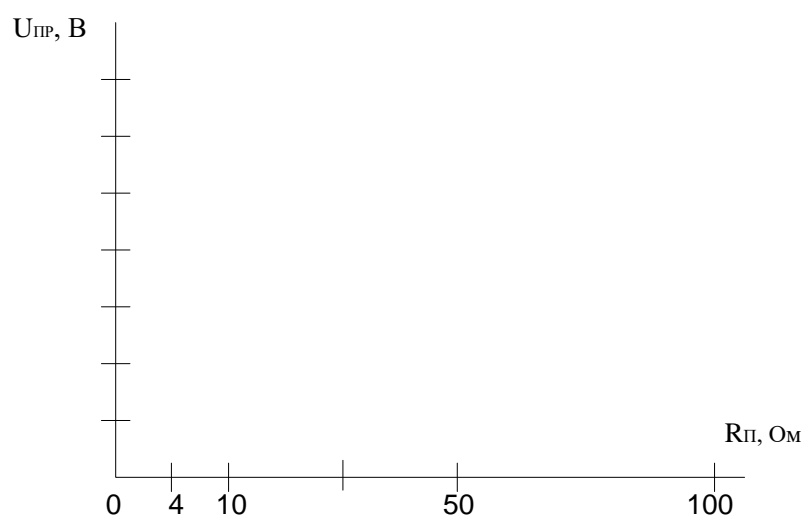
Сопротивление фазного провода R_{ϕ} , Ом	Сопротивление нулевого провода R_{PE} , Ом	Сопротивление переходное $R_{пер}$, Ом	Ток короткого замыкания $J_{кз}$, А	Время срабатывания защиты τ , мс
0,1		0		
0,1		0,1		
0,1		0,5		



Выводы:

Таблица 4 – Оценка эффективности действия зануления в сети с повторным заземлением нулевого провода

Сопротивление повторного заземления нулевого провода R_{Π} , Ом	Напряжение нулевой точки относительно земли U_0 , В	Напряжение корпусов 1,2 и 3 относительно земли (напряжение прикосновения)			Ток короткого замыкания $J_{кз}$, А	Время срабатывания защиты τ , мс
		U_1	U_2	U_3		
4						
10						
100						



Выводы:

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА РАСТЕКАНИЮ ТОКА, ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы: научиться измерять и рассчитывать сопротивление заземляющего устройства и оценивать его соответствие нормам.

Задачи работы: изучить схемы заземления и зануления, виды заземляющих устройств, изучить методы и приборы измерения сопротивления заземляющего устройства $R_{з.у}$, измерить $R_{з.у}$ и сравнить его с нормированным значением; определить удельное сопротивление грунта растеканию тока, рассчитать необходимое количество заземлителей.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Основной причиной поражения людей электрическим током в сетях напряжением до 1000 В является появление напряжения на металлических частях электрооборудования в результате повреждения изоляции и замыкания фазы на корпус. Согласно правил устройства электроустановок в качестве защиты должно применяться защитное заземление или зануление (в сети с изолированной нейтралью - защитное заземление, а в сети с глухозаземленной нейтралью - зануление). Как в первом, так и во втором случае применяются заземляющие устройства одинаковой конструкции (рисунок 1). При защитном заземлении заземляющее устройство присоединяется к корпусу электроустановки (рисунок 2). В схеме зануления осуществляется заземление нейтрали трансформатора и повторное заземление нулевого провода, т.е. одно заземляющее устройство присоединяется к нулевой точке силового трансформатора, а другое - к нулевому проводу в непосредственной близости от места расположения электрооборудования (рисунок 3).

По конструкции заземляющие устройства могут быть контурные или выносные (рисунок 1), естественные или искусственные.

Для заземления электроустановок в первую очередь должны быть использованы естественные заземлители: а) проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубопроводы, за исключением трубопроводов горючих жидкостей и газов; б) обсадные трубы скважин; в) металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящихся в соприкосновении с землей; г) металлические шунты гидротехнических сооружений, водоводы, затворы и т.п.; д) свинцовые оболочки

кабелей, проложенных в земле; е) заземлители опор ВЛ; ж) рельсовые пути магистральных не электрифицированных железных дорог и подъездные пути при наличии преднамеренного устройства перемычек между рельсами.

Для искусственных заземлителей следует применять сталь без окраски. Наименьшие размеры стальных заземлителей следующие: диаметр прутковых неоцинкованных заземлителей d не менее 10 мм, оцинкованных d не менее 6 мм; сечение прямоугольных заземлителей S не менее 48 мм², толщина прямоугольных заземлителей и угловой стали b не менее 4 мм. Обычно применяются старые стальные трубы длиной 2,5-3 м, уголкообразная сталь или прутковая сталь. Заземлители располагаются по наружному контуру здания на расстоянии 1...6 м от фундамента. Для наружных электроустановок (насосных станций, подъемных кранов, конвейеров и т.п.) заземлители располагаются по контуру этих установок или параллельно им (рисунок 2 и 3). Роется траншея и заземлители забиваются вертикально в землю. По условию промерзания почвы глубина заложения заземлителей должна быть не менее 0,7 м. Заземлители соединяются между собой проводником. В качестве заземляющего проводника применяется полосовая сталь сечением не менее 48 мм². Соединение проводников между собой и к заземлителям производится только сваркой.

Сопротивление заземляющего устройства $R_{з.у}$ не должно превышать нормативного значения по ПУЭ (таблица 1), а оно зависит от вида грунта, его влажности, размеров и числа заземлителей.

Измеренное значение удельного объемного сопротивления грунта растеканию тока $\rho_{изм}$ изменяется в широких пределах. Хорошо проводит ток и долго удерживает влагу глина, песок плохо проводит ток и практически не удерживает влагу. При влажности грунта 10-20 % песок имеет сопротивление 700 Ом м, супесок - 300 Ом м, суглинок - 100 Ом м, глина - 40 Ом м [4].

В расчетах значение удельного объемного сопротивления грунта $\rho_{расч}$ принимают равным произведению измеренного удельного объемного сопротивления на коэффициент сезонности ψ , учитывающего возможное повышение $\rho_{изм}$ за счет изменения погодных условий:

$$\rho_{расч} = \rho_{изм} \psi, \quad (1)$$

При этом $\rho_{изм}$ получают измерением при средней влажности грунта, когда ему предшествовало выпадение небольшого дождя.

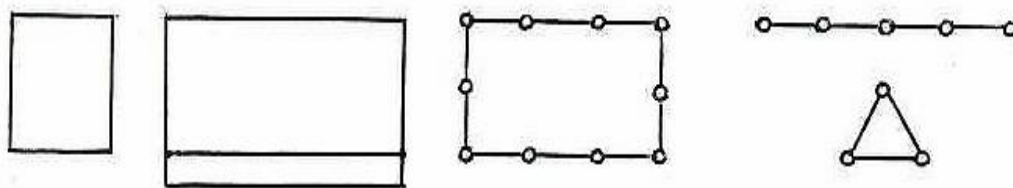


Рисунок 1 - Схемы заземляющих устройств

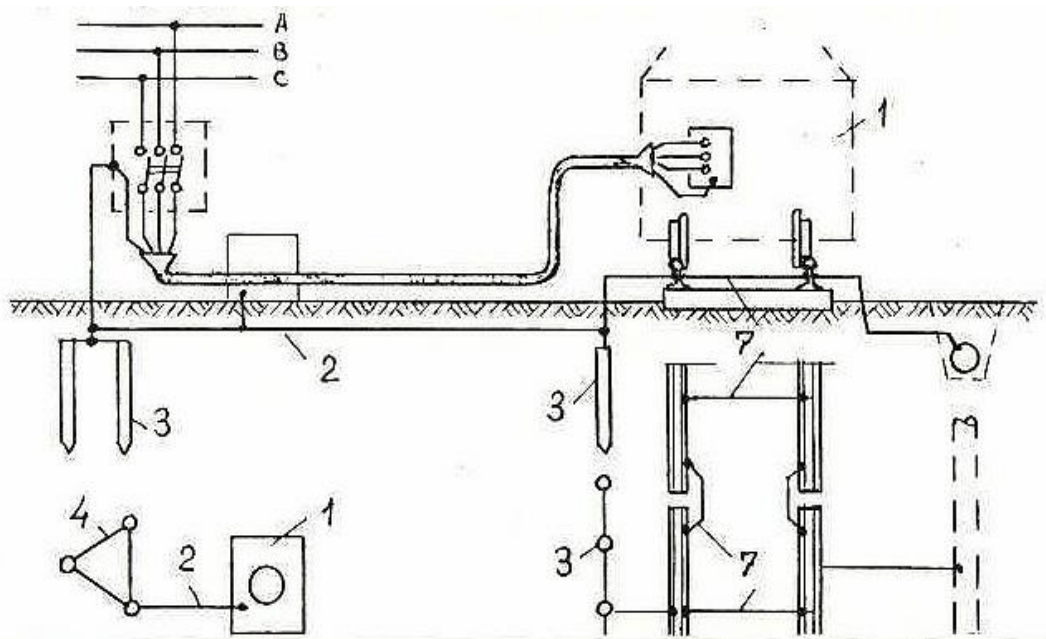


Рисунок 2 - Схема защитного заземления:

1 - корпус электроустановки; 2 - заземляющий проводник; 3 - заземлитель; 4 - магистральная полоса, соединяющая заземлители

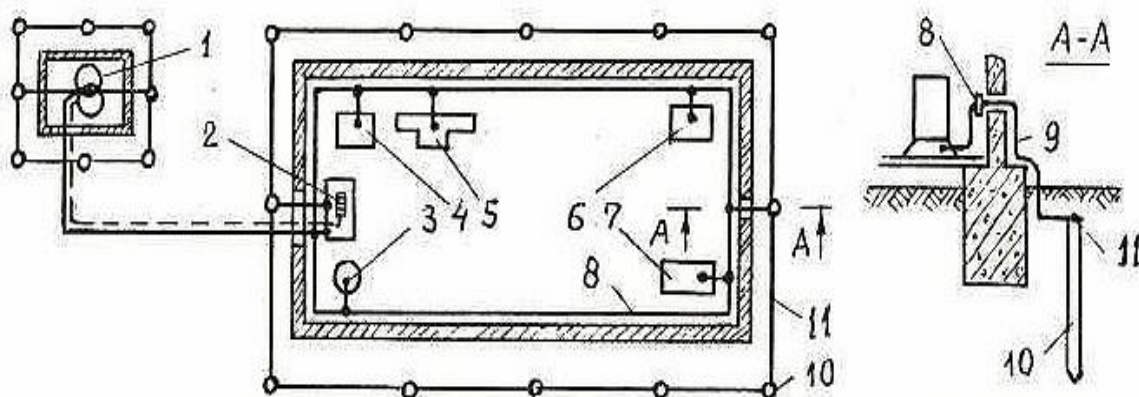


Рисунок 3 - Схема заземления нулевой точки трансформатора и повторного заземления нулевого провода:

1 - трансформатор; 2...7 - электрооборудование; 8 - контур заземления (зануления), расположенный внутри здания; 9 - заземляющий проводник; 10 - заземлители (трубы), вертикально забитые в землю; 11 - полоса, соединяющая заземлители (горизонтальный заземлитель)

Таблица 1 - Наибольшие допустимые значения сопротивлений
заземляющих устройств в электроустановках

Характеристика установки	Наибольшее допустимое сопротивление заземляющего устройства $R_{НОРМ}$, Ом	
1. Электроустановки напряжением до 1000 В сети с изолированной нейтралью а) защитное заземление при мощности генераторов и трансформаторов 100 кВА и менее б) защитное заземление в остальных случаях	10 4	
2. Электроустановки напряжением выше 1000 В сети с изолированной нейтралью а) если заземляющее устройство используется только для электроустановок выше 1000 В б) если заземляющее устройство одновременно используется для электроустановок до 1000 В и более 1000 В	250/ I_3 , но не более 10 где I_3 - расчетный ток замыкания на землю, А 125/ I_3 , но не более 10 $N > 100$ кВА, $R < 4$ Ом	
3. Электроустановки напряжением до 1 кВ сети с глухозаземленной нейтралью а) присоединение к нейтрали трансформатора, - если фазное напряжение $U_{\Phi} = 380$ В $U_{\Phi} = 220$ В $U_{\Phi} = 127$ В б) присоединение повторных заземлителей к воздушной линии, - если фазное напряжение $U_{\Phi} = 380$ В $U_{\Phi} = 220$ В $U_{\Phi} = 127$ В	Суммарное ест. и повт. $R_{СУМ}$, Ом 2 4 8 Суммарное 5 10 20	У трансформатора $R_{0.ТР}$, Ом 15 30 60 Каждого $R_{П}$ 15 30 60
4. Электроустановки напряжением выше 1000 В сети с эффективно заземленной нейтралью ($I_3 = 500$ А и более)	0,5	

Примечание. При удельном сопротивлении земли ρ более 100 Ом м допускается увеличивать указанные нормы в $0,01\rho$ раз, но не более десятикратного.

При проектировании заземляющего устройства желательно знать удельное объемное сопротивление грунта в том месте, где будет оно сооружаться. Значение $\rho_{ИЗМ}$ определяется в два этапа: вначале измеряется сопротивление растеканию тока одиночного заземлителя $R_{ИЗМ}$, погруженного в землю на участке, где будет сооружаться заземление, а потом, подставив $R_{ИЗМ}$ в формулу

для определения сопротивления растеканию тока данного электрода, вычисляется $\rho_{\text{изм}}$.

В качестве контрольных следует применять такие же электроды, какие будут использоваться при устройстве заземления. Обычно это стержневой электрод, забиваемый в землю вертикально, а также полосовой, прокладываемый параллельно поверхности земли и служащий для соединения между собой стержневых электродов.

Если заземляющее устройство имеет только горизонтально уложенную полосу, сопротивление растеканию тока определяется по формуле:

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho_{\Gamma} \cdot \psi_{\Gamma}}{2\pi \cdot L} \ln \frac{2L^2}{b \cdot t}, \quad (2)$$

где R_{Γ} - сопротивление растеканию тока горизонтально уложенной полосы, Ом;

ρ_{Γ} - удельное сопротивление грунта растеканию тока для полосы, уложенной горизонтально в земле, Ом·м;

ψ_{Γ} - коэффициент сезонности для горизонтальной заземляющей полосы;

L - длина заземляющей полосы, м;

b - ширина полосы, м;

t - глубина заложения полосы, м.

При использовании заземляющего проводника круглого сечения в формуле (2) принимается ширина b равной двум диаметрам проводника.

Удельное сопротивление грунта ρ_{Γ} принимается равным измеренному значению $\rho_{\text{изм}}$ или принимается ориентировочное значение ρ из справочника.

Если заземляющее устройство располагается в третьей климатической зоне и используются горизонтальные заземлители (полосы, прутки, уголки и т.п.), то $\psi_{\Pi} = 1,6 \dots 3,2$.

Сопротивление растеканию тока одиночного вертикального заземлителя (трубы, прутка) определяется по формуле:

$$R_3 = \frac{\rho_3 \cdot \psi_3}{2\pi \cdot L_3} \cdot \left(\ln \frac{2L_3}{d_3} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t_3 + L_3}{4t_3 - L_3} \right), \quad (3)$$

где R_3 - сопротивление растеканию тока вертикального заземлителя (трубы, прутка), Ом;

L_3 - длина вертикального заземлителя (трубы, прутка), м;

d_3 - наружный диаметр заземлителя (трубы, прутка), м;

t_3 - глубина заложения заземлителя (трубы, прутка), м,

$t_3 = t_0 + L_3/2$, t_0 - расстояние от поверхности земли до верхнего края заземлителя, м.

Если заземлители располагаются в третьей климатической зоне и используются вертикальные заземлители (трубы или уголки длиной 2-3 м), то

коэффициент $\psi_3 = 1,2 \dots 1,5$.

Сопротивление растеканию тока заземляющего устройства, состоящего из полосы и вертикально забитых в землю труб или прутков (рисунок 1 и 3), определяется по формуле:

$$R_{3,y} = \frac{R_{\Gamma} \cdot R_3}{R_{\Gamma} \cdot \eta_3 + R_3 \cdot \eta_{\Gamma}}, \quad (4)$$

где R_{Γ} - сопротивление растеканию тока горизонтальной полосы, соединяющей заземлители;

R_3 - сопротивление всех вертикально установленных заземлителей, Ом.

η_{Γ} - коэффициент использования горизонтальной полосы;

η_3 - коэффициент использования вертикальных заземлителей.

Коэффициенты использования η_{Γ} и η_3 учитывают ухудшение условий растекания тока от полосы и вертикальных заземлителей. Значения коэффициентов η_{Γ} и η_3 даны в таблицах 1 и 2.

После измерения или расчета сопротивления заземляющего устройства $R_{3,y}$ его сравнивают с нормативным значением $R_{\text{норм}}$. Если сопротивление $R_{3,y}$ будет больше нормативного значения, то требуется спроектировать новое заземляющее устройство, удовлетворяющее требованиям ПУЭ.

Таблица 2 - Коэффициенты использования горизонтального полосового заземляющего проводника, соединяющего вертикальные заземлители (трубы, прутки, уголки и т.п.) η_{Γ}

Отношение расстояний между заземлителями	Число вертикальных заземлителей							
	2	4	6	10	20	30	40	100
Вертикальные заземлители размещены по контуру (рисунок 1,в)								
1	-	0,45	0,40	0,34	0,27	0,24	0,22	0,19
2	-	0,55	0,48	0,40	0,32	0,30	0,39	0,23
3	-	0,70	0,64	0,56	0,45	0,41	0,39	0,33
Вертикальные заземлители размещены в ряд (рисунок 1,б)								
1	0,85	0,77	0,72	0,62	0,42	0,31	-	-
2	0,94	0,89	0,84	0,75	0,56	0,46	-	-
3	0,96	0,92	0,88	0,82	0,68	0,58	-	-

**Таблица 3 - Коэффициенты использования вертикальных
заземлителей (труб, прутков, уголков и т.п.) η_3**

Число Заземли- телей	Отношение расстояний между заземлителями к их длине					
	1	2	3	1	2	3
	Заземлители размещены в ряд			Заземлители размещены по контур		
2	0,85	0,91	0,94	-	-	-
4	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,85
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80
10	0,59	0,74	0,81	0,56	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	-	-	-	0,41	0,58	0,66
60	-	-	-	0,39	0,55	0,64
80	-	-	-	0,37	0,53	0,63
100	-	-	-	0,36	0,52	0,62

3. МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

3.1 Измерение сопротивления заземляющего устройства методом амперметра - вольтметра

Метод амперметра - вольтметра применяется при измерении сопротивления заземляющего устройства с $R_{з,у}$ до одного Ома.

Для измерения необходимы следующие приборы и оборудование: однофазный или трехфазный мощный трансформатор с изолированной нейтралью и выходным напряжением 65...220 В; вольтметр с большим внутренним сопротивлением; вспомогательный заземлитель; потенциальный электрод (зонд); соединительные электрические провода. В качестве вспомогательного заземлителя и зонда используются стальные стержни длиной 0,7 - 1 м, диаметром 10 - 25 мм, заостренные книзу.

Приборы присоединяются к оборудованию по схеме (рисунок 4). Вспомогательный заземлитель и зонд забиваются в землю на расстоянии не менее 20 м от испытуемого заземляющего устройства (рис. 5, а,б,в,г,д) для того, чтобы они были вне поля растекания тока и чтобы потенциал зонда $\varphi_{зонд}$ был равен нулю.

Метод измерения заключается в определении тока, проходящего через заземляющее устройство, и падения напряжения на нем. Сопротивление $R_{з,у}$ определяется как отношение показаний вольтметра и амперметра.

устройством, поэтому такое включение допустимо при измерении сопротивления выше 5 Ом. Для меньших значений $R_{з.у}$ необходимо применять два параллельных провода, соединяющих заземляющее устройство с зажимами 1 и 2 (на рисунке 6 пунктирная линия).

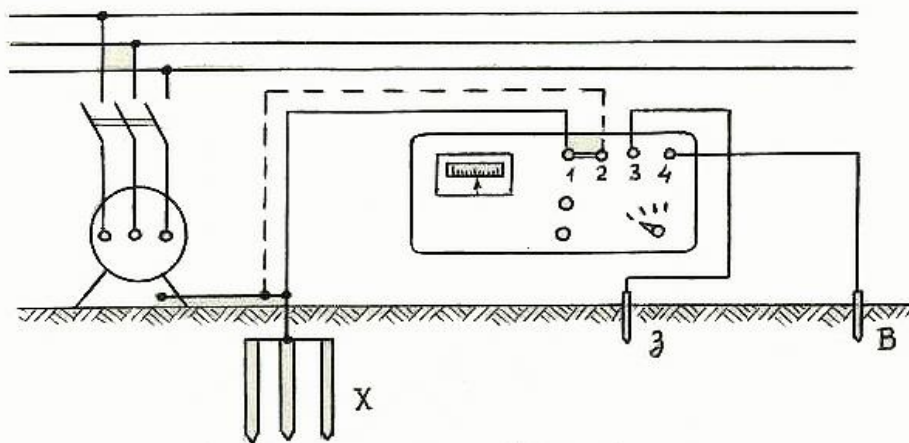


Рисунок 6 - Подключение прибора М416 к заземляющему устройству, зонду и вспомогательному заземлителю

4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

4.1 Измерить сопротивление заземляющего устройства прибором М416 на стенде по заданному преподавателю варианту.

4.2 Выбрать нормативное значение сопротивления заземляющего устройства для вашего варианта (см. таблицу 1).

4.3 Рассчитать сопротивление заземляющего устройства с учетом коэффициента сезонности ψ и, если результат измерения $R_{изм} \cdot \psi$ будет превышать нормативное значение $R_{норм}$, то рассчитать необходимое количество заземлителей по формулам (2)...(6).

4.4 Измерить прибором М416 сопротивление заземлителя $R_з$ на исследуемом грунте. Рассчитать удельное объемное сопротивление грунта растеканию тока $\rho_{изм}$, используя формулу (3), в которой коэффициент сезонности $\psi_з$ принимается равным 1 и $\rho_{изм} = \rho_з$.

5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать: название работы, цель работы, схему (рисунок 3), данные по заземляющему устройству (по заданному варианту), результаты измерения сопротивления заземляющего устройства на стенде $R_{изм}$ и сравнение $R_{изм} \cdot \psi$ с $R_{норм}$, результаты измерения сопротивления заземлителя в исследуемом грунте $R_з$ и расчет удельного объемного сопротивления грунта $\rho_{изм}$, ВЫВОДЫ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИЗУЧЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЛЮДЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ. ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОЗАЩИТНЫХ СРЕДСТВ

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель работы: провести исследование электрозащитных средств на прочность изоляции.

Задачи работы: изучить индивидуальные средства защиты электротехнического персонала от поражения электрическим током; провести испытания электрозащитных средств, определить сопротивление изоляции электрозащитных средств и сравнить их с нормативными значениями.

2 ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

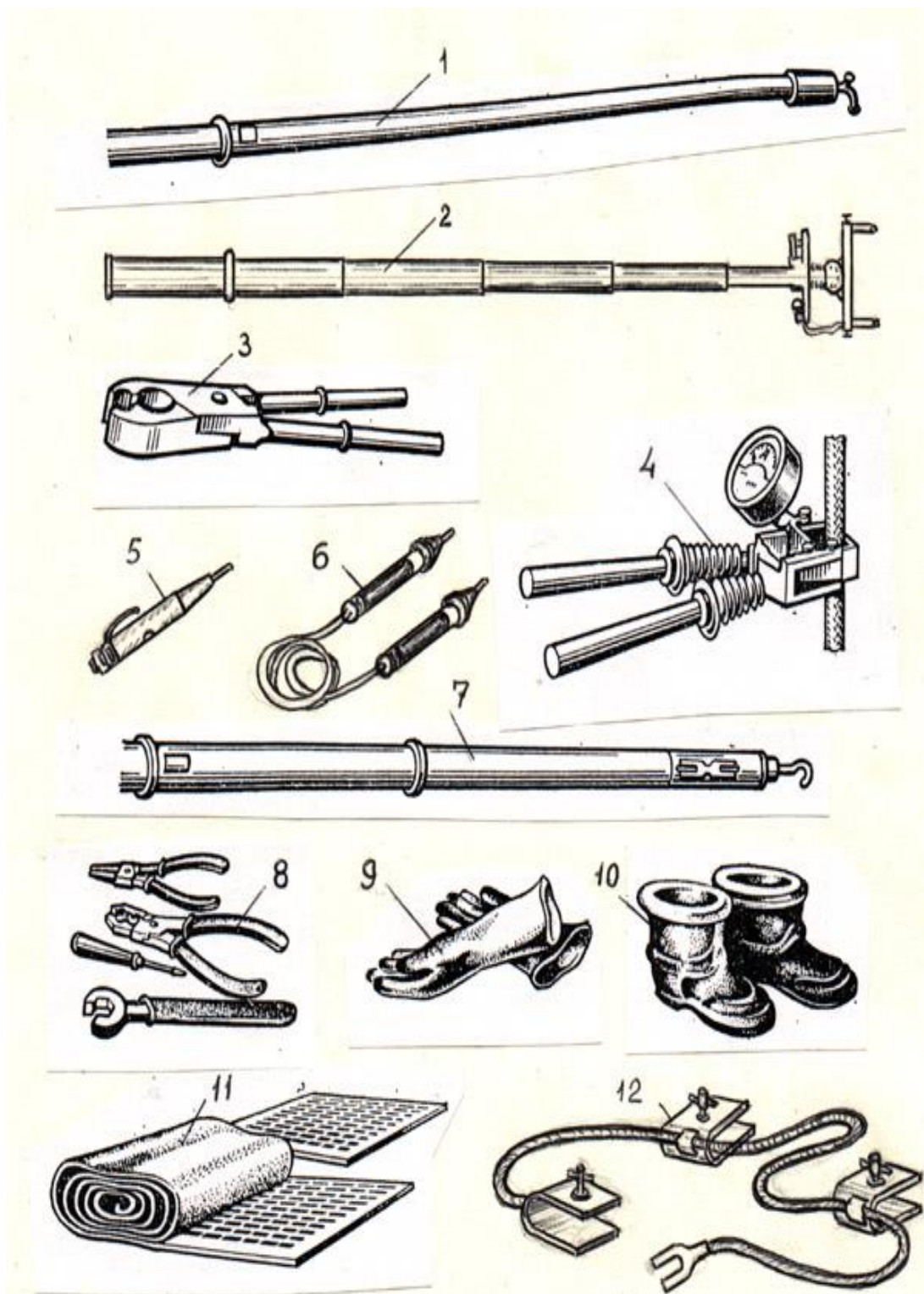
2.1 Электрозащитные средства

Электрозащитными средствами называются изделия, служащие для защиты людей, работающих с электроустановками, от поражения электрическим током, от воздействия электрической дуги и электромагнитного поля.

Основными электроизолирующими средствами в электроустановках напряжением до 1000 В являются: диэлектрические перчатки, слесарно-монтажный инструмент с изолированными рукоятками, изолирующие клещи, изолирующие и электроизмерительные клещи. Дополнительными защитными средствами являются: диэлектрические резиновые коврики, диэлектрические галоши и изолирующие подставки.

В электроустановках напряжением выше 1000 В основными электрозащитными средствами являются оперативные и измерительные штанги, изолирующие и электроизмерительные клещи, указатели напряжения и изолирующие устройства (изолирующие лестницы, площадки, тяги, щитовые габаритники, захваты). Дополнительными электрозащитными средствами являются диэлектрические перчатки, диэлектрические боты, диэлектрические резиновые коврики, изолирующие подставки на фарфоровых изоляторах, диэлектрические колпаки, переносные заземления, оградительные устройства.

Основными изолирующими электрозащитными средствами называются такие, изоляция которых длительно выдерживает рабочее напряжение электроустановки и которые позволяют прикасаться к токоведущим частям, находящимся под напряжением.



1 - оперативная штанга; 2 - универсальная измерительная штанга; 3 - изолирующие клещи; 4 - электроизмерительные клещи; 5 - однополюсный указатель напряжения

УНН-1; 6 – двухполюсный указатель напряжения типа УНН-10; 7 - указатель высокого напряжения типа УВН-90; 8 - набор слесарно-монтажного инструмента; 9 - диэлектрические перчатки; 10 - диэлектрические боты; 11 - диэлектрические коврики; 12 - переносное заземление

Рисунок 1 - Электрозащитные средства

2.2 Испытания электрозащитных средств

Все изолирующие защитные средства, находящиеся в эксплуатации (кроме изолирующих подставок, ковриков и штанг для наложения заземления), должны периодически подвергаться электрическим испытаниям на прочность изоляции. Изоляция защитного средства испытывается переменным повышенным напряжением частотой 50 Гц.

Перед началом электрического испытания защитное средство осматривают и при наличии замеченных повреждений их бракуют. При удовлетворительном состоянии по внешнему виду изоляция защитного средства испытывается на испытательном стенде.

Подачу испытательного напряжения на электроды защитного средства можно осуществлять сразу (толчком) на 50 % требуемой величины, а затем плавно повышать его, наблюдая за показаниями электроизмерительных приборов.

Пока защитное средство находится под испытательным напряжением, следует внимательно следить за его состоянием. Если замечены скользящие разряды, потрескивания, перекрытия или пробой, защитное средство бракуется.

Сразу же по окончании испытания, после снятия испытательного напряжения и отсоединения провода, защитное средство проверяют на ощупь. Если обнаруживается хотя бы незначительное нагревание испытуемой части, защитное средство бракуется.

При испытании оперативных штанг, изолирующих клещей, изолирующей части указателя напряжения один провод от испытательной установки присоединяется к рабочей части защитного средства, а другой (заземленный) - к границе захвата несколько выше упорного кольца (рисунок 1). Поскольку в этом месте отсутствует электропроводящий материал, то в качестве электрода накладывают узкую полоску из металлической фольги. Если в лаборатории отсутствует испытательный трансформатор на требуемое напряжение, то изолирующие штанги можно испытывать по частям. Допускается разделение разборной изолирующей части штанг, но не более чем на четыре части. Для каждого участка прикладывают напряжение, пропорциональное его длине и увеличенное на 10 %.

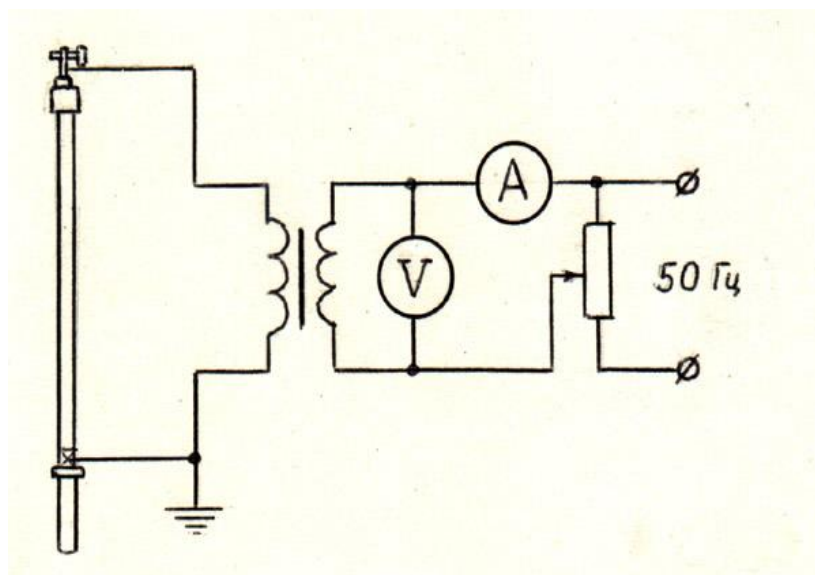


Рисунок 2 - Принципиальная схема испытания изолирующей штанги повышенным напряжением

Диэлектрические боты, галоши, перчатки для испытания погружают в сосуд с водой (рисунок 3). Воду заливают также внутрь изделия. Уровень воды должен быть на 5 см ниже верхнего края испытуемого изделия (перчатки, боты) и на 2 см для галош, установленных горизонтально. Электрод опускают внутрь изделия и присоединяют к одному выводу испытательного трансформатора, второй электрод опускают в воду снаружи и присоединяют через миллиамперметр к другому заземленному выводу трансформатора. При испытании переменным повышенным напряжением изделий из резины измеряют ток утечки. В случае резких колебаний тока или значений его выше нормированных изделие бракуется.

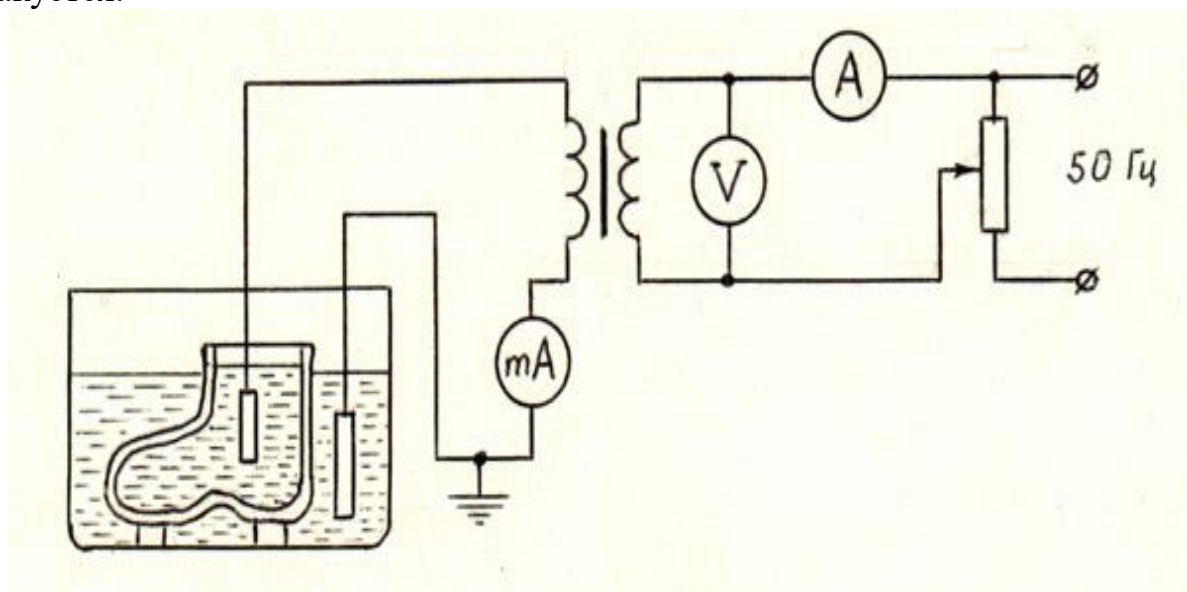


Рисунок 3 - Испытание изоляции диэлектрических перчаток или бот

Слесарно-монтажный инструмент с изолированными ручками при испытании погружается в сосуд с водой так, чтобы часть поверхности изоляции выступала из воды на 1 см (рис. 4). Изоляция инструмента испытывается на пробой без измерения тока утечки.

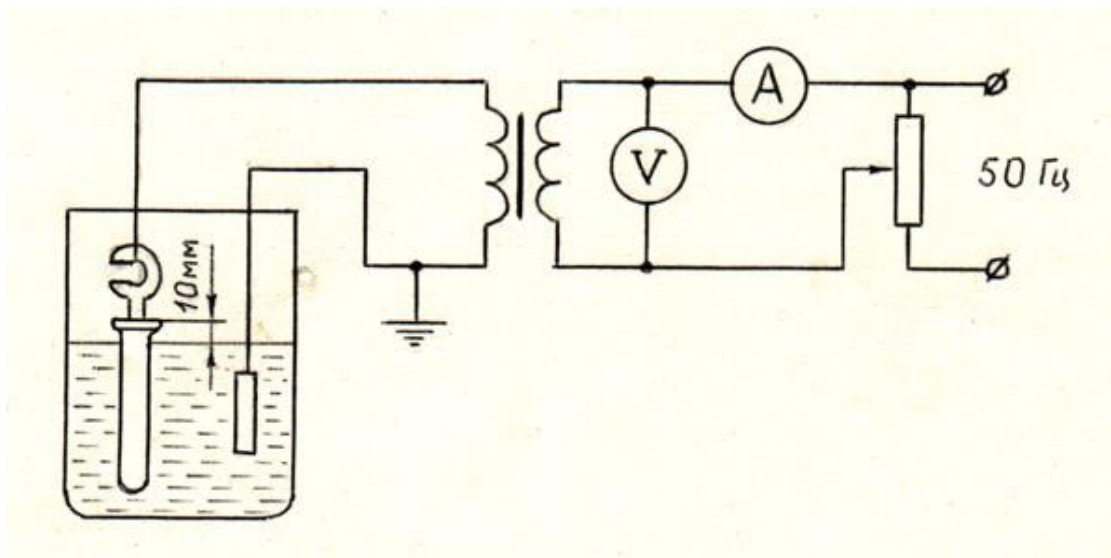


Рисунок 4 - Испытание изоляции инструмента

Изоляция электроизмерительных клещей на напряжение до 650 В испытывается напряжением 2 кВ в течение 5 минут. Напряжение прикладывается к магнитопроводу и к временному металлическому бандажу, закрепленному у границы ручки-захвата.

Для указателей напряжения, применяемых в электроустановках напряжением выше 1000 В, испытания изолирующей и рабочей частей проводятся отдельно. Изолирующая часть указателей напряжения, применяемых в электроустановках 2-35 кВ, испытывается напряжением, равным трехкратному линейному напряжению электроустановки, но не ниже 40 кВ в течение 5 мин. Методика испытания аналогична методике испытания изолирующих штанг. Рабочая часть указателя напряжения испытывается в течение 1 мин напряжением 20-70 кВ, приложенным к щупу и к винтовой соединительной муфте, к которой присоединен вывод от конденсатора, заключенного в трубке. При этом испытании проверяется исправность неоновой лампочки и конденсатора и определяется напряжение отчетливо видимого свечения лампы, которое должно быть не более 25 % номинального напряжения электроустановки, в которой данный указатель применяется.

**Таблица 1 - Нормы и сроки электрических испытаний
электрозащитных средств, находящихся в эксплуатации**

Наименование электрозащитного средства	Напряжение электроустанов ки	Испытательное напряжение	Ток утечки, мА	Периодичность испытаний
Штанги изолирующие (кроме измерительных)	Ниже 110 кВ	Трехкратное линейное, но не ниже 40 кВ	-	1 раз в 24 месяца
	110-500 кВ	Трехкратное фазное	-	
Клещи изолирующие	До 1000 В 2-35 кВ	2 кВ трехкратное линейное, но не ниже 40 кВ	- -	1 раз в 24 месяца
Указатели напряжения до 1000 В: порог зажигания изоляция корпусов	До 1000 В До 660 В	Не выше 90 В 2 кВ		1 раз в 12 месяца
Перчатки резиновые диэлектрические	Все напряжения	6 кВ	Не более 6	1 раз в 6 месяца
Боты резиновые диэлектрические	Все напряжения	15 кВ	Не более 7	1 раз в 36 месяца
Галоши резиновые диэлектрические	До 1000 В	3,5 кВ	Не более 2	1 раз в 12 месяца
Инструмент слесарно- монтажный с изолирующими рукоятками	До 1000 В	2 кВ	-	1 раз в 12 месяца

Общие меры электробезопасности при электрических испытаниях электрозащитных средств аналогичны мерам при испытаниях изоляции кабелей и другого электрооборудования. В отличие от испытания производственных электроустановок испытуемые защитные средства помещают на испытательное поле испытательного стенда в лаборатории. Испытательное поле должно иметь сетчатое ограждение, через которое оператор наблюдает за состоянием объекта. Ограждение имеет электрическую блокировку, что исключает подачу

испытательного напряжения при открытой двери или при снятом ограждении. Подача напряжения сопровождается звуковым и световым сигналами.

Испытательный трансформатор оборудуется максимальной токовой защитой, отключающий установку в случае пробоя изоляции испытуемого изделия.

Перед началом электрических испытаний ответственный руководитель должен проверить правильность сборки испытательной схемы, наличие и надежность заземления корпусов электрооборудования, наличие необходимых средств для электролаборатории, исправное действие сигнализации и блокировок, отсутствие людей на испытательном поле.

3 ОБЪЕКТЫ И СРЕДСТВА ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа проводится на лабораторном стенде, который моделирует электрическую цепь, применяемую при испытании изолирующей штанги, диэлектрических бот и изоляции инструмента (рисунок 5). На стенде имеются: вольтметр для измерения напряжения U ; амперметры для измерения тока, Π

р Стенд имитирует промышленную сеть и все приборы протарированы, как будто на стенде используется повышенное напряжение 1-40 кВ. Это сделано для того, чтобы студентам было легче делать выводы о прочности изоляции. Однако на стенде применяется напряжение 20 В из условия электробезопасности студентов, поэтому вольтметр можно включать только на стенде и запрещается включать его в розетки 220 В.

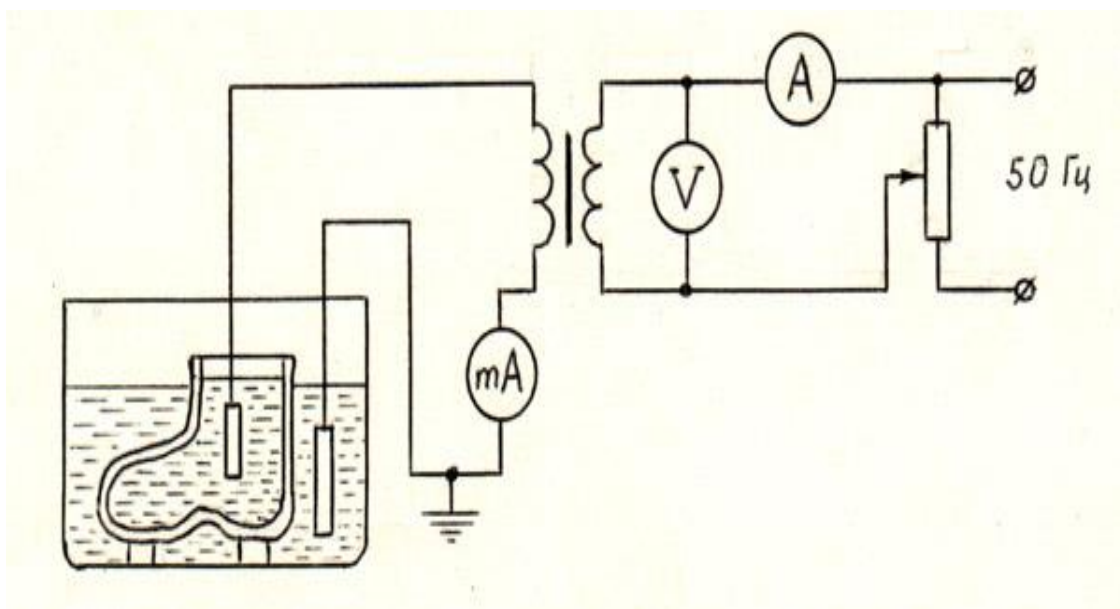


Рисунок 5 - Схема рабочей панели стенда

4 ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ, ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА И ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Внимание! Включение стенда в сеть 380 В производит преподаватель, он проверяет работу стенда и только после этого студенты могут выполнять исследования.

Ознакомиться с электрозащитными средствами. Внешним осмотром убедиться в отсутствии повреждений изоляции электротехнических средств.

Экспериментально испытать прочность изоляции диэлектрических перчаток и электротехнического инструмента. Записать результаты испытаний, сделать выводы.

5 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ, ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать: название работы, задачи работы, схемы испытания изоляции диэлектрических перчаток и инструмента (рисунки 3 и 4), результаты испытаний, значения напряжений и токов, выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель работы: установить закономерности распределения плотности потока электромагнитного излучения сверхвысокой частоты от источника (микроволновой печи, радиотелефона и т. п.)

Задачи работы:

- изучить характеристики электромагнитного излучения и нормативные требования к работе с источниками электромагнитных полей сверхвысоких частот (ЭМП СВЧ);
- провести измерения плотности потока энергии ЭМП СВЧ в зависимости от расстояния до источника;
- оценить эффективность защиты от излучения с помощью экранов.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1 Характеристики источников электромагнитных полей сверхвысоких частот

Источниками электромагнитных полей сверхвысоких частот являются радиотехнические и электронные устройства, применяемые для радиосвязи, радиолокации и радиотелеметрии (генераторы сверхвысоких частот, открытые концы волноводов, антенны...). Так же источниками ЭМП СВЧ являются нагревательные (бытовые) микроволновые печи.

Электромагнитное поле (ЭМП) это особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между заряженными частицами. Переменное ЭМП представляет собой совокупность магнитного и электрического полей. Электрическое поле возникает при наличии напряжения на токоведущих частях, а магнитное - при прохождении тока по этим частям.

Электромагнитное поле обладает энергией и распространяется в виде электромагнитных волн. Скорость распространения колебаний в воздухе v равна скорости света $3 \cdot 10^8$ м/с. Длина волны зависит от частоты

$$\lambda = \frac{v}{f}, \quad (2.1)$$

где λ - длина волны, м;

v - скорость распространения колебаний, м/с;

f - частота колебаний, Гц.

Электромагнитные поля радиочастот делятся на три диапазона:

Наименование диапазона	Частота колебаний	Длина волны
Высокие частоты (ВЧ)	60 кГц...30 МГц	5 км...10 м
Ультравысокие частоты (УВЧ)	30 МГц...300 МГц	10м... 1м
Сверхвысокие частоты (СВЧ)	300МГц...300ГГц	1 м... 1 мм

Примечание: 1 кГц = 10^3 Гц, 1 МГц = 10^6 Гц, 1 ГГц = 10^9 Гц.

Область распространения электромагнитных волн от источника излучения условно разделяют на три зоны: ближнюю (имеющую радиус менее $1/6$ длины волны), промежуточную и дальнюю (расположенную на расстоянии более $1/6$ длины волны от источника).

В ближней и промежуточной зонах электромагнитная волна еще не сформирована, поэтому интенсивность ЭМП в этих зонах оценивается отдельно напряженностью электрической E (В/м) и магнитной H (А/м) составляющих поля.

В дальней зоне воздействие ЭМП оценивается плотностью потока энергии

$$\vec{P} = \vec{E} \cdot \vec{H}, \quad (2.2)$$

где P - плотность потока энергии, Вт/м² ;

E - напряженность электрической составляющей ЭМП, В/м;

H - напряженность магнитной составляющей ЭМП, А/м.

Рабочие места по обслуживанию СВЧ - аппаратуры практически находятся в дальней зоне. В этой зоне воздействия ЭМП оценивается плотностью потока энергии.

Обычно электромагнитное поле от источника распределяется во все стороны равномерно. В этом случае плотность потока энергии рассчитывается по формуле:

$$P = \frac{P_{\text{и}}}{4\pi \times r^2} \quad (2.3)$$

где P - плотность потока энергии ЭМП, Вт/м² ;

$P_{\text{и}}$ - мощность излучения от источника, Вт;

r - расстояние до источника излучения, м.

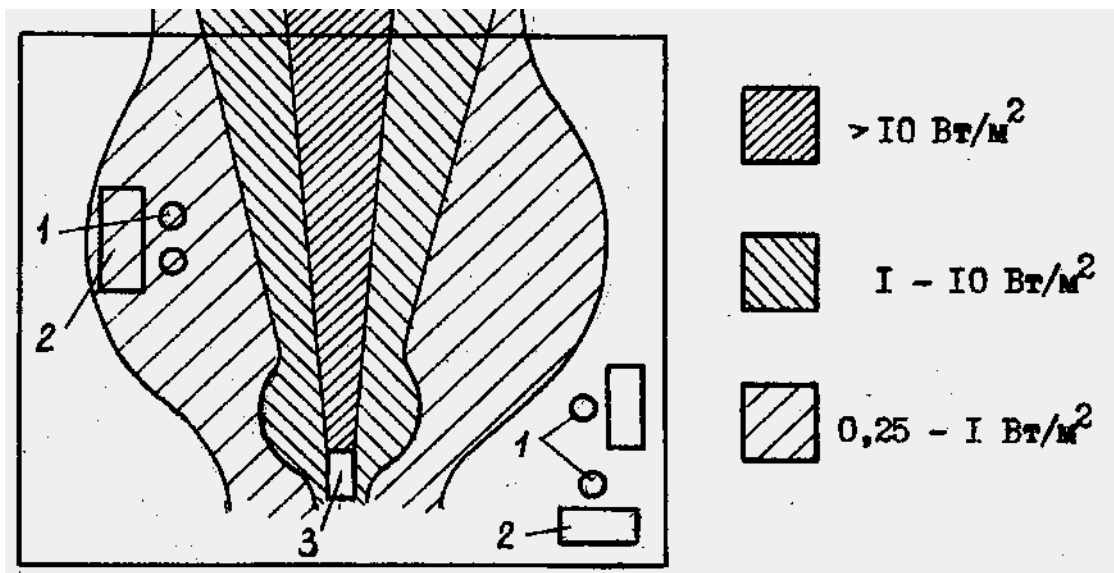
Если излучение имеет направленный характер, тогда формула принимает вид

$$P = \frac{P_{\text{и}} k_{\text{н}}}{4\pi \times r^2} \quad (2.4)$$

где $k_{\text{н}}$ - коэффициент направленности излучения.

Наиболее опасны антенны радиолокационных станций (РЛС), так как они

обладают высоким коэффициентом концентрации энергии в определенном направлении (коэффициентом усиления антенны), достигающим десятков тысяч единиц. Однако и в других направлениях их излучение может достигать нескольких Вт/м² (рисунок 2.1).



1 - рабочее место; 2 - стол (стенд); 3 - РЛС
Рисунок 2.1. - Зоны излучения РЛС в помещении

2.2 Воздействие ЭМП на организм человека

Воздействие ЭМП на человека состоит в следующем: в электрическом поле атомы и молекулы, из которых состоит тело человека, поляризуются. Полярные молекулы ориентируются по направлению распространения ЭМП, появляются ионные токи. С увеличением напряженности электромагнитного поля, продолжительности облучения и частоты колебаний воздействие на человека возрастает. Наиболее опасными для человека являются ЭМП СВЧ.

Колебания дипольных молекул воды и ионов, содержащихся в тканях, приводят к преобразованию электромагнитной энергии внешнего поля в тепловую, что сопровождается повышением температуры тела или локальным перегревом тканей, органов, клеток, особенно с плохой терморегуляцией.

Облучение особенно вредно для глаз, мозга, половых органов. Облучение глаз вызывает помутнение хрусталика (катаракту). При плотности потока энергии выше 100 Вт/м² организм не справляется с отводом образующейся теплоты и температура тела повышается. Это может привести к тепловому удару (головной боли, рвоте, обмороку).

При плотности потока энергии (ППЭ) выше 10 Вт/м² наблюдаются постоянные изменения в крови лейкоцитов, эритроцитов и гемоглобина.

Воздействие ЭМП с уровнями, превышающими допустимые, приводит к изменениям функционального состояния сердечно-сосудистой системы, центральной нервной системы, нарушению обменных процессов. Появляются головные боли, утомляемость, нарушение сна, боли в области сердца.

Критерием оценки степени воздействия на человека ЭМП может служить количество электромагнитной энергии, поглощенной им при пребывании в электромагнитном поле. Биологический эффект от воздействия ЭМП зависит от частоты колебаний, интенсивности и режима излучения (непрерывный, прерывистый, импульсно-моделирующий), продолжительности и характера облучения организма, а так же от площади облучаемой поверхности и анатомического строения органа или ткани.

При текущем санитарном контроле (не реже одного раза в год), а также в случае приемки источников ЭМП или изменения их конструкции и режимов работы, производится измерение параметров электромагнитного поля на рабочих местах. Измеренные значения сравниваются с нормативными ГОСТ 12.1.006-84 и СанПиН 2.2.4.1191-03; если они не соответствуют, то применяются меры защиты.

2.3 Нормирование воздействия ЭМП СВЧ

Оценка воздействия электромагнитных полей осуществляется в соответствии с ГОСТ 12.1.006-84, СанПиН 2.2.4.1191-03.

В диапазоне частот 300 МГц - 300 ГГц (СВЧ) по ГОСТ 12.1.006-84 нормируется плотность потока энергии $P_{\text{пд}}$ и энергетическая нагрузка на человека за рабочий день $\mathcal{E}_{\text{пд}}$.

Предельно допустимый уровень плотности потока энергии ЭМП СВЧ (в диапазоне 300 МГц - 300 ГГц) составит 10 Вт/м^2 .

Значение плотности потока энергии не должна превышать 10 Вт/м^2 , даже при кратковременном нахождении людей в этой зоне, т.е. при P больше 10 Вт/м^2 нахождение людей без средств защиты запрещается.

Если плотность потока энергии P менее 10 Вт/м^2 можно рассчитать допустимое время нахождения людей в этой зоне (или, при известном времени, рассчитать предельно допустимое значение плотности потока энергии):

$$T_{\text{пд}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{пд}}}{P} \quad \text{при } P \leq 10 \text{ Вт/м}^2, \quad (2.5)$$

$$P_{\text{пд}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{пд}}}{T} \quad \text{при } P_{\text{пд}} \leq 10 \text{ Вт/м}^2, \quad (2.6)$$

где $T_{\text{пд}}$ - предельно допустимое время пребывания людей в зоне ЭМП, ч;

$\mathcal{E}_{\text{пд}}$ - нормативная величина энергетической нагрузки за рабочий день,

$\text{Вт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$;

P - значение плотности потока энергии в зоне нахождения людей, $\text{Вт} / \text{м}^2$;

$P_{\text{пд}}$ - предельно допустимое значение плотности потока энергии, $\text{Вт} / \text{м}^2$;

T - время пребывания в зоне облучения за рабочую смену, ч.

Энергетическая нагрузка \mathcal{E} представляет собой суммарный поток энергии P , проходящий через единицу облучаемой поверхности за время действия T , и выражается произведением

$$\mathcal{E} = P \cdot T. \quad (2.7)$$

Нормативная величина энергетической нагрузки за рабочий день принимается равной:

$\mathcal{E}_{\text{пд}} = 2 \text{ Вт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$ - для всех случаев облучения, исключая облучение от вращающихся и сканирующих антенн;

$\mathcal{E}_{\text{пд}} = 20 \text{ Вт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$ - для случаев облучения от вращающихся и сканирующих антенн с частотой вращения или сканирования не более 1 Гц и скваженностью не менее 50.

В соответствии с санитарными правилами СанПиН 2.2.4.1191-03. При работе с источниками ЭМП СВЧ предельно допустимые интенсивности (плотности потока энергии) ЭМП на рабочих местах приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1. – Предельно допустимые интенсивности (плотности потока энергии) ЭМП СВЧ на рабочих местах

В диапазоне СВЧ (300 МГц-300 ГГц)	Предельно допустимая интенсивность (плотность потока энергии)
1. Для работников при облучении в течение: - всего рабочего дня - не более 2 ч за рабочий день - не более 15-20 мин за рабочий день	0,1 Вт/м ² 1 Вт/м ² 10 Вт/м ²
2. Для лиц не связанных профессионально с источниками ЭМП СВЧ и для населения	0,01 Вт/м ²

2.4 Защита от воздействия ЭМП СВЧ

Для уменьшения воздействия ЭМП радиочастот применяются следующие меры:

- уменьшение напряженности и плотности потока энергии ЭМП путем

согласования нагрузок и поглотителей мощности;

- экранирование рабочих мест;
- удаление рабочего места от источника ЭМП (дистанционное управление);
- рациональное размещение в рабочем помещении оборудования, излучающего электромагнитную энергию;
- установление рациональных режимов работы оборудования и обслуживающего персонала;
- применение предупреждающей сигнализации (световой, звуковой);
- применение индивидуальных средств защиты.

Наибольшая эффективность защиты от ЭМП может быть достигнута локализацией электромагнитного поля радиотехнического устройства с помощью корпуса, а также применением экрана.

Экраны изготавливаются из стали или алюминия. Глубина проникновения

ЭМП в экран мала, поэтому любой экран из соображения прочности изготавливают толщиной не менее 0,5 мм. Листы экрана должны быть надежно соединены между собой, обеспечивая электрический контакт. Шов выполняется сваркой, пайкой или точечной сваркой с шагом не более 50-100 мм. Экраны должны быть заземлены.

Очень часто в экранирующих устройствах необходимо предусмотреть окна и вентиляционные отверстия. Для того, чтобы не было излучений, отверстия выполняются обычно в виде патрубка с сетками на обоих концах (рис. 2.2, а), в виде отдельных отрезков труб (рисунок 2.2, б) или в виде сотовых конструкций (рисунок 2.2, в). Патрубки и отрезки труб (рисунок 2.2, б) исполняют роль заградительных волноводов, т.е. волноводов в которых и поперечные размеры меньше размеров, соответствующих критическим длинам волн. В таких волноводах происходит быстрое ослабление излучения.

Если высокочастотные установки размещаются в общем производственном корпусе, то их необходимо устанавливать в угловых специально выделенных помещениях. При мощности до 30 кВт установка должна размещаться на площади не менее 25 м², а выше 30 кВт - более 40 м². Помещение должно быть оборудовано общеобменной вентиляцией. Воздуховоды, во избежание высокочастотного нагрева, выполняются из асбоцемента, текстолита, гетинакса. Излучение от установки не должно проникать через стены, перекрытия, оконные рамы и двери.

Аналогичным образом должны быть защищены люди, находящиеся в здании, от внешнего излучения (от антенн радиовещания, телевидения, радиолокации).

При решении вопросов защиты от ЭМП необходимо рассчитать радиус опасной зоны по формулам (2.3) или (2.4), приняв значение плотности потока энергии P равным предельно допустимому значению.

Если здания попадают в опасную зону, то необходимо учитывать, что элементы здания снижают воздействие ЭМП в 2,5 - 10 раз (таблица 2.2).

Лесонасаждения, расположенные в непосредственной близости от источников излучения, ослабляют ЭМП в 2-4 раза.

Если ослабление ЭМП строительными конструкциями не достаточно, то в помещении должны быть экранированы стены, потолок, оконные и дверные проемы,

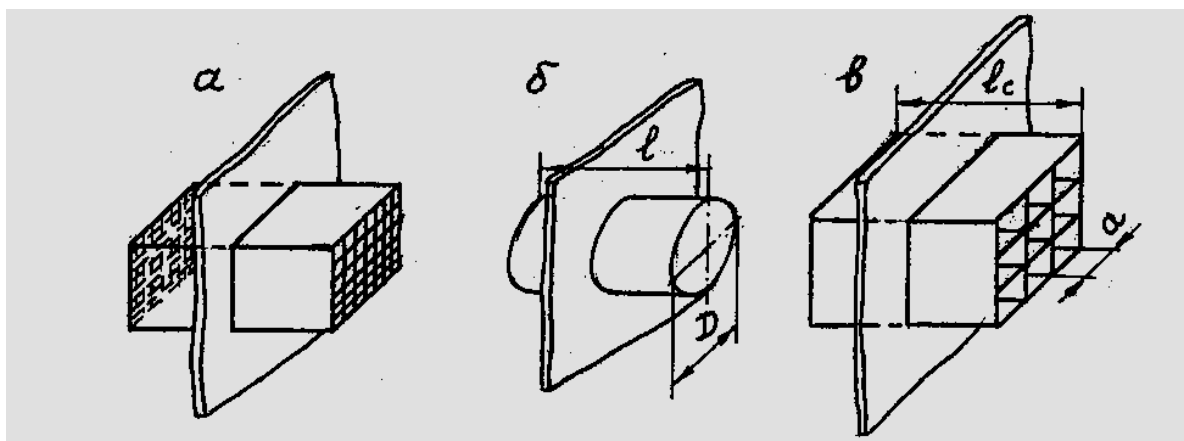
вентиляционная система. Монтаж экранов производится прикреплением стальных или дюралевых листов к поверхностям помещения. Отверстия в экранах должны быть выполнены по принципу заградительного волновода.

Также могут быть использованы экранированные кабины, собираемые из стальных щитов.

Для исключения отражения электромагнитных волн применяются радиопоглощающие материалы в виде тонких резиновых коврик, листов перлона или древесины, пропитанной соответствующим составом. Их клеивают или присоединяют к основе конструкции экрана специальными скобами.

В тех случаях, когда перечисленные выше методы защиты от СВЧ излучений не дают достаточного эффекта (например, при настройке устройств), необходимо пользоваться индивидуальными средствами защиты (защитными халатами, фартуками, щитками, очками). Если излучение имеет интенсивность более 10 Вт/м^2 , то необходимо использовать очки даже при кратковременных работах.

Очки типа ОРЗ-5 изготавливаются из стекла, покрытого слоем полупроводникового оксида олова. В диапазоне СВЧ они ослабляют мощность излучения в 1000 раз.



а - патрубок с сетками; б - патрубок; в - сотовая конструкция

Рисунок 2.2 – Конструкции вентиляционных и смотровых отверстий и экранов

Таблица 2.2 – Ослабление электромагнитных излучений СВЧ строительными конструкциями

Материал и элементы конструкции	Длина волны	
	$\lambda=3\text{см}$	$\lambda=10\text{см}$
	Ослабление потока энергии	
Кирпичная стена толщиной 70 см	в 10 раз	в 8 раз
Междуэтажное перекрытие	в 10 раз	в 10 раз
Оштукатуренная стена здания	в 5 раз	в 3 раза
Окна с двойными рамами	в 5 раз	в 2,5 раза

Коэффициент ослабления излучения от экранирования, показывающий во сколько раз снижается воздействие ЭМП, определяется как отношение

$$K_{\text{ЭКР}} = \Pi / \Pi_{\text{ЭКР}}, \quad (2.8)$$

где $K_{\text{ЭКР}}$ - коэффициент экранирования;

Π - плотность потока энергии в точке пространства, в которой возможно нахождение людей, Вт/м²;

$\Pi_{\text{ЭКР}}$ - плотность потока энергии после установки экрана, Вт/м².

Если в экране имеются отверстия, щели, смотровые окна, то общий коэффициент экранирования определяется по наиболее опасному участку.

Коэффициент экранирования сплошного металлического экрана, имеющего щели, рассчитывается по формуле [3, с. 139]:

$$K_{\text{ЭКР}} = (\delta \cdot Z / \rho)^{1/2} \cdot (\lambda / R_{\text{Э}})^{1/3} \cdot (1 - \pi \cdot m / \lambda)^6 \cdot \exp(2\pi \cdot d / m), \quad (2.9)$$

где $K_{\text{ЭКР}}$ - эффективность экранирования по плотности потока энергии;

δ - глубина проникновения (расстояние, на котором напряженность поля уменьшается в $e = 2,73$ раза), м;

Z - волновое сопротивление электромагнитного поля, Ом;

ρ - удельное сопротивление материала экрана, Ом · м;

λ - длина волны ЭМП, м;

$R_{\text{Э}}$ - эквивалентный радиус экрана, м;

d - толщина металлического листа экрана, м;

m - наибольший размер технологических отверстий (щелей), м.

Глубина проникновения δ вычисляется по формуле:

$$\delta = 0,03 \sqrt{\frac{\lambda \cdot \rho}{\mu}} \quad (2.10)$$

где μ - относительная магнитная проницаемость материала экрана (таблице 2.3);

λ - длина волны ЭМП, м;

ρ - удельное сопротивление материала экрана (таблице 2.3), Ом · м.

Таблица 2.3 - Характеристики материалов экранов

Материал	Удельное сопротивление ρ , Ом · м	Относительная магнитная проницаемость
Алюминий	$0,28 \cdot 10^{-7}$	1
Медь	$0,17 \cdot 10^{-7}$	1
Сталь	$1,5 \cdot 10^{-7}$	150

Волновое сопротивление воздуха $Z_0 = 377$ Ом.

Для экрана прямоугольной формы

$$R_{\Sigma} = 0,62(V_{\text{ЭКР}})^{1/3} \quad (2.11)$$

где $V_{\text{ЭКР}}$ - внутренний объем экрана, м^3 .

3. ОБЪЕКТЫ И СРЕДСТВА ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа проводится на лабораторном стенде (рисунок 3.1). Стенд представляет собой стол со столешницей 1, под которой размещаются сменные экраны 2. На столешнице размещены СВЧ - печь 3 (источник излучения) и планшет с координатной сеткой 4. Печь микроволновая бытовая «Плутон 01Р700 V_p17М» имеет следующие технические данные:

Питание..... сеть переменного тока 220 В с частотой 50 Гц

Выходная микроволновая мощность..... 700 Вт

Рабочая частота.....2450 МГц

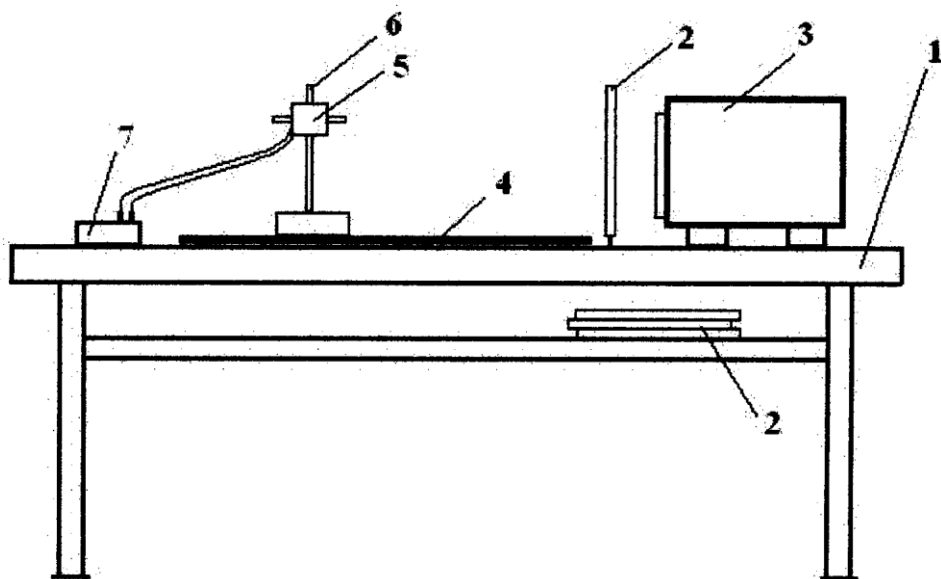
Габаритные размеры печи:

ширина.....470 мм;

высота..... 285 мм;

длина.....385 мм

Объем рабочей камеры..... 17 л



1 - стол, 2 - экран, 3 - микроволновая печь, 4 - планшет,

5 - датчик, 6 - стойка, 7 - измерительный прибор

Рисунок 3.1- Расположение приборов и оборудования на стенде

В качестве нагрузки в СВЧ печи используется строительный красный кирпич, установленный на неподвижную подставку - неглубокую фаянсовую тарелку. Это обеспечивает стабильность измеряемого сигнала.

С планшета 4 считывается перемещение датчика СВЧ поля по осям X и Y.

Координата Z определяется по шкале, нанесенной на измерительную стойку 6, по которой датчик 5 может свободно перемещаться. Это дает возможность исследовать распределение СВЧ излучения в пространстве со стороны передней панели СВЧ печи.

Датчик 5 выполнен в виде полуволнового вибратора, рассчитанного на частоту 2,45 ГГц, и состоит из диэлектрического корпуса, вибраторов и СВЧ диода. Сигнал с датчика поступает на мультиметр 7, размещенный на свободной части столешницы. Цифровой мультиметр М 3900 измеряет токи в диапазоне от 20 мкА до 20 мА. Соотношение показаний мультиметра и измерителя плотности потока энергии $1 \text{ мкА} = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ Вт/м}^2$.

На столешнице 1 имеются гнезда для установки сменных защитных экранов 2 выполненных из следующих материалов: сетка из оцинкованной стали с ячейками 50 мм; сетка из оцинкованной стали с ячейками 10 мм; лист алюминия; полистирол; резина.

4. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

ВНИМАНИЕ! Включение печи производит преподаватель. При проведении эксперимента следует соблюдать меры безопасности:

- запрещается работать с открытой дверцей СВЧ печи;
- запрещается ремонтировать дверь, панель управления и другие части печи;
- не допускается включение и работа печи без нагрузки. Рекомендуется в перерывах между рабочими циклами оставлять в печи кирпич. При случайном включении печи кирпич будет выполнять роль нагрузки.

- СВЧ печь должна быть заземлена.

Включение СВЧ печи «Плутон» в рабочий режим осуществляется следующим образом:

- открыть дверцу нажатием прямоугольной клавиши в нижней части лицевой панели;
- установить ручку «мощность» в крайнее правое положение;
- установить ручку «время» в положение 5 мин;
- плотно закрыть дверцу.

4.1. Определить зону наиболее интенсивного облучения от печи.

Для этого перемещая датчик по оси X и Y координатной сетки и оси Z стойки с

помощью мультиметра фиксировать их численные показания. Выбрать точку с наибольшей интенсивностью облучения. Рассчитать плотность потока энергии в этой точке, приняв

$$P = 0,0035 \cdot I, \quad (4.1)$$

где P - плотность потока энергии, Вт/м²;

I - ток, проходящий через мультиметр, мкА.

4.2. Определить изменение плотности потока энергии в зависимости от расстояния до печи

Перемещая стойку с датчиком по координате X (удаляя его от печи до предельной отметки 50 см) снять показания мультиметра дискретно с шагом 5 см.

Данные замеров занести в таблицу 5.1. Построить график изменения плотности потока энергии в зависимости от расстояния до СВЧ печи.

4.3. Определить эффективность экранирования излучения от СВЧ печи

Поместить датчик на расстоянии 20 см от печи и зафиксировать показания мультиметра, рассчитать плотность потока энергии в этой точке по формуле (4.1).

Устанавливая поочередно экраны из различного материала между датчиком и печью измерить плотность потока энергии и определить эффективность экранирования:

$$\Xi = \frac{P - P_{\text{ЭКР}}}{P_{\text{ЭКР}}} \times 100\%, \quad (4.2)$$

где Ξ - эффективность экранирования, % ;

P - плотность потока энергии без экрана, Вт/м²;

$P_{\text{ЭКР}}$ - плотность потока энергии при установке экрана, Вт/м;

Полученные данные записать в таблицу 5.2.

4.4. Рассчитать плотность потока ЭМП СВЧ от микроволновой печи

Расчет выполняется в следующем порядке:

4.4.1 Определяем длину волны ЭМП по формуле (2.1).

4.4.2 Плотность потока энергии от микроволновой печи без экранирования (с открытой дверцей) определяем по формуле (2.3).

4.4.3 Глубину проникновения ЭМП в материал экрана δ вычисляется по формуле (2.10).

4.4.4 Определяем эквивалентный радиус экрана R_{Ξ} по формуле (2.11).

4.4.5 Коэффициент экранирования сплошного металлического экрана, имеющего щели рассчитывается по формуле (2.9).

4.4.6 Плотность потока энергии от микроволновой печи с экранированием (с закрытой дверцей) определяем по формуле (2.8).

4.4.7 Допустимое время нахождения человека на расстоянии 0,5 м от работающей СВЧ печи определяем по формуле (2.5).

5. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

- название работы; цель работы;
- схему стенда;
- результаты измерений (таблицы 5.1 и 5.2);
- графики зависимости $\Pi = f(l)$;
- расчет плотности потока энергии от печи и допустимость времени облучения человека на расстоянии 0,5 м от работающей печи;
- выводы.

Таблица 5.1– Измерение плотности потока энергии от СВЧ печи

[illegible]

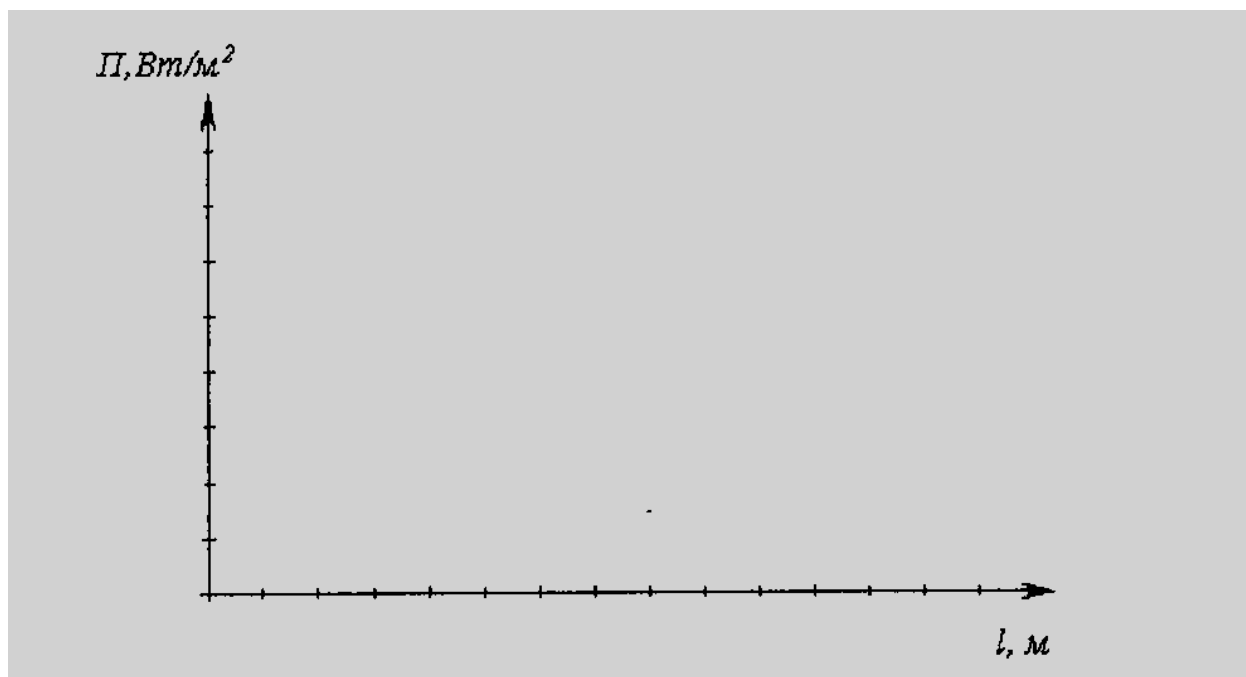


Рисунок 5.1. График измерения плотности потока энергии
в зависимости от расстояния до СВЧ печи

Таблица 5.2. – Эффективность экранирования СВЧ излучения

Защитные экраны	Эффективность экранирования Э, %
1. Сетка из оцинкованной стали с ячейками 50 мм	
2. Сетка из оцинкованной стали с ячейками 10 мм	
3. Лист алюминия	
4. Полистирол	
5. Резина	

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЕТЛИ "ФАЗА-НУЛЬ" В СХЕМЕ ЗАНУЛЕНИЯ

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель работы: измерить сопротивление петли "фаза-нуль" и оценить эффективность защиты от тока короткого замыкания.

Задачи работы: ознакомиться с методами измерения сопротивления петли "фаза-нуль", установить зависимости сопротивления петли "фаза-нуль" от параметров сети, измерить сопротивление петли "фаза-нуль" на конкретном участке электрической сети и оценить эффективность защиты от тока короткого замыкания.

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Зануление, принцип действия

Занулением называется преднамеренное соединение частей электроустановки, нормально не находящихся под напряжением, с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока (рис. 1) или с глухозаземленным выводом источника однофазного тока. Соединение осуществляется с помощью защитного нулевого проводника.

В качестве нулевых защитных проводников могут быть использованы: а) специально предусмотренные для этой цели проводники; б) металлические конструкции (фермы, колонны, галереи, шахты лифтов, подкрановые пути и т.п.); в) стальные трубы электропроводок; г) металлические стационарные открыто проложенные трубопроводы всех назначений, кроме трубопроводов горючих и взрывоопасных веществ, канализации и центрального отопления.

Запрещается использовать в качестве защитных проводников: несущие тросы, металлорукова, свинцовые оболочки кабеля.

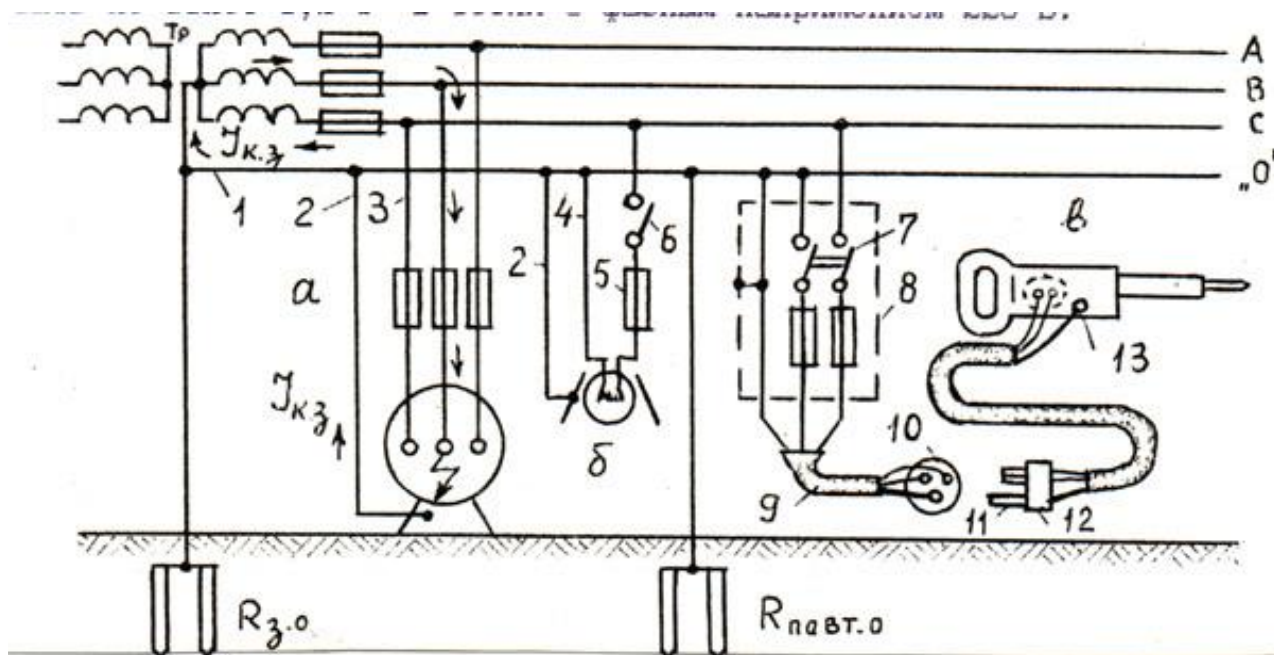
Соединение нулевых защитных проводников между собой должно выполняться только сваркой. Соединения должны быть доступны для осмотра. Присоединение нулевых проводников к частям оборудования должно быть выполнено сваркой или болтовым соединением с предусмотрением мер против ослабления и коррозии соединения. Каждая часть электроустановки должна быть присоединена при помощи отдельного ответвления, последовательное включение не допускается.

Зануление переносных электроприемников осуществляется специальной медной гибкой жилой, расположенной в одной оболочке с фазными жилами переносного провода и присоединяемой к корпусу электроприемника и к специальному контакту вилки соединения (рис. 1). Сечение этой жилы должно

быть равным сечению фазных проводников, но не менее $1,5 \text{ мм}^2$. Использование для этой цели нулевого рабочего проводника не допускается.

Для передвижных электроустановок следует применять: пятую жилу кабеля - в трехфазных сетях с нулевым рабочим проводником; четвертую жилу - в трехфазных сетях без нулевого рабочего проводника; третью жилу кабеля - в однофазных сетях.

Принцип действия зануления заключается в следующем: при замыкании фазы на корпус электрооборудования появляется "ток короткого замыкания" $I_{к.з}$ (рис. 1, путь тока показан стрелками); от тока $I_{к.з}$ сгорает предохранитель и отключает поврежденную фазу от сети. Обычно последовательно с предохранителями устанавливаются автоматические выключатели, которые, при появлении тока короткого замыкания, быстро выключают сразу три фазы.



- 1 - нулевой провод; 2 - нулевой защитный провод; 3 - фазный провод; 4 - нулевой рабочий провод; 5 - предохранитель; 6 - выключатель; 7 - рубильник; 8 - корпус распределительного устройства; 9 - кабель; 10 - штепсельная розетка; 11 - контакт зануления; 12 - вилка; 13 - защитный (зануляющий) контакт оборудования

Рисунок 1 - Схема зануления электрооборудования:
(а - трехфазное стационарное электрооборудование; б - светильник;
в - передвижная электроустановка (например, ручной инструмент))

Должна обеспечиваться непрерывность нулевого провода (т. е. в нулевом проводе запрещается устанавливать предохранители и выключатели).

2.2 Расчет тока короткого замыкания

Расчет тока короткого замыкания выполняется для наиболее мощного, а также наиболее удаленного потребителя. Целью расчета является определение надежности сгорания предохранителей, то есть ток короткого замыкания $I_{кз}$ должен превышать ток плавкой вставки не менее чем в 3 раза.

Ток короткого замыкания определяется по формуле:

$$I_{кз} = U_{\phi} / Z_{\phi-o} = U_{\phi} / \sqrt{(R_{TP} + R_{\phi} + R_o)^2 + (X_{TP} + X_{\phi} + X_o)^2}$$

где $I_{кз}$ - ток короткого замыкания, А;

U_{ϕ} - фазное напряжение сети, В;

$Z_{\phi-o}$ - сопротивление петли "фаза - нуль", Ом,

R_{TP}

X_{TP} - активное и индуктивное сопротивления обмотки силового трансформатора,

Ом;

R_{ϕ} - активное и емкостное сопротивления фазного провода, Ом;

X_o

- активное и емкостное сопротивления нулевого провода, Ом.
Активное сопротивление алюминиевого или медного проводника R_{PP} , Ом, вычисляется по формуле:

$$R_{PP} = \rho_{PP} \frac{L_{PP}}{S_{PP}}$$

где ρ_{PP} - удельное сопротивление проводника прохождению тока, Ом · мм² / м

L_{PP} - длина проводника, м;

S_{PP}

Сопротивление стального проводника зависит от плотности тока.

2.3 Измерение сопротивления петли "фаза-нуль"

Перед приемкой в эксплуатацию новой и реконструируемой установки, после капитальных ремонтов, а также не реже, чем раз в 5 лет, необходимо экспериментально проверять эффективность действия зануления электроприемников или участков питающей их сети. Для этого измеряется полное сопротивление петли "фаза-нуль", подсчитывается ток однофазного короткого замыкания $I_{кз}$ и находится коэффициент чувствительности защиты от тока $I_{кз}$ данного электроприемника или участка сети.

Измерение сопротивления петли "фаза-нуль" должно проводиться на электроприемниках наиболее мощных, а также наиболее удаленных от источника тока, но не менее чем на 10 % их общего количества.

Для измерения тока короткого замыкания от 10 до 2000 А промышленностью выпускается прибор типа Щ 41160. Прибор измеряет реальный ток короткого замыкания, но с ограничением времени его протекания до 14 мс. Короткое замыкание производится с помощью тиристора через мощный

шунт с малым сопротивлением, падение напряжения на котором измеряется импульсным вольтметром на микросхемах и цифровой индикацией в амперах. Недостатком прибора может быть искажение величины тока короткого замыкания, так как измерение производится в очень малый промежуток времени, в котором существенное значение имеют переходные процессы. Если увеличить время замера, то может сработать защита (выключиться автоматический выключатель или сгореть плавкий предохранитель), а при их неисправности возникает возможность поражения электрическим током людей, находящихся в соприкосновении с металлическими корпусами электрооборудования.

Измерение полного сопротивления петли "фаза-нуль" может быть проведена по методу треста "Ю.В. энергочермет". По этому методу собирается часть схемы, обведенная штрихпунктирной линией на рисунке 3. Автомат QF у питающего трансформатора Тр должен быть включен, а рубильник QS1 перед электроприемником выключен. Затем при включенном рубильнике QS2, не нажимая кнопок SB1 и SB2, записывается показание вольтметра, которое равно фазному напряжению холостого хода при отсутствии нагрузок в сети. Кнопкой SB1 включается резистор R и записывается показание вольтметра (оно уменьшается) и амперметра. Сопротивление R несоизмеримо больше полного сопротивления петли "фаза-нуль". Тогда ток в петле I_R можно считать чисто активным, а арифметическую разность между напряжением до и после нажатия кнопки SB1 падением напряжения ΔU_R в активном сопротивлении петли, которое определяется по формуле

$$R_{TP} + R_{\phi} + R_0 = \Delta U_R / I_R$$

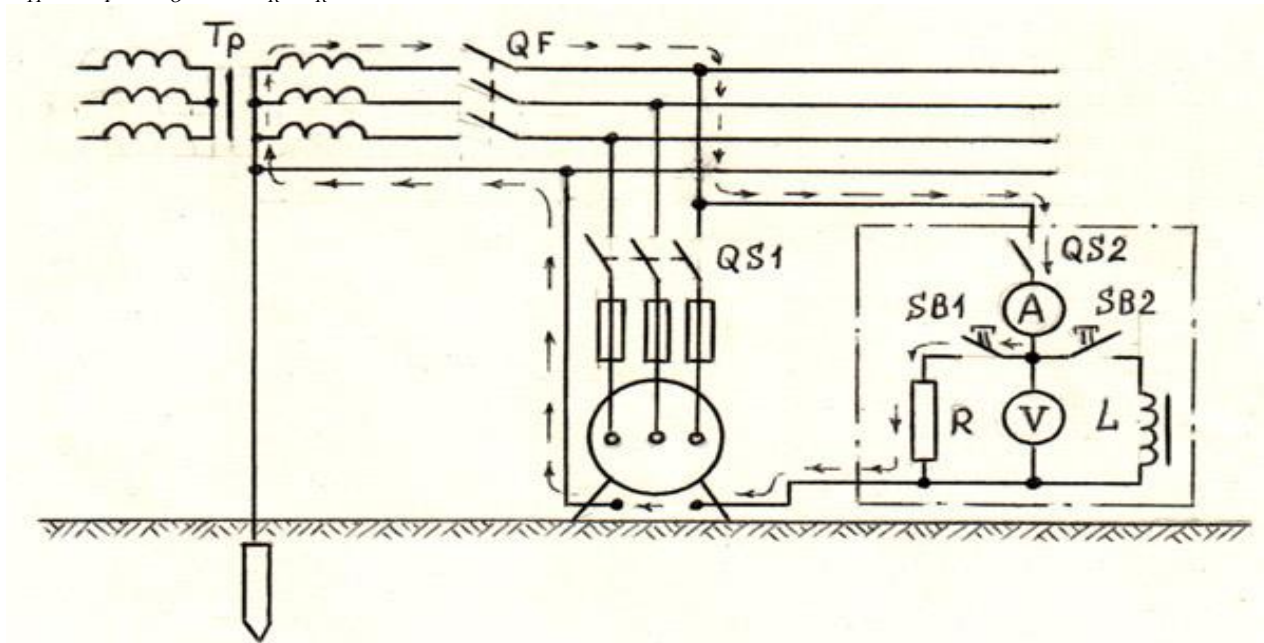


Рисунок 3 - Схема измерения сопротивления петли "фаза - нуль" по методу треста "Ю.В. энергочермет"

Если нажать кнопку SB2 вместо SB1, то аналогично можно определить индуктивное сопротивление трансформатора X_{TP} . Однако для точного измерения X_{TP} необходимо, чтобы индуктивное сопротивление дросселя $X_{др}$ было в десятки раз больше индуктивного сопротивления трансформатора, что выполнить очень сложно. Поэтому достаточно измерить активное сопротивление петли "фаза-нуль", а значение индуктивного сопротивления трансформатора принять равным $1/3Z_{полн}$ из справочника или учебника.

В этом случае ток короткого замыкания можно вычислить по формуле

$$I_{кз} = U_{\phi} / [(R_{TP} + R + R_O)^2 + (Z_{TP}/3)^2]^{1/2}$$

Таблица 1 - Приближенные значения полных сопротивлений обмоток масляных трансформаторов Z_{TP}

Мощность трансформатора, кВА	Номинальное напряжение обмоток высшего напряжения, кВ	Z_{TP} , Ом, при схеме соединения обмоток	
		Y/Y_H	Δ/Y_H и Δ/Z_H

Примечание: данные относятся к масляным трансформаторам по ГОСТ 11920-73 и 12022-76 с обмотками низшего напряжения 400/230 В. при низшем напряжении 230/127 В значения приведенных сопротивлений необходимо уменьшать в 3 раза.

3 ОБЪЕКТЫ И СРЕДСТВА ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа проводится на лабораторном стенде, который моделирует электрическую сеть с глухозаземленной нейтралью. На стенде имеются: амперметр для измерения тока I_R , вольтметр для измерения падения напряжения

На стенде имеются переключатели для изменения параметров электрической сети, имитирующие сопротивление фазного и нулевого проводников из алюминия, меди и стали различного сечения и длины.

Стенд имитирует промышленную сеть и все приборы протарированы, как будто на стенде используется напряжение 380 и 220 В. Это сделано для того, чтобы легче было делать выводы о соответствии параметров сети нормативным значениям. Однако на стенде применяется напряжение 20 В из условия электробезопасности студентов, поэтому вольтметр можно включать только на стенде и запрещается включать его в розетки 220 В.

4 ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ, ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА И ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Внимание! Включение стенда в сеть 380 В производит преподаватель, он проверяет работу стенда и только после этого студенты могут выполнять исследования.

4.1 Экспериментально определить сопротивление петли "фаза-нуль" для различных участков сети на стенде (рисунок 4).

Для этого:

- собрать схему одного из участков электрической сети (петли "фаза-нуль");
- измерить напряжение холостого хода (при выключенном сопротивлении R);
- измерить ток, проходящий по резистору R, и падение напряжения на нем (при включенном П 1);
- рассчитать активное сопротивление фазного и нулевого проводов по формуле (3) и сопротивление петли "фаза-нуль" по формуле (4);
- записать данные измерений и расчетов в таблицу 2;
- выполнить измерение сопротивления петли "фаза-нуль" для других участков электрической сети и записать данные в таблицу 2;
- рассчитать токи короткого замыкания $I_{кз}$ и коэффициенты чувствительности средств защиты; сравнить их значение с нормативными и сделать выводы.

4.2 Для тех участков электрической сети, у которых коэффициент чувствительности защиты получился меньше нормативного, необходимо теоретически рассчитать сопротивление петли "фаза-нуль", выбрать участок, где необходимо увеличить сечение проводника или заменить материал, и выполнить проверочный расчет.

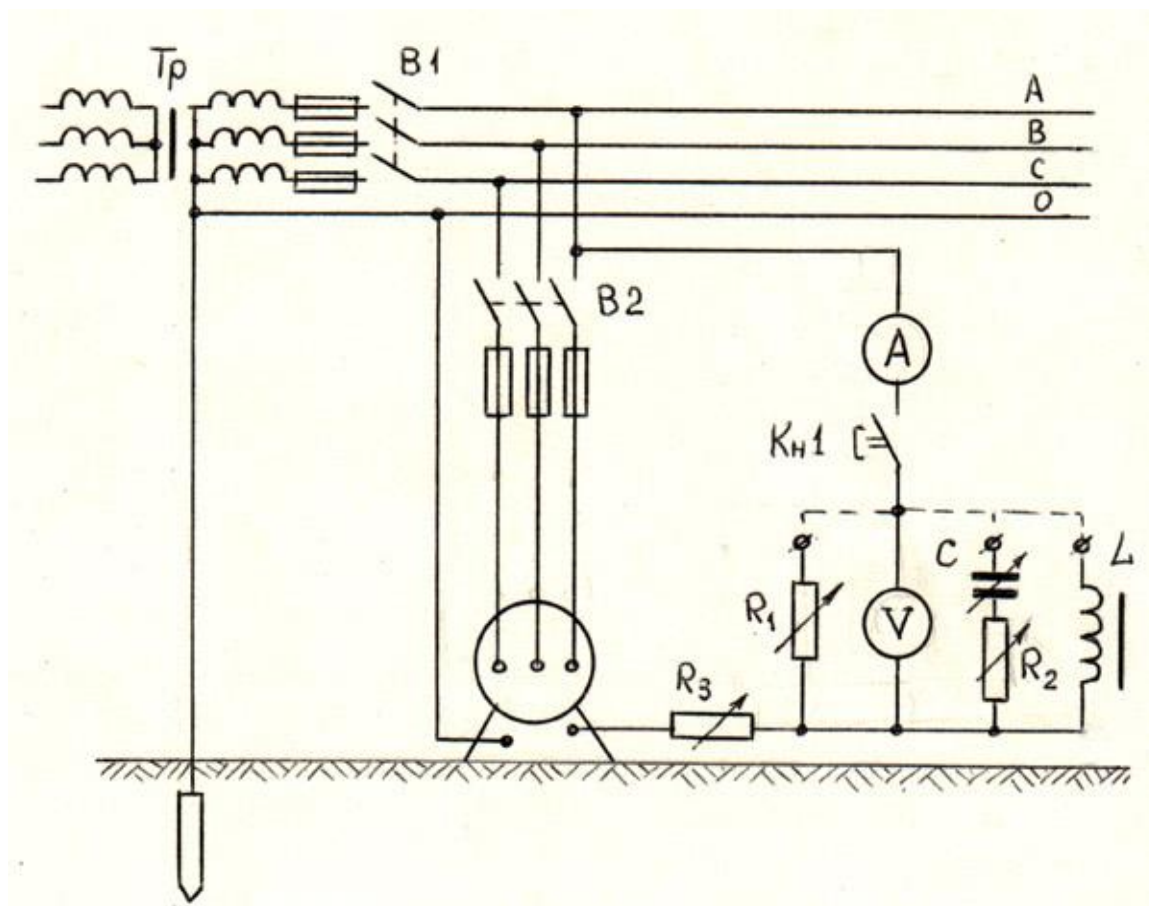


Рисунок 4 - Схема стенда для измерения сопротивления петли "фаза-нуль" в схеме зануления

Таблица 2 - Данные измерений и расчетов

Номер схемы зануления	Напряжение фазное U_{ϕ} , В	Ток на резисторе I_R , А	Падение напряже- ния ΔU_R , В	Активное сопротивле- ние $R_{TP} + R_{\phi} + R_O$	Ток к.з I_{K3} , А	Эффектив- ность защиты $I_{K3} / I_{уст}$

5 ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ, ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать: название работы, цель и задачи работы, схемы участков сети для измерения сопротивления петли "фаза-нуль" (по заданию преподавателя), схему измерения сопротивления петли "фаза-нуль" (рисунок 3), результаты измерений (таблицу 2); выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗРЫВОЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ВЗРЫВОНЕПРОНИЦАЕМОГО ИСПОЛНЕНИЯ

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы: исследовать процесс тушения в зазоре оболочки электрооборудования во взрывозащищенном исполнении.

Задачи работы: расчетом и экспериментально определить величину тушащего зазора для заданной горючей паровоздушной смеси, определить категорию горючей смеси.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Взрывобезопасное оборудование применяется не только в горной, но и других отраслях промышленности, где используются или перерабатываются вещества, способные с кислородом воздуха образовывать газо-, паро- или пылевоздушные взрывоопасные смеси.

Рудничное взрывобезопасное (РВ) исполнение достигается путем заключения электрооборудования в массивную (металлическую) оболочку, способную без повреждений и остаточных деформаций выдерживать максимальное давление при взрыве и имеющую такое сопряжение отдельных деталей, при котором продукты воспламенения внутри оболочки, а также электрические искры и пламя, проходя через зазоры в сопряжениях, охлаждаются настолько, что, выходя наружу, не способны вызвать воспламенение взрывчатой атмосферы помещения.

Схематически взрывонепроницаемая оболочка показана на рисунке 1,а. Чтобы щелевая защита эффективно выполняла свою роль, в местах соединений и стыков, а также в местах прохода валов должны быть предусмотрены фланцы определенной ширины и зазор между фланцами должен быть соответствующего размера (рисунок 1,б и 1, в).

Тушение пламени в зазоре осуществляется за счет передачи теплоты от нагретого газа к стенкам. При уменьшении величины зазора теплоотвод увеличивается и наступает такой момент, когда приход теплоты от нагретых продуктов реакции становится меньше отвода теплоты в стенки и окружающее пространство. Распространение пламени становится невозможным. Такой зазор называется тушащим.

Его величина ориентировочно определяется по формуле:

$$\delta_{туш} = \frac{P_e \cdot \lambda}{U \cdot c \cdot \rho}, \quad (1)$$

где $\delta_{туш}$ - величина текущего зазора, м;

P_e – критерий Пекле;

λ - теплопроводность горючей смеси, Дж/(м•с•К);

U – скорость распространения пламени, м/с;

c – удельная теплоемкость горючей смеси, Дж/(кг•К);

ρ - плотность горючей смеси, кг/м³.

Для некоторых видов горючих веществ параметры, входящие в формулу (1), приведены в таблице 1.

На пределах гашения пламени критерий Пекле постоянен и равен 65. Поэтому, приняв $P_e = 65$, можно рассчитать величину текущего зазора $\delta_{туш}$.

Точное значение величины тушащего зазора для заданной горючей смеси может быть определено только экспериментальным путем.

В зависимости от величины «безопасного экспериментального максимального зазора» между плоскими фланцами у стандартной оболочки все взрывоопасные смеси горючих газов, паров и пыли разделены на категории (таблица 2). Кроме этого, взрывоопасные смеси подразделяются на группы в зависимости от температуры самовоспламенения (таблица 3). Распределение некоторых взрывоопасных веществ по категориям и группам приведено в таблице 4.

Конструктивное исполнение оболочки электрооборудования должно обеспечивать зазоры в соединениях в несколько раз меньше величины $\delta_{туш}$.

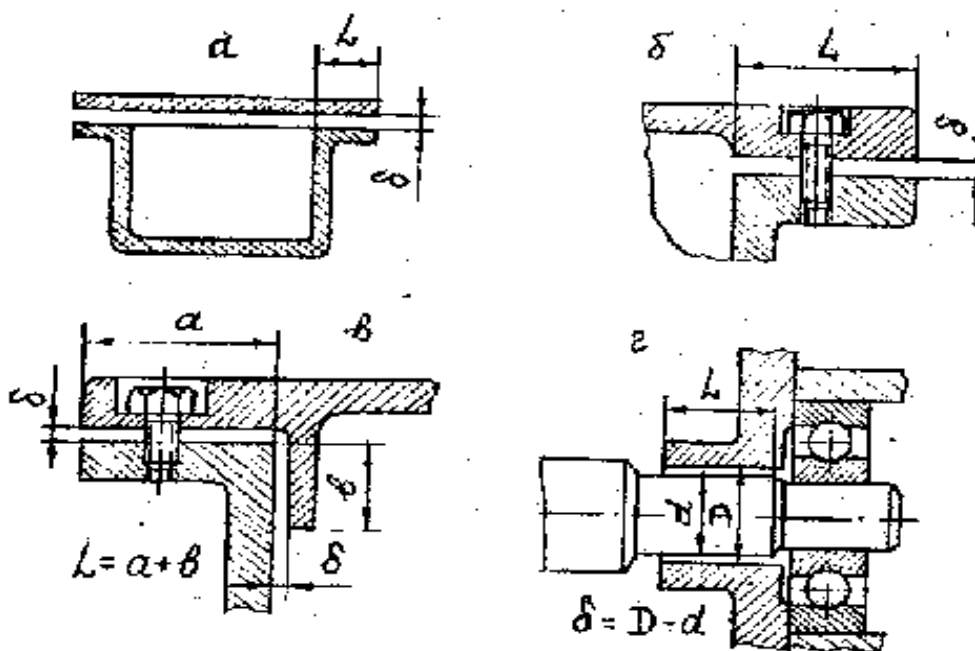


Рисунок 1 - Схемы взрывонепроницаемой оболочки (а) и тушащих зазоров (б, в, г)

Таблица 1 – Характеристика горючих веществ

Наименование	Метан	Этиловый спирт	Ацетон
Химическая формула	CH ₄	C ₂ H ₆ O	CH ₃ COCH ₃
Масса моля вещества, г	16	46	58
Температура кипения, °C	-161	78	56
Температура самовоспламенения, °C	537	423	465
Скорость распространения пламени, м/с			1,17
Удельная теплоемкость горючей смеси, Дж/(кг•К)	1000	1050	1059
Теплопроводность горючей смеси, Дж/(м•с•К)	0,02	0,02	0,02
Плотность горючей смеси, кг/м ³	1,2	1,36	1,36

Таблица 2 - Категории взрывоопасных смесей (по ГОСТ 12.1.011-78)

Категория взрывоопасной смеси	Зазор между плоскими поверхностями длиной 25 мм, при котором частота передачи взрывов составляет 50% при объеме оболочки 2,5 л, $\delta_{туш}$, мм
1	Более 1,0
2	От 0,65 до 1,0
3	От 0,35 до 0,65
4	Меньше 0,35

Таблица 3 - Группы взрывоопасных смесей (по ПИВРЭ)

Группа взрывоопасной смеси	Температура самовоспламенения, °C
T1	Более 450
T2	От 300 до 400
T3	От 200 до 300
T4	От 135 до 200
T5	От 100 до 135

Таблица 4 - Распределение взрывоопасных веществ по категориям и группам

Категория взрывоопасной смеси	Вещества, образующие взрывоопасную смесь с воздухом, по группам			
	T1	T2	T3	T4
1	Аммиак, метан, растворители Р-4, Р-5, РС-1	Растворители №646-649, РС-2, Р-40 и т.д.	Растворитель №651, топливо печное «А», уайт-спирит	Тетраметилдиамин ометан
2	Ацетон, окись углерода, пропан	Бензин Б-95, бутан, спирт этиловый	Бензин А-66, А-72, Б-70. сероводород	Эфир
3	Этилен	Окись этилена		
4	Водород	Ацетилен	Трихлорсилан	Сероуглерод

Таблица 5 - Параметры взрывонепроницаемых соединений электрооборудования 1, 2, 3-й категории по ПИВРЭ

Вид взрывонепроницаемого соединения	Свободный объем оболочки, см ³	1 категория		2 категория		3 категория	
		Длина щели L, мм	Величина зазора δ , мм	Длина щели L, мм	Величина зазора δ , мм	Длина щели L, мм	Величина зазора δ , мм
Неподвижные (рисунок 1, б, в)	До 200	5	0,5	5	0,3	5	0,2
	Св. 200 до 500	8	0,5	8	0,3	8	0,2
	Св. 500 до 2000	15	0,5	15	0,3	15	0,2
	Свыше 2000	25	0,5	25	0,3	25	0,2
Подвижные сопряжения (рисунок 1, г)	Свыше 500	15	0,5	15	0,4	15	0,3
	До 2000	25	0,6	25	0,4	25	0,3
	Свыше 2000	40	0,75	40	0,5	40	0,4

Таблица 6 - Объемная доля горючего вещества в газо- или паровоздушной смеси при пределах воспламенения

Горючее вещество	Объемная доля горючего вещества в газо- или паровоздушной смеси, %, при пределах воспламенения	
	$C_{\text{ниж}}$	$C_{\text{верх}}$
Ацетилен	2,5	81,0
Ацетон	2,55	12,8
Водород	4,0	75,0
Метан	5,0	15,0
Пропан	2,37	9,5
Этиловый спирт	3,28	19,0

Таблица 7 - Показатели пожаро- и взрывобезопасности горючих пылей

Вещество	Взвешенная пыль	
	Нижний предел взрываемости, г/м ³	Температура самовоспламенения, °С
Алюминий	40	550
Мука древесная	11,2	430
Мука пшеничная	45,6	410
Пыль каменного угля	31,0	720

В процессе эксплуатации электрооборудования величина зазора (щели) во взрывонепроницаемой оболочке в доступных для контроля местах должна измеряться калиброванными пластинами (щупом). Величина зазора должна быть не более указанной в инструкции завода-изготовителя, а при отсутствии инструкции должна соответствовать данным, приведенным в таблице 5.

Взрыв горючих смесей происходит не при любых соотношениях горючего вещества и окислителя, существуют нижний и верхний концентрационные пределы воспламенения смеси. При концентрации ниже нижнего концентрационного предела $C_{\text{ниж}}$ смесь не способна воспламениться из-за недостатка горючего, а при концентрации выше $C_{\text{верх}}$ смесь не способна воспламениться из-за недостатка кислорода (см. таблицу 6 и таблицу 7).

Наибольшая вероятность взрыва и ее мощность отмечают тогда, когда в горючей смеси реагируют все молекулы горючего и окислителя (согласно химической формулы окисления). Такая концентрация горючей смеси называется стехиометрической.

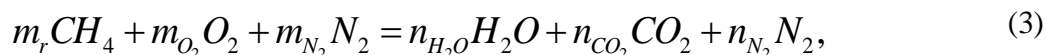
Стехиометрическая концентрация C_{cm} рассчитывается по формуле:

$$C_{cm} = \frac{100}{m_r + m_{O_2} + m_{N_2}}, \quad (2)$$

где m_r, m_{O_2}, m_{N_2} - стехиометрические коэффициенты горючего, кислорода и

азота соответственно

Стехиометрические коэффициенты определяются из уравнения окисления (горения) веществ. Например, для метана CH_4 уравнение имеет вид:



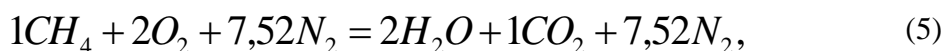
где n_{H_2O} , n_{CO_2} , n_{N_2} - коэффициенты продуктов окисления.

Если в воздухе находится 21 % кислорода и 78 % азота, то отношение m_{N_2} к m_{O_2} будет:

$$m_{N_2} / m_{O_2} = 78/21 = 3,76. \quad (4)$$

Это отношение называется кислородным эквивалентом.

В уравнении (3) на две молекулы кислорода приходится 7,52 частей молекул азота, поэтому для метана уравнение (3) имеет вид:

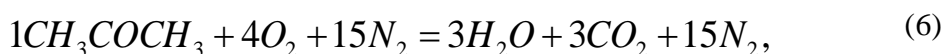


где стехиометрические коэффициенты $m_r = 1$, $m_{O_2} = 2$, $m_{N_2} = 7,52$.

Стехиометрическая концентрация для метана:

$$C_{ст.CH_4} = \frac{100}{1 + 2 + 7,52} = 9,5\%.$$

Аналогичным образом может быть рассчитана стехиометрическая концентрация для паров легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ). Например, для ацетона CH_3COCH_3 уравнение (3) имеет вид:



стехиометрическая концентрация:

$$C_{ст.} = \frac{100}{1 + 4 + 15} = 5\%.$$

Если легковоспламеняющаяся жидкость испаряется в замкнутом объеме (закрытом помещении, сосуде и т.п.), то можно рассчитать концентрацию паров по формуле:

где C – концентрация паров легковоспламеняющейся жидкости, %;

$$C = \frac{100 \cdot V_{жс} \cdot V_m \cdot \rho}{M_m \cdot V_{II}}, \quad (7)$$

$V_{жс}$ – объем горючей жидкости, испаряющейся в помещении, сосуде, мл;

V_m – объем моля горючей жидкости (при температуре 20 °С и давлении 0,1 МПа объем моля равен 24 л);

ρ - плотность горючей жидкости, кг/л;

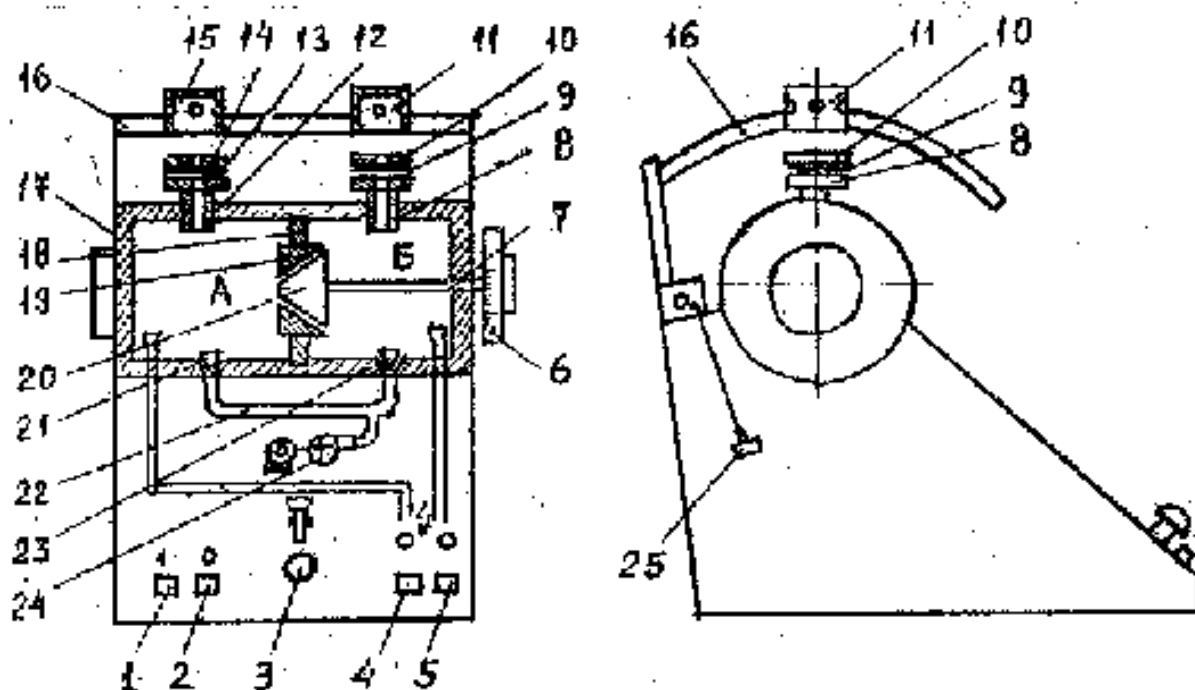
M_m – масса моля горючей жидкости, г;

V_{II} – объем помещения, сосуда и т.п., где испаряется горючая жидкость и происходит взрыв, л.

При достижении стехиометрической концентрации паров ЛВЖ смесь становится очень взрывоопасной. Избыточное давление взрыва в закрытом помещении или сосуде может быть определено как произведение начального давления горючей смеси на отношение действительной температуры горения к начальной температуре смеси, взятых по шкале Кельвина.

3. УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Установка для проведения эксперимента состоит из толстостенного сосуда, рассчитанного на давление 10 МПа, системы зажигания горючей смеси, системы продувки полостей сосуда и предохранительного щитка (рисунок 2). Сосуд разделен перегородкой на две полости А и Б, каждая из которых имеет объем один литр. В перегородке установлена втулка с коническим отверстием, в котором расположена коническая пробка. Хвостовик пробки входит в гайку и поворотом пробки меняется зазор между пробкой и втулкой. На хвостовике закреплен лимб с делениями, показывающими величину зазора δ между пробкой и втулкой. Элементы управления вынесены на панель (рисунок 2).



1,2 – кнопки включения и выключения электрического напряжения на установку; 3 – кнопка включения вентилятора для продувки полостей А и Б; 4 – кнопка включения зажигания в полости А; 5 – кнопка включения зажигания в полости Б; 6 – лимб с делениями величины зазора δ ; 7 – винт; 8 – штуцер; 9 – мембрана; 10 – зажимная пластина; 11 – глушитель; 12 – штуцер; 13 – мембрана; 14 – зажимная пластина; 15 – глушитель; 16 – защитный экран; 17 – сосуд (бомба); 18 – перегородка; 19 – втулка; 20 – пробка; 21 – клапан; 22 – трубопровод; 23 – клапан; 24 – вентилятор; 25 – блокировочный контакт.

Рисунок 2 - Установка для определения величины тушащего зазора во взрывонепроницаемой оболочке электрооборудования

4. ЗАДАНИЕ НА РАБОТУ

- 4.1. Рассчитать величину тушащего зазора для исследуемой взрывоопасной смеси.
- 4.2. Рассчитать количество легковоспламеняющейся жидкости для создания взрывоопасной концентрации в сосудах стенда.
- 4.3. Экспериментально определить величину тушащего зазора (работу выполнять только под контролем преподавателя).
- 4.4. Определить категорию взрывоопасной смеси.

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Выполнить расчет величины тушащего зазора для исследуемой смеси по формуле (1). В качестве легковоспламеняющейся жидкости, по указанию преподавателя, принимается ацетон, спирт или бензин.

Рассчитать стехиометрическую концентрацию смеси и необходимое количество легковоспламеняющейся жидкости для создания взрывоопасной концентрации в полостях А и Б сосуда.

5.3. Экспериментально определить величину тушащего зазора. Работу необходимо выполнять под контролем преподавателя и строго соблюдать правила безопасности: не прикасаться к токоведущим частям (контактам) электрической схемы, не проводить какие-либо операции в зоне мембран во время производства взрыва, работать с исправной блокировкой и пользоваться защитным экраном.

Опыты проводятся в следующем порядке.

Установить расчетную величину тушащего зазора между втулкой 19 и пробкой 20 путем поворота хвостовика с лимбом 6 (величина зазора считывается с поверхности лимба).

Залить рассчитанное количество легковоспламеняющейся жидкости пипеткой через отверстие штуцера 12 в полость А сосуда. Установить мембрану 13 из плотной, но не прочной бумаги и закрепить пластиной 14. После этого таким же методом залить горючую жидкость в полость Б и загерметизировать мембраной 9. После заливки горючей жидкости. до включения зажигания, необходима выдержка не менее трех минут для испарения жидкости в бомбе и образования равномерной концентрации смеси.

Закрывать защитный экран, то есть установить экран так, чтобы штуцера 8 и 12 были напротив глушителей 11 и 15.

Взорвать горючую смесь в полости А, для этого нажать кнопку 1 (рис. 2). Записать величину зазора δ и результаты эксперимента в таблицу 8. Если зазор δ в перегородке будет меньше тушащего, то при взрыве в полости А пламя по зазору не пройдет в полость Б и не воспламенит там горючую смесь. Мембрана 13, закрывающая полость А, разорвется, а мембрана 9 в полости Б останется целой.

Для контроля наличия взрывоопасной концентрации паров жидкости в полости Б, следует нажать кнопку 5 и подать напряжение на свечу, при этом смесь в полости Б должна взорваться. Если взрыва не произошло, то это значит, что концентрация паров была недостаточна или чрезмерно большая, поэтому опыт нужно повторить.

Перед началом нового опыта полости А и Б следует продуть воздухом и удалить продукты сгорания и пары. Мембраны 13 и 9 при этом необходимо снять. Продувка камер А и Б осуществляется нажатием кнопки 3, при этом открываются клапаны 21 и 23 в обе камеры и одновременно включается вентилятор 24.

После правильно выполненного опыта необходимо увеличить зазор между втулкой 19 и пробкой 20 поворотом лимба только в одну сторону. Затем залить горючую жидкость, вставить новые мембраны и проделать следующий опыт. Результаты записать в таблицу 8. Опыты проводить до тех пор, пока пламя из полости А не приведет к взрыву паров жидкости в полости Б.

Наибольший зазор, при котором происходит тушение пламени, будет являться измеренным значением $\delta_{туш}$.

5.4. Определить категорию взрывоопасной смеси по величине тушащего зазора $\delta_{туш}$ (см. таблицу 2).

6. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать: название работы, цель работы, упрощенную схему установки, расчеты величины тушащего зазора, стехиометрическую концентрацию паровоздушной смеси и объема заливаемой жидкости, таблицу экспериментальных данных (таблицу 8), полученное значение $\delta_{туш}$ и категорию взрывоопасной смеси.

Таблица 8 - Результаты экспериментального определения величины тушащего зазора

Номер опыта	Величина зазора между втулкой и пробкой δ , мм	Результат эксперимента		Результат контрольного взрыва в полости Б
		Полость А	полость Б	

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ОЦЕНКА МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Цель работы: научиться измерять показатели микроклимата рабочей зоны производственных помещений и оценивать их соответствие нормам.

Задачи работы: познакомиться с нормированием показателей микроклимата, приборами, применяемыми для контроля, измерить показатели воздушной среды на рабочем месте и оценить их соответствие нормам.

. Основные теоретические сведения

Показатели микроклимата производственных помещений

Микроклимат производственных помещений - это метеорологические условия внутренней среды этих помещений, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры воздуха t , $^{\circ}\text{C}$, относительной влажности ϕ , %, скорости движения воздуха v м/с, и

и *Температура объекта* (тела, среды и т.д.) связана с хаотическим движением молекул: температура является мерой средней кинетической энергии теплового движения молекул или атомов. Её нельзя измерить непосредственно, значение температуры находят по изменению какого-либо свойства вещества: объёма тела, электрического сопротивления, излучения и т. п. с изменением температуры.

в *Абсолютная влажность воздуха* - это масса водяного пара, содержащегося в единице объёма влажного воздуха (г/м^3) при данных условиях температуры и давления.

с *Относительная влажность воздуха* - это отношение абсолютной влажности к максимально возможной при тех же условиях (максимально возможное содержание водяных паров в единице объёма влажного воздуха возрастает с повышением температуры). Относительная влажность ϕ , выраженная в процентах (%), характеризует степень насыщения воздуха водяными парами.

п *Движение воздуха* в помещении возникает либо за счет разности давлений воздуха (например, при работе вентилятора), либо за счет разности температур (естественная конвекция) в различных точках.

в *Инфракрасное (тепловое) излучение (ИК)* - электромагнитные колебания с длиной волны от 760 нм до 540 мкм. ИК имеет место при температуре объекта выше абсолютного нуля (-273°C) и является функцией теплового состояния источника излучения. На практике ИК излучение является интегральным, то есть тела излучают одновременно электромагнитные волны различной длины, но при

и

з

л

у

ч

этом максимум энергии излучения всегда соответствует волнам определённой длины. Интегральное излучение E пропорционально четвёртой степени абсолютной температуры поверхности излучения T , то есть $E = f(T^4)$. Относительно работающего человека источниками ИК излучения в производственном помещении являются нагретые поверхности (в том числе и материалы), температура которых выше температуры поверхности тела человека (32...33 °C). Чем больше разность температур излучающих и облучаемых поверхностей, тем интенсивнее облучение.

1.2. Нормирование показателей микроклимата

Нормирование показателей микроклимата - температуры воздуха, относительной влажности воздуха, скорости движения воздуха, интенсивности теплового излучения - осуществляется ГОСТ 12.1.005-88 "ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны". Для производственных помещений устанавливаются *оптимальные* и *допустимые* величины показателей микроклимата.

Оптимальные показатели микроклимата распространяются на всю рабочую зону; допустимые показатели устанавливаются дифференцированно для постоянных и непостоянных рабочих мест. Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономическим причинам не обеспечиваются оптимальные нормы.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха должны соответствовать значениям, указанным в табл. 1.

Численные значения нормируемых величин показателей микроклимата определяются в зависимости от *периода года* (холодный или тёплый) и *категории работ по тяжести* (лёгкие физические, средней тяжести, тяжелые физические).

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляции на постоянных и непостоянных рабочих местах устанавливается в зависимости от площади поверхности тела человека, подвергающейся облучению, и не должна превышать 35 Вт/м² при облучении 50 % поверхности тела и более, 70 Вт/м² - при величине облучаемой поверхности от 25 до 50 % и 100 Вт/м² - при облучении не более 25 % поверхности тела.

В целях профилактики тепловых травм температура наружных поверхностей технологического оборудования или ограждающих его устройств не должна превышать 45 °C.

Таблица 1

**Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности
и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений**

Период года	Категория работ	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с	
		Оптим альная	Допустимая граница				Оптимал ьная	Допустимая на рабочих местах – постоянных и непостоянн ых, не более	Опти мальн ая, не более	Допустимая на рабочих местах – постоянных и непостоянн ых
			верхняя		нижняя					
			На рабочих местах							
		постоя нных	непостоя нных	постоя нных	непосто янных					
Холодный	Легкая - Ia	22...24	25	26	21	18	40...60	75	0,1	не более 0,1
	Легкая - Ib	21...23	24	25	20	17	40...60	75	0,1	не более 0,2
	Средней тяжести - IIa	18...20	23	24	17	15	40...60	75	0,2	не более 0,3
	Средней тяжести - IIб	17...19	21	23	15	13	40...60	75	0,2	не более 0,4
	Тяжелая - III	16...18	19	20	13	12	40...60	75	0,3	не более 0,5
Теплый	Легкая - Ia	23...25	28	30	22	20	40...60	55 - при 28°С	0,1	0,1...0,2
	Легкая - Ib	22...24	28	30	21	19	40...60	60 - при 27°С	0,2	0,1...0,3
	Средней тяжести - IIa	21...23	27	29	18	17	40...60	65 - при 26°С	0,3	0,2...0,4
	Средней тяжести - IIб	20...22	27	29	16	15	40...60	70 - при 25°С	0,3	0,2...0,5
	Тяжелая - III	18...20	26	28	15	13	40...60	75 - при 24°С и ниже		

1.3. Измерение и контроль показателей микроклимата

ГОСТ 12.1.005 – 88 содержит перечень требований к методам измерения и контроля показателей микроклимата. Регламентированы места и сроки осуществления контроля, общие методические положения, перечислены приборы контроля и допустимая погрешность измерений.

Приборы для измерений температуры воздуха

Для измерения температуры воздуха на практике чаще всего применяются жидкостные термометры. Дифференциальные жидкостные термометры показывают температуру в данный момент времени. Принцип измерения температуры основан на изменении объёма жидкости с изменением температуры. Область применения термометров зависит от свойств их рабочей жидкости: ртутного $-36 \dots +357$ °С, спиртового $-65 \dots +65$ °С, толуолового $-100 \dots +20$ °С.

Для фиксирования наибольшей и наименьшей температуры за определённый интервал времени служат максимальные и минимальные термометры.

Приборы для измерения относительной влажности воздуха

Для измерения относительной влажности воздуха применяются психрометры парных термометров (стационарные) и аспирационные психрометры.

В основе измерений влажности психрометром парных термометров и аспирационным психрометром лежит определение показаний "сухого" и "мокрого" термометров (резервуар последнего обёрнут кусочком батиста и смочен дистиллированной водой). Вода, испаряясь с поверхности резервуара термометра, поглощает тепло, вследствие чего показания "мокрого" термометра меньше, чем "сухого". Интенсивность испарения зависит от степени насыщенности воздуха водяными парами, что и позволяет по показаниям "сухого" и "мокрого" термометров определить относительную влажность воздуха.

Психрометр парных термометров имеет сосуд с водой, в который опущены концы ткани "мокрого" термометра. Относительная влажность определяется по психрометрической таблице на основе показаний "мокрого" термометра t_m и разности показаний "сухого" и "мокрого" термометров $t_c - t_m$. Недостатки прибора: большая инерционность (10...15 мин), неверные показания при наличии лучистого тепла и скорости движения воздуха больше 2 м/с.

Диапазон измерений относительной влажности воздуха 40...80 %, температуры воздуха 0...45°С. Погрешность измерений ± 7 % и $\pm 0,5$ °С соответственно.

Аспирационный психрометр не имеет этих недостатков. В аспирационный психрометр встроен собственный вентилятор, обеспечивающий постоянный поток воздуха через металлические блестящие обоймы, защищающие одновременно резервуары термометров от воздействия лучистого

тепла. Это исключает зависимость интенсивности испарения с поверхности мокрого термометра от скорости движения воздуха и тепловой радиации.

Диапазон измерений относительной влажности воздуха 10...100 %, температуры воздуха $-30...+50$ °С. Погрешность измерений ± 5 % и $\pm 0,1$ °С соответственно.

Приборы для измерения скорости движения воздуха

Для измерения скорости движения воздуха наиболее часто используются анемометры – крыльчатые или чашечные. Крыльчатый анемометр состоит из крыльчатки и счётного механизма. В чашечном анемометре вместо крыльчатки установлены четыре полусферические чаши. Большая стрелка счётчика показывает единицы и десятки оборотов, маленькая левая – сотни оборотов, правая - тысячи. Зная время, за которое сделано показанное анемометром число оборотов оси, определяют число оборотов оси в секунду и по тарифовочному графику (см. стенд) переводят его в значение скорости движения воздуха v , м/с.

Пуск и остановка счётного механизма анемометра производится с помощью выключателя - арретира. Пределы измерений крыльчатого анемометра 0,3...5,0 м/с (погрешность измерения 10 %), чашечного – 1...20 м/с.

Приборы для измерения интенсивности теплового излучения

Для измерения интегральной интенсивности теплового излучения в практике производственных исследований используется термоэлектрический актинометр, радиометры, болометры.

Принцип действия термоэлектрического актинометра основан на различной поглощающей способности зачернённых и блестящих полос серебряной фольги. Вследствие вызванного этим различия в температуре зачернённых и незачернённых участков серебряной фольги и расположенных под ними спаев термобатарей в последней возникает электрический ток. Сила тока прямо пропорциональна интенсивности теплового излучения, значения которого считываются со шкалы прибора. Диапазон измерений E 0...14 000 Вт/м², погрешность измерения ± 175 Вт/м².

Для измерения температуры нагретых поверхностей оборудования применяются контактные термометры и термопреобразователи сопротивления (термопары).

2. Порядок выполнения работы и оформление отчета

2.1. Записать название и цель работы. Подготовить таблицы 2...4.

2.2. По ГОСТ 12.1.005 – 88 (табл. 1) определить для указанного преподавателем варианта нормативные значения температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха, интенсивности теплового излучения. Нормативные значения записать в графу 2 табл. 2.

Результаты измерений показателей микроклимата

Измеряемая величина	Допустимый уровень по ГОСТ 12.1.005 - 88		Средства измерений			Фактическое значение измеряемой величины	Вывод о соответствии значения показателя требованиям ГОСТ 12.1.005–88
	Нормируемое значение	Допустимая погрешность измерения	Тип устройства	Диапазон измерения	Погрешность измерения		
1	2	3	4	5	6	7	8
В а р и а н т № ____							
1. Температура воздуха t, °C		±0,2 °C					
2. Относительная влажность воздуха φ, %		±5 %					
3. Скорость движения воздуха v, м/с		±0,05м/с (0...0,5м/с) ±0,1 м/с (> 0,5 м/с)			не определена		
4. Интенсивность теплового излучения E, Вт/м²		±5 Вт/м² (10...350 Вт/м²) ±50 Вт/м² (> 350 Вт/м²)					
Общий вывод							

Измерить относительную влажность воздуха с помощью психрометра парных термометров и аспирационного психрометра, заносая результаты измерений в таблицу 3.

Для определения относительной влажности воздуха с помощью психрометра парных термометров проверить смочена ли тряпочка "мокрого" термометра (если нет – смочить с помощью пипетки), после чего снять показания температуры "сухого" t_c и "мокрого" t_m термометров и подсчитать психрометрическую разность $\Delta t = t_c - t_m$. По значениям t_m и Δt по таблице, расположенной на приборе, найти значение φ_1 .

Для измерения относительной влажности воздуха аспирационным психрометром смочить с помощью пипетки тряпочку "мокрого" термометра, до упора завести ручку, расположенную вверху на крышке корпуса, и через 3-4 минуты снять показания температуры "сухого" t_c и "мокрого" t_m термометров. По графику, расположенному на стенде, определить φ_2 .

Принять $\varphi = \varphi_1$ или $\varphi = \varphi_2$, умея объяснить почему, и записать значения φ в графу 8 табл. 3.

Таблица 3

Результаты измерений относительной влажности воздуха

Показания психрометра парных термометров и значений φ_1				Показания аспирационного психрометра и значений φ_2			Относительная влажность воздуха φ
1	2	3	4	5	6	7	8
$t_c, ^\circ\text{C}$	$t_m, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$\varphi_1, \%$	$t_c, ^\circ\text{C}$	$t_m, ^\circ\text{C}$	$\varphi_2, \%$	$\varphi, \%$

Результат определения φ занести в графу 7 табл. 2, заполнив одновременно с помощью раздела 1.3 "Приборы для измерения показателей микроклимата" графы 4...6 табл. 2.

2.4. Определить температуру воздуха в помещении. Для этого можно воспользоваться показаниями "сухого" термометра стационарного или аспирационного психрометра из табл. 3.

Результат занести в графу 7 табл. 2, заполнив одновременно графы 4...6.

2.5. Определить скорость движения воздуха в помещении с помощью анемометра.

Для приобретения навыков работы с анемометром определить скорость движения воздуха, создаваемого вентилятором, v_v . Для этого включить вентилятор и на расстоянии 10...15 см от него вертикально расположить чашечный анемометр. Результаты измерений и расчетов заносить в табл. 4. Определить начальное число делений n_1 (полное число тысяч + сотен + десятков + единиц) на счётчике анемометра. Через 5-10 секунд включить арретир (на приборе находится справа внизу) счётного механизма анемометра и одновременно засечь время. Через $\tau = 10...20$ секунд выключить счётный

механизм и записать конечное число делений n_2 (полное число тысяч + сотен + десятков + единиц). Подсчитать число оборотов оси за одну секунду и по тарировочному графику, расположенному на стенде, определить скорость движения воздуха v_v . Измерения произвести три раза и определить v_v среднее.

Таблица 4

Результаты измерения скорости движения воздуха

Номер измерения	Значения				Число ($n_2 - n_1$)/ τ , об/с	v_v , м/с
	n_1	n_2	$n_2 - n_1$	τ		
1						
2						
3						

Результат определения v_v занести в графу 7 табл. 2, заполнив одновременно с помощью раздела 1.3 "Приборы для измерения показателей микроклимата" графы 4...6 табл. 2.

2.6. Измерить интенсивность теплового излучения нагретой поверхности с помощью актинометра.

Для проведения измерений включить рефлектор и открыть металлическую пластину, закрывающую чувствительный элемент актинометра. Через 3-5 минут выполнить замер интенсивности теплового излучения, располагая чувствительный элемент актинометра в направлении источника на расстоянии r , м, от него.

Актинометр проградуирован во внесистемных единицах измерения кал/(см²·мин), поэтому полученные результаты необходимо перевести в единицы системы СИ – Вт/м², используя соотношение 1 кал/(см² мин) = 700 Вт/м². Результаты определения (Вт/м²) занести в графу 7 табл. 2, заполнив одновременно графы 4, 5, 6 табл. 2.

2.7 Проанализировать (по табл. 2) по каждому показателю микроклимата соответствие его фактического значения (графа 7) нормативному (графа 2), а так же соблюдение требований к точности измерений (графы 6 и 3); заключения записать в графу 8 табл. 2.

В строке "Вывод" табл. 2 сделать общий вывод: либо заключение о соответствии показателей микроклимата на рабочем месте требованиям ГОСТ микроклимата, не отвечающих нормам, в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Цель работы: Получить практические навыки работы с шумоизмерительной аппаратурой, оценки соответствия исследуемых шумов санитарным нормам и определения эффективности технических средств борьбы с шумом.

Задачи работы: ознакомиться с нормированием шумовых нагрузок на рабочих местах, научиться выбирать нормативные значения параметров шума для конкретных условий работы, измерить фактические уровни звукового давления и разработать мероприятия по снижению шума.

1. Основные теоретические сведения

1.1. Влияние шума на организм человека

Шумом принято называть нежелательное для восприятия органами слуха человека беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности, изменяющихся во времени.

С физиологической точки зрения шумом называют любой нежелательный звук, оказывающий вредное влияние на организм человека.

Эксплуатация современного промышленного оборудования и средств транспорта, жизнедеятельность городов сопровождается значительным уровнем шума, негативно влияющего на состояние здоровья населения и работающих. Отечественные и зарубежные исследования позволили установить, что население жилых районов со значительными уровнями шумового загрязнения и рабочие шумных профессий чаще подвержены болезням, т. к. шумы высоких уровней стимулируют сердечно-сосудистые, желудочные и прочие заболевания, а также различного рода нервные расстройства.

Проявление вредного воздействия шума на организм человека весьма разнообразно. Длительное воздействие интенсивного шума на человека приводит к частичной или полной потере слуха (тугоухости). Кроме этого, через волокна слуховых нервов раздражение шумом передаётся в центральную и вегетативную нервную системы, а через них воздействует на внутренние органы, приводя к значительным изменениям функционального состояния организма, влияет на психическое состояние человека, вызывая чувство беспокойства и раздражения. Вследствие этого шум в условиях производства значительно снижает производительность труда, вызывает ослабление внимания и, как следствие, является причиной несчастных случаев и ошибок оператора.

Возникновение и развитие "шумовой болезни" (тугоухости) зависит от следующих факторов:

- интенсивности шума;
- длительности воздействия;
- частотного спектра (чем больше преобладают в шуме высокие частоты, тем он опаснее);
- временных характеристик шума (непостоянные шумы, особенно импульсные, биологически наиболее опасны).

1.2. Основные акустические понятия

С физической точки зрения шум представляет собой случайный процесс, в котором беспорядочно сочетаются различные по частоте и интенсивности звуки, распространяющиеся в виде звуковой волны в сплошной упругой среде.

Орган слуха человека обладает способностью воспринимать не абсолютные, а относительные параметры звуковой волны - звуковое давление p . С этой целью в акустике пользуются логарифмическими величинами - уровнями звукового давления (L_p) и уровнями звука (L_A).

Уровень звукового давления выражается соотношением (дБ)

$$L_p = 20 \cdot \lg \frac{p}{p_0}, \quad (1)$$

где p - измеренное звуковое давление, Па; p_0 - исходное значение звукового давления, принимается значение p_0 на пороге слышимости органа слуха человека на частоте 1000 Гц, равное $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Орган слуха человека способен воспринимать значительный диапазон интенсивностей звука от едва слышимых (на пороге слышимости $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па) до звуков с болевыми ощущениями (на пороге болевого ощущения $p_6 = 20$ Па).

Уровень звука выражается соотношением (дБА)

$$L_p = 20 \cdot \lg \frac{P_A}{p_0}, \quad (2)$$

где P_A - среднее квадратическое значение звукового давления с учетом коррекции "А" шумомера, Па.

Частотная коррекция шумомера А - стандартизованная международными соглашениями характеристика шумомера, учитывающая субъективные особенности человека при восприятии звуков различной природы и частоты.

В практике измерения шумов и проведения акустических расчетов принято представлять уровни звукового давления в виде частотного спектра, используя для этого октавные полосы частот. Полоса частот, у которой отношение граничных частот $f_n / f_k = 2$ называется октавой (f_n -начальная, f_k -конечная граничные частоты, Гц).

За характерную для октавной полосы частоту принимается среднегеометрическая частота $f_{сг}$, Гц:

$$f_{сг} = \sqrt{f_n \cdot f_k}, \quad (3)$$

Октавные полосы, а следовательно, и их среднегеометрические частоты, стандартизованы и представляют собой ряд значений: 31,5, 63, 125, 250, 500,

1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Частотный спектр отражает характер распределения звуковой энергии шума по частотному диапазону. При анализе шума каждой среднегеометрической частоте (f_i , Гц) ставится в соответствие определенное (измеренное) значение уровня звукового давления (L_i , дБ).

Пример графического изображения частотного спектра представлен на рис. 1.

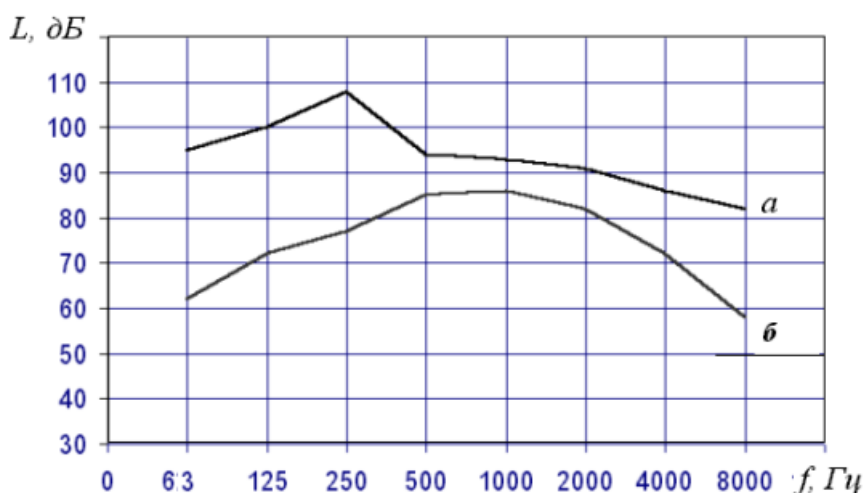


Рис. 1. Уровни звукового давления, генерируемые механизмом грохота (а) и вентилятора (б)

1.3. Классификация шумов

В зависимости от источника возникновения, спектрального состава, характера спектра и временных характеристик производственные шумы подразделяются:

а) по источнику возникновения на - механические, аэродинамические, гидравлические, электромагнитные;

б) по спектральному составу - условно на низкочастотные (максимальные значения амплитуд звукового давления p соответствуют частотам от 20 до 300 Гц), среднечастотные (с максимумом амплитуд p в диапазоне 300-800 Гц), высокочастотные (с максимумом амплитуд p на частотах выше 800 Гц);

в) по характеру спектра - на широкополосные с непрерывным спектром шириной более одной октавы и тональные, в спектре которых имеются выраженные дискретные тона, что устанавливается по превышению уровня в одной 1/3 октавной полосе над соседними не менее чем 10 дБ;

г) по временным характеристикам - на постоянный, уровень звука которого за 8 часов изменяется во времени не более чем на 5 дБА при измерении на временной характеристике "медленно" шумомера; и непостоянный, уровень звука которого за 8 часов изменяется не менее чем на 5 дБА при таком же измерении.

Непостоянные шумы подразделяются на следующие виды:

- колеблющиеся, уровень звука которых непрерывно изменяется во времени;
- прерывистые, уровень звука которых ступенчато изменяется (на 5 дБА и более), причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 с и более;
- импульсные, состоящие из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с, при этом уровни звука, измеренные в дБА(П) и дБА(S) на временных характеристиках "импульс" и "медленно" шумомера, отличаются не менее чем на 7 дБА.

1.4. Нормирование шума

Для защиты человека от неблагоприятного воздействия шума необходимо регламентировать его интенсивность, спектральный состав, время воздействия. Эту цель преследует санитарно-гигиеническое нормирование.

Нормирование допустимых уровней шума производится для различных мест пребывания населения (производство, дом, места отдыха) и основывается на ряде документов:

ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности,

ГОСТ 12.1.036-81 ССБТ. Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях.

СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

Санитарные нормы допустимого уровня шума на промышленных предприятиях и в жилых зданиях существенно различны, т. к. в цехе рабочие подвергаются воздействию шума в течение одной смены - 8 часов, а население крупных городов - почти круглосуточно. Кроме этого, необходимо учитывать во втором случае присутствие наиболее ранимой части населения - детей, пожилых, больных.

Нормируемыми параметрами постоянного шума являются уровни звукового давления L , дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

В некоторых случаях при нормировании шумовых характеристик допускается расширение частотного диапазона.

Для ориентировочной оценки постоянного шума допускается в качестве характеристики постоянного широкополосного шума на рабочих местах принимать уровень звука L_A , дБА, измеряемый на временной характеристике "медленно" шумомера.

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является интегральный критерий - эквивалентный (по энергии) уровень звука $L_{A экв}$, в дБА, определяемый по формуле:

$$L_{A_{экв}} = 10 \cdot \lg \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt,$$

где T - время воздействия шума, ч; $p_A(t)$ - текущее значение среднего квадратического звукового давления с учетом коррекции "А" шумомера, Па; p_0 - исходное значение звукового давления, $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах следует принимать:

- для широкополосного постоянного и не постоянного (кроме импульсного) шума (таблица 1).
- для тонального и импульсного шума - на 5 дБ меньше значений, указанных в таблице 1;
- для шума, создаваемого установками кондиционирования воздуха, вентиляции и воздушного отопления - на 5 дБ меньше значений, указанных в нормах или фактических уровнях шума в этих помещениях, если последние не превышают значений таблицы (поправку для тонального и импульсного шума в этом случае принимать не следует).

Дополнительно для колеблющегося во времени и прерывистого шума ограничивают максимальные уровни звука в дБА, измеренные на временной характеристике "медленно", а для импульсного шума - максимальный уровень звука в дБА_i, измеренный на временной характеристике "импульс".

1.5. Методика измерения шума

Измерение шума производится в соответствии с ГОСТ 20445 - 75 "Здания и сооружения промышленных предприятий. Метод измерения шума на рабочих местах". ГОСТ предусматривает располагать измерительные точки для оценки параметров шума на постоянных рабочих местах в точках, соответствующих постоянным местам, а для непостоянных рабочих мест - в нескольких точках (минимум три точки) так, чтобы охватить возможно большую часть рабочей зоны.

Измерение производится не менее трёх раз в каждой точке. Результаты измерений усредняются. Если разность между наибольшим и наименьшим уровнем не превышает 7 дБ, то средний уровень L приближенно равен среднему арифметическому значению всех уровней L_i и вычисляется по формуле

$$L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i.$$

Микрофон следует располагать на высоте 1,5 м над уровнем пола (рабочей площадки) или на высоте головы работающего (при работе сидя). Он должен быть направлен в сторону источника шума и удалён не менее чем 0,5 м от человека, производящего измерения.

При измерении шума вентиляция, а также другие обычно используемые в помещении устройства, являющиеся источниками шума, должны быть включены.

Таблица 1

Допустимые уровни шума на рабочих местах (ГОСТ 12.1.003 - 83)

Вид трудовой деятельности, рабочие места	Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, дБ									Уров- ни звука, дБА
	31	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Творческая деятельность руководящая работа, научная работа, конструирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность: рабочие места в помещениях дирекции, конструкторских бюро, программистов, лабораториях для теоретических работ, приема больных в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность: рабочие места в помещениях цехового управления, лабораториях, конструкторских помещениях	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
3. Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами, работа требующая постоянного слухового контроля, диспетчерская работа: рабочие места в помещениях диспетчерской службы, помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону, машинописных бюро, на телефонных и телеграфных станциях, в залах ВЦ	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4. Работа требующая сосредоточенности, работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами: рабочие места за пультами в кабинах наблюдения, дистанционного управления без речевой связи по телефону, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5. Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в п.п.1...4 и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

1.6. Лабораторная установка и приборы для измерения шума

Для исследования шума в учебной лаборатории используется стенд (рис.

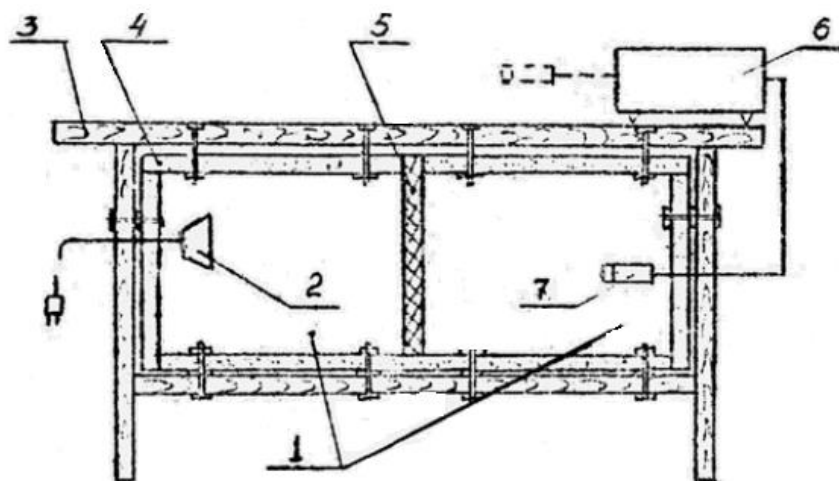


Рис. 2. Стенд для исследования шума

Изменение параметров шума, излучаемого в пространство камеры 1 или вне её источником шума 2, достигается открытием и закрытием крышки 3 или установкой звукоизолирующей преграды 5. Измерение параметров осуществляется при установке источника шума 2 и микрофона 7 внутри камеры 1 или вне её с помощью шумомера 6 (ВШВ003 отечественного производства или приборы 00017, 00021 фирмы RFT, Германия).

2. Задание на работу

2.1. Ознакомиться с методикой измерения шума (см. инструкцию по эксплуатации шумомера), теоретическими основами нормирования и способами защиты от шума (см. информационный стенд).

2.2. Произвести замеры уровней звукового давления L_i для восьми октавных полос и уровня звука L_A на лабораторной установке для указанных преподавателем вариантов исследований.

2.3. Дать характеристику измеренного шума согласно приведённой классификации и сделать выводы о соответствии измеренных параметров шума санитарным нормам.

2.4. Оценить эффективность ΔL исследуемых защитных мероприятий.

2.5. Результаты исследований занести в таблицу 2 и оформить отчет по лабораторной работе.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Ознакомьтесь с теоретическими основами согласно заданию и с предложенным вариантом исследования

3.2. Подготовьте исходную схему установки и размещения оборудования.

3.3. Включите шумомер согласно инструкции на эксплуатацию прибора и проведите замеры уровней звукового давления и уровней звука.

3.4. Смоделируйте исследуемое мероприятие по борьбе с шумом, реализовав соответствующую схему лабораторной установки и размещения оборудования согласно исследуемому варианту и проведите замеры уровней звукового давления и уровней звука.

3.5. Постройте частотные спектры шумов до введения мероприятий по защите $L = \varphi_1(f)$ и после $L = \varphi_2(f)$ по типу рис. 1. Сравните их с нормативными значениями, сделайте вывод о соответствии исследованных шумов санитарным нормам и дайте их характеристику согласно приведённой классификации.

Таблица 2

Шумовые характеристики

Номер варианта	Уровни звукового давления в октавных полосах частот, дБ								Уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Октавные уровни звукового давления L_{i1} (дБ) в исходном состоянии установки									
Октавные уровни звукового давления L_{i2} (дБ) после введения защитного мероприятия									
Эффективность защитного мероприятия (указать какого) $\Delta L_{i=}$ $L_{i1} - L_{i2}$ (дБ)									
Нормативные значения по ГОСТ 12.1.008-83		Из таблицы 1							

3.6. Определите снижение уровней звукового давления в октавных полосах частот L_i и уровня шума L_A при введении исследуемого защитного мероприятия. По полученным результатам постройте график типа рис.3. Сделайте вывод об эффективности исследуемых мероприятий на различных частотах.

4. Оформление отчета

Отчет должен содержать: название, цель работы, принципиальную схему (рис. 2) с размещением микрофона и источника шума в соответствии с вариантом исследования до и после введения защитных мероприятий, таблицу и графики результатов измерений и расчёта эффективности защитных мероприятий. Выводы о характере шумов, соответствии их санитарным нормам и эффективности защитных мероприятий.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ОСВЕЩЕНИЯ

Цель работы: научиться оценивать соответствие освещения рабочих мест нормам.

Задачи работы: ознакомиться с нормированием освещенности рабочих мест, научиться выбирать нормативные значения параметров освещения для конкретных условий зрительной работы, ознакомиться с правилами измерения освещенности люксметром.

1. Основные теоретические сведения

Организация рационального освещения производственных помещений является одним из основных вопросов охраны труда.

Правильно спроектированное и выполненное производственное освещение улучшает санитарно-гигиенические условия труда, оказывает на работающего положительное психологическое воздействие, повышает производительность труда и качество продукции, повышает безопасность труда и снижает травматизм.

Основным показателем, характеризующим освещение рабочих мест, является освещенность E , лк (люкс):

$$E = F/S, \quad (1)$$

где F - световой поток, лм (люмен);

S - площадь освещаемой поверхности, m^2 .

При проектировании естественного и искусственного освещения в производственных помещениях надлежит руководствоваться требованиями Строительных норм и правил (СНиП 23-05-95).

Производственное освещение может быть искусственным, естественным и совмещенным.

1.1. Искусственное освещение

Искусственное освещение устраивают в производственных и вспомогательных помещениях и на открытых пространствах, когда естественный свет недостаточен или отсутствует.

По функциональному назначению искусственное освещение

подразделяется на следующие виды: рабочее, аварийное и охранное.

Рабочее освещение устраивается во всех помещениях и на освещаемых территориях для обеспечения нормальной работы людей и движения транспорта.

Аварийное освещение устраивается в случае необходимости продолжения работы при отключении рабочего освещения.

Искусственное освещение проектируется двух систем:

- общее;
- комбинированное (к общему освещению добавляется местное).

Чтобы избежать больших световых контрастов между освещенностью рабочего места и окружающего пространства, применение только местного освещения внутри зданий запрещено. Доля общего освещения α в комбинированном освещении должна составлять не менее 10 %:

$$\alpha = E / E_k \quad (2)$$

где E - освещенность при общем освещении, лк;

E_k - освещенность при комбинированном освещении, лк.

Искусственное освещение нормируется в зависимости от системы освещения, размера объекта различения (разряда зрительной работы), а для точных работ еще от фона и контраста объекта различения с фоном.

Размер объекта различения - наименьший размер, который необходимо выделить при проведении работы: при работе с приборами - толщина линии градуировки шкалы, при чтении, черчении - толщина линий, буквы, цифры.

Фон - поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Характеризуется коэффициентом отражения ρ , который зависит от цвета и фактуры поверхности. Коэффициент отражения фона равен отношению величины отраженного от него светового потока к величине потока, падающего на данную поверхность.

Контраст объекта различения с фоном K определяется отношением абсолютной величины разности между яркостью объекта и фона к яркости фона (табл. 1).

Таблица 1

Характеристики фона и контраста

Обозначение характеристики	Качественное и количественное значения		
Контраст	большой $K > 0,5$	средний $0,2 < K < 0,5$	малый $K < 0,2$
Фон	светлый $\rho > 0,4$	средний $0,2 < \rho < 0,4$	темный $\rho < 0,2$

Для оценки достаточности искусственного освещения необходимо провести измерение освещенности на рабочем месте и сравнить полученное значение с нормативным. Нормативное значение выбирается на основании анализа условий зрительной работы. При этом по размеру объекта различения выбирается характеристика и разряд зрительной работы, а по качественным характеристикам контраста и фона - подразряд зрительной работы (см. табл. 1 и СНиП 23-05-95).

При комбинированном освещении лампами накаливания, если нормативное значение равно 750 лк и более, его следует снижать на одну ступень по шкале: 0,2; 0,3; 0,5; I; 2; 3; 5; 7; 10; 20; 30; 50; 75; 100; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 4500; 5000.

Нормативные значения повышаются на одну ступень:

- при выполнении точных работ в течение всего рабочего дня;
- при повышенной опасности травматизма (работа на дисковых пилах, гильотинных ножницах и т.п.);
- при работе подростков.

Минимальные значения освещенности при общем освещении лампами накаливания не должны быть меньше 50 лк, а люминесцентными лампами – 150 лк.

1.2. Естественное освещение

Во всех производственных помещениях с постоянным пребыванием в них людей для работ в дневное время следует предусматривать естественное освещение как наиболее экономичное и совершенное с точки зрения медико-санитарных требований по сравнению с искусственным освещением.

Различают три системы естественного освещения (рис. 1): боковое, верхнее и комбинированное.

Боковое освещение помещений осуществляется через световые проемы в наружных стенах, а в некоторых случаях через стены, если они сложены из строительных материалов, частично пропускающих свет.

Верхнее естественное освещение помещения осуществляется через световые проемы в покрытии, фонари и зенитные купола.

Комбинированное освещение - совокупность бокового и верхнего освещения. Оно является наиболее рациональным, так как создает более равномерное по площади помещения освещение.

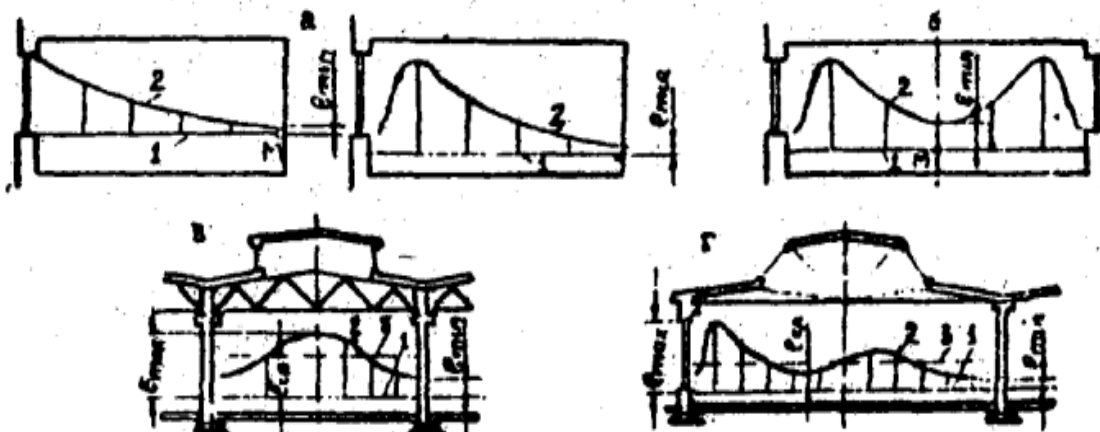


Рис. 1. Схема распределения коэффициентов естественной освещенности в помещении в зависимости от расположения световых проемов:
а - одностороннем боковом, б - двустороннем боковом; в - верхнем;
г - комбинированном (боковом и верхнем); 1 - уровень рабочей поверхности; 2 - распределение значения КЕО; 3 - среднее значение КЕО.

Естественное освещение характерно тем, что создаваемая в данном помещении освещенность изменяется в чрезвычайно широких пределах. Эти изменения обуславливаются временем дня, временем года и метеорологическими факторами: состоянием облачности и отражающими свойствами земного покрова. Поэтому в качестве нормируемой величины принята относительная величина - коэффициент естественной освещенности (КЕО), который представляет собой выраженное в процентах отношение освещенности в данной точке $E_{вн}$ внутри помещения к одновременно измеренной наружной освещенности $E_{н}$, создаваемой рассеянным светом всего небосвода:

$$e = 100 E_{вн} / E_{н}, \% \quad (3)$$

В небольших помещениях при одностороннем боковом естественном освещении нормируется минимальное значение КЕО в точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов, а при двустороннем освещении – в точке посередине помещения (см. рис. 1, а и 1, б). Для крупногабаритных помещений КЕО нормируется несколько иначе (см. СНиП 23-05-95, п. 5.2.)

Значение нормы КЕО e_n зданий, располагаемых в различных районах с учетом следующих факторов:

а) характера зрительной работы (определяется в зависимости от размера объекта различения - рассматриваемый предмет, отдельная его часть или дефект, который необходимо различать в процессе работы);

б) системы освещения (боковое, верхнее, комбинированное).

Нормированное значение КЕО определяется по формуле:

$$e_N = e_H m_v \quad (4)$$

где e_H - табличное значение КЕО (приложение 3); m_v - коэффициент светового климата, характеристика, показывающая во сколько раз изменяется среднегодовое количество естественного освещения от рассеянного света неба для данного светового пояса по отношению к световому поясу (приложение 4); N - номер группы обеспеченности естественным светом (приложение 5, СНиП 23-05-95 для Московской и Тульской областей $N = 1$, $m_v = 1$).

При верхнем и комбинированном естественном освещении (рис. 1в, и рис. 1, г) нормируется среднее значение КЕО на уровне рабочей поверхности.

Измерения внутренней освещенности проводятся не менее, чем в пяти произвольных точках помещения, расположенных на уровне рабочей поверхности не ближе 1 м от стен. Каждое измерение должно сопровождаться одновременным определением наружной освещенности. Ввиду невозможности измерений наружной освещенности в условиях лабораторной работы допускается условно принимать ее значение равным 5000 лк.

Измерения в каждой точке внутри помещения проводят не менее двух раз, полученные результаты необходимо усреднять.

Достаточность естественного освещения для выполнения зрительной работы оценивается из условия, чтобы измеренное значение КЕО для данного помещения было больше или равно рассчитываемому по формуле (4).

1.3. Совмещенное освещение

Совмещенным освещением называется такое освещение, при котором недостаточное естественное освещение дополняется искусственным. Нормирование совмещенного освещения осуществляется аналогично естественному (приложение 3).

Устройство и работа прибора для измерения освещенности

Люксметр Ю-116 (рис. 2) состоит из измерителя 4 и селенового фотоэлемента 2. На боковой стенке измерителя расположена вилка 3 для присоединения фотоэлемента. Вилка имеет направляющий буртик, обеспечивающий правильную полярность соединения.

На фотоэлементе имеется насадка I из белой светорассеивающей пластмассы, обозначенная буквой К. Насадка К применяется только с одной из

трех насадок, обозначенных буквами М, Р, Т. Совместно с насадкой К они образуют поглотители с общим коэффициентом ослабления 10; 100; 1000 и применяются для расширения диапазонов измерений. Диапазон значений измеряемой освещенности определяется по таблице на панели прибора 6.

Прибор имеет две шкалы: «0-100» и «0-30», включаемые кнопками 5. При каждой правой кнопке следует пользоваться шкалой «0-100», при каждой левой кнопке - шкалой «0-30». Считываемое со шкалы показание умножается на коэффициент ослабления насадок, установленных на фотоэлемент.

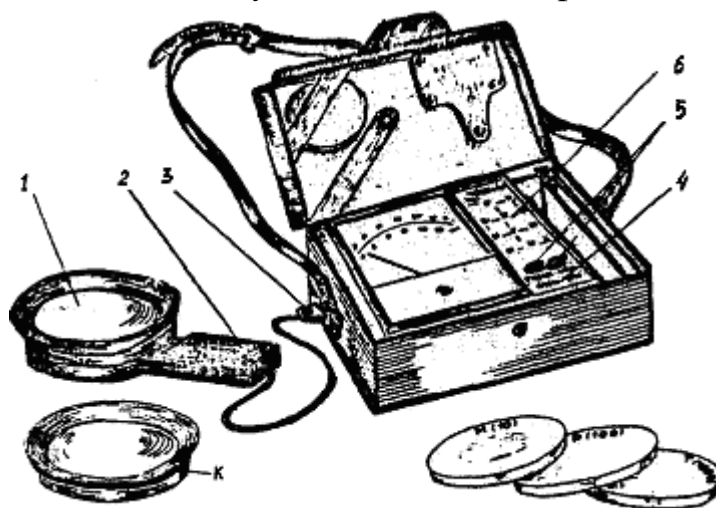


Рис. 2. Люксметр Ю-116

Начало диапазонов измерения на каждой шкале отмечено точкой (под отметкой 20 на шкале «0-100» и над отметкой 5 на шкале «0-30»). Если при нажатой правой кнопке стрелка не доходит до отметки 20, нажмите левую кнопку. Если показание прибора в этом случае меньше 5, смените насадку на фотоэлементе, уменьшив коэффициент ослабления. Если при насадках К+М и нажатой левой кнопке показание прибора меньше 5, измерения проводятся открытым фотоэлементом без насадок.

При измерениях фотоэлемент располагается горизонтально на рабочей поверхности, чтобы на него не попадала тень от проводящего измерения. Не рекомендуется вынимать измерительный прибор из футляра. Во избежание падения прибора при измерениях в различных точках помещения необходимо носить его на ремне.

По окончании измерения отсоединить фотоэлемент от измерителя, надеть на него насадку Т и уложить в крышку футляра.

Прибор Ю-116 дает объективную согласованную со спектральной чувствительностью глаза оценку освещенности при освещении лампами накаливания. При других источниках света показания прибора необходимо умножать на коэффициент К (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты спектральной чувствительности источников света

N п/п	Тип источника света	Значение
1	Естественное освещение	0,8
2	Лампы накаливания	1,0
3	Лампы ЛД (люминесцентные дневного света)	0,99
4	Лампы ЛБ (люминесцентные белого света)	1,17
5	Лампы ЛРЛ (люминесцентные дуговые ртутные)	1,09
6	Лампы ЛДЦ (люминесцентные дневного света с улучшенной цветопередачей)	0,88

2. Порядок выполнения работы

2.1. Измерить освещенность на рабочих местах при искусственном (общем и комбинированном) и естественном освещении.

2.2. Выбрать из СПиП 23-05-95(приложение 1) нормативные значения освещенности, соответствующие заданному варианту.

2.3. Дать оценку достаточности освещенности рабочих мест.

2.4. Выбрать в соответствии с Вашим вариантом (табл. 3) количественные характеристики условий зрительной работы, занести их в табл. 4. Определить качественные характеристики контраста (большой, средний, малый) и фона (светлый, средний, малый). Определите разряд и подразряд зрительной работы (см. СНиП 23-05-95). Заполнить табл. 4.

2.5. Включить все верхние светильники и произвести измерение освещенности на рабочем месте. Результат измерения занести в табл. 5.

2.6. Включить местный светильник и при комбинированном искусственном освещении измерить освещенность на рабочем месте при различных высотах подвеса светильника. Результаты измерений занести в табл. 5.

Внимание! При регулировании высоты подвеса придерживайте светильник рукой во избежание его падения.

Таблица 3

Варианты заданий

Номер варианта	Искусственное освещение				Естественное освещение	
	Размер объекта различения, мм	Контраст объекта с фоном	Фон	Лампа	Размер объекта различения, мм	Административный район (область)
1	0,25	0,9	0,3	W	0,6	Челябинская
2	0,4	0,3	0,25	ЛБ	1,5	Орловская
3	0,6	0,6	0,18	ДРЛ	3,0	Тульская
4	0,8	0,25	0,45	ЛДЦ	0,8	Ростовская
5	0,7	0,45	0,5	ЛБ	0,75	Астраханская
6	0,25	0,31	0,6	ЛД 1	3,0	Мурманская
7	0,4	0,35	0,3	ДРЛ	6,0	Курская

Таблица 4

Исходные данные для анализа искусственного освещения

Размер объекта различения, мм			
Контраст, К			
Фон, ρ			
Характеристика зрительной работы по точности			
Нормы СНиП	Система освещения	Общее, K_o	
		Комбинированное, K_k	

2.7. Определить по СНиП 23-05-95 нормативные значения освещенности при общем и комбинированном искусственном освещении, занести их в табл. 4...5.

2.8. Сделать вывод о достаточности общего искусственного освещения.

2.9. Построить график зависимости освещенности при комбинированном искусственном освещении от высоты подвеса светильника.

2.10. Определить высоту подвеса светильника из условия достаточности комбинированного освещения.

2.11. При выбранной высоте определить долю общего освещения в комбинированном освещении. Сделать вывод о достаточности освещенности.

2.12. Выключить светильники искусственного освещения. Измерить естественную освещенность на различных расстояниях от окна. Результаты занести в табл. 7.

2.13. Рассчитать значения КЕО, заполнить табл. 6.

Таблица 5

Результаты измерения искусственного освещения

Система освещения	Общее		Комбинированное			
Тип ламп	Люминесцентное		Лампы накаливания			
Коэффициент для учета спектрального состава, $K_{\text{сп}}$						
Значение освещенности, лк	ИЗМЕРЕННОЕ		Высота подвеса местного светильника			
	K_1		Н, м	0,6	0,5	0,4
	K_2		E_K ,			
	K_3		$E_K \cdot K_{\text{сп}}$			
	$E_{\text{ср}} = E_1 + E_2 + E_3$		$E_o / E_K E_{\text{сп}}$			
	$E_{\phi} = E_{\text{ср}} \cdot K_{\text{сп}}$					
Нормированные значения						

Таблица 6

Исходные данные для анализа естественного освещения

Характеристика зрительной работы по точности	
Размер объекта различения	
Система освещения	
Табличное значение КЕО, СНиП23-05-95, e_n , %	
Коэффициент светового климата, m_v	
Номер группы обеспеченности естественным светом	
Нормативное значение КЕО, E_n , %	

2.14. Выбрать в соответствии с Вашим вариантом (табл. 3) значение размера объекта различения. Заполнить табл. 6. Данные для расчета взять из приложений 1...3.

2.15. Построить график зависимости КЕО от расстояния от окна. Сделать вывод о пригодности помещения для выполнения заданной зрительной работы.

3. Оформление отчета

Отчет должен содержать:

- название и цель работы;
- результаты измерений освещенности при искусственном освещении (табл. 5);
- анализ условий зрительной работы (табл. 4);
- график зависимости освещенности от высоты подвеса светильника;
- вывод о достаточности общего освещения, требуемой высоте подвеса светильника, о достаточности доли общего освещения в комбинированном;
- результаты измерений естественной освещенности и расчетов КЕО (табл. 7);
- анализ условий зрительной работы и определение нормативного значения КЕО (табл. 6);
- график зависимости КЕО от расстояния от окна;
- вывод по данной работе.

Таблица 7

Результаты измерения естественного освещения

Система освещения					
Нормативное значение КЕО, E_n , %					
Наружная освещенность, $E_{нар}$					
Коэффициент, учитывающий спектральный состав источника света, $K_{сп}$					
Расстояние до окна, L , м	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Измеренные значения (показания люксметра), E , лк					
Фактические значения $E_f = E \cdot K_{сп}$ лк					
Коэффициент естественной освещенности, $e = E/E_{нар}$, %					

Приложение 1

Нормированные значения коэффициента естественной освещенности (КЕО) при естественном и совмещенном освещении и освещенность на рабочих поверхностях при искусственном освещении

Характеристика зрительной работы	Наименьший эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Под разряд зрительной работы	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение					Естественное освещение		Совмещенное освещение			
						Освещенность ,лк			при системе комбинированного освещения	Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации	КЕО, %					
						Всего	в том числе от общего освещ	при системе общего освещения			При верхнем или комбинированном	При боковом освещении	При верхнем, комбинированном	При боковом освещении		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Наивысшей точности	Менее 0,15	1	а	Малый	Темный	5000 4500	500 500	-	20	10	-	-	6,0	2,0		
			б	Малый	Средний	4000	400	1250	20	10						
				Средний	Темный	3500	400	1000	10	10						
			в	Малый	Светлый	2500	300	750	20	10						
				Средний	Средний	2000	200	600	10	10						
г	Средний	Светлый	1500	200	400	20	10									
				Большой	//	1250	200	300	0	10						

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Очень высокой точности	От 0,15 до 0,30	II	а	Малый	Темный	4000 3500	400 400	—	20 10	10 10	—	—	4,2	1,5
			б	Малый Средний	Средний Темный	3000 2500	300 300	750 600	20 10	10 10				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	2000 1500	200 200	500 400	20 10	10 10				
			г	Средний Большой —//—	Светлый Светлый Средний	1000 750	200 200	300 200	20 10	10 10				
Высокой точности	От 0,30 до 0,50	III	а	Малый	Темный	2000 1500	200 200	500 400	40 20	15 15	—	—	3,0	1,2
			б	Малый Средний	Средний Темный	1000 750	200 200	300 200	40 20	15 15				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	750 600	200 200	300 200	40 20	15				
			г	Средний Большой //	Светлый // Средний	400	200	200	40					

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Средней точности	Свыше 0,5 до 1,0	IV	а	Малый	Темный	750	200	300	40	20	—	1,5	2,4	0,92
			б	Малый Средний	Средний Темный	500 500	200 200	200 200	40 40	20 20				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200	200	40	20				
			г	Средний Большой // Средний	Светлый // Средний	—	—	200	40	20				
Малой точности	Свыше 1 до 5	V	а	Малый	Темный	400	200	300	40	20	—	—	3,0	1,2
			б	Малый Средний	Средний Темный	—	—	200	40	20				
			в	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	—	—	200	40	20				
			г	Средний Большой // Средний	Светлый // Средний	—	—	200	40	20				
Грубая (очень малой точности)	Более 5	VI		Независимо от характеристик фона и контрастности объекта		—	—	200	40	20	3	1	1,8	0,6
Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах	Более 0,5	VII		Независимо от характеристик фона и контрастности объекта		—	—	200	40	20	3	1	1,8	0,6

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Общее наблюдение за ходом производственного процесса: постоянное периодическое при постоянном пребывании людей в помещении периодическое при периодическом пребывании людей в помещении общее наблюдение за инженерными коммуникациями		VIII	а	Независимо от характеристик фона и контрастности объекта		—	—	200	40	20	3	1	1,8	0,6
			б	Независимо от характеристик фона и контрастности объекта		—	—	75	40	20	1	0,3	0,7	0,6
			в	Независимо от характеристик фона и контрастности объекта		—	—	50	—	—	0,7	0,2	0,5	0,2
			г	Независимо от характеристик фона и контрастности объекта		—	—	20	—	—	0,3	0,1	0,22	0,1

Коэффициенты светового климата

Световые проемы	Ориентация световых проемов по сторонам горизонта	Коэффициент светового климата, mN				
		Номер группы административных районов				
		1	2	3	4	5
В наружных	С	1	0,9	1, 1	1,2	0,6
	СВ,СЗ	1	0,9	1,1	1,2	0,8
	З,В	1	0,9	1,1	1,1	0,8
	ЮВ, ЮЗ	1	0 ,85	1	1,1	0,8
	Ю	1	0, 8 5	1	1,1	0,75
В прямоугольных и трапециевидных фонарях	СЮ	1	0, 9	1, 1	1,2	0,75
	СВ-ЮЗ	1	0,9	1,2	1,2	0,7
	ЮВ-СЗ					
	В-З	1	0, 9	1,1	1,2	0,7
В фонарях типа «Шед»	С	1	0,9	1,2	1,2	0 ,7
В зенитных фонарях		1	0,9	1,2	1,2	0, 7 5

Примечание:

1. С - северное, В - восточное, З - западное; Ю - южное; СВ - северо-восточное; СЗ -северо-западное; СЮ - северо-юг; В-З - восток-запад; ЮВ - юго-восточное; ЮЗ - юго-западное.

2. Группы административных районов России по ресурсам светового климата приведены в приложении 5.

Группы административных районов по ресурсам светового климата

Номер группы	Административный район
1	Московская, Смоленская, Владимирская, Калужская, Тульская, Рязанская, Нижегородская, Свердловская, Пермская, Челябинская, Курганская, Новосибирская, Кемеровская области, Мордовия, Чувашия, Удмуртия, Башкортостан, Татарстан, Красноярский край (севернее 63° с.ш.). Республика Саха (Якутия) (севернее 63° с.ш.), Чукотский нац. округ, Хабаровский край (севернее 55° с.ш.)
2	Брянская, Курская, Орловская, Белгородская, Воронежская, Липецкая, Тамбовская, Пензенская, Самарская, Ульяновская, Оренбургская, Саратовская, Волгоградская области, Республика Коми, Кабардино-Балкарская Республика, Северо-Осетинская Республика, Чеченская Республика, Ингушская Республика, Ханты-Мансийский нац. округ, Алтайский край, Красноярский край (южнее 63° с.ш.), Республика Саха (Якутия) (63° с.ш.)
3	Калининградская, Псковская, Новгородская, Тверская, Ярославская, Ивановская, Ленинградская, Вологодская, Костромская, Кировская области, Карельская Республика, Ямало-Ненецкий нац. округ, Ненецкий нац. округ
4	Архангельская, Мурманская области
5	Калмыцкая республика, Ростовская, Астраханская области, Ставропольский край, Дагестанская республика, Амурская область, Приморский край

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЫЛИ И ГАЗОВЫХ КОМПОНЕНТОВ ВОЗДУХА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Цель работы: научиться определять концентрацию вредных газовых компонентов и запыленности воздуха рабочих помещений и оценивать их соответствие санитарным нормам.

Задачи работы: познакомиться с методами определения содержания газов и пыли в воздухе и предельно допустимыми концентрациями отдельных компонентов, изучить приборы для анализа вредных веществ в воздухе, определить концентрацию вредных веществ в атмосфере помещения.

1. Основные теоретические сведения

Чистый воздух имеет следующий объемный состав:

азот	78,08 %
кислород	20,95 %
аргон	0,93 %
углекислый газ	0,03 %
неон и другие инертные газы	0,01 %

Кроме того, в воздухе всегда присутствуют водяные пары и пыль земного и космического происхождения, не меняющие, однако, соотношения газовых примесей.

В производственных помещениях состав воздуха изменяется: уменьшается содержание кислорода, а содержание углекислого газа вследствие дыхания людей и по другим причинам увеличивается, кроме того, выделяют вредные и ядовитые вещества, образующиеся при ведении технологического процесса. Степень загазованности воздуха оценивается концентрацией в воздухе этих компонентов. С целью предупреждения заболевания людей санитарными нормами и ГОСТом [6] установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) - концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе по 8 ч или при другой продолжительности работы, но не более 41 ч в неделю в течении всего рабочего стажа, не может вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

В приложении 1 приведены ПДК для наиболее часто встречающихся в производственных помещениях вредных веществ.

1.1. Методы и приборы контроля содержания вредных веществ

1.1.1. Методы и приборы для определения концентрации газов

Определение количественного содержания вредных веществ в исследуемом воздухе может производиться лабораторно-химическим анализом или специальными переносными приборами газоопределителями.

Для правильного анализа состава воздуха необходимо установить источники выделения вредных веществ и наметить пункты отбора проб.

Пробы воздуха следует отбирать на рабочем месте на уровне дыхания человека (примерно 1,5 м от уровня пола или рабочей площадки), учитывая направление потоков воздуха в помещении и физико-химические свойства вещества.

Для лабораторно-химического анализа пробы отбираются в какую-либо емкость (бюретку, футбольную камеру и т. п.) и доставляются в лабораторию (рис.1) количественное содержание вредного вещества в пробе может определяться несколькими способами:

- 1) газообменным - по изменению газовой смеси до и после поглощения исследуемого вещества реактивами;
- 2) титрометрическим - по уменьшению концентрации (титра) раствора, с которым исследуемое вещество вступает в реакцию;
- 3) колориметрическим - по изменению окраски реактива после взаимодействия его с исследуемым веществом и др.

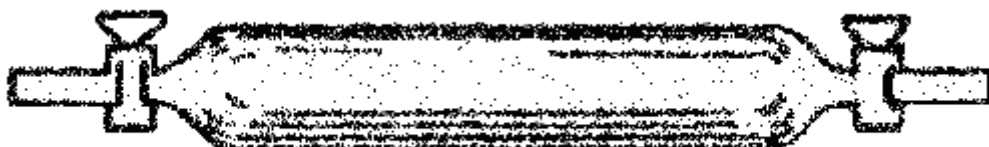


Рис. 1. Бюретка Зейгара

Лабораторно-химический анализ позволяет с большой точностью определять содержание газов в воздухе, но в связи с длительностью отбора и анализа проб он не может быть использован для оперативного контроля.

Переносные газоопределители позволяют быстро (в течении 1...5 мин) определить содержание газов в воздухе рабочей зоны и принять необходимые меры для устранения причин изменения состава воздуха.

Многие измерительные приборы имеют шкалу, показывающую концентрацию газов в процентах.

Для перевода массового содержания газа в процентное и наоборот пользуются формулой

$$C_v / C_p = 22,4 / (M \times 10^4) \quad (1)$$

где C_p , C_v - соответственно массовая и объемная концентрация газа; 22,4 - объем занимаемый одним молем любого газа при нормальных условиях, л; M - масса одной молекулы соответствующего газа, концентрация которого определяется.

Переносные газоопределители

Для экспресс-анализа применяются приборы ГХ-1, ПГФ-2М, ШИ-5, ШИ-10 и др.

Газоанализатор химический ГХ-1

Прибор служит для определения концентрации токсичных газов CO , SO_2 , H_2S , NO_2 и газов удушающего действия (CO_2) и состоит из мехового аспиратора и набора индикаторных трубок одноразового пользования (рис.2).

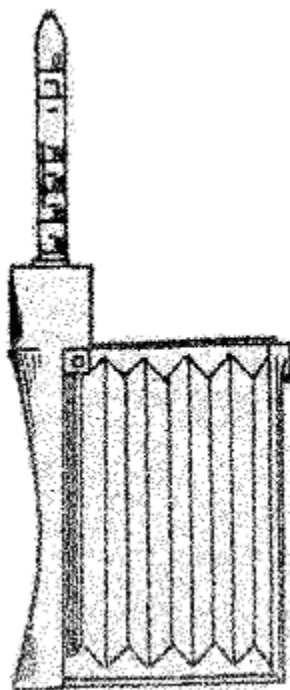


Рис. 2. Газоанализатор химический ГХ-1

Меховой аспиратор предназначен для прокачивания исследуемого воздуха через индикаторные трубки. Он приводится в действие одной рукой, за полный ход резинового меха просасывается 100 см^3 воздуха. Объем просасываемого воздуха для экспресс-анализа может быть 100 или 1000 мл (указан на коробке с индикаторными трубками).

Индикаторная трубка изготовлена из стекла. Концы трубки оттянуты на конус и запаяны, на поверхность стекла нанесена шкала, по делениям которой

производится отсчет при определении концентрации газовой составляющей в процентах (деления на трубке соответствуют делениям шкалы на коробке).

На каждой индикаторной трубке нанесена стрелка, указывающая направление движения исследуемого воздуха. Оба конца трубки обламывают с помощью кольца проушины аспиратора и вставляют ее в мундштук стрелкой к меху. Сжимают рукой резиновый мех до упора. При разжатии воздух всасывается в аспиратор через индикаторную трубку и мех занимает первоначальное положение. Перед следующим сжатием меха нужно сделать паузу 3 с.

Индикатор ПГФ-2М

Индикатор ПГФ-2М применяется при определении концентрации горючих газов. Работа прибора основана на повышении температуры спиралей из проволоки в результате каталитического беспламенного сгорания на них определяемого горючего газа и разбаланса мостовой схемы прибора.

Проба воздуха забирается ручным поршневым насосом в измерительную камеру где находится нагретая спираль из вольфрамовой проволоки. Газ, если он содержится в проверяемом воздухе, сгорает при контакте с этой спиралью, повышая ее температуру. Вторая вольфрамовая спираль находится в другой - сравнительной камере. Эта спираль не имеет контакта с загазованным воздухом и температура ее остается постоянной. Обе спирали входят в схему равновесного мостика Уитсона.

Измерительный мостик состоит из четырех сопротивлений: вольфрамовой спирали рабочего элемента R_p , вольфрамовой спирали сравнительного элемента R_2 и балластных резисторов R_3, R_4 . В одну диагональ моста включен источник тока, в другую - гальванометр (рис.3).

При повышении температуры спирали рабочего элемента ее электрическое сопротивление возрастает. В результате возникновения разности сопротивлений равновесие мостика Уитсона нарушается и через имеющийся в приборе гальванометр пойдет ток. Чем выше концентрация определяемого горючего газа, тем большей будет сила тока. По величине возникающего отклонения стрелки гальванометра на шкале прибора можно судить о концентрации газа в воздухе.

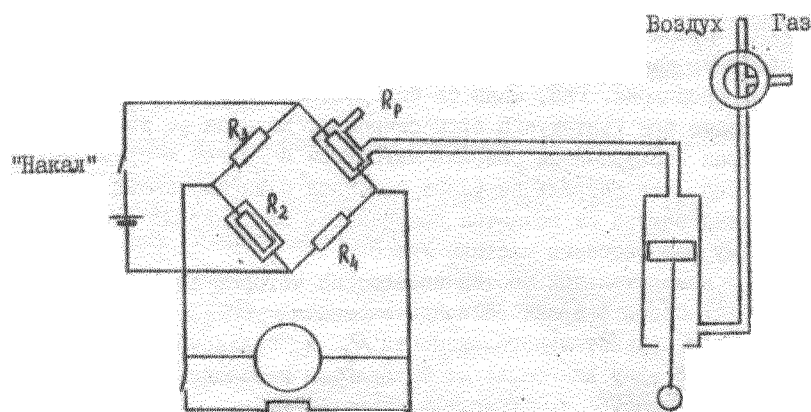


Рис. 3. Схема газоанализатора ПГФ – 2М

Индикатор питается током от сухих батарей и может работать при температуре окружающей среды $-20...+40^{\circ}\text{C}$.

Газовый интерферометр ШИ-10

Принцип действия интерферометра основан на использовании явления интерференции световых лучей, возникающих при падении и отражении от наклонной поверхности. Для того чтобы получить интерференционные полосы низких порядков, ориентированных параллельно плоскости падения лучей, в приборе специально создается разность хода. В результате этого в окуляре видны чередующиеся интерференционные полосы, расходящиеся от центральной неокрашенной полосы.

С помощью этого прибора измеряют смещение интерференционной картины, возникающей в результате прохождения двух когерентных лучей через камеры, наполненные в одном случае чистым воздухом, в другом случае исследуемой газовой смесью.

Интерферометр ШИ-10 (ШИ-11) служит для определения содержания метана и углекислого газа, т. к. оптическая плотность этих газов практически одинакова. Газы определяются раздельно (CH_4) и суммарно ($\text{CH}_4 + \text{CO}_2$) в газовой смеси, не превышающей общего их содержания 6 %. Цена деления прибора 0,25 %.

Прибор смонтирован в плоской металлической коробке. Схема прибора показана на рис. 4. Оптическая часть прибора состоит из измерительной 2 и сравнительной 1 камер, плоской пластины зеркала 11 призм полного отражения 3 и 9, объектива 8 и окуляра 4. Источником света служит лампочка 10. Когерентные лучи, т. е. лучи с одинаковой длиной волны, возникают при отражении света от плоского зеркала 11, имеющего две поверхности отражения.

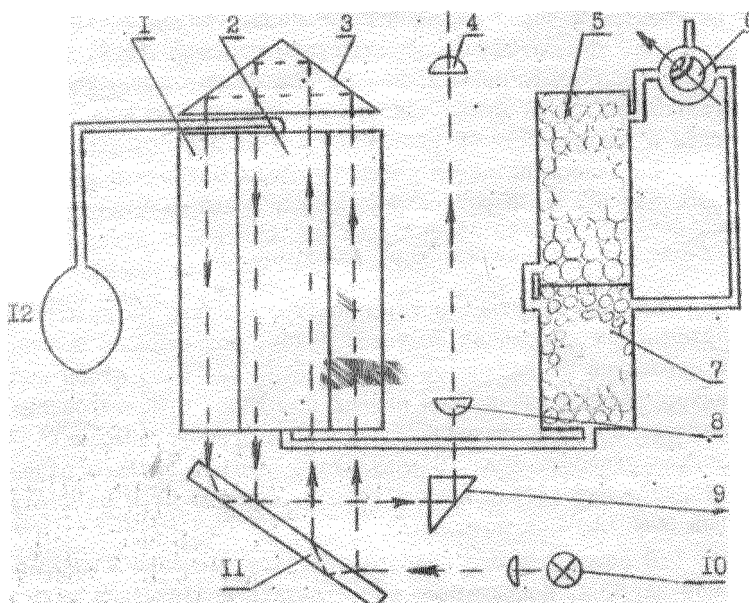


Рис. 4. Схема газоанализатора ШИ - 10

Световой пучок, падая на зеркало 11, разделяется на два луча. Оба луча, пройдя камеры, отражаются призмой 3 и снова, пройдя камеры, падают на плоское зеркало 11, где сходятся в один световой пучок.

Если камеры 1 и 2 заполнены одной и той же газовой смесью, то смещения интерференционной картины происходить не будет. Если камеры 1 и 2 заполнены разными газовыми смесями, то картина смещается пропорционально разности показателей плотности этих сред.

Подача газовой смеси в измерительную камеру осуществляется следующим образом. Засасываемый резиновой грушей 12 газ через распределительный кран 6 может поступать либо в патрон с химическим поглотителем 5, либо в патрон с силикагелем 7, а затем в измерительную камеру 2. При поступлении газов в патрон 5 (кран 6 в положении CH_4) газозоудная смесь очищается от CO_2 , затем поступает в патрон с силикагелем 7 и очищается от влаги. В этом случае определение проводят только для CH_4 .

При переводе крана в положение CO_2 газозоудная смесь сразу поступает в патрон с силикагелем 7 и очищается только от влаги. Определение выполняют для смеси газов $\text{CO}_2 + \text{CH}_4$. Концентрация CO_2 может быть определена по разности показателей второго и первого замеров.

Перед определением концентрации газов необходимо подсоединить резиновую грушу и сделать пять - шесть сжатий груши. Затем следует нажать кнопку включения питания лампы 10, расположенную сбоку прибора и посмотреть в окуляр. Если интерференционная картина и шкала окажутся нечеткими, то вращением окуляра необходимо навести их резкость и установить исходное нулевое положение. Для этого переключатель перемещения газозоудной камеры 11 нужно поставить в положение К, и, наблюдая в окуляр за положением интерференционной картины, медленным вращением микровинта. В добиться совмещения левой черной полосы интерференционной картины с нулевой отметкой шкалы. Затем переключатель ставят в положение И, и выполняют необходимые измерения. Тарировку прибора проводят перед началом работы.

Промышленностью выпускаются интерферометры ШИ-11, ШИ-12. Отличительной особенностью ШИ-11, ШИ-12 является применение механизма автоматического возврата переключателя газозоудной камеры.

1.1.2. Методы и приборы контроля запыленности воздуха

Пылью называют дисперсную систему, состоящую из мельчайших твердых частиц, находящихся или могущих находиться в воздухе.

Пыль является основной производственной вредностью во многих отраслях народного хозяйства. Вдыхание пыли может привести к хроническому заболеванию - пневмокониозу, способствовать возникновению таких заболеваний,

как ларингит, трахеит, бронхит, пневмония, туберкулез легких, заболевания кожи.

Степень вредного воздействия на организм человека зависит от ее физических и химических свойств, из которых наиболее важными являются дисперсность (крупность), форма частиц. Особенно опасны для человека пылинки размером до 10 мкм, т. к. они свободно проникают в легкие и задерживаются там. Пылинки размером 0,1 мкм и меньше легко транспортируются из альвеол и, не задерживаясь, удаляются из организма. Пыль размерами более 10 мкм в основном задерживается в верхних дыхательных путях.

Методы определения концентрации пыли

1. Лабораторные методы, основанные на предварительном осаждении пыли и дальнейшем исследовании ее в лаборатории. Эти методы с выделением твердой фазы основаны на осаждении частиц пыли из воздуха под действием внешних сил (гравитации, инерции, электрических, тепла и т. д.) с последующим определением массы (весовой или гравиметрический способ) или числа (счетный способ) осевших пылинок из определенного объема воздуха.

2. Экспресс-методы, основанные на исследовании пыли непосредственно на рабочих местах. При этих методах (без выделения твердой фазы) используются различные физические свойства аэрозолей: способность частиц пыли электризоваться при их движении или трении о стенки прибора (электронные пылемеры), изменять оптические свойства среды (фотометрические пылемеры); поглощение β -частиц (от изотопа C^{14}) пылью, осажденной на фильтр (радиоизотопные) и др.

Концентрация пыли (запыленность) в воздухе может измеряться массой ($мг/м^3$) или числом пылинок (обычно частиц/ $м^3$) в единице объема.

Для гигиенической оценки содержания пыли в воздухе исследуется дисперсный состав витающей в воздухе пыли. В настоящее время разрабатываются приборы, основанные на принципе тонкодисперсной фильтрации высокоэффективными фильтрами с малым аэродинамическим сопротивлением. Приборы такого типа определяют процент содержания пылинок размерами до 10 мкм и выше.

В связи с тем, что в РФ нормы ПДК установлены в весовом выражении ($мг/м^3$), в качестве стандартного принят весовой метод. Счетный метод применяется как дополнительный для определения крупности (дисперсности) пылинок.

Весовой метод определения запыленности воздуха

Весовой метод основан на протягивании известного объема запыленного воздуха через какую-либо среду, задерживающую пыль, с последующим

определением массы уловленной пыли (рис. 5).

Концентрация пыли (мг/м^3) определяется по формуле:

$$C = (m_2 - m_1) 1000 / (v_0 t) \quad (2)$$

где m_1 и m_2 - масса фильтра до и после взятия пробы, мг;

v_0 - объемная скорость воздуха, протягиваемого через фильтр, л/мин;

t - время протягивания воздуха через фильтр, мин.

При отборе проб должны выполняться следующие условия:

- аллонж с фильтром располагается в зоне дыхания работающего так, чтобы фильтр был направлен навстречу потоку воздуха;

- скорость отбора пробы должна быть 15-20 л/мин, что соответствует скорости человеческого дыхания, т. е. скорости легочной вентиляции;

- отбор проб должен производиться с учетом изокINETичности, т.е. равенства скоростей окружающего воздуха v_v и протягиваемого через фильтр v_0 (рис. 5). Объемная скорость движения воздуха через аллонж 20 л/мин что соответствует линейной скорости 0,5 м/с. Если окружающая скорость в месте взятия пробы больше 0,5 м/с, то для соблюдения изокINETичности используют насадки на аллонж с различной площадью входного сечения;

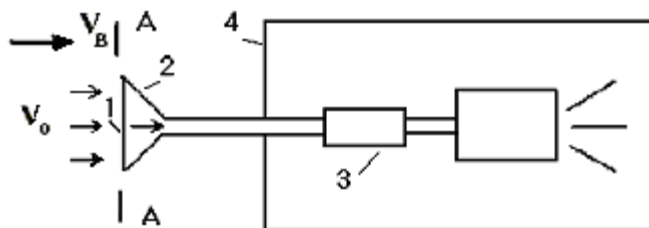


Рис.5. Принципиальная схема отбора пробы воздуха весовым методом;

1 - аллонж с фильтром ; 2 - реометр ; 3 - побудитель тяги воздуха; 4 - блок для протягивания воздуха через фильтр и определения объемной скорости протягиваемого воздуха; А-А - сечение, в котором должно соблюдаться условие изокINETичности.

- продолжительность отбора зависит от концентрации пыли и устанавливается в большинстве случаев экспериментально из расчета, чтобы масса осевшей на фильтре пыли составляла 1...2 мг (для фильтров АФА). При большей массе может происходить осыпание пыли с фильтра.

Приборы для определения запыленности

Фильтры. В настоящее время широко используются фильтры типа АФА из ткани ФПП (фильтр пылевой Петрянова). Фильтр АФА представляет собой тканевый слой равномерно уложенных ультратонких волокон из полимерных смол

(рис.6,7). Фильтры АФА имеют следующие достоинства:

- хорошие фильтрующие свойства (до 100 л/мин) и высокий коэффициент пылеулавливания (99,9 %);
- гидрофобны, т. е. не поглощают влагу и не требуют просушивания;
- легко электризуются, что способствует задержанию осевших пылинок;
- освещаются в парах ацетона при $t = 80^{\circ}\text{C}$, превращаясь в прозрачную пленку.

Весы. Для взвешивания фильтров могут быть использованы торсионные весы с точностью 0,2 мг. Инструкция по использованию торсионных весов - на стенде.

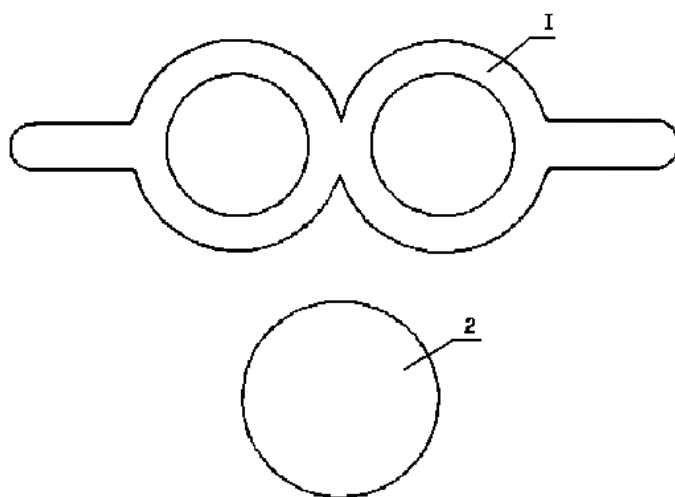


Рис. 6. Фильтр типа АФА:

1- защитная обложка, 2-фильтрационный материал

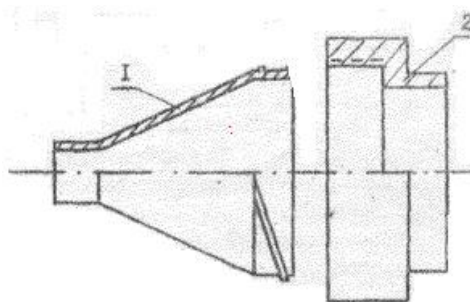


Рис. 7. Патрон (аллонж) для фильтров типа АФА

1 – корпус патрона; 2 – зажимное кольцо

Приборы для протягивания воздуха через фильтр. В качестве побудителя тяги воздуха через фильтр используются аспираторы эжекторного типа, электрического и даже обычные пылесосы.

Приборы для определения объемной скорости воздуха. Приборы для определения расхода воздуха, т.е. объемной скорости его, бывают жидкостные и воздушные. Они носят название реометров.

Описание лабораторной установки

На рис. 8 изображена учебно-экспериментальная установка, имитирующая небольшой участок рабочего пространства. Внутри установки смонтированы источники выделения вредных веществ (пыли и газа).

Установка имеет газовую камеру 1, пылевую камеру 7, и примыкающий к ним приборный отсек 2.

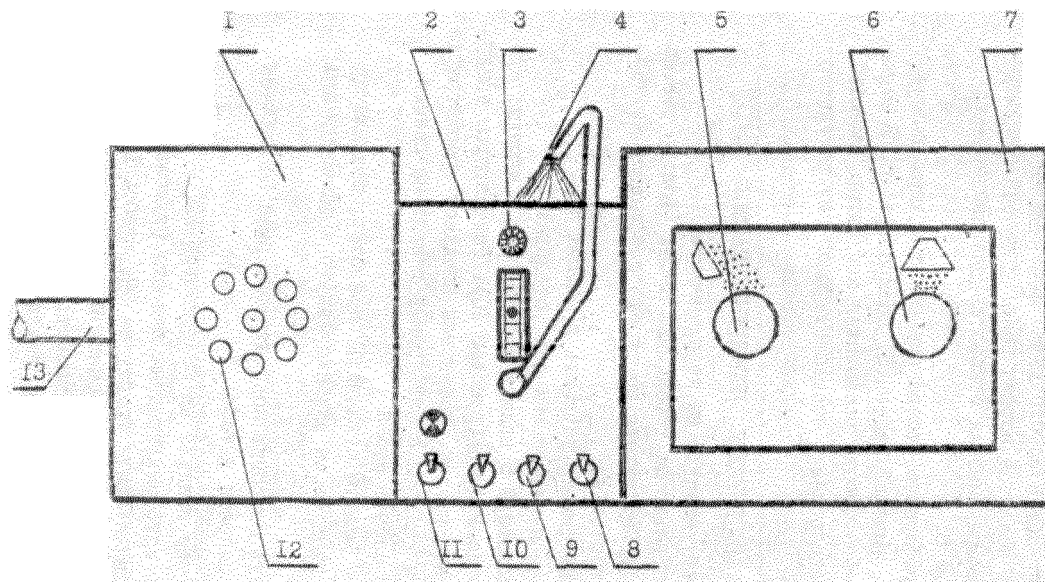


Рис. 8. Схема экспериментальной установки

На передней стенке газовой камеры имеется ряд отверстий для забора воздуха или для введения индикаторных трубок внутрь камеры. Включение имитатора газовыделения производится тумблером 8.

На передней стенке пылевой камеры находятся бункер-дозатор 5 с пылью. При повороте ручки дозатора на один щелчок из бункера подается порция пыли. С правой стороны панели пылевой камеры имеется отверстие для введения аллонжа 4 с фильтром 6.

На панели приборного отсека имеются тумблеры включения установки 11, пылевой камеры 9, аспиратора 10. В верхней части приборного отсека расположен аспиратор, имеющий воздухозаборное отверстие и соответствующий ему регулятор расхода 3.

2. Порядок выполнения работы

2.1. Взять пробу воздуха на запыленность:

- а) взвесить фильтр на торсионных весах (фильтр взвешивать без оправки);
- б) взвешенный фильтр вставить в аллонж 4;
- в) включить вентилятор пылевой установки 9;
- г) щелчком дозатора 5 подать порцию пыли в камеру;

д) включить аспиратор (тумблер 10). Регулятором воздуха 3 отрегулировать расход, установив поплавков реометра на отметке 2. Ввести аллонж с фильтром в гнездо на панели пылевой камеры и засечь время;

е) через 1-2 минуты отключить аспиратор, вентилятор пылевой камеры, извлечь из аллонжа фильтр и взвесить его на весах;

ж) определить массовую концентрацию пыли по формуле (2), результаты занести в табл. 1.

2.2. Взять пробу воздуха на СО прибором ГХ:

а) включить источник вредных веществ (тумблер 8);

б) взять индикаторную трубку на СО, прибор ГХ и отобрать пробы воздуха по методике, изложенной в методических указаниях, в экспериментальной камере;

Пробу отобрать спустя 2-3 минуты после включения источника вредных веществ.

в) отключить источник вредных веществ (тумблер 8).

2.3. Концентрацию газа, определенную в экспериментальной камере, сравнить с ПДК (приложение 1 и 2). В соответствии с условиями варианта, представленными на стенде, рассчитать массовые концентрации вредных веществ, определить класс опасности вещества, сравнить со значениями ПДК и определить возможность наступления профессиональных отравлений или заболеваний в острой или хронической форме (табл. 1).

Таблица 1

Показатели опасности вещества

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	менее 0,1	0,1-1,0	1,0-10	более 10
Зона хронического действия (ПДК)				
Зона острого действия (ПДК)	менее 6,0	6,0-18,0	18,1-54	более 54,0

3. Оформление отчета

Отчет должен содержать: название работы, цель, краткую характеристику методов исследования вредностей, таблицы 2 и 3 с результатами измерений, расчетов концентраций и массового расхода вредных веществ, поступающих в помещение, выводы о необходимости изменения концентрации вредных веществ и возможности заболевания.

Таблица 2

Результаты измерения запыленности весовым методом

N п/п	Вид пыли	m ₁ , мг	m ₂ ,мг	V, л/мин	t, мин	C, мг/м ³	ПДК, мг/м ³
1							
2							

Таблица 3

Результаты измерения концентраций газов или паров

N п/п	Вредные вещества	C _v , %	C _p , мг/м ³	ПДК, мг/м ³
1.				
2.				

Предельно допустимые концентрации вредных веществ
в воздухе рабочей зоны
(Извлечение. ГОСТ 12.1.005-88)

Наименование вещества	Величина предельно допустимой концентрации мг/м ³	Класс опасности	Агрегатное состояние
Азота окислы (в пересчете на NO ₂)	5	2	П
Акролеин	0.7	2	П
Аммиак	20	4	П
Ацетон	200	4	П
Бензин топливный	100	4	п
Ванадий и его соединения:			
а) дым пятиокиси ванадия	0,1	1	а
б) пыль трехокиси ванадия	0,5	2	а
в) пыль пятиокиси ванадия	0,5	2	а
г) феррованадий	1	2	а
Дихлорэтан	10	4	п
Изопран	40	4	п
Марганец	0,3	2	а
Озон	0,1	1	п
Сернистый ангидрид	10	3	п
Сероводород	10	2	п
Спирт метиловый (метанол)	1000	4	п
Углерода окись	20	4	п
Углерод четыреххлористый	20	2	п
Фтористый водород	0,5	2	п

Примечания:

1. По степени воздействия на организм человека вредные вещества следует подразделять на 4 класса: 1 - вещества чрезвычайно опасные; 2 - вещества высоко опасные; 3 - вещества умеренно опасные; 4 - вещества мало опасные.

2. Приведены преимущественно агрегатные состояния веществ в условиях производства: п - пары и газы, а – аэрозоли.

Предельно допустимые концентрации аэрозолей (пыли).
(Извлечение. ГОСТ 12.1.005-88)

Наименование вещества	Величина предельно допустимой концентрации, мг/м ³	Класс опасности
1	2	3
Алюминий и его сплавы (в пересчете на Al)	2	4
Алюминия окись (электрокорунд) в смеси со сплавом никеля до 15 %	4	4
Доломит	6	4
Железа окись с примесью окислов марганца до 3 %	6	4
Зерновая пыль	4	4
Кремнесодержащие пыли:		
а) кремния двуокись кристаллическая: кварц, кристоболит, тридимит, при содержании ее в пыли свыше 70 % (кварцит, динас и др.)	1	3
б) кремния двуокись аморфная в виде аэрозоля конденсации при содержании ее в пыли свыше 70 % (возгоны электро термического производства кремния и кремнистых ферросплавов, аэросил-175, аэросил-300 и др.)	1	3
в) кремния двуокись аморфная в смеси с окислами марганца в виде аэрозоля конденсации с содержанием каждого из них более 10 %	1	3
г) кремния двуокись кристаллическая при содержании ее в пыли от 10 до 70 % (гранит, шамот, слюда-сырец, углеродная пыль и др.)	2	4
д) кремния двуокись кристаллическая при содержании ее в пыли от 2 до 10 % (горючие кукерситные сланцы, углеродная и угольная пыль, глина и др.)	4	4

Продолжение приложения 2

1	2	3
Кремния карбид (карборунд)	6	4
Легированные стали и их смеси с алмазом до 5 %	6	4
Магнезит	10	4
Нефелин концентрат	6	4
Пыль растительного и животного происхождения:		
а) с примесью двуокиси кремния более 10 % (лубяная, хлопчатобумажная, льняная, шерстяная, пуховая и др.)	2	4
б) с примесью двуокиси кремния от 2 до 10 %	4	4
в) с примесью двуокиси кремния менее 2 % (мучная, хлопчатобумажная, древесная и др.)	6	4
Сажи черные промышленные	4	4
Силикаты и силикатосодержащие пыли:		
а) асбест природный и искусственный		
б) асбестоцемент	2	4
в) тальк, слюда-флагопит и мусковит	6	4
г) стеклянное и минеральное волокно	4	4
д) цемент, оливин, апатит, форстерит, глина	4	4
	6	4
Углерода пыли:		
а) кокс нефтяной, пековый, сланцевый, электродный	6	4
б) алмазы природные и искусственные	8	4
в) каменный уголь с содержанием двуокисикремния менее 2 %	10	4
Чугун	6	4
Электрокорунд хромистый	6	4
Чугун в смеси с электрокорундом до 20 %	6	4

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ

Цель работы: изучение нормативных документов, получение практических навыков работы с виброизмерительной аппаратурой, освоение методики измерения параметров вибрации, оценка эффективности виброизоляции.

Задачи работы: ознакомиться с нормированием вибрационных нагрузок на рабочих местах, научиться выбирать нормативные значения параметров вибрации для конкретных условий работы, измерить фактические уровни виброскорости, подобрать виброизоляторы для снижения вибрации.

1. Основные теоретические сведения

1.1. Влияние вибрации на организм человека

Вибрация-это механические колебания, воспринимаемые человеком как сотрясение.

Человек ощущает вибрацию в диапазоне от долей до 1000 Гц. Вибрация более высокой частоты воспринимается как тепловое ощущение.

С точки зрения воздействия на человека различают общую и локальную вибрации.

Общей вибрации подвергаются машинисты электровозов, операторы мощных энергетических установок, насосных и компрессорных станций, водители сельскохозяйственной и землеройной техники. Она вызывает сотрясение всего организма и может повлечь за собой существенные нарушения его функций, а при большой интенсивности и в определенной области частот - разрыв тканей, нарушение сердечной деятельности, центральной нервной системы и т.д.

Локальной вибрации подвергаются работающие с ручным механизированным инструментом. Она вовлекает в колебательное движение отдельные части тела и может привести к нарушению чувствительности кожи, окостенению сухожилий мышц, боли и отложению солей в суставах кистей рук и пальцев, деформациям и уменьшению подвижности суставов.

Длительное воздействие вибрации может привести к возникновению профессионального заболевания - вибрационной болезни, которая выражается в стойком нарушении физиологических функций организма.

Наибольшую опасность представляют вибрации на частотах, близких к собственным частотам органов человеческого тела, т.к. в этом случае возможны явления резонанса и, как следствие - механические повреждения отдельных органов.

1.2. Нормирование вибраций

Различают санитарно-гигиеническое и техническое нормирование вибраций. В первом случае обеспечиваются оптимальные условия с точки зрения защиты от вибраций человека, во втором - защита машин и оборудования.

ГОСТ 12.1.012-90 " Вибрационная безопасность" устанавливает качественные и количественные критерии и показатели неблагоприятного воздействия вибрации на человека - оператора в процессе труда.

В качестве критериев оценки неблагоприятного воздействия вибрации приняты:

- критерий "безопасность", обеспечивающий не нарушение здоровья оператора;
- критерий "граница снижения производительности труда", обеспечивающий поддержание нормативной производительности труда, не снижающейся из-за развития усталости под воздействием вибрации;
- критерий "комфорт", обеспечивающий оператору ощущение комфортности условий труда при полном отсутствии мешающего действия вибрации.

Воздействие вибрации на человека классифицируются: по способу передачи вибрации на человека; по направлению действия вибрации; по временной характеристике вибрации.

По способу передачи на человека различают общую и локальную вибрацию.

Общая вибрация передается через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека.

Вибрация, передающаяся через руки человека, а также воздействующая на ноги или предплечья сидящего за вибрирующим столом человека относится к локальной вибрации.

По направлению действия вибрации подразделяют в соответствии с направлением осей ортогональной системы координат: X_0 , Y_0 , Z_0 - для общей вибрации (рис.1 а), и $X_{\text{л}}$, $Y_{\text{л}}$, $Z_{\text{л}}$ для локальной вибрации (рис.1 б)

По временной характеристике различают: постоянную вибрацию, для которой спектральный или скорректированный по частоте контролируемый параметр за время наблюдения изменяется не более чем в два раза (на 6 дБ); непостоянную вибрацию, для которой эти параметры разделяются менее чем в два раза (на 6 дБ).

При определении показателей вибрационной нагрузки на оператора должны учитываться следующие параметры: виброускорение (виброскорость), диапазон частот, время воздействия вибрации.

Логарифмические уровни виброускорения L_a , дБ, определяются по формуле

$$L_a = 20 \cdot \lg \frac{a}{10^{-6}}, \quad (1)$$

где a – среднее квадратическое значение виброускорения, $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$; 10^{-6} - пороговое значение виброускорения, $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$.

Логарифмические уровни виброскорости, L_v , дБ, определяются по формуле

$$L_v = 20 \cdot \lg \frac{V}{5 \cdot 10^{-8}}, \quad (2)$$

где V -среднее квадратическое значение виброскорости, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$; $5 \cdot 10^{-8}$ – пороговое значение виброскорости, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$.

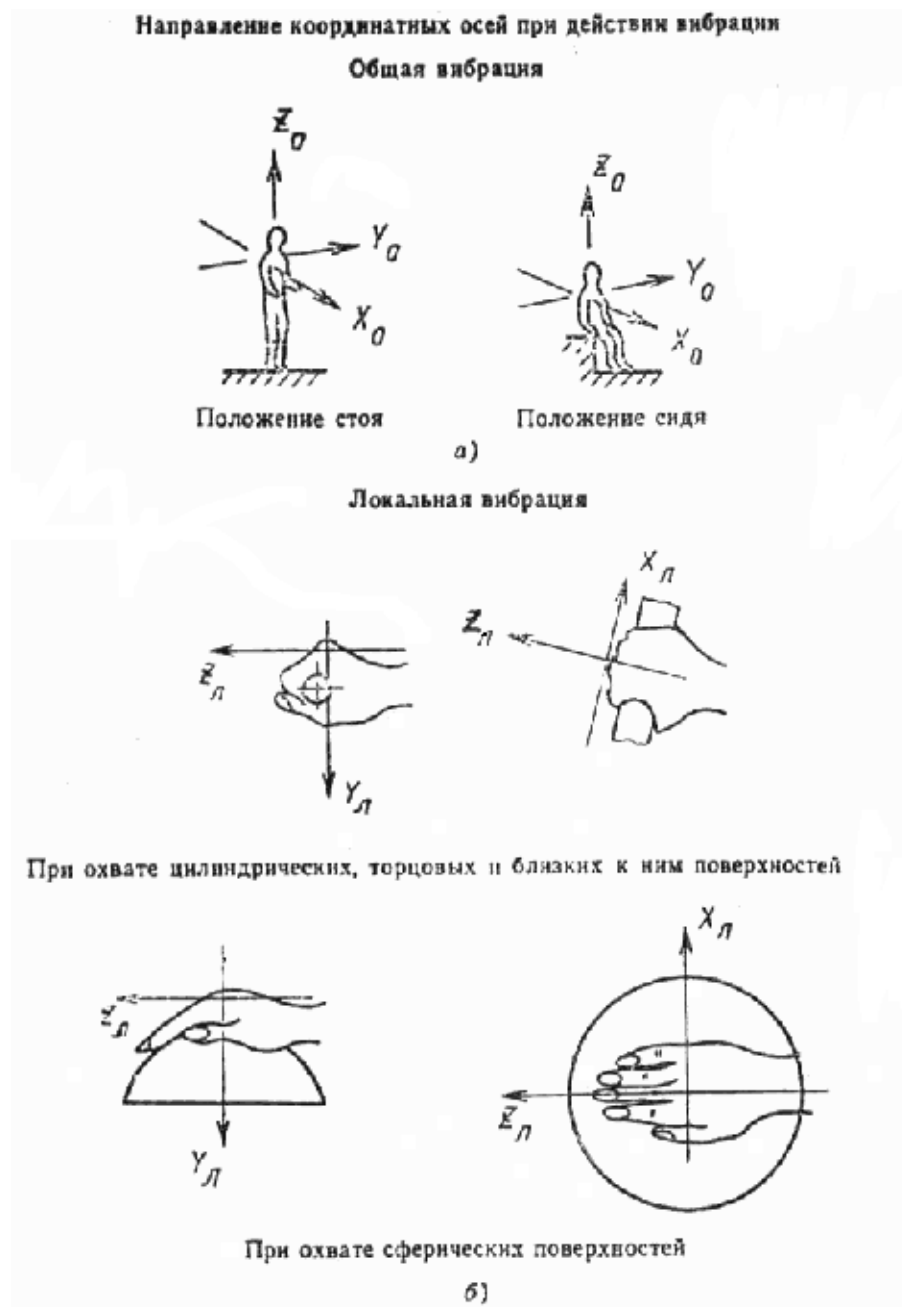


Рис. 1. Направление координатных осей при действии вибрации;
а - общая вибрация, б - локальная вибрация.

Нормируемый диапазон частот устанавливается:

- для локальной вибрации - в виде октавных полос со среднегеометрическими частотами 1; 2; 4; 8; 16; 31.5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц;
- для общей вибрации - в виде октавных и 1/3 октавных полос со среднегеометрическими частотами 0.8; 1; 1.25; 1.6; 2; 2.5; 3.15; 4; 5; 6.3; 8; 10; 12.5; 16; 20; 25; 31.5; 40; 50; 63; 80 Гц. Время воздействия вибрации принимается равным длительности непрерывного или суммарного воздействия, измеряемого в часах или минутах.

1.3. Нормируемые показатели вибрационной нагрузки

Нормируемыми показателями вибрационной нагрузки на оператора на

рабочих местах в процессе труда являются:

- спектр вибрации в виде значений виброускорения, a , $\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$ (виброскорости, V , $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$) или их уровней L , дБ в октавных или 1/3 октавных полосах частот;
- одночисловые параметры в виде скорректированных по частоте значений контролируемого параметра \tilde{U} , или его логарифмического уровня L_U ; дозы вибрации D ; эквивалентного скорректированного значения контролируемого параметра $U_{\text{экв}}$.

Скорректированное по частоте значение контролируемого параметра (\tilde{U}) или его логарифмический уровень ($L_{\tilde{U}}$), определяются по формулам:

$$\tilde{U} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (U_i K_i)^2} ; \quad (3)$$

$$L_{\tilde{U}} = 10 \cdot \lg 10^{0,1(L_{U_i} + L_{K_i})} \quad (4)$$

где U_i и L_{U_i} - среднее квадратическое значение контролируемого параметра вибрации (виброскорости или виброускорения) и его логарифмический уровень в i -й частотной полосе; K_i и L_{K_i} - весовые коэффициенты для i -й частотной полосы для среднего квадратического значения контролируемого параметра или его логарифмического уровня. Весовые коэффициенты приведены в приложении 6.

Доза вибрации (D) определяется по формуле:

$$D = \int_0^T \tilde{U}^m(t) dt, \quad (5)$$

где $\tilde{U}(t)$ - скорректированное по частоте значение контролируемого параметра в момент времени t , $\text{м}\cdot\text{с}^{-2}$ или $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$; T - время воздействия вибрации, с; m - показатель эквивалентности физиологического воздействия вибрации, устанавливаемый санитарными нормами.

Эквивалентное скорректированное значение ($U_{\text{экв}}$) определяется по формуле:

$$U_{\text{экв}} = \sqrt[m]{\frac{D}{T}}. \quad (6)$$

Норма вибрационной нагрузки на оператора устанавливается для каждого направления действия вибрации.

При постоянной вибрации норму вибрационной нагрузки на оператора устанавливают в виде нормативных спектральных значений контролируемого параметра (виброускорения или виброскорости, а также их уровней), или скорректированных по частоте значений контролируемого параметра.

При непостоянной вибрации нормой вибрационной нагрузки на оператора является: нормативное значения дозы вибрации или нормативное эквивалентное скорректированное значение контролируемого параметра.

Санитарные нормы спектральных показателей при длительности вибрационного воздействия 8 ч. (480 мин) для различных категорий вибрации

приведены в таблице 1.

При длительности воздействия вибрации менее 8 ч. в смену (480 мин) норма вибрационной нагрузки на оператора (U_{τ}) определяют по формуле

$$U_{\tau} = U_{480} \cdot \sqrt{\frac{480}{T}}, \quad (7)$$

где U_{480} - норма вибрационной нагрузки на оператора для длительности воздействия вибрации 480 мин.; T - длительность воздействия вибрации.

При $T < 30$ мин. в качестве нормы принимают значения, вычисленные для $T = 30$ мин.

Характеристики условий труда соответствующих категорий приведены в таблице 2.

1.4. Методы и средства вибрационной защиты

Снижение вибрации достигается установкой упругих элементов (амортизаторов) между источником вибрации и основанием или между вибрирующим основанием и рабочим местом.

Амортизаторы могут выполняться из стальных пружин, различных сортов резины и пластмассы, упругих оболочек со сжатым воздухом и из различных комбинаций упругих элементов.

Основным показателем, характеризующим качество виброизоляции какой-либо машины установленной на амортизаторы, является коэффициент передачи вибрации $KП$.

Коэффициент передачи вибрации показывает, какая часть динамической силы F , возбужденной в источнике вибрации, передается через амортизаторы к основанию $F_{осн}$, и определяется по формуле:

$$KП = \frac{F_{осн}}{F} = \frac{1}{(f / f_0)^2 - 1} \quad (8)$$

где f - частота вынужденных колебаний источника вибрации, Гц; f_0 - частота собственных колебаний виброизолированной системы, Гц.

Частота собственных колебаний f_0 машины, установленной на амортизаторы, рассчитывается по формуле:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{q}{m}}, \quad (9)$$

где q - жесткость амортизатора, Н/м; m - масса виброизолированной машины, кг.

Таблица 1

Санитарные нормы показателей вибрационной нагрузки на операторов

Категория вибрации и критерий оценки		Направление воздействия вибрации	Логарифмический уровень виброскорости, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							Корректированный по частоте уровень виброскорости, дБ
			1	2	4	8	16	31,5	63	
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Категория 1 Безопасность		Z_0	132	123	114	108	107	107	107	107
		X_0, Y_0	122	117	116	116	116	116	116	116
Граница снижения произ- водительности труда	Категория 2	X_0, Y_0	-	117	108	102	101	101	101	101
	Категория 3а	X_0, Y_0	-	108	99	93	92	92	92	92
	Категория 3б	X_0, Y_0	-	100	91	85	84	84	84	84
Категория 3в Комфорт		X_0, Y_0	-	91	82	75	75	75	75	75

Таблица 2

Категории вибрации

Категории вибрации по санитарным нормам и критерий оценки	Характеристика условий труда	Пример источников вибрации
1 безопасность	Транспортная вибрация, воздействующая на операторов подвижных самоходных и прицепных машин и транспортных средств при их движении по местности, агрофонам и дорогам, в том числе при их строительстве	Тракторы сельскохозяйственные и промышленные, машины для обработки почвы, уборки и посева сельскохозяйственных культур; автомобили, строительно-дорожные машины, в том числе бульдозеры, скреперы, грейдеры, катки, снегоочистители и т.п.; самоходный горно-шахтный транспорт
2 граница снижения производительности труда	Транспортно-технологическая вибрация, воздействующая на операторов машин с ограниченной подвижностью, перемещающихся только по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок и горных выработок	Экскаваторы, краны промышленные и строительные, машины для загрузки мартеновских печей; горные комбайны; шахтные погрузочные машины; самоходные бурильные каретки; путевые машины, бетоноукладчики; напольный производственный транспорт
3 тип "а" граница снижения производительности труда	Технологическая вибрация, воздействующая на операторов стационарных машин и оборудования или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации	Станки металло- и деревообрабатывающие, кузнечно-прессовое оборудование, литейные машины, электрические машины, насосные агрегаты, вентиляторы, буровые станки, оборудование промышленности строительных материалов (кроме бетоноукладчиков), установки химической и нефтехимической промышленности, стационарное оборудование сельскохозяйственного производства
3 тип "в" комфорт	Вибрация на рабочих местах работников умственного труда и персонала, не занимающегося физическим трудом	Диспетчерские, заводоуправления, конструкторские бюро, лаборатории, учебные помещения, вычислительные центры, конторские помещения, здравпункты и т.д.

Жесткость пружинных виброизоляторов (Н/м) определяется по формуле:

$$q_{np} = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot i}, \quad (10)$$

где G - модуль сдвига (для пружинных сталей $G = 7,85 \cdot 10^{10}$ Н/м²); d, D - диаметр прутка и пружины, м; n - число виброизоляторов; i - число рабочих витков пружины.

Жесткость резиновых виброизоляторов (Н/м) определяется по формуле:

$$q_{рез} = \frac{F_{из} \cdot \sigma_g}{H} \cdot n, \quad (11)$$

где $F_{из}$ - площадь одного виброизолятора, м²; H - высота виброизолятора, м; σ_g - динамический модуль упругости резины, Н/м²;

Из формулы (8) видно, что для повышения виброизолирующих свойств амортизатора, необходимо снижать собственную частоту системы. Это может быть достигнуто уменьшением жесткости амортизаторов.

Определить частоту собственных колебаний системы можно также, зная статическую осадку виброизоляторов:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{g}{\lambda_{cm}}}, \quad (12)$$

где $g = 9.81$ м·с⁻²; λ_{cm} - статическая осадка амортизатора, м, определяемая экспериментально.

$$\lambda_{cm} = l - l_1, \quad (13)$$

где l - длина амортизатора в свободном состоянии, м; l_1 - длина нагруженного амортизатора, м.

Зависимость коэффициента передачи вибрации КП от отношения f/f_0 графически представлена на рис.2

Как видно из графика, амортизаторы начинают выполнять виброизолирующие функции при

$$f / f_0 > \sqrt{2}. \quad (14)$$

При $f = f_0$ возникает явление резонанса ($KП > 1$) и в этом случае амортизаторы не снижают, а наоборот, увеличивают динамические силы, передающиеся на основание.

Для достижения эффективной виброизоляции необходимо, чтобы отношение частот f / f_0 было не менее 3...4.

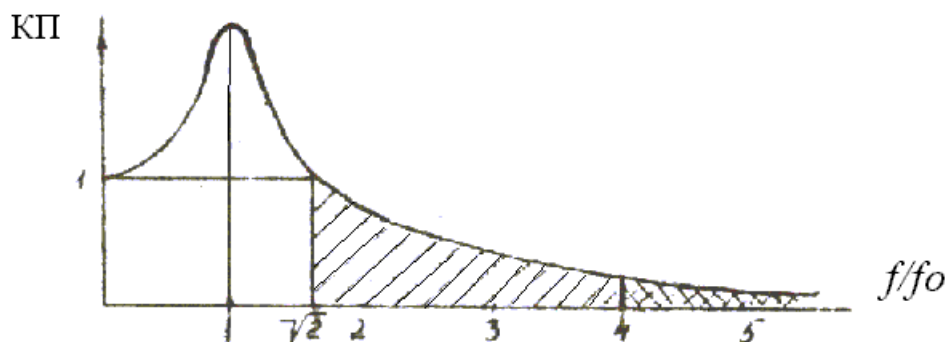


Рис. 2. Зависимость коэффициента передачи вибрации КП от отношения f / f_0 .

Ослабление уровня вибрации ΔL , дБ, определяется по формуле:

$$\Delta L_V = 20 \cdot \lg \left[(f / f_0)^2 - 1 \right] \quad (15)$$

или

$$\Delta L_V = 20 \cdot \lg \frac{1}{KП} \quad (16)$$

2. Задание на работу

2.1. Рассчитать виброизолирующую эффективность пружинных амортизаторов для экспериментальной лабораторной установки.

Расчет произвести в соответствии с методикой, изложенной в разделе 1.4. Варианты исходных данных получить у преподавателя.

2.2. Проверить эффективность рассчитанных амортизаторов на лабораторном стенде в соответствии с методикой, изложенной в разделе 3.

2.3. Измерить частоту, при которой наблюдается явление резонанса в соответствии с методикой, изложенной в разделе 3.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Рассчитать значения $q, f, f_0, f / f_0, KП, \Delta L_V$. Исходные данные и результаты расчета занести в табл.3.

3.2. Выбрать пружины, параметры которых D, d, i соответствуют заданным исходным данным для расчета $KП$, и собрать измерительный стенд (рис.3).

Таблица 3

Вариант № Исходные данные	$q = \frac{G \cdot d^4 n}{8 \cdot D^3 \cdot i}$	$f_0 = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{q}{m}}$	$f = \frac{N}{60}$	$KП = \frac{1}{(f/f_0)^2 - 1}$	$\Delta L_V = 20 \cdot \lg \frac{1}{KП}$,дБ
$D =$ м $d =$ м $c = D/d =$ $m =$ кг $G =$ Н/м ² $i =$ $n =$ $N =$ об/мин					

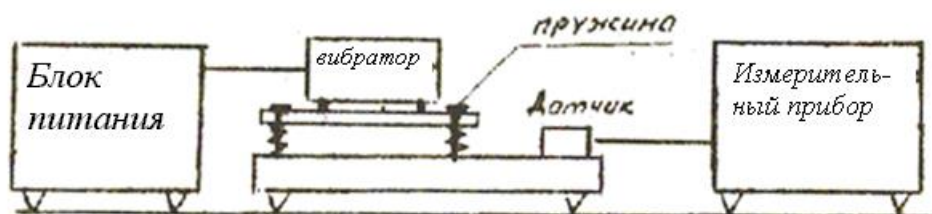


Рис. 3. Измерительный стенд

3.3. Подготовить виброизмерительный прибор к измерениям (инструкция по эксплуатации выдается вместе с прибором). Потенциометром блока питания установить заданную частоту вращения прибора N .

3.4. Измерить в соответствии с инструкцией по эксплуатации виброизмерительного прибора общие $L_{V\text{ общ}}$ и октавные $L_{V\text{ окт}}$ уровни виброскорости для случаев:

- 1 - вибратор установлен на пружины;
- 2 - пружины вибратора сжаты винтами (виброизоляторы не работают).

Результаты измерения занести в таблицу отчета (табл.4).

3.5. Определить нормированные значения вибрационной нагрузки в виде нормативных спектральных значений контролируемого параметра (виброускорения или виброскорости, а также их уровней), и скорректированного по частоте значения контролируемого параметра. Значения нормируемых показателей занести в таблицу

3.6. Сделать выводы о соответствии фактических показателей вибрации нормативным значениям.

3.7. По результатам измерений построить график в координатах L, f . Измеренные частотные характеристики сравнить с кривой допустимых уровней виброскорости на рабочих местах.

Таблица 4

Результаты измерений

Условия измерений	Уровни виброскорости (виброускорения) $L_{v \text{ окт}} (L_{a \text{ окт}})$ дБ, в октавн. полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							Корректированные по частоте значения $L_{v \text{ общ}} (L_{a \text{ общ}})$, дБ
	1	2	4	8	16	31.5	63	
$L_{v \text{ окт}} (L_{a \text{ окт}})$, дБ для случаев: 1-с виброизол. 2-без виброиз.								
Ослабление вибрации, дБ $\Delta L_v = L_{v_2} - L_{v_1}$								
Нормативные значения ГОСТ 12.1.012-90								

Пример построения графика показан на рис.4.

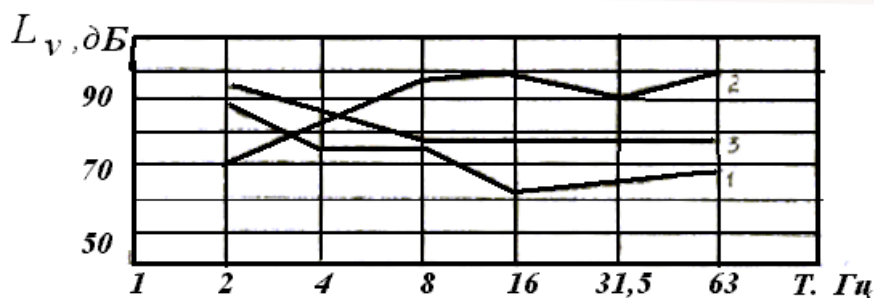


Рис. 4. Уровни виброскорости на рабочих местах:
1-для случая 1; 2-для случая 2; 3-нормативная кривая.

3.8. Определить экспериментально частоту резонанса виброизолированной системы $f_{рез}$. Для проведения этого эксперимента необходимо снять винты, сжимающие пружинные амортизаторы на лабораторном стенде. Подготовить и включить строботометр в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора (инструкция выдается вместе с прибором). Потенциометром блока питания установить частоту вращения N (об/мин), при которой наблюдаются максимальные амплитуды перемещения вибратора (т.е. явление резонанса), зафиксировать частоту вращения и сравнить полученную частоту перемещений ($f_{рез} = N/60$, Гц) с расчетной величиной f_0 .

4. Оформление отчета

Отчет должен содержать название и цель работы, результаты расчетов и протоколы результатов измерений (табл. 3,4), графики уровней вибрации, выводы об эффективности виброизоляции по резонансной частоте.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №13

«ЗАЩИТА ОТ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ»

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель работы: изучение нормативных документов, получение практических навыков по определению величины теплового излучения, освоение методики измерения, оценка эффективности средств защиты.

Задачи работы - определить интенсивность тепловых излучений в зависимости от различных параметров и оценить эффективность защиты от теплового излучения с помощью водяной завесы и экранов.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1. Физическая сущность теплового излучения

Лучистый теплообмен между телами представляет собой процесс распространения внутренней энергии, которая излучается в виде электромагнитных волн. Все электромагнитные излучения имеют одинаковую природу и отличаются только длиной волны. Например, длины волн ультрафиолетового излучения равны 0,02-0,4 мкм, видимого излучения - 0,4-0,76 мкм и инфракрасного - более 0,76 мкм. Видимое и инфракрасное излучения называют тепловым или лучистым.

Воздух прозрачен (диатермичен) для теплового излучения, поэтому при прохождении лучистого тепла через воздух температура его не повышается. Лучи поглощаются предметами, нагревают их и они становятся излучателями тепла. Воздух, соприкасаясь с нагретыми телами, нагревается, и температура воздушной среды в производственных помещениях возрастает.

Энергия теплового излучения может быть определена по формуле:

$$Q = \frac{0,78 F \left[\left(\frac{T^0}{100} \right)^4 - 110 \right]}{l^2},$$

Q - энергия теплового излучения, Вт/м²;

F - площадь излучающей поверхности, м²;

T⁰ - температура излучающей поверхности, °K;

l - расстояние от излучающей поверхности до объекта, м.

Из формулы данной следует, что количество лучистого тепла, поглощаемого телом человека, зависит от температуры источника излучения, площади излучающей поверхности, от квадрата расстояния между излучающей поверхностью и телом человека.

2.2. Воздействие теплового излучения на организм человека

Тепловой обмен организма человека с окружающей средой заключается во взаимосвязи между образованием тепла (термогенезом) в результате жизнедеятельности организма и отдачей им этого тепла во внешнюю среду. Отдача тепла осуществляется, в основном тремя способами: конвекцией, излучением и испарением /1/.

Передача тепла инфракрасным излучением (ИК - излучением) является наиболее мощным из всех путей теплоотдачи и составляет в комфортных метеоусловиях 44-59 % общей теплоотдачи. Излучение тела человека находится в диапазоне длин волн от 5 до 25 мкм с максимальной энергией, приходящейся на 9,4 мкм /2/.

В производственных условиях, когда работающий окружен предметами, имеющими температуру, отличную от температуры тела человека, соотношение способов теплоотдачи может существенно изменяться. Отдача человеческим телом тепла во внешнюю среду возможна только тогда, когда температура окружающих предметов ниже температуры тела человека. В обратном случае направление потока лучистой энергии меняется на противоположное, и уже тело человека будет получать извне дополнительную тепловую энергию. Воздействие инфракрасных лучей приводит к перегреву организма и тем быстрее, чем больше мощность излучения, выше температура и влажность воздуха в рабочем помещении, больше интенсивность выполняемой работы.

ИК - излучение, помимо усиления теплового воздействия окружающей среды на организм работающего, обладает специфическим влиянием. С гигиенической точки зрения важной особенностью ИК - излучения является способность этих лучей проникать на разную глубину в живую ткань.

Лучи длинноволнового диапазона (длина волны от 3,0 мкм до 1 мм) задерживаются в поверхностных слоях кожи уже на глубине 0,1-0,2 мм. Поэтому их физиологическое воздействие на организм проявляется, главным образом, в повышении температуры кожи и перегреве организма.

Наоборот, коротковолновый диапазон ИК - излучения характеризуется способностью проникать в ткани человеческого организма на несколько сантиметров. Так, лучи с длиной волны 0,78 x 1,4 мкм легко проникают через кожу и черепную коробку в мозговую ткань, что может привести к воздействию на клеточные образования головного мозга. Тяжелые поражения головного мозга ИК - лучами приводят к возникновению специфического заболевания - теплового удара, внешне выражающегося в головной боли, головокружении, учащении пульса, ускорении дыхания, падении сердечной деятельности, потере сознания и т.д.

При облучении коротковолновыми ИК - лучами, проникающими в глубоко лежащие ткани, наблюдается повышение температуры легких, почек, мышц и других органов. В крови, лимфе, спинномозговой жидкости появляются специфические биологически активные вещества, наблюдаются нарушения обменных процессов, изменяется функциональное состояние центральной нервной

системы.

2.3. Нормирование теплового излучения

Интенсивность теплового облучения человека регламентируется, исходя из субъективного ощущения человеком энергии облучения. Человек может неопределенно долго выдерживать излучение интенсивностью до 350 Вт/м^2 . Эта величина считается верхним пределом оптимального облучения. При более высоких значениях должно осуществляться воздушное душирование рабочих мест.

Нормы ограничивают также температуру нагретых поверхностей оборудования в рабочей зоне, которая не должна превышать 45°C , а для оборудования внутри которого температура равна или ниже 100°C , температура на его поверхность устанавливается не выше 35°C /4/.

2.4. Защита от теплового излучения

В производственных условиях не всегда возможно выполнить требования. В этом случае должны быть предусмотрены мероприятия по защите работающих от возможного перегрева: дистанционное управление ходом технологического процесса; воздушное и водо-воздушное душирование рабочих мест; устройство специально оборудованных комнат, кабин или рабочих мест для кратковременного отдыха с подачей в них кондиционированного воздуха; использование защитных экранов, водяных и воздушных завес, защищающих рабочие места от теплового излучения; применение средств индивидуальной защиты; спецодежды, специальной обуви и др.

Одним из самых распространенных способов борьбы с тепловым излучением является экранирование излучающих поверхностей. Различают экраны трех типов: непрозрачные, прозрачные и полупрозрачные /3/.

В непрозрачных экранах поглощаемая энергия электромагнитных колебаний, взаимодействуя с веществом экрана, превращается в тепловую энергию. При этом экран нагревается и, как всякое нагретое тело, излучает электромагнитные колебания. Излучение поверхностью экрана, противоположной экранируемому источнику излучения, условно рассматривается как пропущенное излучение источника. К непрозрачным экранам относятся: металлические (в т.ч. алюминиевые), альфолевые (алюминиевая фольга), футерованные (пенобетон, пеностекло, керамзит, пемза), асбестовые и др.

В прозрачных экранах излучения, взаимодействуя с веществом экрана, минует стадию превращения в тепловую энергию и распространяется внутри экрана по законам геометрической оптики, что и обеспечивает видимость через экран. Так ведут себя экраны, выполненные из различных стекол: силикатного, кварцевого, органического, металлизированного, а также пленочные водяные завесы (свободные и стекающие по стеклу), вододисперсные завесы.

Полупрозрачные экраны объединяют в себе свойства прозрачных и непрозрачных экранов. К ним относятся металлические сетки, цепные завесы,

экраны из стекла, армированного металлической сеткой.

По принципу действия экраны подразделяются на: теплоотражающие, теплопоглощающие и теплоотводящие. Однако это деление достаточно условно, так как каждый экран обладает одновременно способностью отражать, поглощать и отводить тепло. Отнесение экрана к той или иной группе производится в зависимости от того, какая способность более сильно выражена.

Теплоотражающие экраны имеют низкую степень черноты поверхностей, вследствие чего они значительную часть падающей на них лучистой энергии отражают в обратном направлении. В качестве теплоотражающих материалов в конструкции экранов широко используют альфоль, листовой алюминий, оцинкованную сталь, алюминиевую краску.

Теплопоглощающими называют экраны, выполненные из материалов с высоким термическим сопротивлением (малым коэффициентом теплопроводности). В качестве теплопоглощающих материалов применяют огнеупорный и теплоизоляционный кирпич, асбест, шлаковату.

В качестве теплоотводящих экранов наиболее широко применяются водяные завесы свободно падающие в виде пленки, орошающие другую экранирующую поверхность (например, металлическую), либо заключенные в специальный кожух из стекла (аквариальные экраны), металла (змеевики) и др.

Оценить эффективность защиты от теплового излучения с помощью экранов и водяной завесы можно по формуле, %

$$\eta = \frac{Q - Q_3}{Q} \times 100,$$

Q - интенсивность теплового излучения без применения защиты, Вт/м²;

Q_3 - интенсивность теплового излучения с применением защиты, Вт/м².

3. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Описание лабораторной установки.

Принципиальная схема лабораторной установки представлена на рис. 1. Стенд представляет собой лабораторный стол 1, выполненный в виде металлического сварного каркаса, на котором устанавливается столешница 2 и устройство 3 для создания водяной завесы, а под столешницей - замкнутая гидросистема 4 и ящик 5 для хранения комплекта сменных элементов. Ящик и гидросистема закрыты стенками и запирающимися на ключ дверцами.

Стенки и дверцы закрепляются на металлическом каркасе стенда. На столешнице 2 закреплены направляющие 6 линейного перемещения, пульт управления 7, линейка 8 и установлен имитатор 9 источника теплового излучения.

На направляющих 6 установлены две подвижные каретки 10. На одной из кареток закреплен датчик 11 измерителя теплового излучения 12, на другой - устанавливаются сменные экраны 13.

Устройство 3 для создания водяной завесы представляют собой металлическую трубу с заглушкой на одном конце и системой отверстий, просверленных по прямой линии вдоль трубы, для выпуска воды.

Непосредственно под устройством 3 расположен бак 14 для приема воды. Имитатор 9 источника теплового излучения имеет защитный кожух 15.

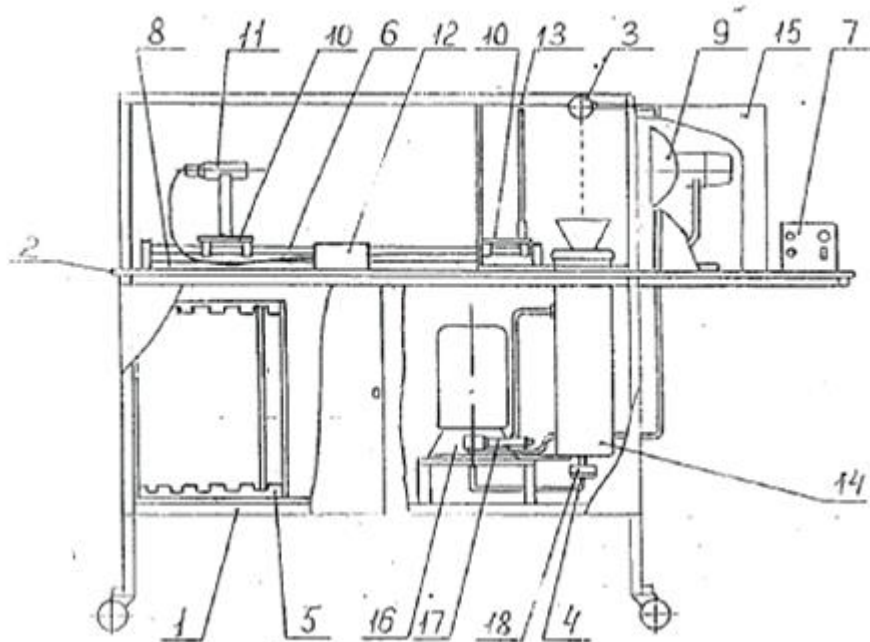


Рис. 1. Лабораторная установка

Замкнутая гидросистема 4, питающая устройство 3 для создания водяной завесы, состоит из водяного насоса 16, предохранительного клапана 17, бака 14 для приема воды, сетчатого фильтра 18.

Все элементы гидросистемы соединяются между собой и устройством для создания водяной завесы гибкими шлангами.

Бак 14 имеет штуцер для слива воды. Клапан 17 предназначен для регулирования напора воды в устройстве 3 для создания водяной завесы. Ящик 5 имеет направляющие для установки сменных экранов.

На лицевой панели пульта управления 7 установлены тумблеры: включения стенда в сеть переменного тока; включение водяного насоса и имитатора источника теплового излучения.

На задней стенке пульта управления 7 установлены розетки для подключения имитатора 9 источника теплового излучения и измерителя 12 теплового излучения.

К работе со стендом допускаются лица, ознакомленные с его устройством и принципом действия. Запрещается снимать защитный экран, которым закрыт источник теплового излучения. Все подключения и работы на стенде проводить сухими руками.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1. Ознакомиться с мерами безопасности при проведении лабораторной работы и строго выполнять их.

4.2. Ознакомиться с порядком выполнения работы.

4.3. Подключить стенд к сети переменного тока, а источник теплового излучения к розетке пульта управления. Включить пульт управления стендом.

4.4. Включить источник теплового излучения и измеритель теплового излучения.

Переносную часть измерителя с помощью каретки разместить на различных расстояниях от источника теплового излучения и определить интенсивность теплового излучения в этих точках. Данные замеров занести в табл. 1. Построить график зависимости интенсивности теплового излучения от расстояния.

4.5. Включить устройство для создания водяной завесы. Определить интенсивность теплового излучения на заданных расстояниях (аналогично п. 2.2.5). Оценить эффективность водяной завесы для защиты от теплового излучения по формуле (2). Построить график зависимости интенсивности теплового излучения от расстояния.

4.6. Установить с помощью каретки различные защитные экраны и определить интенсивность теплового излучения на заданных расстояниях (п. 2.2.5). Оценить эффективность защитного действия экранов по формуле (2). Построить график зависимости интенсивности теплового излучения от расстояния.

5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать: название работы, цель работы, схему измерения, результаты измерений и выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14

ПРОВЕРКА ПРАВИЛЬНОСТИ ВКЛЮЧЕНИЯ И ИСПРАВНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ БЛОКИРОВОК

1. ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Цель работы - ознакомить студентов с требованиями, предъявляемыми к работе электрических блокировок безопасности, включаемых в цепь управления магнитного пускателя, и научить проверять правильность включения их и исправность.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Блокировкой безопасности называется устройство, исключающее возможность проникновения человека в опасную зону или устраняющее опасный фактор на время пребывания человека в этой зоне.

Опасная зона - это пространство, в котором действует постоянно или возникает периодически факторы, опасные для жизни или здоровья человека. Особенно большое значение блокировочные устройства имеют там, где необходимо обеспечить ограждение опасной зоны, а также исключить возможность выполнения рабочими запрещенных работ при снятом или закрытом ограждении.

По принципу действия блокировки делятся на: механические, электрические, фотоэлектрические, радиационные, гидравлические, пневматические и комбинированные.

Механические блокировки выполняют в виде запорных устройств, которые связаны с элементами пуска машины непосредственно или через промежуточные части оборудования. Они не позволяют пустить машину при открытых ограждениях или открыть их на ходу машины.

Электрические блокировки действуют автоматически с применением конечных выключателей (КЗ), штепсельных разъемов и т.п., включенных в цепь управления магнитного пускателя (МП). Этими блокировочными устройствами оснащаются раздвижные, откидные и съемные ограждения, крышки, дверцы и т.п. Электрические блокировки наиболее широко применяются на оборудовании текстильной и легкой промышленности. Они устанавливаются на ленточных, ровничных прядильных машинах, красильно-формовочных агрегатах, центрифугах, конвейерах и других видах оборудования.

Действие фотоэлектрической блокировки основано на ограждении опасной зоны световыми лучами. Принцип работы блокировки заключается в следующем. Световой поток, попадая на фотоэлемент, преобразуется им в электрический ток, который усиливается в усилителе и производит включение электромагнитного реле, контакты которого замыкают цепь управления магнитного пускателя. В этом положении контактов оборудование работает нормально.

При случайном попадании руки рабочего в опасную зону световой поток

перекрывается, и ток не образуется, контакты электромагнитного реле размыкают цепь магнитного пускателя, а последний выключает двигатель. До тех пор пока рука рабочего будет находиться в опасной зоне, пуск электродвигателя невозможен, так как цепь разомкнута.

Недостатком фотоэлектрической блокировки является повышенная чувствительность к запыленности окружающего воздуха и освещенности рабочего помещения.

Электронные блокировки представляют собой защитные устройства емкостного типа, действие которых основано на изменении величины электрической емкости при приближении какой-либо части тела к зоне возможного травмирования.

Принцип работы электронной блокировки заключается в следующем, штыревая антенна из алюминиевого прутка диаметром 12-14 мм устанавливается на двух опорных изоляторах против жала валов на расстоянии примерно 80 мм от них и соединяется экранированным проводом с приборным блоком, размещенным на станине машины. При малой емкости между антенной и землей высокочастотные колебания генератора запирают лампу каскада, ток в анодной цепи отсутствует, и цепь пускателя электродвигателя замыкается через замыкающие контакты исполнительного реле. Если рука рабочего приблизится к антенне, ограничивающей опасную зону, то емкость между антенной и землей увеличивается, и тогда высокочастотные колебания генератора прервутся. В анодной цепи появится ток, достаточный для срабатывания реле. В результате цепь пускателя электродвигателя разрывается, включается тормоз и машина останавливается.

Недостатком данной блокировки является невысокая надежность работы при колебаниях температуры и влажности воздуха.

Радиоактивные блокировки используют при действии радиоактивного или другого вида излучения. Оформляются они в виде кольца или браслета, в которое помещается радиоактивный элемент.

Принцип работы радиоактивной блокировки заключается в следующем. При приближении руки работающего в опасную зону излучения, улавливаемые счетчиками, воздействуя посредством специального устройства на электрическую цепь управления МП, разрывают ее, и электродвигатель выключается.

При эксплуатации блокировок большое внимание следует уделить правильности их включения в цепь управления магнитного пускателя, так как неправильное (ошибочное) включение ведет к тяжелым случаям травматизма рабочих, особенно после ремонта, модернизации узлов, машин и наладок.

В текстильной промышленности (на ленточных, лентосоединительных, ровничных, прядильных, сновальных и ряде других машин) широко распространены электрические блокировки оградительных устройств, для которых применяют конечные выключатели ВК, включаемые в цепь управления магнитного пускателя ПМЕ.

Магнитный пускатель представляет собой комплектный аппарат, служащий для дистанционного управления электродвигателем, в него входят: трех полюсный

контактор, кнопки управления, тепловые реле и блок - контакты. Электромагнитный контактор состоит из электромагнита и контактной системы. Контакты в контакторах подразделяются на силовые и блокировочные.

Силовые, или главные контакты предназначены для замыкания или размыкания главных цепей, по которым протекает ток нагрузки (электродвигателей или других электроприемников). Блокировочные контакторы предназначены для коммутирования цепей управления и поэтому рассчитаны на небольшие номинальные токи (до 5 -10 А).

При помощи магнитного пускателя можно осуществить пуск и остановку двигателей, реверсирование и взаимную блокировку их в любом сочетании, исходя из требований технологического процесса, защиту двигателей и сети от перегрузок, так называемую нулевую защиту и сигнализацию, автоматическое управление электродвигателей привода, а также включение блокировок безопасности.

Конечный выключатель, включаемый в цепь управления магнитного пускателя, состоит из металлического корпуса, внутри которого находятся неподвижные или подвижные электрические контакты. Неподвижные контакты укреплены на изолирующем основании, а подвижные - на контактном мостике. На контактный мостик действует пружина, которая отнимает контактный мостик от нижних неподвижных контактов и прижимает его к верхним неподвижным контактам. Нижние контакты являются замыкающими, а верхние - размыкающими.

В корпусе конечного выключателя находится штифт, конец которого выступает наружу. Штифт передает давление от заблокированного ограждения (крышки, дверцы, съемного кожуха и т.п.) машины на контактный мостик.

Для включения блокировки безопасности применяют нижние (замыкающие) контакты, к которым присоединяются провода от магнитного пускателя.

При нажатии ограждения на штифт конечный выключатель замыкает замыкающие контакты и цепь управления магнитного пускателя замыкается, а при открытии ограждения происходит размыкание цепи управления магнитного пускателя, и электродвигатель останавливается.

Корпус конечного выключателя привинчен к станине машины в удобном месте под ограждением, которое в закрытом состоянии давит на штифт конечного выключателя, дверцы, крышки, оградительные решетки и т.д., оборудованные конечными выключателями, считаются заблокированными.

Блокировками безопасности должны быть оборудованы крышки, дверцы, откидные кожухи машин в тех случаях, когда, открыв их на ходу машины, рабочий может коснуться рукой движущихся частей (например, при устранении забоев хлопка в машинах, удалении отходов, чистке, смазке механизмов).

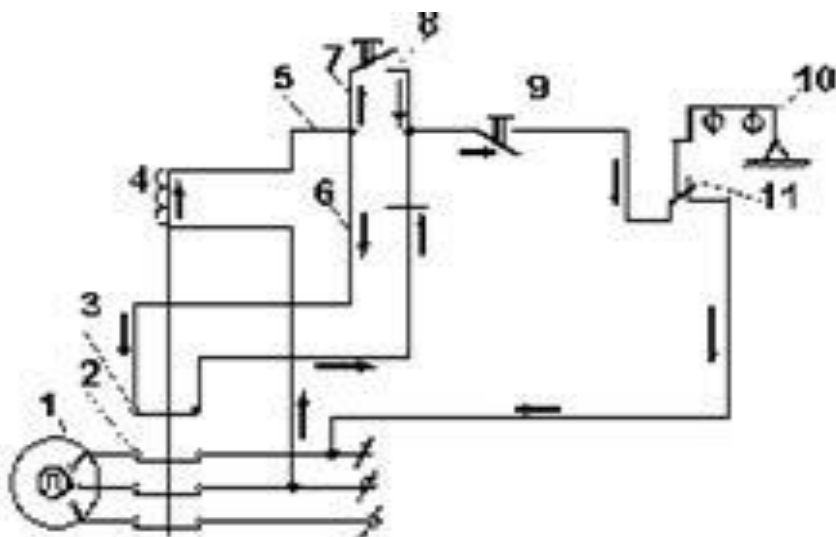
К включению блокировок безопасности предъявляют значительно более жесткие требования по сравнению с включением технологических блокировок, служащих только для производственных целей. Если блокировка оградительного устройства будет неправильно включена, то возможен тяжелый случай травматизма рабочего, обслуживающего машину.

В практике работы текстильных фабрик встречаются случаи неправильного

(ошибочного) включения электрических блокировок ограждений в цепь управления магнитного пускателя, например, после ремонта производительного оборудования, модернизации отдельных узлов машин, наладок. Поэтому после капитального ремонта комиссии, принимающие оборудование из ремонта, обязаны проверить исправность всех средств техники безопасности и, в частности, блокировок безопасности.

В свою очередь, мастера после каждого текущего ремонта, регулировки и наладки машины обязаны проверить правильность включения блокировок безопасности и их исправность.

В магнитных пускателях защита от перегрузки осуществляется тепловым реле (рис.1). При перегрузке двигателя происходит увеличение тока, потребляемого двигателем, вследствие чего нагревательные элементы 2 теплового реле сильно нагревают биметаллическую пластину 1, которая изгибается и через упор 7, рычаги 3 и 4 пружиной 5 разрывает один из замыкающих контактов 6, вследствие чего обесточивается катушка К и размыкаются главные контакты.



1 - электродвигатель машины; 2 - главные контакты МП; 3 - блок - контакты МП; 4 - втягивающая катушка МП 5 - цепь управления; 6 - цепь, шунтирующая пусковую кнопку; 7 - цепь пусковой кнопки; 8 - кнопка "Пуск"; 9 - кнопка "Стоп"; 10 - блокированная крышка оградительного устройства; 11 - конечный выключатель ВК (с нормально разомкнутыми контактами при открытой крышке ограждения).

Рис. 1. Схема включения блокировки оградительного устройства в цепь управления магнитного пускателя за кнопкой «Стоп»

Существенным преимуществом по сравнению с рубильниками и переключателями обладают магнитные пускатели, обеспечивающие так называемую нулевую защиту, которая заключается в следующем. Если во время работы электродвигателя по каким-либо причинам произошло прекращение подачи электроэнергии или значительное понижение напряжения питающей сети, тогда нарушится питание катушки К, вследствие чего разомкнутся как главные, так

и блокировочные контакты, и двигатель остановится.

При возобновлении подачи электроэнергии двигатель не возобновит свою работу самостоятельно, так как цепь управления окажется разомкнутой (при остановке двигателя разомкнутый блокировочный контакт). Для того, чтобы двигатель начал работать, надо снова нажать на пусковую кнопку.

Если бы вместо магнитного пускателя использовался обычный пускатель или рубильник, то после прекращения подачи электроэнергии двигатель остановится, но рубильник останется включенным, что может остаться незамеченным обслуживающим персоналом. При возобновлении подачи электроэнергии двигатель неожиданно самопроизвольно начнет вращаться, что может привести к аварии и несчастному случаю.

ПРАВИЛЬНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ БЛОКИРОВКИ БЕЗОПАСНОСТИ В ЦЕПЬ УПРАВЛЕНИЯ МАГНИТНОГО ПУСКАТЕЛЯ

Блокировки безопасности должны предупреждать проведение работ на ходу машины, в запрещенных местах, при открытой крышке, дверце, снятом кожухе и т.п., благодаря чему можно исключить появление несчастных случаев. Это достигается включением конечного выключателя в цепь управления неререверсивного магнитного пускателя за кнопкой "Стоп" (рис.1).

В силовую или главную цепь схемы входят главные контакты К контактора и нагревательные элементы тепловых реле РТ, через которые проходит весь ток нагрузки.

Цепь управления состоит из катушки контактора К, кнопок "Пуск" и "Стоп" (С), блокировочного контакта ВК, шунтирующего пусковую кнопку, размыкающих контактов РТ теплового реле и конечного выключателя ВК.

При нажатии пусковой кнопки П катушка контактора К оказывается под напряжением и, срабатывая, замыкает как главные контакты, так и блокировочный контакт, шунтирующий кнопку П; благодаря последнему, ток будет проходить через катушку К при отпущенной кнопке П, и двигатель будет продолжать работать.

Для остановки двигателя достаточно разорвать цепь управления нажатием кнопки остановки С; катушка К обесточивается; контакты, как главные К, так и блокировочные ВК, размыкаются, и схема готова к новому включению. Если же рабочий на ходу машины откроет за заблокированные ограждения, то это будет равносильно нажатию на кнопку "Стоп", и машина остановится.

Примечание. Для быстрого останова машины необходимы тормозные устройства, которые должны действовать одновременно с выключением тока (со срабатыванием конечного выключателя).

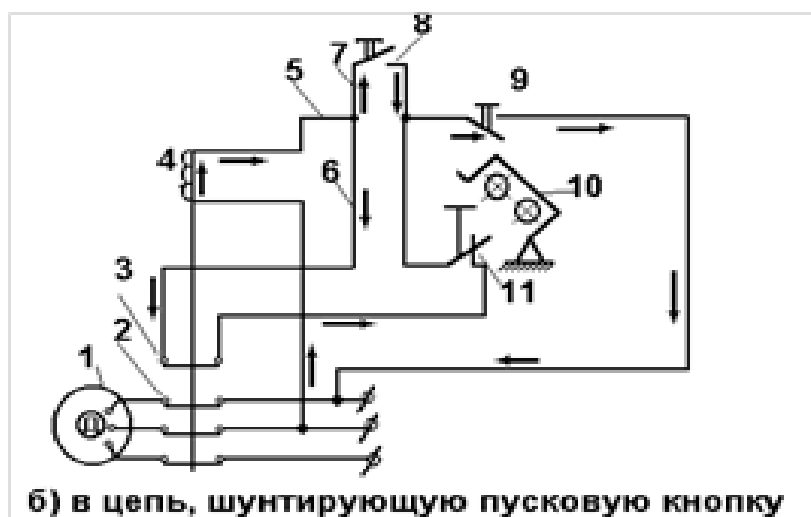
Следует также обратить внимание, что при включении конечного выключателя кнопкой "Стоп" невозможно пустить машину при открытом ограждении, так как при нажатии на кнопку "Пуск" цепь управления окажется разомкнутой конечным выключателем. В связи с этим можно работать на машинах и станках только при закрытых блокировочных крышках, дверцах и т.п.

НЕПРАВИЛЬНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ БЛОКИРОВКИ БЕЗОПАСНОСТИ

Первый случай. Блокировка включена в цепь, шунтирующую пусковую кнопку

В этом случае при открытой заблокированной крышке или дверце в момент нажатия на кнопку "Пуск" машина будет работать, так как цепь управления магнитного пускателя окажется замкнутой (рис.2). При отжатии кнопки "Пуск" машина остановится, потому что цепь, шунтирующая пусковую кнопку, будет разомкнута конечным выключателем, вследствие того, что ограждение открыто.

Если блокировку безопасности оставить включенной по указанной схеме, то это может вызвать несчастный случай с рабочим, находящимся во время работы в запретной зоне при открытом ограждении, если другой рабочий в это время включит машину (нажмет на кнопку "Пуск"). По этой причине возможны несчастные случаи на машинах, имеющих большие габариты и дистанционное включение.



1 - электродвигатель машины; 2 - главные контакты МП; 3 - блок-контакты МП; 4 - втягивающая катушка МП 5 - цепь управления; 6 - цепь, шунтирующая пусковую кнопку; 7 - цепь пусковой кнопки; 8 - кнопка "Пуск"; 9 - кнопка "Стоп"; 10 - заблокированная крышка оградительного устройства; 11 - конечный выключатель ВК (с нормально разомкнутыми контактами при открытой крышке ограждения).

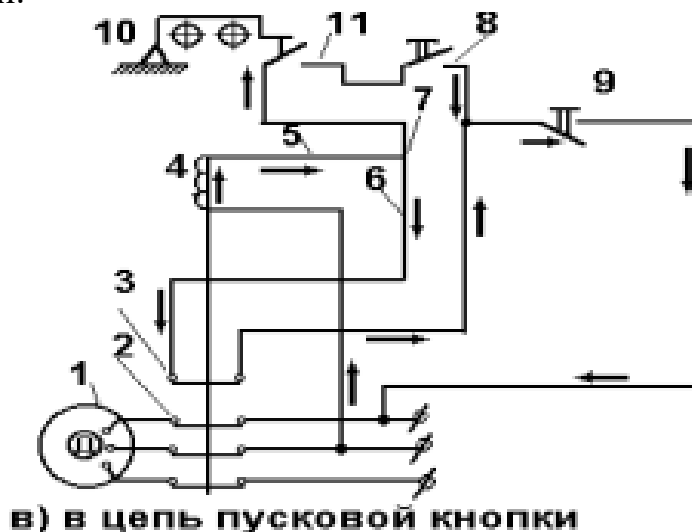
Рис.2. Схема включения блокировки оградительного устройства в цепь, шунтирующую пусковую кнопку

Второй случай. Блокировка включена в цепь пусковой кнопки

Из схемы, изображенной на рис.3, видно, что при открытой заблокированной крышке или дверце машину пустить невозможно, ввиду того, что в момент нажатия на кнопку "Пуск" цепь управления магнитного пускателя окажется разомкнутой около кнопки "Пуск". Следовательно, при таком включении

блокировки машину можно пустить лишь при закрытом ограждении.

Однако эта схема включения блокировки позволяет на ходу машины открыть оградительное устройство, причем машина будет продолжать работать при открытом ограждении, так как цепь управления магнитного пускателя оказывается замкнутой. Поэтому недопустимо включать блокировки безопасности в цепь пусковой кнопки.



1 - электродвигатель машины; 2 - главные контакты МП; 3 - блок-контакты МП; 4 - втягивающая катушка МП 5 - цепь управления; 6 - цепь, шунтирующая пусковую кнопку; 7 - цепь пусковой кнопки; 8 - кнопка "Пуск"; 9 - кнопка "Стоп"; 10 - блокированная крышка оградительного устройства; 11 - конечный выключатель ВК (с нормально разомкнутыми контактами при открытой крышке ограждения).

Рис. 3. Схема включения блокировки оградительного устройства в цепь пусковой кнопки

3. ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА И ПРОВЕРКА ЭЛЕКТРОБЛОКИРОВКИ ОГРАДИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Правильность включения электрической блокировки оградительного устройства проверяют на стенде, который выполнен в виде полки, установленной на столе (рис. 4).

На вертикальной плоскости А стенда находятся три блокированные дверцы 1, каждая из них снабжена отдельным конечным выключателем 2 и коробкой управления 3 с кнопками "Пуск" и "Стоп". На горизонтальной плоскости стенда Б установлены три электродвигателя 4, а на вертикальной плоскости В смонтированы три магнитных пускателя 6, около которых размещены соответствующие схемы включения блокировок оградительных устройств. Эти схемы студенты вывешивают после проверки блокировок безопасности. На стенде смонтированы три отдельные блокировки безопасности, которые включены по схемам, приведенным на рис.1,2,3.

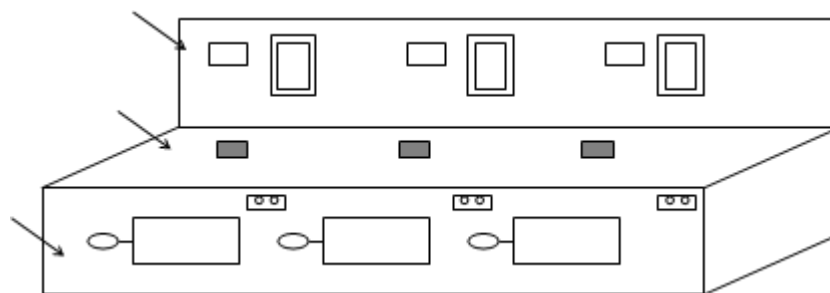


Рис. 4. Стенд включения электрических блокировок безопасности в цепь управления магнитного пускателя.

Работу каждой блокировки необходимо проверить в следующей последовательности:

- закрыть дверцу проверяемой блокировки;
- нажать кнопку "Пуск" (во время нажатия кнопки "Пуск" электродвигатель должен работать);
- отжать кнопку "Пуск" (Электродвигатель должен продолжать работать);
- открыть дверцу на ходу машины; электродвигатель должен остановиться, если он не остановится, это означает, что блокировка включена неправильно (по схеме на рис.3);
- нажать кнопку "пуск" при открытой дверце (в момент нажатия на кнопку "Пуск" электродвигатель не должен работать, иначе блокировка включена неправильно (по схеме на рис.2);
- отжать кнопку "Пуск" (электродвигатель не должен работать).

Примечание: Работа электродвигателя при открытой дверце в момент нажатия на кнопку "Пуск" и после отжатия кнопки "Пуск" указывает на отключение блокировки.

Нельзя проверять правильность включения блокировки безопасности, начиная с открытой заблокированной крышки, дверцы и т.д., так как в этом случае не возможно установить второй случай неправильного включения блокировки безопасности в цепь пусковой кнопки.

Металлические корпуса электродвигателей, магнитных пускателей и конечных выключателей должны быть заземлены или занулены (в зависимости от системы энергоснабжения).

Заземляющие проводники к электродвигателям, магнитным пускателям, конечным выключателям, металлоконструкциям разрешается присоединять одним из способов: сваркой, на болт с контргайкой, на болт с гайкой и шайбой с пружиной.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Техника безопасности при выполнении работ.
2. Проверить правильность включения в цепь управления магнитного пускателя и исправность электрических блокировок безопасности.

3. Проверить наличие и исправность цепи заземляющего провода, надежность соединений, отсутствие повреждений изоляции.

4. Запрещается касаться руками соединительных контактов и токоведущих частей, когда схема находится под напряжением.

5. При обращении с вращающимися частями машины следует соблюдать осторожность, так как даже совсем гладкий вращающийся вал способен захватить и намотать на себя свисающие волосы, концы тканей.

6. Получить инструктаж по технике безопасности у преподавателя и разрешение на выполнение работы.

7. Ознакомиться с элементами блокировок, смонтированными на стенде и найти их на схемах включения.

8. Проверить работу и исправность трех блокировок, каждой в отдельности (порядок последовательности проверки блокировок указан выше).

9. Составить отчет.

5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

1. Проверка исправности электрических блокировок безопасности

2. Составить схему правильного включения блокировки безопасности и на этой схеме показать пунктиром два случая неправильного включения блокировки оградительного устройства в цепь управления магнитного пускателя.

3. Дать заключение о правильности включения и исправности имеющихся на стенде блокировок безопасности, около каждой поместить соответствующую схему включения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 15

КОНТРОЛЬ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ И УСТАНОВОК

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы: ознакомиться с методами контроля качества изоляции электрических сетей и установок и научиться измерять сопротивление изоляции.

Задачи работы: научиться пользоваться мегаомметром, измерить сопротивление изоляции обмоток электрических машин, дать оценку качества изоляции.

2. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Анализ травматизма на производстве показывает, что до 40 % несчастных случаев со смертельным исходом приходится на случаи поражения людей электрическим током, причем большая часть поражений отмечается в электроустановках до 1000 В.

Степень безопасности эксплуатации электроустановок в значительной степени определяется состоянием изоляции токоведущих частей. При плохом состоянии изоляции возможно ее повреждение и замыкание фазы на корпус электрооборудования. Чтобы предотвратить появление напряжения на корпусе электрооборудования необходимо проводить контроль и испытания изоляции.

Контроль изоляции - измерение активного сопротивления (сопротивления постоянному току) изоляции. Существуют следующие виды контроля изоляции: а) приемо-сдаточные испытания; б) постоянный контроль изоляции; в) периодический контроль изоляции.

Постоянный контроль изоляции (измерение сопротивления изоляции под рабочим напряжением в течение всего времени работы электроустановки) возможен только в сетях с изолированной нейтралью, так как в сети с заземленной нейтралью постоянный ток прибора контроля изоляции замыкается через малое сопротивление заземления нейтрали и прибор покажет нуль.

Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) и другими нормативными документами регламентированы нормы сопротивления изоляции для отдельных элементов сети (участка кабельной сети, обмотки электродвигателя и др.), поэтому при определении качества изоляции измерения производятся на установках, отключенных от сети.

Сопротивление изоляции зависит от приложенного напряжения (рисунок 2), поэтому напряжение, подаваемое на изоляцию измерительным прибором, должно

быть не ниже номинального напряжения электроустановки, или несколько больше, что позволяет проверить и электрическую прочность изоляции. Однако чрезмерно высокое измерительное напряжение может повредить изоляцию, поэтому в правилах технической эксплуатации (ПТЭ) регламентируется напряжение мегаомметра в зависимости от номинального напряжения электроустановки (таблица 1).

Таблица 1 - Измерительное напряжение мегаомметра

Номинальное напряжение цепи, В	Напряжение постоянного тока при изменении, В
до 100	От 100 до 250
Св. 100 до 250	От 250 до 500
Св. 250 до 650	От 500 до 1000
Св. 650 до 2000	От 1000 до 2500

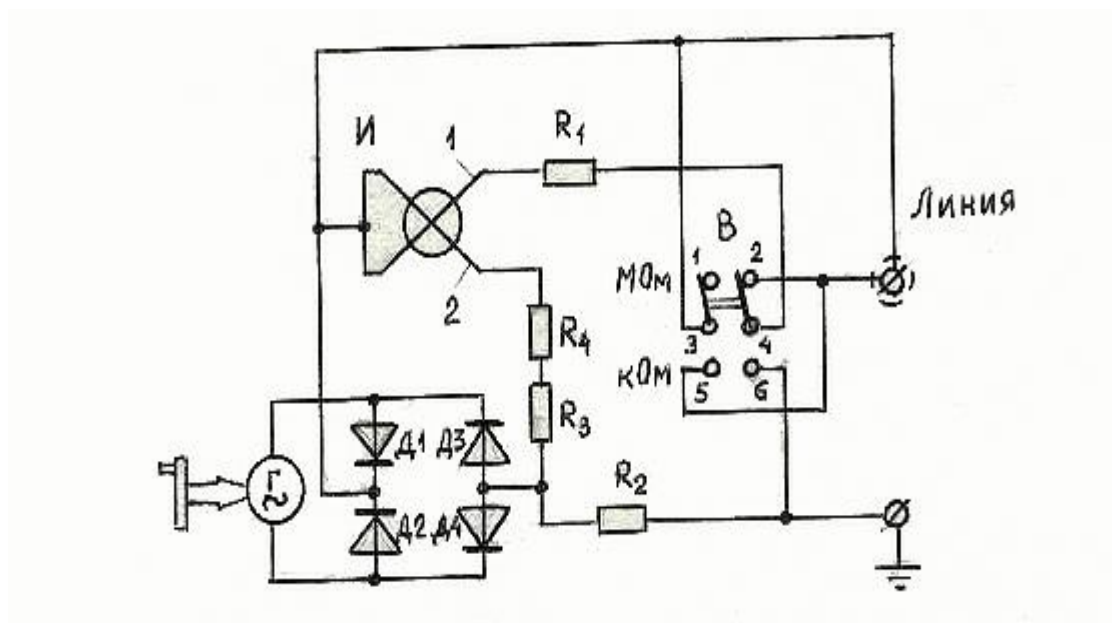
Нормативные значения сопротивления изоляции регламентированы ПУЭ. Сопротивление изоляции каждого участка в сетях напряжением до 1000 В должно быть не ниже 0,5 МОм на фазу. Для электрических аппаратов и машин нормы другие, поэтому они от сети отключаются и измерение сопротивления изоляции производится отдельно.

3. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ

Сопротивление изоляции измеряется мегаомметрами. В настоящее время промышленностью выпускаются несколько типов этих приборов (М1102/1, М4100/1-5, Ф4102/1-2 и Ф4102/1-1м).

Мегаомметр типа М1102/1 является переносным прибором для измерения сопротивления изоляции электрических сетей и установок, не находящихся под напряжением. Прибор состоит из генератора переменного тока, приводимого во вращение от руки, выпрямителя, измерительного механизма и вспомогательных элементов (рисунок 1). Номинальная скорость вращения рукоятки генератора 120 об/мин. Прибор широко применяется для сетей напряжением до 380 В. Измерительное напряжение 500 В. Прибор имеет два предела измерения: от 0 до 1000 кОм и от 0 до 500 МОм с рабочей частью шкалы от 0,2 до 200 МОм.

Выходное напряжение прибора зависит от величины измеряемого сопротивления. Примерная нагрузочная характеристика (зависимость напряжения на зажимах от величины измеряемого сопротивления) приведена на рисунке 2.



Г - генератор; И - измерительный механизм
 1 - рабочая рамка; 2 - противодействующая рамка
 Рисунок 1 - Внешний вид и принципиальная электрическая схема
 мегаомметра М1102/1

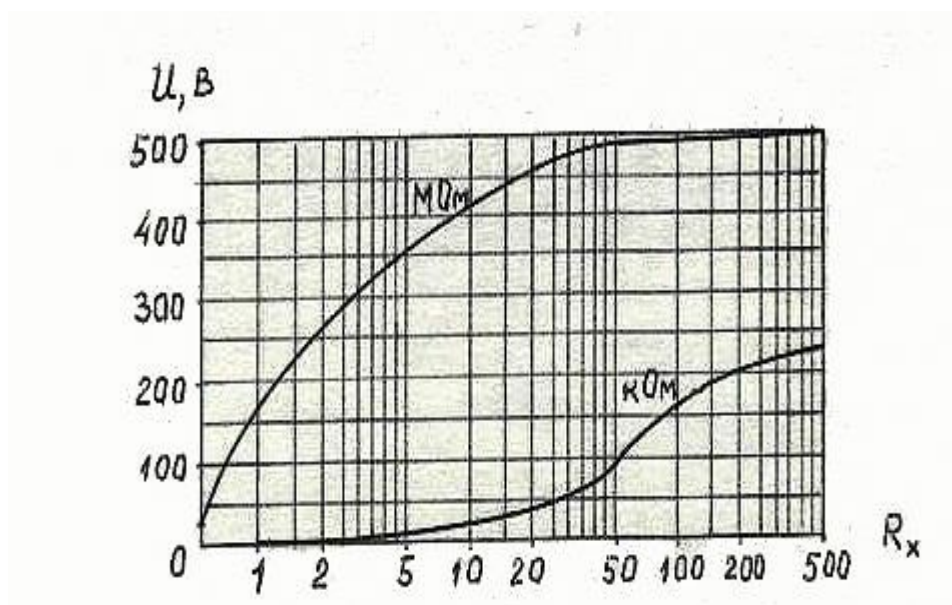


Рисунок 2 - Нагрузочные характеристики мегаомметра М1102/1

Мегаомметры М4100/1, М4100/2, ... М4100/5 являются двухпредельными приборами (кОм и МОм) и выпускаются в пяти модификациях (таблица 2). Питание прибора осуществляется от встроенного генератора, приводимого во вращение рукой.

Таблица 2 - Мегаомметры М4100/1-2

Модификация прибора	Пределы измерения		Номинальное выходное напряжение, В
	кОм	Мом	
М4100/	0 - 200	0 - 100	100
М4100/2	0 - 500	0 - 300	250
М4100/3	0 - 1000	0 - 500	500
М4100/4	0 - 1000	0 - 1000	1000
М4100/5	0 - 2000	0 - 3000	2500

Мегаомметры Ф4102/1 и Ф4102/2 получают питание от сети переменного тока напряжением 220 В частотой 50 Гц, а также от встраиваемых химических источников постоянного тока напряжением 10-14 В. Измерительное напряжение в приборе Ф4102/1 составляет 100, 500 и 1000 В. В мегаомметре Ф4102/2 измерительное напряжение 100 В и 2500 В (таблица 3).

Таблица 3 - Мегаомметры Ф4102/1 и Ф4102/2

Модификация прибора	Диапазон измерения сопротивления изоляции не менее, МОм			Напряжение, В
Ф4102/1	0 - 30	и	0 - 2000	100
	0 - 150	и	0 - 10000	500
	0 - 300	и	0 - 20000	1000
Ф4102/2	0 - 2000	и	0 - 20000	1000
	0 - 5000	и	0 - 50000	2500

4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Внимание! Перед измерением необходимо убедиться в отсутствии напряжения в испытываемых электрических цепях и исправности прибора. Проводить измерения в цепях, находящихся под напряжением, запрещается!

При вращении рукоятки прибора М1102/1 и измерении сопротивления изоляции прибором 4102/1 не следует касаться оголенных проводов, присоединенных к зажимам.

4.1. Изучить правила работы с мегаомметрами.

4.2. Подготовить таблицу для записи результатов измерений.

4.3. Проверить исправность мегаомметра М1102/1 и М4102/1. В исправном приборе при разомкнутых зажимах стрелка должна установиться на отметке " ∞ "

(бесконечность).

4.4. Пользуясь мегаомметрами М1102/1 и Ф4102/1, измерить сопротивление изоляции обмоток электродвигателя относительно корпуса:

а) вывод " " мегаомметра подключить к корпусу электродвигателя, а вывод "Линия" соединить с выводом одной из обмоток двигателя;

б) остальные обмотки двигателя соединить с корпусом;

в) вращая рукоятку мегаомметра М1102/1, снять отсчет показаний.

И так поочередно измерить сопротивление изоляции других обмоток.

4.5. Измерить сопротивление изоляции между обмотками.

4.6. Проверить соответствие условий измерений требованиям ГОСТ 21657-83. Для этого по нагрузочной характеристике мегаомметра (рис. 2) определить напряжение при измерении и сравнить его с нормативным (табл. 1).

4.7. Сравнить сопротивление изоляции с нормативным значением и дать оценку качества изоляции.

5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать: название работы, цель работы, схему измерения, результаты измерений и выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 16

«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЖИДКОСТЕЙ»

Цель работы - изучить методики определения температуры вспышки, нижнего температурного нижнего концентрационного пределов воспламенения (распространения пламени) паров жидкости и провести оценку ее пожарной опасности для категорирования производства по НПБ и классификации помещений по ПУЭ.

ПОКАЗАТЕЛИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЖИДКОСТЕЙ

Температура вспышки ($t_{всп}$) - самая низкая (в условиях специальных испытаний) температура горючего вещества, при которой над поверхностью образуются пары и газы, способные вспыхивать в воздухе от источника зажигания, но скорость их образования еще недостаточна для последующего горения.

В зависимости от значения температуры вспышки жидкости классифицируются на горючие жидкости - ГЖ (температура вспышки в закрытом тигле более 61 °С или более 66 °С в открытом тигле) и легко воспламеняющиеся - ЛВЖ (температура вспышки в закрытом тигле не выше 61 °С или не выше 66 °С в открытом тигле).

Легковоспламеняющиеся жидкости делятся на следующие разряды:

1-й - особо опасные ЛВЖ, горючие жидкости с температурой вспышки от -18 °С и ниже в закрытом тигле или -13 °С и ниже в открытом тигле;

2-й - постоянно опасные ЛВЖ, горючие жидкости с температурой вспышки выше -18 до +23 °С в закрытом тигле или выше -13 до +27 °С в открытом тигле;

3-й - опасные при повышенной температуре воздуха ЛВЖ, горючие жидкости с температурой вспышки выше +23 °С до +61 °С в закрытом тигле или выше +27 до +66 °С в открытом тигле.

Температура вспышки жидкостей является одним из важнейших показателей при определении степени пожаровзрывоопасности производственных помещений и зданий с расположенными в них технологическими процессами, в которых используются горючие жидкости.

Значения температуры вспышки применяются при определении классов опасности взрывоопасных и пожароопасных зон в соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок (ПУЭ), а также при разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности и взрывобезопасности производств в соответствии с требованиями системы стандартов безопасности труда (ССБТ).

Нижний концентрационный предел распространения пламени ($j_{нпрп}$) - минимальное содержание горючего вещества в однородной смеси с окислительной средой, при которой возможно распространение пламени по смеси на любое расстояние от источника зажигания.

$j_{нпрп}$ используется при определении категории помещений по

пожаровзрывоопасности [3], а также при классификации зон по взрывопожарной и пожарной опасности [2]. Значение нижнего концентрационного предела распространения пламени применяют при расчете взрывобезопасных концентраций газов, паров и пылей внутри технологического оборудования, трубопроводов, при проектировании вентиляционных систем, а также при расчете предельно допустимых взрывобезопасных концентраций газов, паров и пылей в воздухе рабочей зоны с потенциальным источником зажигания.

Нижний температурный предел распространения пламени ($t_{\text{НПРП}}$) - температура вещества, при которой его насыщенный пар образует в окислительной среде концентрацию равную $j_{\text{НПРП}}$.

Данные о $t_{\text{НПРП}}$ применяются при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности объекта, при расчете пожаровзрывобезопасных температурных режимов работы технологического оборудования, при оценке аварийных ситуаций, связанных с разливом горючих жидкостей, и для расчета концентрационных пределов распространения пламени.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

Для установления нормативных требований по обеспечению взрывопожарной и пожарной безопасности помещений и зданий в отношении планировки и застройки, этажности, площадей, конструктивных решений и инженерного оборудования определяют категории пожаровзрывоопасности помещений и зданий [3].

В табл.1 представлена классификация помещений по категориям взрывопожароопасности и пожароопасности, которые определяются исходя из агрегатного состояния и характеристик пожарной опасности веществ, используемых в технологических процессах, а также количества горючих веществ.

Таблица 1

Классификация помещений по взрыво- и пожаро опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А Взрывопожароопасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°C в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные 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 или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.

Б Взрывопожароопасная	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28°C, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещениях, превышающее 5 кПа.
В1-В4 пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б.
Г	Негорючие вещества или материалы в горячем, расплавленном или нагретом 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	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Примечание: определение категорий В1-В4 осуществляют по максимальному значению удельной временной пожарной нагрузки ($МДж \cdot м^{-2}$) на любом участке.

КАТЕГОРИИ ЗДАНИЙ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ И ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

Категорирование зданий по взрывопожарной и пожарной опасности производится на основании классификации помещений, наличия автоматических установок пожаротушения и площадей помещений, составляющих здание.

Здание относится к категории А, если в нем суммарная площадь помещений категорий А превышает 5% площади всех помещений или 200 м². Допускается не относить здание к категории А, если суммарная площадь помещений категории А в здании не превышает 25% площади всех размещенных в нем помещений (но не более 1000 м²) и эти помещения оборудованы установками автоматического пожаротушения.

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

- здание не относится к категории А;

- суммарная площадь помещений категории А и Б превышает 5% суммарной площади всех помещений или 200 м².

Допускается не относить здание к категории Б, если суммарная площадь помещений категорий А и Б в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в ней помещений (но не более 1000 м²) и эти помещения оборудованы установками автоматического пожаротушения.

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

- здание не относится к категориям А и Б;
- суммарная площадь помещений А, Б, В в здании не превышает 5% (10%, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б) суммарной площади всех помещений.

Допускается не относить здание к категории В, если суммарная площадь помещений категорий А, Б и В в здании не превышает 25% суммарной площади всех размещенных в ней помещений (но не более 3500 м²) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Г, если одновременно выполнены два условия:

- здание не относится к категориям А, Б, В;
- суммарная площадь помещений категорий А, Б, В и Г превышает 5% суммарной площади всех помещений.

Допускается не относить здание к категории Г, если суммарная площадь помещений А, Б, В, Г в здании не превышает 25% суммарной площади всех помещений (но не более 5000 м²) и помещения А, Б, В оборудованы установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Д, если оно не относится к категориям А, Б, В или Г.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ВЗРЫВОПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЗОН ПОМЕЩЕНИЙ

Для обеспечения успешной пожаровзрывной защиты и предотвращения аварий на предприятии, кроме категорирования зданий и помещений, существует классификация зон помещений по взрывной и пожарной опасности согласно ПУЭ.

Основными способами борьбы с воспламенением от электрооборудования являются правильный выбор и надлежащая эксплуатация этого оборудования во взрыво- и пожароопасных производствах. В связи с этим все помещения (цехи, участки и т.п.), наружные установки согласно ПУЭ классифицируют на пожароопасные (П-1, П-11, П=11а, П=111) и взрывоопасные (В-1, В-1а, В-1б, В-1г, В-11, В-11а) зоны.

Пожароопасной зоной называется пространство внутри и вне помещений, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества и в которых они могут находиться при нормальном технологическом процессе, или при его нарушениях.

Зоны класса П-1 - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С в закрытом тигле.

Зоны класса П-11 - зоны, расположенные в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна с нижним концентрационным пределом воспламенения более 65 г/м³ к объему воздуха.

Зоны класса П-11а - зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества.

Зоны класса П-111 - зоны, расположенные вне помещения, в которых обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61 °С в закрытом тигле или твердые горючие вещества.

Взрывоопасная зона - это пространство, в котором имеются или могут появиться взрывоопасные смеси и в пределах которого на исполнение электрооборудования накладываются ограничения с целью уменьшения вероятности возникновения взрыва, вызванного электрооборудованием.

К классу В-1а относятся зоны производственных помещений, в которых взрывоопасная концентрация газов и паров возможна только в результате аварии или неисправностей.

К классу В-1б относятся те же зоны, что и к классу В-1а, но имеющие одну из следующих особенностей:

- горючие газы в этих зонах обладают высоким нижним концентрационным пределом воспламенения (15% и более) и резким запахом при ПДК;
- при аварии в этих зонах возможно создание только местной взрывоопасной концентрации, распространяемой на объем не более 5% общего объема помещений (зоны);
- горючие жидкости и газы используются в небольших количествах без применения открытого пламени, в вытяжных шкафах или под вытяжными зонтами.

К классу В-1г относятся пространства наружных установок, содержащие взрывоопасные газы, пары, жидкости, причем взрывоопасная концентрация может создаваться только в результате аварии или неисправностей.

К классу В-11 относятся зоны производственных помещений, в которых возможны образования взрывоопасных концентраций пылей или волокон с воздухом или другим окислителем при нормальных режимах работы.

К классу в-11а относятся зоны, аналогичные зонам класса В-11, в которых взрывоопасные концентрации пылей и волокон могут образовываться только в результате аварий или неисправностей.

Применяемые в этих помещениях электроустановки должны обеспечивать как необходимую степень защиты их обмоток от воздействия окружающей среды, так и необходимую безопасность в отношении пожара или взрыва по причине их неисправности.

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЖИДКОСТЕЙ

Из многочисленных методов расчета температуры вспышки наиболее точно ее можно найти по формуле, учитывающей линейную зависимость $t_{всп}$ от температуры кипения жидкости ($t_{кип}$) в пределах отдельных классов химических соединений

$$t_{всп} = a + b \cdot t_{кип} \quad (1)$$

где a и b - эмпирические коэффициенты, значения которых приведены в табл.2;

$t_{кип}$ - в $^{\circ}\text{C}$.

А наиболее просто рассчитать $t_{всп}$ с использованием формулы Орманди и Грэвена в упрощенном виде:

$$t_{всп} = 0,736 \cdot t_{кип} \quad (2)$$

где $t_{кип}$ в градусах Кельвина, а $t_{всп}$, $^{\circ}\text{C}$.

Между температурой вспышки и нижним температурным пределом распространения пламени $t_{нпрп}$ существует зависимость

$$t_{нпрп} = t_{всп} - c, \quad (3)$$

где $c = 2$, если для расчета используется значение $t_{всп}$ в закрытом тигле;

$c = 8$, если используется для расчета значение $t_{всп}$ в открытом тигле.

Таблица 2

Значения коэффициентов для различных классов химических соединений

Класс вещества	Коэффициенты		Средняя квадратичная погрешность
	$a, ^{\circ}\text{C}$	b	
Алканы	-72,22	0,693	1,5
Спирты	-41,69	0,652	1,4
Алкиланилины	-21,94	0,533	2,0
Карбоновые кислоты	-43,57	0,708	2,2
Алкилфенолы	-38,42	0,623	1,4
Ароматические углеводороды	-67,83	0,665	3,0
Альдегиды	-74,78	0,831	1,5
Бромалканы	-49,56	0,665	2,2
Катоны	-52,69	0,643	1,9
Хлоралканы	-55,70	0,631	1,7

В свою очередь нижний концентрационный предел распространения пламени связан с нижним температурным пределом распространения пламени зависимостью:

$$t_{нпрп} = \frac{B}{A - \lg(j_{нпрп} \cdot P/100)} - CA \quad (4)$$

где A , B , CA - константы уравнения Антуана;

P - атмосферное давление, кПа.

Таблица 3

**Показатели пожаровзрывоопасности
органических жидкостей различных классов**

Название вещества	Класс химических соединений	Константы уравнения Антуана			Температура кипения, °С	Температура вспышки, °С	j _{нпрп} %	Горючесть, воспламеняемость
		А	В	С _А				
Анилин	Алкиланилины	6,92129	1457,020	176,195	184,40	73	1,32	ГЖ
Ацетон	Кетоны	7,25058	1281,721	237,088	56,24	-18	2,91	ЛВЖ
Бензол	Ароматические углеводороды	6,48898	902,275	178,099	80,10	-12	1,43	ЛВЖ
Глицерин	Спирты	9,052597	3074,220	14,712	290,00	98	3,09	ГЖ
Диметилформамид	Алканимиды	7,03446	1482,985	204,342	153,00	58	3,35	ЛВЖ
Стирол	Ароматические углеводороды	7,94049	2113,057	272,986	145,20	31	1,06	ЛВЖ
Уксусная кислота	Карбоновые кислоты	7,79846	1789,752	245,908	118,10	38	3,33	ЛВЖ
Этиленгликоль	Спирты	9,01261	2753,183	252,009	197,2	112	4,29	ГЖ
Этиловый спирт	Спирты	8,68665	1918,508	252,125	78,37	13	3,61	ЛВЖ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ

Сущность метода заключается в нагревании вещества с постоянной скоростью при непрерывном перемешивании и испытании на вспышку через определенные интервалы температур.

Следует учесть, что перед тем как приступить к экспериментальному определению температуры вспышки необходимо знать ее ориентировочные значения, так как испытания на вспышку начинают при температуре на 10-15 °С ниже предполагаемой температуры вспышки. С этой целью перед проведением серии опытов аналитически определяют значение температуры вспышки.

ОПИСАНИЕ ПРИБОРА ПВНЭ.

Температуру вспышки легковоспламеняющихся и горючих жидкостей определяют в закрытом тигле на приборе ПВНЭ (прибор вспышки нефтепродуктов

с электрическим подогревом), принципиальная схема которого представлена на рис.1.

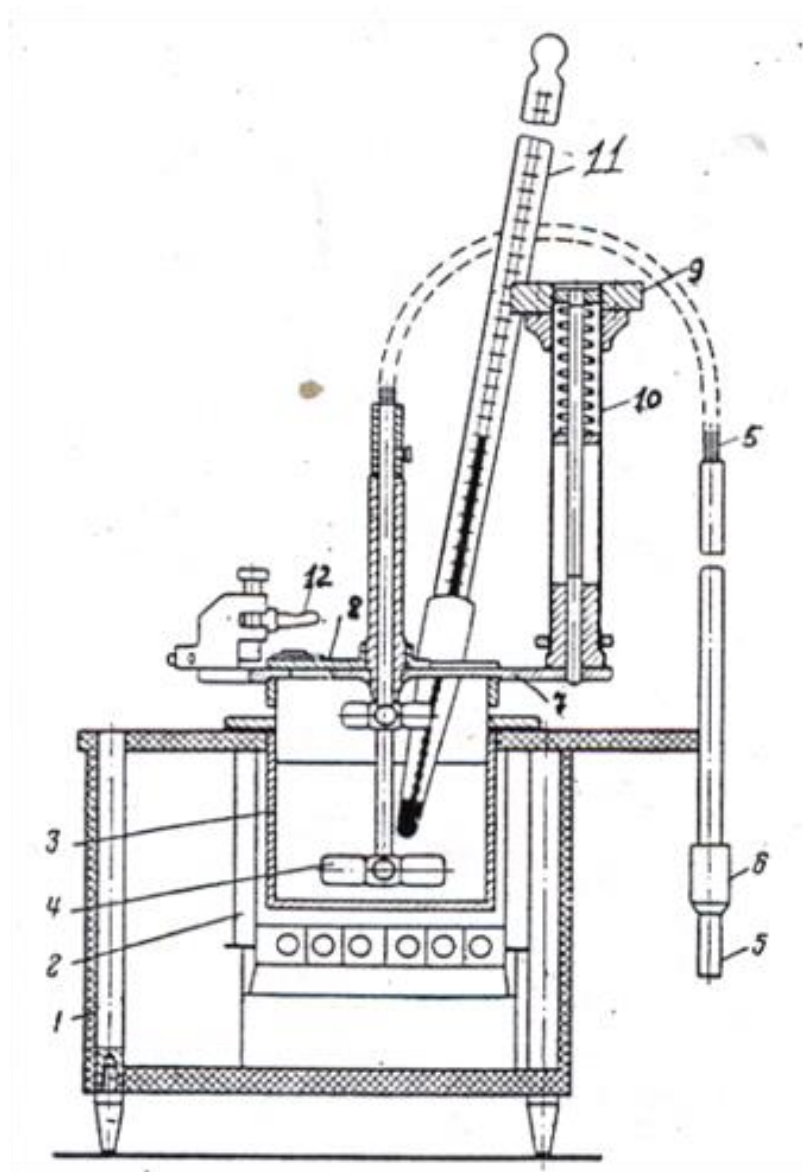


Рис.1. Принципиальная схема прибора ПВНЭ

Прибор ПВНЭ устанавливают на специальной платформе с тремя установочными винтами. Он закрыт металлическим кожухом 1, внутри которого в центре укреплен металлический цилиндр 2, являющийся электронагревательной ванной. По боковой поверхности и по дну цилиндра, выложенным асбестом, проходит электрическая спираль, концы которой выведены к двум зажимам на наружной поверхности кожуха для подключения к сети переменного тока через регулятор напряжения - лабораторный автотрансформатор (ЛАТР), позволяющий плавно изменять скорость нагревания испытуемой жидкости. Внутри цилиндра вставлен латунный стакан 3 для испытуемого продукта. В верхней части стакана имеется риска, указывающая предел наполнения стакана испытуемой жидкостью.

С целью более точного определения температуры вспышки прибор имеет мешалку 4 для перемешивания во время подогревания в стакане испытуемой

жидкости (нижняя пара лопастей) и ее паров в смеси с воздухом (верхняя пара лопастей). Мешалка приводится во вращение гибкой передачей 5 при нажатии на рукоятку 6.

Стакан плотно закрыт крышкой 7, имеющей три отверстия трапецевидной формы. В нерабочем положении они закрываются заслонкой 8 с двумя отверстиями, соответствующими среднему и боковому отверстиям крышки. Заслонка поворачивается головкой 9 вместе с колонкой 10. В крышке имеется также два круглых отверстия для мешалки и термометра 11. На крышке в стойке на цапфах установлена горелка с фитилем 12.

При вращении головки 9 пружина, проходящая через колонку 10, поворачивает через рычаг заслонку 8, которая открывает среднее отверстие крышки 7. Когда оно откроется на $\frac{3}{5}$ своей длины (по окружности), откроются и боковые отверстия крышки. Одновременно наклоняется в вертикальной плоскости горелка 12 с фитилем. При полном совпадении отверстий заслонки и крышки конец фитильной трубки горелки опустится в среднее отверстие до середины толщины крышки, и в этот момент на короткое время появится пламя над поверхностью жидкости. Это и есть момент вспышки. При этом термометр 11 показывает температуру вспышки испытуемой жидкости. При отпуске головки 9 заслонка и горелка автоматически возвращаются в первоначальное положение, и отверстия крышки окажутся закрытыми заслонкой.

Если при проведении исследования атмосферное давление отличалось от 101,3 кПа (760 мм рт.ст.), то в показание термометра вводят поправку на температуру, которую определяют по формуле

$$Dt = \text{-----} 0,9, (5),$$

где P - барометрическое давление, кПа

$$\text{или } Dt = 0,0345 (760 - P) (6),$$

где P - барометрическое давление, мм рт.ст.

При низких давлениях поправку прибавляют, а при больших - вычитают из показаний термометра.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ И ОБРАБОТКИ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

1. Ознакомиться с настоящим указанием и неукоснительно выполнять их требования.
2. Рассчитать температуру вспышки исследуемой жидкости, используя аналитическую зависимость (1 или 2).
3. Вместе с преподавателем или лаборантом проверить комплектность прибора ПВНЭ.
4. Подключить нагреватель печи к сети через ЛАТР и отрегулировать скорость нагрева жидкости ($5-6^{\circ}\text{C}/\text{мин}$).
5. Процесс нагревания сопровождать перемешиванием жидкости мешалкой, обеспечивая частоту вращения от 90 до 120 мин^{-1} .

6. Испытания на вспышку начать проводить за 10-15 °С до предполагаемой температуры вспышки через 1 °С для жидкостей с температурой вспышки до 104 °С и через каждые 2 °С для жидкостей с температурой вспышки более 104 °С.

7. В момент испытания на вспышку перемешивание прекратить. Зажечь фитиль, открыть заслонку поворотом рукоятки пружинного механизма. В момент четкого появления пламени над поверхностью жидкости, зафиксировать показания термометра.

8. Найти значение $t_{всп}$ с учетом барометрического давления, определяя поправку на барометрическое давление по формуле (5 или 6).

9. Определить нижний температурный предел распространения пламени, для чего необходимо подставить найденное значение температуры вспышки в формулу (3).

10. Рассчитать нижний концентрационный предел распространения пламени, используя для этого зависимость между температурным и концентрационными пределами (4), сравнить полученное значение со справочными данными.

11. Получить у преподавателя условия задачи для определения категории помещения, здания или зоны по пожаровзрывоопасности, решить ее, используя результаты, полученные в ходе лабораторной работы.

12. Составить отчет о работе.

13. Отключить прибор ПВНЭ, вымыть латунный стакан, убрать рабочее место.

ТРЕБОВАНИЯ ПО БЕЗОПАСНОМУ ВЕДЕНИЮ РАБОТ

1. Включать приборы без разрешения преподавателя или лаборанта запрещается

2. Не проводить испытания с неизвестными веществами

3. Не допускать пролива горючих жидкостей

4. Работа с ЛВЖ и ГЖ производится только в вытяжном шкафу при опущенном стекле

5. Остерегайтесь контактов емкостей заполненных ЛВЖ и ГЖ с нагретыми поверхностями

6. Не допускайте хранения ЛВЖ и ГЖ в емкостях без надписей.

ОТЧЕТ О РАБОТЕ

1. Общие сведения по теме лабораторной работы.

2. Описание прибора.

3. Наименование, характеристика исследуемой жидкости.

4. Расчет показателей пожароопасности исследуемой жидкости.

5. Заполнить таблицу 4, сделать выводы по работе.

Таблица 4

Расчетное значение температуры вспышки, °C	Результаты проведения эксперимента, показания термометра, °C			Экспериментальное значение температуры вспышки, °C	Барометрическое давление, кПа	
$t_{\text{всп рас}}$	t_1	t_2	t_3	$t_{\text{всп}}$	P	
Температура вспышки с учетом барометрического давления, °C	Температура вспышки (справочные данные), °C	Нижний температурный предел распространения пламени (по данным эксперимента), °C	Нижний температурный предел распространения пламени (справочные данные), °C	Нижний концентрационный предел распространения пламени (эксп.), %	Нижний концентрационный предел распространения пламени (справочные данные.), %	
$t_{\text{всп}}$	$T_{\text{всп. справ.}}$	$t_{\text{нпрп}}$	$t_{\text{нпрп справ}}$	$j_{\text{нпрп}}$	$j_{\text{нпрп справ.}}$	

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 17

ВИДЫ, УСТРОЙСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ ОГNETУШИТЕЛЕЙ

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы: освоить способы и средства тушения очага пожара.

Задачи работы: изучить виды, устройство, применение и основные способы тушения очага пожара.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

2.1. Основные причины возникновения пожаров и взрывов, меры безопасности

Основными причинами пожаров являются:

- курение, применение открытого огня;
- неисправность и неправильная эксплуатация электрических сетей и оборудования (короткие замыкания, токовые перегрузки, большие переходные сопротивления в контактах и т.д.);
- нарушение правил пожарной безопасности при проведении сварочных работ;
- удар молнии;
- самовозгорание веществ.

Взрыв может произойти при утечке природного газа из газовой сети, баллонов с бутаном, пропаном, водородом и другими горючими газами, а также испарение горючих жидкостей (бензина, ацетона, спирта и т.д.). При определенной концентрации газов и паров в воздухе они могут взрываться. Для взрыва достаточно не только открытого пламени, но и механической искры (от ударов железа по железу, по камню и т.д.).

Хранение баллонов с ацетиленом, пропаном, кислородом должно производиться отдельно от других материалов в специальных складах. Совместное хранение баллонов с кислородом и горючими газами не допускается.

Для исключения возникновения пожара необходимо:

- запрещать курение и применение открытого огня в пожаро- и взрывоопасных местах. Курение разрешается только в специально отведенных местах, оборудованных урнами и средствами пожаротушения;
- газосварочные работы должны выполнять только штатные рабочие с разрешения представителей пожарной охраны. При электрической и газовой сварке место работы должно быть очищено от сгораемых материалов и отходов в радиусе не менее 5 м. Сгораемые конструкции вблизи сварочных работ должны быть защищены металлическими листами. Особую опасность представляют раскаленные огарки электродов при работе на высоте. Падая вниз, они проникают

в недоступные для видимости места и могут вызвать пожар через несколько часов. Поэтому, при проведении сварочных работ, мастер или старший обязан прибыть на место сварки через 2 часа;

- при эксплуатации электроустановок запрещается: оставлять без присмотра включенными в электросеть нагревательные и другие приборы; использовать кабели и провода с поврежденной изоляцией и плохими контактами в местах соединений; допускать соприкосновение электрических проводов как между собой, так и с металлоконструкциями; применять предохранители кустарного изготовления (“жучки”); применять для отопления и сушки самодельные электронагревательные приборы с открытой спиралью (“kozy”). В электрических сетях соединение должно выполняться сваркой, пайкой или опрессовкой с помощью клещей или с использованием зажимов и наконечников. Соединение проводов с помощью скрутки запрещается;

- на сооружениях, где может быть удар молнии, необходимо устанавливать молниеотводы;

- самовозгорающиеся вещества (промаслянная ветошь, торф, уголь, опилки и т.п.) должны храниться так, чтобы в случае их загорания не возникло пожара. Например, промаслянную ветошь рекомендуется хранить в железных ящиках с крышкой.

2.2. Способы и средства тушения пожаров

Существуют следующие четыре способа тушения пожара:

- а) изоляция очага горения от воздуха;
- б) охлаждение очага горения до температуры ниже температуры воспламенения;
- в) снижение концентрации кислорода в воздухе разбавлением негорючими газами (в воздухе 21% O_2 , при снижении концентрации O_2 до 12-15 % пламенное горение прекращается);
- г) механический срыв пламени (ударами по горящему предмету).

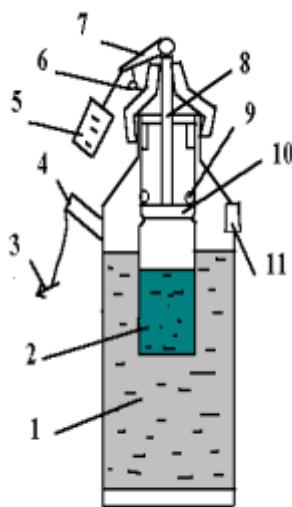
При тушении пожаров применяются следующие первичные средства: вода, песок, войлок, огнетушители.

Вода обладает большой теплоемкостью и охлаждает горящее вещество. Водой нельзя тушить электроустановки и кабели под напряжением, так как возможно поражение током человека, который тушит. Также запрещается водой тушить горючие жидкости (бензин, керосин, растворители, краски и т.п.), так как вода тяжелее этих жидкостей. Водой нельзя потушить щелочные металлы, карбид кальция и т.п., которые с ней реагируют с выделением тепла.

Песок изолирует вещество от доступа кислорода воздуха. Песком можно тушить все, кроме горючих жидкостей, находящихся в емкостях, так как песок будет оседать на дно. При тушении горящих жидкостей, разлитых по полу, необходимо начинать засыпать песком с краев, постепенно приближаясь к центру.

Войлок, асбестовое одеяло, брезент, кошма и т.п. можно применять для тушения любых горящих веществ. Тушение огня заключается в изоляции его от доступа кислорода воздуха. Брезентом, одеждой и другими материалами можно сбить пламя, нанося удары на твердые горящие предметы.

Огнетушители химические пенные ОХП-10 предназначены для тушения небольших (не более 1 м²) очагов пожара. Устройство огнетушителя показано на рисунке 1. В корпусе огнетушителя находится щелочной раствор NaHCO_3 , а в полиэтиленовом стакане - серная кислота H_2SO_4 . Перезарядка огнетушителей кислотой и щелочью должна производиться один раз в год, при этом на бирке ставится дата перезарядки и на рукоятке огнетушителя ставится пломба.



1- корпус с щелочным раствором (NaHCO_3); 2 - полиэтиленовый стакан с кислотой (H_2SO_4); 3 - шпилька (гвоздь); 4 - ручка для переноса; 5 - бирка; 6 - пломба; 7 - пусковая рукоятка; 8 - шток; 9 - клапан; 10 - отверстие в стакане; 11 - спрыск для выхода пены.

Рисунок 1 - Огнетушитель химический пенный ОХП-10

Чтобы привести в действие огнетушитель ОХП-10 необходимо: прочистить гвоздем или шпилькой (если отверстие для выхода пены после перезарядки замазано пастой); поднести огнетушитель к месту загорания; поднять и перекинуть до отказа (на 180°) рукоятку; перевернуть огнетушитель вверх дном и появившуюся через несколько секунд струю пены направить на огонь. Если пена не появилась, то огнетушитель следует встряхнуть или прочистить спрыск шпилькой (не глядя в отверстие). Пена не появится, если рукоятку просто повернуть вокруг оси огнетушителя. Рукоятку нужно перекинуть через верх, тогда за счет эксцентриситета поднимется шток и клапан откроет отверстие в полиэтиленовом стакане. При переворачивании огнетушителя кислота будет выходить из стакана через отверстия и взаимодействовать с щелочью - образуется

химическая пена:



Запрещается применять огнетушители ОХП-10 для тушения электроустановок, находящихся под напряжением, и веществ, горящих при действии на них воды (карбид кальция, калий, натрий и т.п.).

Следует избегать попадания пены на открытые части тела. В случае попадания необходимо смыть пену чистой водой.

Техническая характеристика ОХП-10: вместимость корпуса - 10л; масса огнетушителя - 14,5 кг; количество пены - 43 л; продолжительность действия - 60 с; длина струи пены до 6 м.

Углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5 и ОУ-8 предназначены для тушения небольших загораний всех видов горючих материалов, а также электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В.

Конструктивно огнетушители ОУ-2, ОУ-5 и ОУ-8 отличаются только емкостью баллона (2, 5 и 8 литров). Огнетушитель состоит из толстостенного стального баллона, запорного вентиля с маховиком (или клещевого затвора), сифонной трубки, раструба (рисунок 2). В огнетушителе находится диоксид углерода CO_2 в жидком состоянии (углекислота). При температуре $+20^\circ\text{C}$ давление в баллоне огнетушителя ОУ-2 достигает 6 Мпа (60 атм). На огнетушителе должна быть пломба и бирка с указанием даты и массы заправки CO_2 .

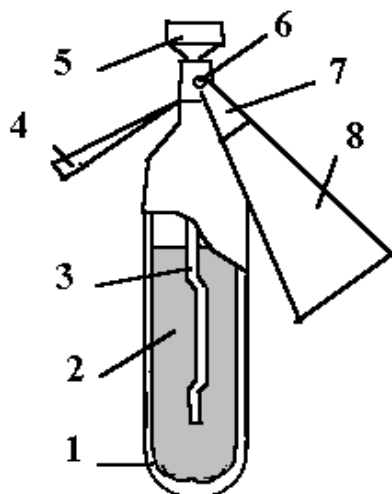
Порядок пользования огнетушителем ОУ-2 следующий: поднести огнетушитель к объекту горения; держа огнетушитель за ручку, отвернуть маховичек вентиля до отказа (или вынуть чеку и сжать клещевой затвор); направить огнетушитель раструбом на огонь (одной рукой держа за рукоятку, а другой - поддерживая за дно). Из раструба должен выходить углекислотный снег (CO_2 в твердом состоянии). Углекислотный снег образуется следующим образом: жидкая углекислота (CO_2) через сифонную трубку и вентиль выдавливается в раструб, капли CO_2 начинают испаряться с поглощением тепла, температура резко понижается, жидкая углекислота замерзает, превращаясь в углекислотный снег ("сухой лед"), имеющий температуру -79°C .

Углекислотный снег, попадая в очаг пожара, снижает температуру горящего вещества, а углекислый газ снижает содержание кислорода в воздухе.

При тушении пожара углекислотные огнетушители нельзя держать в горизонтальном положении или держать головкой вниз. Во избежание обмороживания нельзя прикасаться руками к алюминиевому раструбу. В новых огнетушителях раструб покрыт пластмассой и за него можно брать руками.

Техническая характеристика ОУ-2: вместимость баллона - 2 л; масса заряда - 1,45 кг; масса огнетушителя с зарядом - 7 кг; время действия - 30 с.

Порошковые огнетушители ОП-1 и ОП-10 можно применять для тушения практически всех веществ и материалов. В состав порошка входят: бикарбонат натрия NaHCO_3 , сода NaCO_3 , силикагель, тальк.

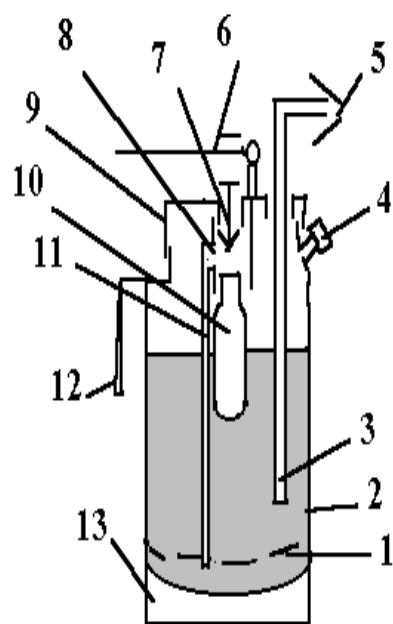


1 - баллон; 2 - углекислота (CO_2); 3 - сифонная трубка; 4 - ручка; 5 - вентиль; 6 - гайка для крепления раструба; 7 - пластмассовая трубка; 8 - раструб.

Рисунок 2 - Огнетушитель углекислотный ОУ-2

Порошковый огнетушитель ОП-1 (“Момент”) широко применяется на автотранспорте, рисунок 3. Для приведения в действие огнетушителя ОП-1 необходимо: снять крышку с отверстия; ударить колпачком о твердый предмет (при этом игла проколет мембрану в баллончике с CO_2); направить струю порошка на огонь. Техническая характеристика ОП-1: вместимость корпуса - 1 л.

Порошковый огнетушитель ОП-10 имеет объем 10 л. Для приведения в действие огнетушителя необходимо выдернуть чеку и сжать клещевой затвор, при этом откроется игольчатый клапан и из баллона через дозирующее отверстие в ниппеле будет выходить углекислый газ (или азот), который по сифонной трубке 8 (рисунок 4) попадает в нижнюю часть корпуса под аэроднище (под сетку). Порошок под действием давления негорючего газа выдавливается по трубке 5, резиновому шлангу через насадок выбрасывается на очаг загорания. В рабочем положении огнетушитель следует держать вертикально, не переворачивая его.



1 - аэроднище; 2 - корпус; 3,11 - сифонные трубки; 4 - избыточный клапан;
 5 - насадок; 6 - рычаг; 7 - игольчатый шток ; 8 - отверстие в ниппеле; 9 - крышка;
 10 - рабочий баллон; 12 - ручка; 13 - днище корпуса.

Рисунок 4 - Огнетушитель порошковый ОП-10

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить теоретические сведения о способах тушения очага пожара.
2. Освоить правила пользования огнетушителями, используя незаряженные огнетушители ОУ-2, ОХП-10, ОП-10.
3. Отчет должен содержать: название и цель работы, рисунки огнетушителей и правила их использования.

Список литературы

1. Васильев П.П. Безопасность жизнедеятельности. Экология и охрана труда. Количественная оценка и примеры: Учеб. пособие для вузов / П.П. Васильев. - М.: Юнити-Дана, 2003. - 188 с.
2. ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
3. ГОСТ 12.1.005 – 88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
4. ГОСТ 12.1.005 – 88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
5. ГОСТ 12.1.019-79* 2001 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
6. Крутиков В.Н. Контроль физических факторов производственной среды, опасных для человека: Энциклопедия / Науч. ред.: В.Н. Крутиков и др. - М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. - 488 с.: ил.
7. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. - М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005. - 142 с.: ил.
8. Сафронов В.В. Безопасность производственных процессов на предприятиях машиностроения: учебник для вузов / В.В.Сафронов [и др.]; под ред. Г.А. Харламова. - М.: Новое знание, 2006. - 461 с.: ил.
3. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (с изм. 1988 г.).
9. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
10. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.
11. Правила устройства электроустановок (изд. 7-е). – М.: Изд-во «Энас», 2008. – 668 с.
12. Справочник инженера по охране труда. Учебно-практическое пособие. /Под ред. В.Н.Третьякова. – М.: Инфра-инженерия, 2007. – 234 с.