

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Обработка материалов давлением»

**В. Ф. Буренков, Н. И. Стрикель, Н. А. Лепшая**

## **ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ  
для студентов машиностроительных  
и гуманитарно-экономических специальностей  
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2010

УДК 331.45(075.8)  
ББК 65.24я73  
Б91

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом  
механико-технологического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 6 от 17.12.2008 г.)*

Рецензент: ст. преподаватель каф. «Автоматизированный электропривод»  
ГГТУ им. П. О. Сухого *В. В. Шапоров*

**Буренков, В. Ф.**  
Б91      Электробезопасность и пожарная безопасность : лаборатор. практикум для студентов машиностр. и гуманитар.-экон. специальностей днев. и заоч. форм обучения / В. Ф. Буренков, Н. И. Стрикель, Н. А. Лепшая. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010. – 51 с. — Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-420-829-3.

Является продолжением цикла лабораторных работ. Изложены основные сведения по защите от поражения электрическим током в условиях машиностроительного производства; методики измерения сопротивления защитного заземления, удельного сопротивления грунта, сопротивления изоляции и расчета сопротивления заземляющих устройств; общие сведения методов тушения пожаров; рассмотрены огнегасящие вещества и средства для тушения пожаров.

Для студентов машиностроительных и гуманитарно-экономических специальностей дневной и заочной форм обучения.

**УДК 331.45(075.8)  
ББК 65.24я73**

**ISBN 978-985-420-829-3**

© Буренков В. Ф., Стрикель Н. И.,  
Лепшая Н. А., 2010  
© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2010

## Лабораторная работа № 6

# ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ И СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**Цель работы:** изучить приборы и методику контроля сопротивления заземляющих устройств, научиться измерять удельное сопротивление грунта и сопротивление изоляции электрических систем, а также рассчитывать заземляющие устройства.

## 1. ОБЩИЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Корпуса электрических машин, трансформаторов, переносного инструмента и другие металлические части электроустановок при нарушении изоляции могут оказаться под напряжением. В этом случае прикосновение к ним равноценно прикосновению к токоведущим частям. При этом ток, протекающий через человека, может превышать безопасное значение (пороговый ощутимый переменный ток частотой 50 Гц составляет 0,6–1,5 мА, постоянный – 6–7 мА). Исход воздействия тока зависит от ряда факторов: величины и длительности протекания тока через тело человека, рода и частоты тока, пути прохождения тока и индивидуальных свойств организма человека.

Защита людей от поражения электрическим током в условиях машиностроительного производства достигается:

- соответствующим устройством электроустановок, при которых их токоведущие части недоступны для случайного прикосновения благодаря наличию изоляции, ограждению, расположению на недоступной высоте, блокировкам и т. д.;

- устройством защитного заземления, зануления или защитного отключения электроустановок, при котором в случае повреждения изоляции и перехода напряжения на металлические конструктивные части электроустановок напряжение, возникающее на них, ограничивается по величине, или электрооборудование отключается;

- регламентацией величины допустимых напряжений для различных помещений и условий, в которых работает электрооборудование и переносной электроинструмент.

Безопасность в помещениях, в которых производятся пожаро- и взрывоопасные работы, обеспечивается также применением специальных видов пожаро- и взрывобезопасного электрооборудования.

Основные условия защиты персонала от поражения электрическим током в электроустановках – исправное состояние изоляции, сопротивление которой периодически проверяется в соответствии с правилами. Опасность прикосновения к металлическим частям электрооборудования, оказавшимся в аварийных условиях под напряжением, может быть снижена устройством защитного заземления.

**Защитное заземление** – преднамеренное электрическое соединение с землей металлических нетоковедущих частей электроустановок, которые могут оказаться под напряжением, с целью создания между корпусом установки и землей достаточно малого сопротивления. Это достигается путем выполнения заземляющего устройства.

**Заземляющее устройство** – называется совокупность одиночных заземлителей и соединительных проводников.

**Заземлитель** – металлический электрод любой формы (труба, уголковая сталь, стержень, полоса), находящийся в соприкосновении с грунтом и создающий с ним электрическое соединение определенного сопротивления.

Заземляющие устройства бывают *искусственные*, предназначенные исключительно для целей заземления, и *естественные*, находящиеся в земле металлические предметы для иных целей.

Для искусственных заземлителей обычно применяют в качестве вертикальных электродов стальные трубы диаметром 30–50 мм, стальные уголки от 40 × 40 до 60 × 60 мм длиной 2,5–3 м. Применяются также стальные прутки диаметром 10–12 мм длиной до 10 м. Для связи вертикальных электродов (и в качестве самостоятельного горизонтального электрода) используют полосовую сталь сечением не менее 4 × 12 мм и сталь круглого сечения диаметром не менее 6 мм.

Вертикальные заземлители (электроды) забиваются в траншею на расстоянии 1–3 их длины, свариваются с соединительной полосой, которая выводится в помещение для подключения к корпусам электроустановок. Прокладку заземляющих проводников производят открыто по конструкциям зданий, в том числе по стенам на специальных опорах.

Присоединение заземляющего оборудования к магистрали заземления осуществляется с помощью отдельных проводников. При этом последовательное включение заземляемого оборудования не допускается.

Искусственные заземлители могут располагаться в один или несколько рядов. Заземляющие устройства различают: выносные, размещаемые в стороне от защищаемого объекта, и контурные, окружающие заземленное оборудование со всех сторон. Выносное заземление применяют для защиты электрооборудования, питаемого током от сети напряжением до 1000 В, при этом ток однополюсного замыкания на землю в сети не превышает 10 А.

В качестве естественных заземлителей можно использовать: проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубопроводы, за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих и взрывоопасных газов, а также трубопроводов, покрытых изоляцией для защиты от коррозии; обсадные трубы артезианских колодцев, скважин, шурфов и т. п.; металлические конструкции и арматуру железобетонных конструкций зданий и сооружений, имеющих соединение с землей; свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле. Применение естественных заземлителей дает экономический эффект, однако их недостатком является доступность неэлектротехническому персоналу и возможность нарушения непрерывности соединения протяженных заземлителей (при ремонтных работах и т. п.).

**Сопротивление заземляющего устройства** – суммарное электрическое сопротивление подводимого провода, переходных контактов от заземлителей к грунту и сопротивление растеканию в прилегающих слоях грунта, причем последнее является наиболее существенным.

Сопротивление растеканию тока характеризуется, в свою очередь, значением удельного сопротивления грунта, конструкций заземлителей и их расположением.

**Удельное сопротивление грунта** – электрическое сопротивление, оказываемое грунтом объемом  $1 \text{ м}^3$  при прохождении тока от одной грани куба к противоположной.

**Цель защитного заземления** – устранение опасности поражения людей электрическим током при появлении напряжения на конструктивных частях электрооборудования в результате нарушения изоляции, т. е. при «замыкании на корпус». Принцип действия защитного заземления – снижение напряжения прикосновения и шагового напряжения до безопасных значений. На рис. 6.1 приведена схема защитного заземления.

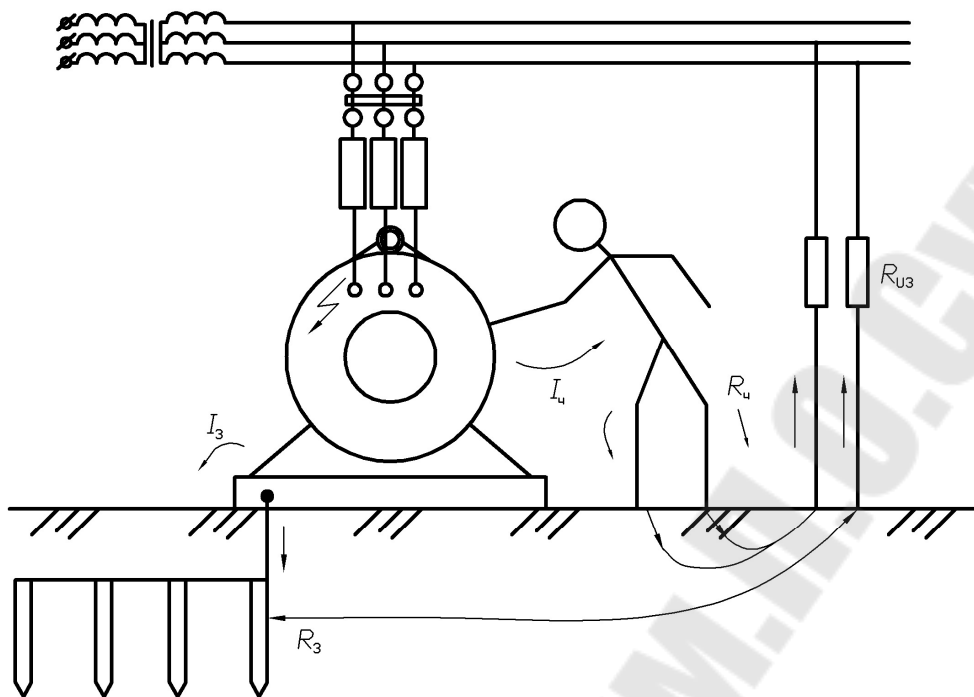


Рис. 6.1. Принципиальная схема защитного заземления

Если корпус не имеет контакта с землей, то прикосновение к нему так же опасно, как и прикосновение к фазе. При наличии защитного заземления напряжение на корпусе  $U_3 = I_3 \cdot R_3$  будет значительно меньше фазного, а ток проходящий через тело человека определяется по формуле

$$I_3 = \frac{U_3}{R_ч} = \frac{I_3 \cdot R_3}{R_ч}, \quad (6.1)$$

где  $I_3$  – ток замыкания на землю, А;  $R_3$  – сопротивление заземления, Ом;  $R_ч$  – сопротивление тела человека, Ом.

Из формулы (6.1) следует, что чем меньше величина тока замыкания на землю и сопротивления защитного заземления, то тем меньше ток пройдет через человека (величина сопротивления тела человека в расчетах принимается 1000 Ом). Поэтому защитное заземление рекомендуется к применению прежде всего в электроустановках с малыми токами замыкания на землю.

*Область применения* защитного заземления – трехфазные трехпроводные сети напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и свыше 1000 В с любым режимом нейтрали.

Сопротивление защитного заземления нормируется. Согласно требованиям Правил устройства электроустановок (ПУЭ) сопротив-

ление защитного заземления в любое время года должно быть не более 4 Ом в установках напряжением до 1000 В; если мощность источника тока (генератора или трансформатора) 100 кВ · А и менее – допускается до 10 Ом. В установках напряжением выше 1000 В с большими токами замыкания на землю (более 500 А) – 0,5 Ом.

В соответствии с Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей, сопротивление защитного заземления должно измеряться не реже одного раза в год, в периоды наименьшей проводимости грунта (поочередно, один год – летом, при наибольшем просыхании почвы; в другой год – зимой, при наибольшем промерзании почвы).

#### *Оборудование, подлежащее заземлению*

Защитному заземлению подлежат металлические нетоковедущие части оборудования, которые из-за неисправности изоляции могут оказаться под напряжением и к которым возможно прикосновение людей и животных.

При этом в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных по условиям поражения током, а также в наружных установках заземление является обязательным при номинальном напряжении электроустановки выше 42 В переменного и выше 110 В постоянного тока, а в помещениях без повышенной опасности – при напряжении 380 В и выше переменного и 440 В и выше постоянного тока; лишь во взрывоопасных помещениях заземление выполняется независимо от значения напряжения установки. Классификация помещений по опасности поражения током приведена в соответствующей литературе [1, с. 281–282].

В трехфазных четырехпроводных сетях (с нулевым проводом) с глухозаземленной нейтралью источника питания напряжением до 1000 В, т. е. обычно широко используемых на предприятиях электрических сетях 380/220 В, а также 220/127 В и 660/380 В, применяют зануление.

**Занулением** называется преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Нулевым защитным проводником называется проводник, соединяющий зануляемые части с глухозаземленной нейтральной точкой обмотки источника тока или ее эквивалентом. Нулевой защитный проводник следует отличать от нулевого рабочего проводника, который также соединен с глухозаземленной нейтральной точкой источника тока, но

предназначен для питания током электроприемников, т. е. по нему проходит рабочий ток. Задача зануления та же, что и защитного зануления: устранение опасности поражения током при замыкании на корпус.

*Принцип действия* зануления – превращение замыкания на корпус в однофазное короткое замыкание, т. е. замыкание между фазным и нулевым проводами с целью создания большого тока, при котором срабатывает защита от токов короткого замыкания и автоматически отключается поврежденное электрооборудование.

Согласно ПУЭ нулевой провод должен быть повторно неоднократно заземлен.

Дополнительной мерой защиты к заземлению и занулению является защитное отключение – быстродействующая защита (время отключения не более 0,2 с), обеспечивающая автоматическое отключение электроустановок при возникновении в ней опасности поражения током.

## **2. ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ**

Для измерения сопротивления заземляющих устройств и удельного сопротивления грунта используется измеритель сопротивления заземления типа М416 с пределами измерения от 0,1 до 1000 Ом.

Измерение сопротивления заземления производится также измерителем сопротивления заземления типа М1 103 со встроенным ручным генератором переменного тока с диапазоном измерения 0,1–50 Ом.

Сопротивление изоляции электрических цепей не находящихся под напряжением измеряется мегаомметром Ф4101 с диапазоном измерения 0–20000 МОм.

## **3. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ**

3.1. Не производить никаких переключений и присоединений под напряжением.

3.2. Не касаться выводных полюсов приборов, а также присоединенных к ним неизолированных участков проводов при вращении генератора.

3.3. Мегаомметр на время измерения должен быть заземлен.

3.4. После отпускания кнопки «ИЗМЕР» напряжение на зажимах мегаомметра снижается до безопасной величины за 5–10 с.



## 4. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

Работа выполняется на участке земли, где размещены заземлители, или на стенде, на котором заземлители имитированы резисторами.

### 4.1. Измерение сопротивления заземляющих устройств при помощи прибора М416

Измеритель сопротивления заземления М416 предназначен для измерения сопротивления заземляющих устройств, активных сопротивлений, а также может быть использован для измерения удельного сопротивления грунта. Имеется четыре диапазона измерений: 0–10 Ом, 0,5–50 Ом, 2–200 Ом, 10–1000 Ом. Основная погрешность прибора не более 10 %.

Принцип действия прибора основан на компенсационном методе измерения с использованием вспомогательного заземлителя и потенциального электрода (зонда).

Для подключения измеряемого сопротивления, зонда и вспомогательного заземлителя на приборе имеются четыре зажима, обозначенных цифрами 1, 2, 3, 4. При грубых измерениях и измерениях больших сопротивлений зажимы 1 и 2 соединяют специальной перемычкой, и прибор подключают к измеряемому объекту по трехзажимной схеме так, как указано на внутренней стороне крышки прибора. В этом случае прибор покажет сопротивление всей цепи. При измерении сопротивлений менее 5 Ом перемычку отсоединяют и прибор подключают по четырехзажимной схеме. Это позволяет получить значение сопротивления собственно заземляющего устройства, исключая сопротивление соединительных проводов и контактов, которое при измерении малых сопротивлений может дать существенную погрешность (рис. 6.2).

Стержни, образующие вспомогательный заземлитель и зонд забиваются в грунт на расстояниях, указанных на рисунке при глубине их погружения в грунт не менее 500 мм. При отсутствии комплекта принадлежностей для проведения измерений на грунте заземлитель и зонд могут быть выполнены из металлического стержня или трубы диаметром не менее 5 мм. В местах забивки стержней растительный или насыпной слой должен быть удален.

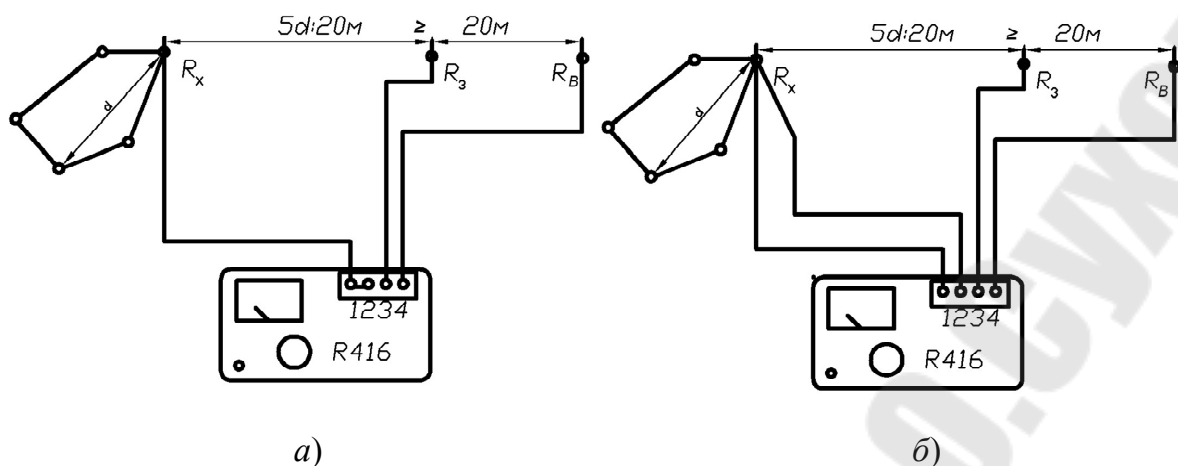


Рис. 6.2. Подключение прибора при измерении сопротивления сложного заземлителя: *а* – по трехзажимной схеме; *б* – по четырехзажимной схеме (*d* – наибольшая диагональ измеряемого заземляющего устройства)

Сопротивление вспомогательного заземлителя и зонда не должно превышать: 500 Ом в диапазоне 0,1–10 Ом; 1000 Ом в диапазоне 0,5–50 Ом; 2500 Ом в диапазоне 2–200 Ом; 5000 Ом в диапазоне 10–1000 Ом, иначе ошибка в измерениях будет значительно больше точности прибора.

Независимо от выбранной схемы подключения измерения необходимо произвести в следующем порядке:

а) установить прибор на ровной поверхности, откинуть крышку;  
 б) установить переключатель в крайнее левое положение «контроль 5 Ом», нажать кнопку и вращением рукоятки «Реохорд» добиться установки стрелки индикатора на нулевую отметку. На шкале реохорда при это должно быть показание  $5 \pm 0,35$  Ом;

в) подключить заземлители к зажимам прибора с помощью соединительных проводов по схеме рис. 6.2, переключатель установить в положение «х 1»;

г) нажать кнопку и, вращая ручку «Реохорд», добиться приближения стрелки индикатора к нулю. Результат измерения будет равен произведению показания шкалы реохорда на множитель переключателя;

д) при отсутствии показаний в данном диапазоне установить переключатель в следующее положение и т. д.

Относительная погрешность ( $\Delta$ , %) при измерениях прибором М416 определяется по формуле

$$\Delta = \pm \left[ 5 + \left( \frac{N}{R_x} - 1 \right) \right], \quad (6.2)$$

где  $N$  – конечное значение диапазона, Ом;  $R_x$  – измеряемое сопротивление, Ом.

Абсолютная погрешность ( $\Delta R$ , Ом) определяется по формуле

$$\Delta R = R_x \cdot \frac{\Delta}{100}. \quad (6.3)$$

Результаты измерения занести в табл. 6.1.

Таблица 6.1

**Результаты измерений сопротивления защитного заземления**

Величина сопротивления заземляющего устройства, измеренная приборами, $R_x$ , Ом	Абсолютная погрешность	Нормативное значение, Ом	Заключение о пригодности к эксплуатации
М 416	+		
М 1103	–		

**4.2. Измерение сопротивления заземляющих устройств прибором М1103**

Перед началом измерений убедиться в исправности прибора. Для этого, не присоединяя испытуемого заземления, перевести переключатель П2 в положение «Контроль» и, вращая рукоятку генератора со скоростью 2 об/с, установить с помощью реохорда стрелку генератора на «0». Взять отсчет по шкале реохорда. Показание должно быть равным  $10 \pm 0,5$  Ом.

Измерения произвести в следующем порядке:

- а) установить переключатель П1 в положение « $X \times 1$ », переключатель П2 – в положение «Измерение»;
- б) подключить заземлители к зажимам прибора по схеме рис. 6.3;
- в) вращая рукоятку генератора, установить реохордом стрелку индикатора на нулевую отметку. Взять отсчет измеряемого сопротивления по шкале реохорда;

г) при значении сопротивления, превышающего пределы шкалы измерения, переключатель П1 установить в положение «X × 5» и произвести повторно измерения;

д) результаты измерения занести в табл. 6.1. Произвести оценку соответствия сопротивления защитного заземления нормативным значениям согласно требованиям ПЭУ.

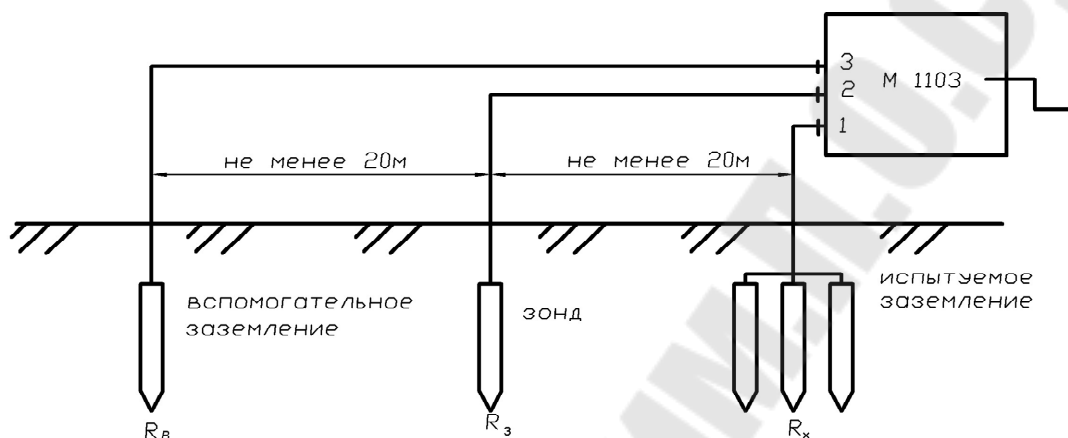


Рис. 6.3. Схема измерения сопротивления заземляющих устройств

#### 4.3. Измерение удельного сопротивления грунта прибором М416

Измерения могут производиться по методу пробного электрода или вертикального электрического зондирования. При использовании метода пробного электрода в грунт забивается одиночный заземлитель (труба или стержень) на глубину, большую, чем глубина промерзания грунта. Вспомогательный заземлитель и зонд располагают в соответствии со схемой (рис. 6.4).

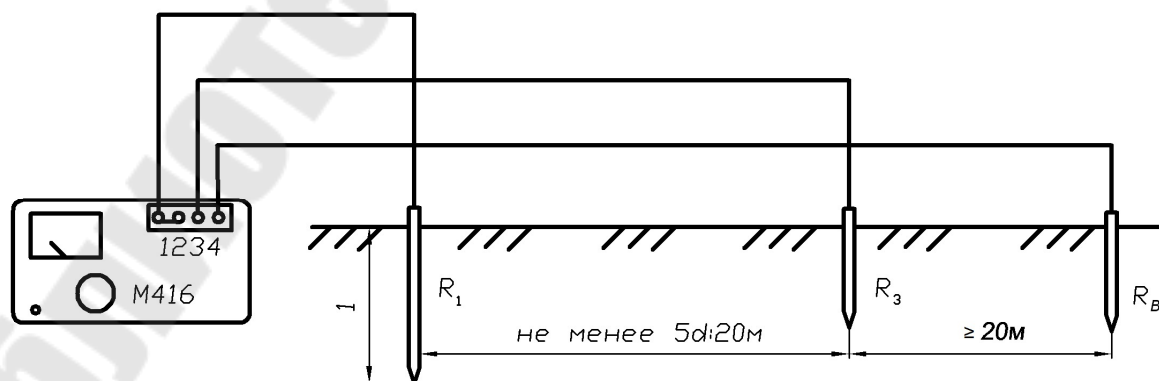


Рис. 6.4. Схема измерений по методу пробного электрода

Измерения производятся в соответствии с п. 4.1. Удельное сопротивление грунта ( $\rho$ , Ом · м) на глубине забивки одиночного заземлителя рассчитывается по формуле

$$\rho = 2,73 \cdot R \frac{l}{\lg \frac{4 \cdot l}{d}}, \quad (6.4)$$

где  $R$  – сопротивление, измеренное прибором, Ом;  $l$  – глубина забивки заземлителя, м;  $d$  – диаметр заземлителя, м.

По полученным данным, используя табл. 6.2, можно определить характер грунта.

Таблица 6.2

**Значения удельных электрических сопротивлений**

Наименование грунта	Удельное сопротивление, Ом · м	
	Возможные пределы колебаний	При влажности 10–12 % к массе грунта
Песок	400–700	700
Каменистый грунт	1500–4000	–
Супесок	150–400	300
Лесс	100–300	250
Суглинок	40–150	100
Глина	8–70	40
Садовая земля	40–60	50
Чернозем	9–53	20
Торф	10–30	20

При использовании метода вертикального электрического зондирования по прямой линии забивают четыре стержня на одинаковом расстоянии друг от друга, равном  $a$ . Глубина забивки стержней не должна превышать  $1/20$  расстояния  $a$ . Измерения производятся по четырехзажимной схеме; при этом зажимы 1 и 4 измерителя заземления присоединяют к крайним стержням, а зажимы 2 и 3 – к соответствующим внутренним стержням (перемычка между зажимами 1 и 2 размыкается).

Удельное сопротивление грунта, измеренное по данному методу определяется по формуле

$$\rho = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R. \quad (6.5)$$

#### 4.4. Измерение сопротивления изоляции

Для измерения сопротивления изоляции в электрических установках и сетях используется мегаомметр Ф4101. Прибор имеет пять диапазонов измерения с тремя положениями переключателя напряжений (100, 500 и 1000 В), что позволяет производить измерения сопротивления изоляции в диапазоне 0–20000 МОм.

##### 4.4.1. Подготовка прибора к измерениям:

- а) заземлить прибор;
- б) при питании мегаомметра от внешнего источника питания или от сухих элементов необходимо строго соблюдать полярность;
- в) корректором установить указатель на отметку «∞»;
- г) включить мегаомметр нажатием кнопки «Вкл». При этом должен загореться световой сигнал. Через 15 мин прибор готов к работе.

##### 4.4.2. Порядок работы:

- а) установить переключатель рабочих напряжений на нужное напряжение. Пределы измерения при рабочем напряжении 100 В – 2000 МОм, 500 В – 10000 МОм, 1000 В – 20000 МОм (1 МОм =  $10^6$  Ом);
- б) установить переключатель диапазонов измерения в положение «I». При разомкнутых зажимах « $r_x$ » нажав кнопку «Измер», установить ручкой «уст. ∞» указатель на отметку «∞»;
- в) замкнуть зажимы « $r_x$ », нажав кнопку «Измер», ручкой «уст. 0» установить указатель на отметку «0» шкалы «I» (калибровка);
- г) произвести подключение к зажимам « $r_x$ » по схеме (рис. 6.5, б) для измерения сопротивления изоляции жил кабеля, проводов и фаз относительно друг друга.

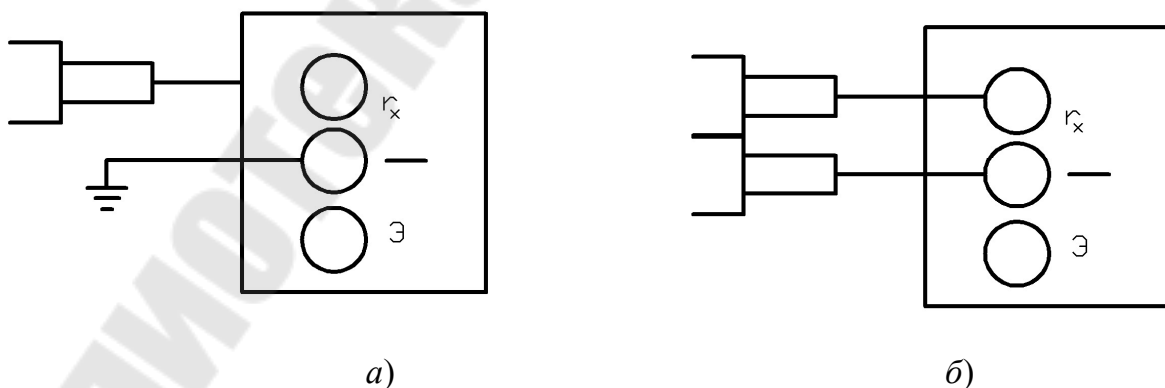


Рис. 6.5. Схема измерения сопротивления изоляции:  
а – относительно земли; б – между двумя проводами

В случае применения экранирования для устранения токов утечки экран присоединяется к зажиму «Э»;

д) нажать кнопку «Измер», подав тем самым на объект высокое напряжение (на время измерений необходимо держать эту кнопку нажатой);

е) если указатель приблизится к отметке «∞», переключатель диапазонов необходимо последовательно установить в положение, при котором указатель устанавливается в рабочей части шкалы. Отсчет величины измеренного сопротивления производится по шкале, умножая полученный результат на множители, соответствующие данному пределу измерения и рабочему напряжению.

Если измерение производилось на пределе  $III \times 10^3$ , то во избежание дополнительной погрешности от возможных токов утечки необходимо произвести проверку и установку «∞» согласно п. 4.4.2, б, но при положении переключателя в положении  $III \times 10^3$ ;

ж) по окончании измерений отпустить кнопку «Измер», переключатель диапазонов измерения установить в положение I и спустя 10–15 с разрядить объект, наложив на него заземление.

Результаты замеров величин сопротивления занести в табл. 6.3. Произвести оценку пригодности изоляции и возможности ее использования для различных напряжений на основании положений ПУЭ, согласно которым сопротивление изоляции электроустановок напряжением до 1000 В должно быть не менее 0,5 МОм, а в сетях управления не менее 1 МОм.

Приближенно для электрических сетей можно считать, что сопротивление изоляции между проводами должно увеличиваться на 1000 Ом при росте напряжения на 1 В. Сроки и объем контрольных испытаний изоляции в зависимости от напряжения и условий ее работы определяются правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей (ПТЭ) и правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей.

Таблица 6.3

Результаты измерения сопротивления изоляции

Название объекта замера	Величина сопротивления, МОм	Выводы о пригодности изоляции
1.		
2.		
3.		

#### 4.5. Расчет заземляющих устройств

Целью расчета является определение числа вертикальных заземлителей, их размеров и размещения, при котором напряжения прикосновения и шага в период замыкания фазы на заземленный корпус не будут превышать безопасных значений.

Расчет производится согласно заданию из табл. 6.4.

Таблица 6.4

##### Варианты для расчета защитных заземляющих устройств для электроустановок напряжением до 1000 В

Наименование, размерность	Варианты					
	1	2	3	4	5	6
1. Напряжение электроустановок, В	до 1000					
2. Суммарная мощность электроустановок, кВА	150	200	250	120	300	220
3. Грунт	торф	чернозем	глина	суглинок	супесь	песок
4. Удельное сопротивление грунта ( $\rho$ ), Ом · м	30	53	70	150	400	700
5. Тип заземлителя и размеры сечения, мм	Стержень труба Ø32	Стержень труба Ø40	Стержень уголок 50 × 50 × 4	Стержень круг Ø12	Стержень круг Ø12	Стержень круг Ø14
6. Длина стержня заземлителя ( $l$ ), м	3,0	2,5	3,0	3,5	7,0	10,0
7. Расстояние между стержнями ( $a$ ), м	9	7	9	7	14	10
8. Отношение расстояния между заземлителями, к их длине ( $a/l$ )	3	2	3	2	2	1



Наименование, размерность	Варианты					
	1	2	3	4	5	6
9. Глубина заложения верхних концов стержней и соединительных проводников ( $H_0$ ), м	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8
10. Размеры сечения заземляющих соединительных проводников (полоса, сталь), мм	12 × 4	12 × 4	12 × 4	12 × 4	12 × 4	12 × 4
11. Способ заложения заземлителей	в ряд	в ряд	в ряд	по контуру		

4.5.1. Исходные данные для расчета взять из табл. 6.4 по заданию преподавателя. Определить допустимую величину сопротивления проектируемого заземляющего устройства  $R_{до}$  по заданным напряжению и суммарной мощности электроустановок.

4.5.2. Рассчитать сопротивление ( $R_{ст.од}$ , Ом) одиночного заземлителя растеканию тока по формуле

$$R_{ст.од} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot H + l}{4 \cdot H - l} \right), \quad (6.6)$$

где  $\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом · м;  $d$  – диаметр стержня-трубы (м) или  $d = 0,95 \cdot B$ , где  $B$  – ширина полки стержня-уголка;  $l$  – длина стержня электрода, м ( $l \gg d$ );  $H$  – заглубление электрода, м ( $H_0 \geq 0,5$  м).

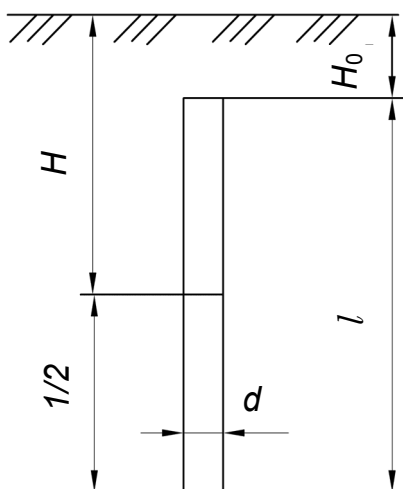


Рис. 6.6. Одиночный стержневой заземлитель

4.5.3. Определить количество стержневых заземлителей ( $n$ , шт.) без учета работы соединительных полос как заземлителей и их влияние на экранирование:

$$n = \frac{R_{\text{ст.од}}}{\eta_{\text{ст}} \cdot R_{\text{доп}}}, \quad (6.7)$$

где  $\eta_{\text{ст}}$  – коэффициент использования вертикального стержневого заземлителя (находится в табл. 6.5 по предварительному значению  $n$  при  $\eta_{\text{ст}} = 1$ );  $R_{\text{доп}} = 4$  Ом при напряжении до 1000 В и суммарной мощности электроустановок более 100 кВА.

Таблица 6.5

**Коэффициент использования  $\eta_{\text{ст}}$  вертикальных стержневых заземлителей (без влияния полосы связи)**

Число заземлителей	Отношение расстояния между заземлителями к их длине					
	1	2	3	4	5	6
	Заземлители размещены в ряд			Заземлители размещены по контуру		
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	0,55	0,68	0,76
20	0,48	0,48	0,76	0,47	0,63	0,71

Число заземли- телей	Отношение расстояния между заземлителями к их длине					
	1	2	3	4	5	6
	Заземлители размещены в ряд			Заземлители размещены по контуру		
40	–	–	–	0,41	0,58	0,66
60	–	–	–	0,39	0,55	0,64
100	–	–	–	0,36	0,52	0,62

4.5.4. Длину соединительной полосы заземлителя вычислить по формулам:

– при расположении стержней в ряд:

$$l_{\text{пол}} = 1,05 \cdot a \cdot (n - 1), \text{ м}; \quad (6.8)$$

– при расположении стержней по контуру:

$$l_{\text{пол}} = 1,05 \cdot a \cdot n, \text{ м}. \quad (6.8a)$$

*Примечание.* Следует округлить  $n$  и принять несколько меньшим, чем вычисленное в п. 4.5.3, т. к. заземляющие соединительные проводники одновременно работают как заземлители.

4.5.5. Определить сопротивление растеканию тока полосы соединительного провода как заземлителя по формуле

$$R_{\text{пол}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l_{\text{пол}}} \cdot \ln \frac{2 \cdot l_{\text{пол}}^2}{B \cdot H_0}, \text{ Ом}. \quad (6.9)$$

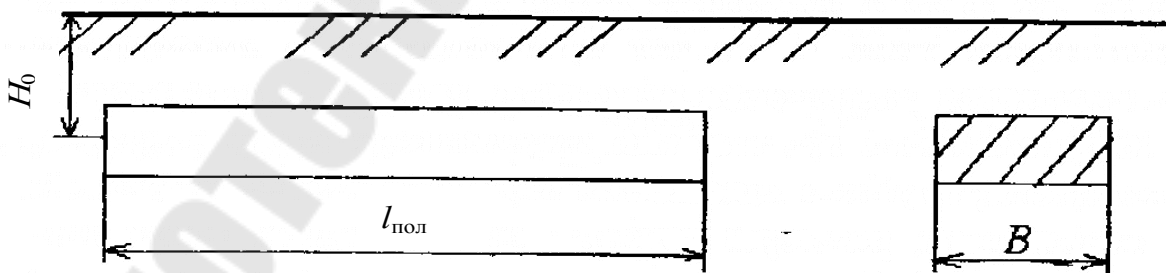


Рис. 6.7. Соединительная полоса заземлителя

4.5.6. Сопротивление группового искусственного заземлителя  $R_{\text{гр}}$ , состоящего из стержневых заземлителей и полосы, равно

$$R_{гр} = \frac{R_{пол} \cdot R_{ст.од}}{R_{пол} \cdot \eta_T \cdot n + R_{ст.од} \cdot \eta_{пол}}, \text{ Ом}, \quad (6.10)$$

где  $\eta_{пол}$  – коэффициент использования одиночной полосы – соединительного провода (табл. 6.6).

Таблица 6.6

**Коэффициент использования  $\eta_{пол}$  горизонтального полосового заземлителя**

Отношение расстояния между стержневыми заземлителями к их длине	Число стержневых заземлителей							
	2	4	6	10	20	40	60	100
	Стержневые заземлители расположены в ряд							
1	0,85	0,77	0,72	0,62	0,42	–	–	–
2	0,94	0,89	0,84	0,75	0,56	–	–	–
3	0,96	0,92	0,88	0,82	0,68	–	–	–
	Стержневые заземлители по контуру							
1	–	0,45	0,40	0,34	0,27	0,22	0,20	0,19
2	–	0,55	0,48	0,40	0,32	0,29	0,27	0,23
3	–	0,70	0,64	0,56	0,45	0,39	0,36	0,33

4.5.7. Сопротивление группового заземляющего устройства растекания тока должно быть равно или несколько меньше допустимого сопротивления по ПУЭ и ТПЭ;  $R_{гр} \leq R_{доп}$ . Проверить выполнение этого условия. При значительных отклонениях  $R_{гр}$  от  $R_{доп}$  произвести перерасчет заземляющего устройства.

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 5.1. Наименование и цель работы.
- 5.2. Краткое описание методики измерения прибором М 416.
- 5.3. Схема измерения сопротивления заземляющего устройства (рис. 6.2, 6.3).
- 5.4. Таблица результатов измерения (табл. 6.1).

- 5.5. Схема измерения удельного сопротивления грунта (рис. 6.4).
- 5.6. Расчет удельного сопротивления грунта и его наименование.
- 5.7. Схема измерения сопротивления изоляции (рис. 6.5).
- 5.8. Таблица результатов измерения изоляции (табл. 6.3).
- 5.9. Расчет заземляющего устройства с поясняющими рисунками (рис. 6.6, 6.7)

## **6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- 6.1. Общие и теоретические сведения.
- 6.2. Применяемые приборы.
- 6.3. Измерение сопротивления заземляющих устройств.
- 6.4. Измерение удельного сопротивления грунта.
- 6.5. Измерение сопротивления изоляции.
- 6.6. Расчет одиночного заземлителя и количества стержневых заземлителей.

## **7. ЛИТЕРАТУРА**

1. Охрана труда в машиностроении / под ред. Е. Я. Юдина и С. В. Белова. – Москва : Машиностроение, 1983. – 432 с.
2. Паспорта измерителя сопротивления заземления М 416, мегаомметра Ф 4101.
3. Лабораторный практикум по курсу «Охрана труда» / под ред. Н. М. Рыкова. – Минск : БПИ, 1981. – 114 с.

### **Лабораторная работа № 7**

## **ИЗУЧЕНИЕ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ**

**Цель работы:** ознакомление с характеристиками огнегасительных веществ и современными средствами пожаротушения.

### **1. ОБЩИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

#### **1.1. Методы тушения пожаров**

Применяемые средства пожаротушения должны максимально ограничивать размеры пожара и обеспечивать его тушение. К основным методам тушения загораний относятся следующие:

- охлаждение поверхности горения;
- изоляция горючего вещества от зоны горения;
- понижение концентрации кислорода в зоне горения;
- замедление или полное прекращение реакции горения химическим путем (ингибирование);
- подавление горения взрывом.

## **1.2. Огнегасящие вещества**

Наиболее эффективными огнегасящими веществами, используемыми в настоящее время, являются:

- вода;
- вода с добавками поверхностно активных веществ;
- пена;
- порошковые составы;
- негорючие газы;
- галоидированные углеводороды (галлоны, хладоны).

### **1.2.1. Вода**

Вода является наиболее дешевым и распространенным средством пожаротушения. Она охлаждает поверхность (зону горения), а образующийся при этом водяной пар понижает концентрацию горючих газов и кислорода вокруг горящего вещества, изолирует вещество от зоны горения и тем самым способствует прекращению горения (из 1 л воды образуется 1725 л пара).

Как средство пожаротушения вода применяется:

- в виде компактных струй;
- в виде распыленных струй;
- в смеси со смачивателями;
- в виде водяных эмульсий галоидированных углеводородов.

В виде компактных и распыленных струй вода используется для тушения большинства твердых горючих веществ и материалов, тяжелых нефтепродуктов, создания водяных завес и охлаждения объектов вблизи очага пожара.

Вода также используется для тушения загораний электроустановок и кабельных линий до 220 кВ. Однако при этом следует соблюдать следующие меры безопасности:

- тушение могут производить ствольщики не ниже III квалификационной группы по электробезопасности;
- тушение может производиться только в открытых для обзора ствольщика местах;

- ствол должен быть заземлен при помощи гибкого медного привода с суммарным сечением не менее 16 мм<sup>2</sup>;
- ствольщик должен работать в диэлектрических ботах и диэлектрических перчатках;
- вода должна иметь удельное электрическое сопротивление не менее 10 Ом · м;
- должны быть соблюдены расстояния до защищаемого объекта, указанные в табл. 7.1.

Таблица 7.1

**Безопасное расстояние до горящих электроустановок,  
находящихся под напряжением, в зависимости  
от применяемого огнетушащего вещества**

Применяемое огнетушащее вещество и устройство для его подачи	Оптимальное безопасное расстояние, м, до горящих электроустановок, находящихся под напряжением, кВ				
	до 1	от 1 до 10	от 10 до 35	от 35 до 110	от 110 до 220
Компактная струя воды, подаваемая из стволов РСК-50 (11,5), РС-50 (13)	4	6	8	10	Тушение компактными струями не допускается
Распыленная струя воды, подаваемая из стволов РС-5, РС-70 с насадками НРТ-2,5 или НРТ-5; огнетушащий порошок состав: одновременная подача распыленной воды и огнетушащего порошка	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0

*Примечание.* В тех случаях, когда к горячей электроустановке можно приблизиться со всех сторон, целесообразно осуществлять подачу распыленной воды по периметру пожара.

При тушении комбинированными составами по фронту пламени рекомендуется в зону горения первоначально подавать порошок, а затем распыленную воду. Подача порошка и распыленной воды может осуществляться и в сопутствующем потоке, что обеспечивает попадание в зону горения большей части сухого порошка. В результате этого

уже на первых секундах тушения обеспечивается ингибирование пламени и снижение плотности тепловых потоков.

Вода со смачивателями (0,5–2,0 % смачивателя) применяется для тушения плохо смачивающихся веществ и материалов (хлопок, сажа и т. д.).

Водяные эмульсии галоидированных углеводородов (смесь воды с 5–10 % бромэтила и др.) используется для тушения твердых горючих веществ и материалов.

**Воду не применяют для тушения пожаров на складах с веществами, выделяющими при взаимодействии с водой горючие газы (карбид кальция, селитра), а также в случае возможности возникновения взрыва (калий, магний) и обильного выделения отравляющих веществ.**

На промышленных предприятиях и в населенных пунктах в качестве источника пожарного водоснабжения используются естественные водоисточники (реки, озера), к которым устраивают подъезды и пирсы для забора воды мотопомпами или автонасосами на расстоянии через каждые 500 м вдоль берега.

Используются также специально проложенные для этих целей наружные пожарные водопроводные сети с гидрантами. Пожарные гидранты располагаются через 100–150 м вдоль автомобильных дорог на расстоянии не более 2,5 м от края проезжей части и не ближе 5 м к стенам зданий.

Расстановка пожарных гидрантов на водопроводной сети должна обеспечивать пожаротушение любого обслуживаемого данной сетью здания (сооружения) не менее чем от двух гидрантов при расходе воды на наружное пожаротушение 15 л/с и более одного – при расходе воды менее 15 л/с. Напор у гидрантов не должен быть ниже 10 м.

Расход воды на внутреннее пожаротушение (число струй и минимальный расход на одну струю) зависит от вида объекта (высоты здания или помещения, а для производственных зданий – и от степени огнестойкости и категории пожарной безопасности).

В производственных и общественных зданиях, а также в жилых зданиях повышенной этажности устраивается внутреннее пожарное водоснабжение с пожарными кранами, укомплектованными рукавами и стволом.

Пожарные краны предназначены для отбора и подачи воды к месту пожара. Они устанавливаются на пожарных стояках с присоединенными к ним пожарными рукавами диаметром 51 или 66 мм и



стволами с диаметром насадки 13, 16 или 19 мм. Длина сложенных в «скатку» или «гармошку» рукавов принимается 10, 15 или 20 м.

Расход воды на пожаротушение – 2,5 л/с с длиной компактной струи 6 м. Пожарные краны устанавливаются преимущественно у выхода из зданий и помещений в шкафах на высоте 1,35 м над полом.

Для подачи мощных водяных струй на высоту до 20 м применяются лафетные установки. Питание лафетных стволов осуществляется от сети противопожарного водопровода высокого давления, от автономных источников или от пожарных автомобилей. Расстояние между соседними лафетными стволами должно быть не более 60 м. На складах сжиженного газа лафетные стволы устанавливаются по периметру склада на расстоянии 60 м друг от друга и 15 м и от резервуаров.

### 1.2.2. Водяной пар

Применение парового пожаротушения основано на способности пара вытеснять кислород из объема помещения и уменьшать его концентрацию в зоне горения. Обычно при концентрации кислорода менее 15 % горение становится невозможным. При этом одновременно охлаждается зо-на горения, а также происходит механический отрыв пламени струями пара. Огнегасительная эффективность пара невелика, поэтому его рекомендуется применять для тушения загораний в помещениях объемом 500 м<sup>3</sup> и небольших загораний на открытых установках. Огнегасительная концентрация пара для нефтепродуктов составляет примерно 35 % объемных.

### 1.2.3. Пена

Пена представляет собой массу пузырьков газа (углекислый газ, воздух), заключенных в тонкие оболочки жидкости. Растекаясь по поверхности горящего вещества, пена изолирует его от пламени, вследствие чего прекращается поступление горючих паров и кислорода воздуха в зону горения. Одновременно происходит охлаждение поверхности горения и тем самым создается инертная среда.

По способу получения пена может быть:

- химическая;
- воздушно-механическая.

По производительности пены бывают:

- обычной кратности ( $K < 8$ );
- средней кратности ( $K = 8-120$ );
- высокой кратности ( $K \geq 120$ ).

**Кратность (K)** – это число, которое показывает, во сколько раз объем пены превышает объем раствора, взятого для ее получения.

С течением времени пена разрушается. Разрушение ее обуславливается свойствами жидкости, на которую она нанесена, температурой и условиями подачи. Стойкость пены характеризуется ее сопротивляемостью процессу разрушения, т. е. способностью сохраняться во времени. Она оценивается продолжительностью разрушения пены (мин).

*Пена химическая* получается в результате химической реакции при взаимодействии щелочного и кислотного составов в присутствии пенообразующих веществ.

Пена химическая средней кратности получается с помощью пеногенераторов. Они действуют по принципу водоструйных насосов. Для получения химической пены в воду вводится пенообразующий порошок. Образование химической пены происходит в рукавной линии по мере растворения в воде составных частей пенопорошка. В связи с этим рукавная линия должна быть определенной длины, не менее 40 м и не более 120 м (оптимально 60–80 м). При меньшей длине пена не успевает образоваться, а при большей – происходит ее разрушение. На рис. 7.1. приведена схема пеногенератора обычной кратности.

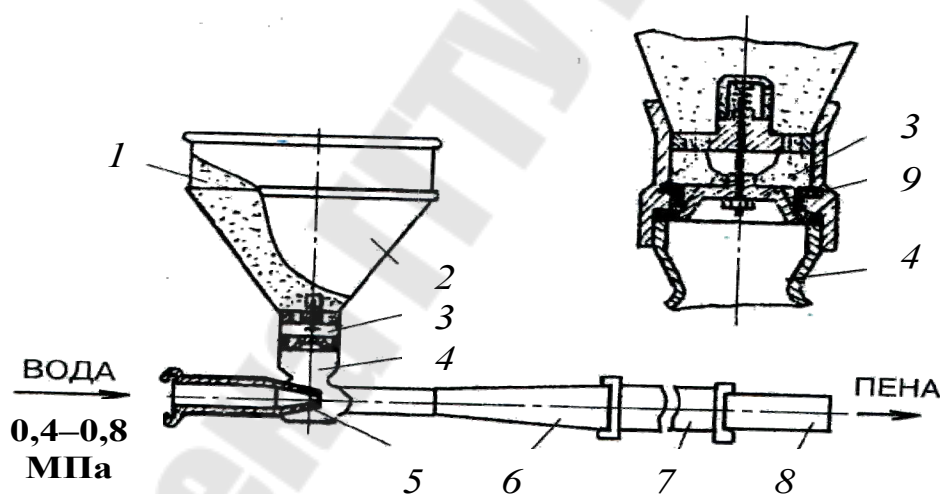


Рис. 7.1. Пеногенератор типа ПГ-50:

- 1 – сетка; 2 – бункер для засыпки порошка; 3 – клапан;
- 4 – вакуум-камера; 5 – сопло; 6 – диффузор; 7 – рукав длиной 40–60 м; 8 – ствол; 9 – кольцо резиновое

*Пена воздушно-механическая* – это смесь воздуха, воды и пенообразующих веществ. Покрывая место загорания, она локализует его, предотвращая доступ кислорода воздуха.

Огнетушащие свойства пены определяются охлаждением горячего вещества и зоны горения и изоляцией от его поверхности зоны горения, что препятствует поступлению горючих паров в зону

горения. Однако преимущественную роль в огнетушащем действии пены играет изолирующий фактор. Воздушно-механическая пена образуется на основе водных растворов пенообразующих порошков типа ПО. В настоящее время выпускается более 10 наименований порошков типа ПО, которые используются для получения пен различной кратности и смачивающих растворов. Воздушно-механическая пена образуется на основе водных растворов пенообразователя типа ПО-1. Последний имеет следующий состав:

- керосиновой контакт – 84 %;
- столярный клей – 4,5 %;
- этиловый спирт – 11 %;
- сода каустическая – до нейтрализации.

В свою очередь керосиновый контакт состоит из следующих компонентов:

- сульфокислота;
- клей;
- спирт или этиленгликоль.

Воздушно-механическая пена высокой кратности ( $K > 120$ ) получается в специальных аппаратах (пеногенераторах, например, ГВП-600, ГВП-2000, ГДС-7, ЭГС-3,5 и др.), где цифры и буквы обозначают: ГВП-600 – генератор высокоскоростной пены производительностью 600 л/с; Г – генератор; Д – двухструйный; С – сетчатый; Э – эвольвентного типа; 3,5–7 – номинальная производительность в л/с по раствору пенообразователя (рис. 7.2 и 7.3).

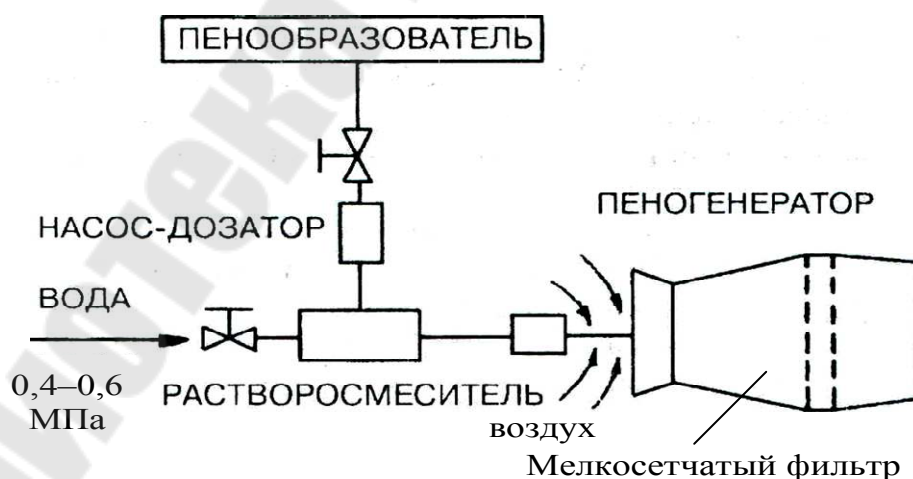


Рис. 7.2. Схема получения высокократной пены

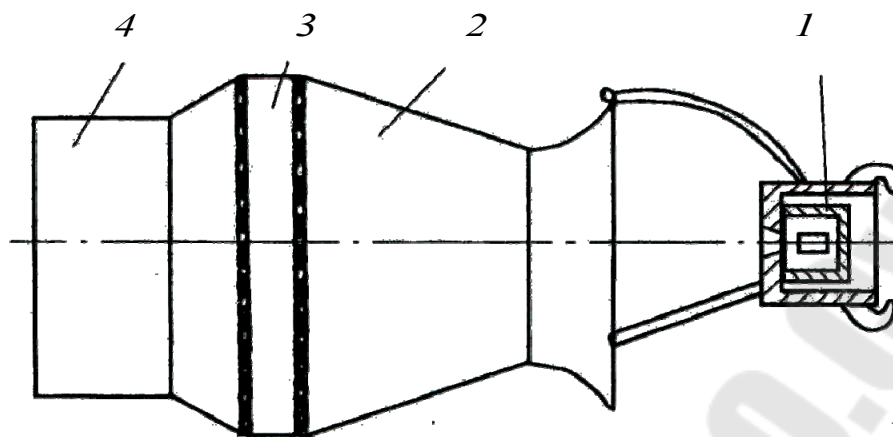


Рис. 7.3. Пеногенератор высокократной пены ГВП-600:  
1 – распылитель; 2 – корпус; 3 – пакет сеток; 4 – насадок

Воздушно-механическая пена высокой кратности рекомендуется в качестве основного средства пожаротушения нефтепродуктов, при тушении пожаров в подвалах, шахтах, трюмах и других закрытых объемах. Нормы проектирования складов нефтепродуктов предусматривают защиту стационарными установками автоматического пенного пожаротушения для всех резервуаров емкостью 5 тыс. м<sup>3</sup> и выше. Огнетушащие свойства пены определяются при этом охлаждением места горения, а также изоляцией поверхности горения от горючих паров.

#### 1.2.4. Порошковые составы

Порошковые составы применяют для тушения легковоспламеняющихся жидкостей, сжиженных газов, а также для тушения пожаров в тех случаях, когда другие средства тушения непригодны или малоэффективны. Так, например, загорания таких металлов, как калий, натрий, литий, цирконий, уран, торий, титан, магний трудно поддаются тушению. Углекислый газ ускоряет процесс горения магния. Песок может реагировать с горящим металлом, усиливать горение и вызывать его искрение. В этих случаях весьма эффективными являются порошковые составы, которые, попадая на пламя в виде облака мелких частиц, создают на поверхности горючего вещества пленку. Последняя позволяет изолировать поверхность горения от воздуха. Порошковые составы типа ПС состоят из следующих компонентов: 96,5 % – кальцинированная сода; 1 % – графит; 1 % – стеарат алюминия; 1 % – стеарат железа или магния; 0,5 % – стеариновая кислота.

Порошковые составы неэлектропроводны, что дает возможность использовать их при тушении пожаров оборудования и аппаратов, на-

ходящихся под напряжением (трансформаторы и др.). Порошковые составы практически нетоксичны, не оказывают вредных воздействий на материалы и используются при тушении загораний в виде пылевого облака или в сочетании с распыленной водой и пенными средствами тушения. Порошок подается в основном из баллонов со сжатым азотом, углекислым газом или воздухом.

#### **1.2.5. Негорючие газы**

*Негорючие газы (инертные)* – это, главным образом, углекислый газ, азот, аргон, гелий, дымовые газы. Они понижают концентрацию кислорода в очаге горения и тормозят процесс горения – это так называемое объемное тушение. Целесообразно их использовать в тех случаях, когда применение воды может вызвать взрыв или повреждение материалов аппаратуры и т. п.

#### **1.2.6. Галлоны, хладоны**

*Галлоны и хладоны* – это составы, полученные на основе галоидированных углеводородов. Галоидированные углеводороды представляют собой газы или легкоиспаряющиеся жидкости, тушение которыми происходит в результате торможения химических реакций, поэтому их также называют ингибиторами или флегматизаторами. Наибольшее применение в пожаротушении нашли составы на основе предельных углеводородов, в которых один или несколько атомов водорода заменены на атомы галогена. Однако наряду с положительными качествами они имеют и ряд недостатков: оказывают токсичное воздействие на человека (причем, если сами галоидированные углеводороды действуют на организм человека как слабые наркотические яды, то продукты их термического распада обладают сравнительно высокой токсичностью). Однако временное пребывание работающих в такой среде не является опасным для состояния здоровья.

Реакцию горения многие из них прекращают практически мгновенно. Так, например, фреон по эффективности превышает  $\text{CO}_2$  в 14 раз. Применяются они для тушения, пламяподавления, взрывоподавления в стационарных установках, на боевых и гражданских самолетах, для тушения дорогостоящего оборудования, электронно-вычислительных машин.

Однако применение галоидированных углеводородов запрещено для тушения пожаров в электроустановках. Это связано с тем, что горение электрической дуги сопровождается значительным повышением температуры (3000–4000 °С и более), при которой галоидированные углеводороды являются инициаторами возникновения взрыва.

### 1.3. Первичные средства пожаротушения

*Первичные средства пожаротушения* – это такие средства, которые используются в начальной стадии загорания. Они предназначены для ликвидации начинающихся очагов пожара силами персонала, обнаружившего загорание. Они просты в обращении, и для приведения их в действие не требуется сложных операций. Обычно они располагаются в боевой готовности. Количество первичных средств пожаротушения определяется существующими нормами в зависимости от назначения помещения и пожарной опасности технологического процесса.

К первичным средствам пожаротушения относятся: огнетушители; пожарные щиты, укомплектованные шанцевым инструментом (багор, кирка, лопата); ящики с песком; асбест, войлок (кошма), емкости с водой.

Простейшим и доступным средством пожаротушения является песок. Он применяется для тушения разлитой по полу или земле горячей жидкости, электрооборудования, деревянных предметов, автомобилей и т. п.

Следующее доступное средство тушения – кошма (войлок), которая предназначена для изоляции очага горения от доступа воздуха. Этот метод очень эффективен, но применяется лишь при небольшом очаге горения: при вспышках газовых или керосиновых приборов, воспламенении небольшого количества разлившихся горючих или легковоспламеняющихся жидкостей. Вместо кошмы можно использовать шерстяные или суконные одеяла, скатерти и т. п. Горящий объект следует быстро накрыть кошмой или другими предметами, стремясь лучше изолировать его от доступа воздуха и держать до полного прекращения огня.

Самым распространенным видом первичных средств пожаротушения являются огнетушители. Все они могут быть классифицированы по ряду признаков.

По виду огнегасящего состава:

- жидкостные (вода с добавками поверхностно-активных веществ);
- пенные (воздушно-пенные, химически-пенные);
- газовые (углекислотные, хладоновые, комбинированные);
- порошковые;
- аэрозольные (углекислотно-бромэтиловые, хладоновые с легкоиспаряющимися жидкостями галоидированных углеводородов);
- комбинированные (пенно-порошкового тушения).



По размерам и количеству огнетушащего состава:

- малолитражные – до 5 л;
- промышленные ручные – от 5 до 10 л;
- передвижные (возимые) и стационарные – более 10 л.

По способу выброса огнетушащего состава:

- под давлением самого заряда или рабочего газа, находящегося над огнетушащим составом;
- под давлением газа, находящегося в отдельном баллончике, расположенном внутри или снаружи корпуса огнетушителя (двуокись углерода, азот, воздух).

### 1.3.1. Огнетушители углекислотные

Углекислотные огнетушители бывают ручные (рис. 7.4), стационарные и передвижные (рис. 7.5).

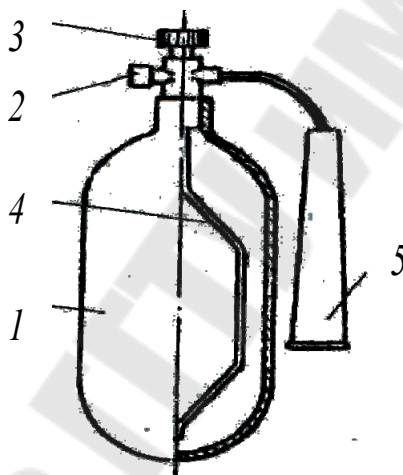


Рис. 7.4. Огнетушитель углекислотный:

- 1 – стальной баллон; 2 – предохранитель; 3 – запорный вентиль;  
4 – сифонная трубка; 5 – раструб

Ручные огнетушители ОУ (ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8) представляет собой стальной баллон 1 (рис. 7.4), в горловину которого ввернут на конусной резьбе вентиль 3 (запорно-пусковое устройство) с сифонной трубкой 4. Раструб 5 огнетушителя ОУ-2 и ОУ-5 присоединен к корпусу шарнирно. При тушении загораний раструб огнетушителя направляют на горящий объект и поворачивают маховик вентиля до упора.

Для приведения в действие передвижных огнетушителей, например, ОУ-25 (рис. 7.5), необходимо подкатить тележку к месту пожара и установить в рабочее (вертикальное) положение, размотать шланг и открыть запорно-пусковое устройство; держа раструб за специальную изолированную ручку, направить снежную массу на очаг пожара.

Запорное устройство позволяет прерывать подачу углекислоты. Углекислотные огнетушители с запорно-пусковым устройством рычажного типа УН (рис. 7.6) необходимо проверять не реже одного раза в год, а с вентильным устройством – один раз в квартал путем взвешивания. Из полученной массы вычитывается масса пустого баллона с запорным устройством, которая указывается в паспорте огнетушителя и выбита на его корпусе. Утечка заряда из баллона не должна быть более 5 % исходного количества в год.

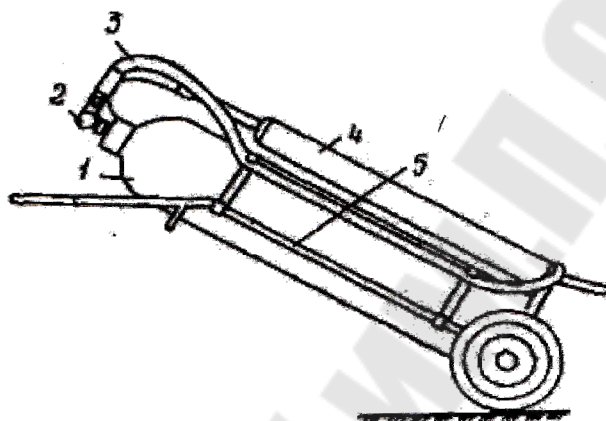


Рис. 7.5. Передвижной углекислотный огнетушитель ОУ-25:  
1 – баллон; 2 – запорный вентиль; 3 – шланг;  
4 – раструб; 5 – тележка

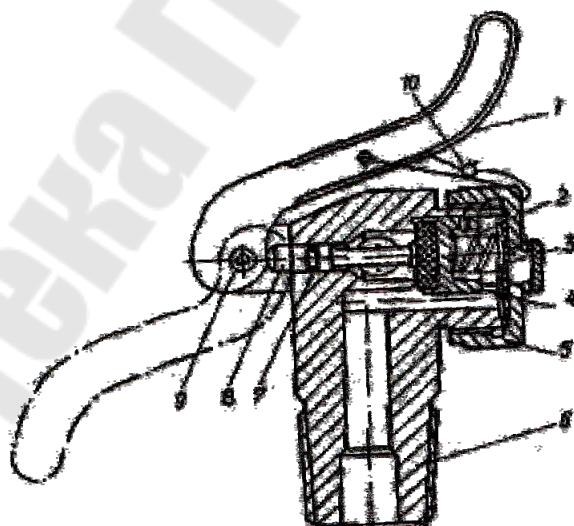


Рис. 7.6. Запорно-пусковое устройство рычажного типа УН:  
1 – рычаг; 2 – пружина; 3 – прокладка; 4 – седло клапана;  
5 – гайка; 6 – хвостовик; 7 – манжета; 8 – шток клапана;  
9 – ось рычага; 10 – пломба



Принцип действия углекислотных огнетушителей основан на свойстве углекислоты изменять агрегатное состояние. Так, в огнетушителе типа ОУ находится углекислый газ в жидком состоянии. Для приведения огнетушителя в действие открывается вентиль 3 (рис. 7.4) или посредством рычага 1 запорное устройство (рис. 7.6) и углекислота по сифонной трубке 4 (рис. 7.4) выходит наружу через раструб 5. При этом происходит переход углекислоты в снегообразное состояние (твердая фаза), объем ее увеличивается в 400–500 раз, поглощается большое количество тепла. Углекислота превращается в «снег» с температурой  $-72\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Эту снегообразную массу и применяют для локального тушения загораний. Тушение при этом происходит за счет действия двух факторов: во-первых, углекислый газ уменьшает концентрацию кислорода в зоне горения; во-вторых, имея очень низкую температуру, углекислота уменьшает температуру в очаге. «Снег» постепенно превращается в газ, т. е. углекислый газ, минуя жидкое состояние, опять переходит в газообразное состояние. Углекислый газ является незаменимым средством в тех случаях, когда требуется потушить пожар в течение 2–10 с. При тушении загораний в закрытых помещениях и объемах необходимо вводить его не менее 30 % объема.

При применении углекислотных огнетушителей необходимо учитывать токсичность  $\text{CO}_2$  (например, при вдыхании воздуха, содержащего 10 %  $\text{CO}_2$ , наступает паралич дыхания и смерть), что особенно опасно, если учесть, что этот газ не имеет запаха. Поэтому использовать ОУ в непроветриваемых помещениях запрещено.

Для пожарной защиты (с целью предупреждения пожара, взрыва) используют и другие инертные газы: азот, аргон, гелий, дымовые и отработанные газы и ряд других.

В системах объемного тушения инертными газами должны предусматриваться меры, не допускающие отравления людей в защищаемом помещении.

Углекислотные огнетушители находят широкое применение для тушения загораний твердых материалов органического происхождения; электрооборудования, находящегося под напряжением; плавящихся веществ, газов (водород), легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ).

### **1.3.2. Огнетушители воздушно-пенные (ОВП)**

Они выпускаются трех типов: переносные (ручные) – ОВП-5, ОВП-10; возимые (ОВП-100) и стационарные (ОВП-250).

В качестве огнетушащего средства ОВП применяют 6%-й водный раствор пенообразователя ПО-1. Огнетушители выпускаются как закачного типа, так и с баллончиком для рабочего газа. Баллончик располагается внутри корпуса огнетушителя. Огнетушители ОВП состоят из стального корпуса 1 (рис. 7.7) и баллона для выталкивающего газа 3, имеется также сифонная трубка 2, рукоятка 4 и воздушно-пенный ствол 5. Для приведения его в действие нажимают на пусковой рычаг, происходит прокалывание мембраны газового баллончика. Рабочий газ (углекислота, воздух, азот и т. п.) выходит через дозирующее устройство и создает в корпусе огнетушителя давление. Под давлением газа заряд поступает в воздушно-пенный ствол, где распыляется, смешивается с подсосываемым воздухом и образует воздушно-механическую пену средней кратности. В рабочем положении огнетушитель следует держать вертикально.

К недостаткам огнетушителей ОВП относятся высокая коррозионная активность заряда и невозможность его применения в электроустановках.

### **1.3.3. Огнетушители порошковые (ОП)**

Порошковые огнетушители получили в настоящее время наибольшее распространение. Они применяются для ликвидации загораний и пожаров всех классов. Огнетушители выпускаются трех типов: ручные (переносные), возимые и стационарные.

В качестве огнетушащего вещества используют порошки общего и специального назначения. Порошки обычного (общего) назначения используют при тушении пожаров и загораний ЛВЖ, газов, древесины и т. д. Порошки специального назначения применяют при ликвидации пожаров и возгораний щелочных металлов, алюминий- и кремнийорганических соединений и других пирофорных (способных к самовозгоранию) веществ.

Огнетушитель ОП-10 (рис. 7.8) приводится в действие нажатием на пусковой рычаг 6. После этого игольчатый шток 5 прокалывает мембрану баллона с газом 4. Рабочий газ (углекислота, воздух, азот и т. п., выходя из баллона, поступает по сифонной трубке 3 под азроднище 1. В центре сифонной трубки (по высоте) имеется ряд отверстий, через которые выходит часть рабочего газа и производится рыхление порошка. Взрыхленный порошок под действием давления рабочего газа выдавливается по сифонной трубке и выбрасывается через насадок 7 на очаг загорания.

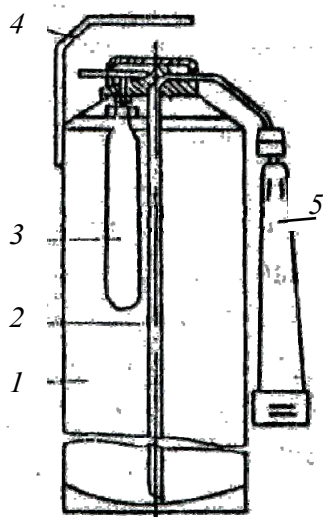


Рис. 7.7. Огнетушитель воздушно-пенный:

1 – стальной корпус; 2 – сифонная трубка; 3 – баллон с крышкой и запорно-пусковым устройством для подачи газа  $\text{CO}_2$ ; 4 – рукоятка; 5 – ствол-распылитель

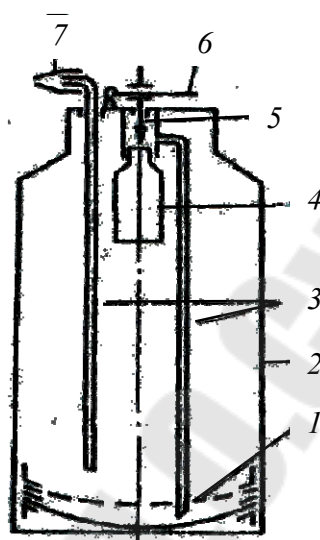


Рис. 7.8. Огнетушитель порошковый ОП-10:

1 – аэроднище; 2 – корпус; 3 – сифонные трубки; 4 – баллон с газом; 5 – игольчатый шток; 6 – пусковой рычаг; 7 – насадок

В рабочем положении огнетушитель необходимо держать строго вертикально.

Переносной порошковый огнетушитель ОП-1 «Спутник» (рис. 7.9), предназначенный для тушения небольших загораний, состоит из корпуса 1, сетки 3 и крышки 4. Все детали изготовлены из пластмассы. Для приведения его в действие необходимо отвернуть крышку на горловине, взять огнетушитель за нижнюю часть корпуса, подойти к месту загорания, встряхнуть огнетушитель, опрокинуть его горловину вниз и подавать порошок в очаг горения.

В порошковом огнетушителе ОП-1 «Момент» (рис. 7.10) порошок выбрасывается углекислым газом, который содержится в стальном баллончике 2 (37 г под давлением 0,8 МПа,  $\text{кг} \cdot \text{с}/\text{см}^2$ ). В верхней части огнетушителя на предохранителе закреплена полусфера с наконечником 3, служащим для прокола мембраны в горловине баллончика.

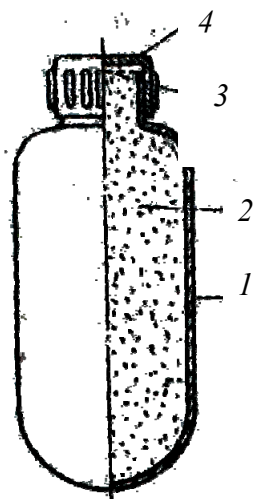


Рис. 7.9. Огнетушитель порошковый «Спутник»:

1 – корпус; 2 – порошок;  
3 – сетка; 4 – крышка

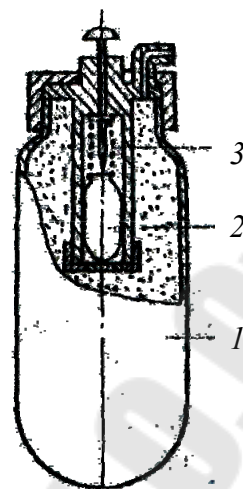


Рис. 7.10. Огнетушитель порошковый «Момент»:

1 – корпус;  
2 – баллончик с газом;  
3 – наконечник

#### 1.3.4. Аэрозольные и углекислотно-бромэтиловые огнетушители

Они предназначены для тушения загораний ЛВЖ, твердых веществ, электроустановок, находящихся под напряжением, и других материалов, кроме щелочных металлов и кислородосодержащих веществ.

Зарядами огнетушителей служат составы на основе галоидированных углеводородов (бромистый этил, тетрафтордибромэтан и пр.).

Аэрозольные огнетушители предназначены для тушения загораний на транспортных средствах с двигателями внутреннего сгорания, а также на электроустановках с напряжением до 380 В.

Аэрозольные огнетушители марок ОА-1 и ОА-3 отличаются друг от друга только объемом.

Аэрозольный огнетушитель представляет собой стальной баллон, в горловину которого ввернута крышка с запорно-пусковым устройством, баллоном со сжатым газом и сифонной трубкой.

При тушении пожара поднимают рукоятку и нажимают пусковой рычаг до упора. Шток прокалывает мембрану баллона, перемещает шарик и открывает доступ газа из баллона в корпус огнетушителя. Давление в корпусе возрастает и бромистый этил через сифонную трубку поступает в выходное сопло, где жидкая фаза заряда превращается в газожидкостную аэрозольную струю. При работе огнетушитель должен находиться в вертикальном положении. На рис. 7.11 представлен огнетушитель хладоновый аэрозольный (ОХА), которым комплектуются личные автомашины.



Рис. 7.11. Огнетушитель хладоновый аэрозольный ОХА

Углекислотно-бромэтиловые огнетушители ОУБ-1 и ОУБ-7 (рис. 7.12) предназначены для тушения загораний на бензозаправочных станциях, бензоколонках, грузовых и специальных автомобилях, перевозящих горюче-смазочные материалы; в складских помещениях, а также в электроустановках, находящихся под напряжением. Они аналогичны по конструкции и отличаются только емкостью баллонов и устройством распыляющего насадка.

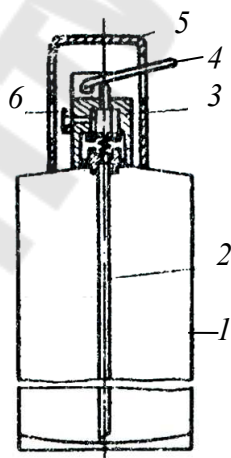


Рис. 7.12. Огнетушитель углекислотно-бромэтиловый ОУБ:  
 1 – стальной баллон; 2 – сифонная трубка; 3 – запорная головка;  
 4 – пусковой рычаг; 5 – предохранительный колпак;  
 6 – распыляющее устройство

Малогабаритный бромэтиловый огнетушитель ОБ-1, ОБ-2 («Спутник») предназначен для установки на автомашинах. В качестве огнегасительного состава используется высокоэффективная смесь бромистого этила (85 %) с тетрафтордибромэтаном (15 %).

## 1.4. Спринклерные и дренчерные установки

Среди установок водяного тушения широкое распространение получило спринклерно-дренчерное оборудование.

Под потолком пожароопасного помещения монтируется сеть разветвленных трубопроводов, на которых размещены спринклерные головки (из условия орошения одним спринклером от 9 до 12 м<sup>2</sup> площади пола). В нормальном режиме в трубопроводе находится вода под давлением и удерживается спринклером (рис. 7.13), выходное отверстие которого закрыто специальным замком 1. Этот замок выполнен из легкоплавкого металла. При возникновении загорания и повышении температуры в помещении замок спринклера выбрасывается, и вода, имея свободный проход из трубопровода, разбрызгивается. Таким образом, по мере продвижения высокой температуры по помещению открываются спринклеры поочередно и происходит орошение помещения водой. Интенсивность орошения площади помещения одним спринклером составляет 0,1 м/с · м<sup>2</sup>. Как только при пожаре вскрылся хотя бы один спринклер, контрольно-сигнальная система подает световой или звуковой сигнал о пожаре.

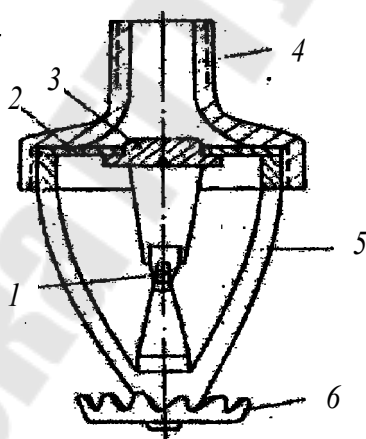


Рис. 7.13. Спринклерная головка:

- 1 – легкоплавкий замок; 2 – металлическая диафрагма; 3 – клапан;
- 4 – обойма с винтовой нарезкой; 5 – кольцевая часть с хомутом;
- 6 – розетка для разбрызгивания воды

Таким образом, спринклерная система совмещает в себе функции системы подачи сигнала и тушения загорания.

При защите неотапливаемых помещений применяют спринклерную установку воздушной системы, в которой трубопроводы заполнены не водой, а сжатым воздухом с использованием вместо во-

дяного контрольно-сигнального клапана, клапана воздушного типа. Вода в такой системе расположена только до контрольно-сигнального клапана, а после него в системе находится сжатый воздух. Следовательно, при вскрытии головок в воздушной системе выходит воздух и только после этого она начинает заполняться водой.

Если в помещении температура воздуха в течение всего года превышает  $4^{\circ}\text{C}$ , то монтируются водяные спринклерные установки; в отапливаемых помещениях, где не гарантируется плюсовая температура на протяжении четырех месяцев года, применяют воздушные спринклерные установки; в неотапливаемых помещениях, в которых на протяжении более восьми месяцев года поддерживается температура свыше  $4^{\circ}\text{C}$ , применяются смешанные спринклерные установки.

Как указывалось выше, в спринклерных установках вскрывается только такое количество головок, которое оказалось в зоне высокой температуры пожара. При этом спринклерные головки обладают сравнительно большой инерционностью – они вскрываются через 2–3 мин с момента повышения температуры в помещении. В пожароопасных помещениях такая инерционность не всегда приемлема. Кроме того, с целью повышения эффективности действия системы пожаротушения оказывается целесообразным подать воду сразу по всей площади помещения или его части. В таких случаях применяют дренчерные установки.

В дренчерных установках группового действия на трубопровод, который монтируется под перекрытиями, устанавливаются дренчеры, имеющие вид спринклеров, но без замков, с открытыми выходными отверстиями для воды. В нормальных условиях выход воды в трубопроводы закрыт клапаном группового действия.

При возникновении пожара пуск воды осуществляется после срабатывания какого-либо датчика, реагирующего на повышение температуры (спринклер, электрический датчик), либо ручным включением. И вода поступает в трубопроводную сеть, находящуюся под потолком помещения, и имеет свободный выход через оросители дренчеров. И в отличие от спринклерной системы пожаротушения, дренчерные головки работают все одновременно, независимо от распределения высокой температуры по помещению.

Дренчерные установки используются для тушения пожара в помещениях, где требуется одновременное орошение площади, создание водяных завес, орошение отдельных элементов технологического оборудования.

## 1.5. Пожарные извещатели

Технические средства обнаружения загораний (или извещатели) предназначены для получения информации о состоянии контролируемых признаков пожара на охраняемом объекте. Пожарные извещатели делятся на ручные и автоматические.

Ручные извещатели предназначены для передачи информации о пожаре по линии связи на технические средства оповещения с помощью человека, обнаружившего пожар, и должны размещаться на высоте 1,5 м от уровня пола. Ручные извещатели подключают к приемной станции. Сигнал тревоги подается при нажатии кнопки. Человек, подавший сигнал, получает подтверждение о том, что сигнал принят. Для переговоров с дежурным пунктом имеется микротелефонная трубка.

Извещатель охранно-пожарный ручной ИПР-ЭСУ представлен на рис. 7.14. Он используется для ручного включения сигнала о пожаре и работает совместно с системами пожарной и охранно-пожарной сигнализации. Сигнализация о принятии сообщения «Пожар» обеспечивается путем изменения проблескового сигнала с зеленого на красный.

Автоматические пожарные извещатели по виду контролируемого признака пожара подразделяются на тепловые, дымовые, световые, комбинированные, ультразвуковые. При этом они выполняются в следующих модификациях:

- максимальные – срабатывающие при достижении контролируемым параметром (дым, температура, излучение) определенной величины;
- дифференциальные – реагирующие на скорость изменения контролируемого параметра;
- максимально-дифференциальные – реагирующие как на достижение контролируемым параметром заданной величины, так и на скорость его изменения.

*Тепловые извещатели.* Принцип действия тепловых извещателей заключается в изменении свойств чувствительных элементов при изменении температуры. В качестве чувствительных элементов применяют биметаллические пластинки различных геометрических форм, легкоплавкие сплавы, термопары, полупроводниковые и магнитные материалы.

В тепловых извещателях типа ИП-103 (рис. 7.15) биметаллическая пластинка состоит из двух спрессованных слоев металла с разными коэффициентами линейного расширения. При нагревании ме-



талл с большим коэффициентом линейного расширения (активный) удлиняется на большую величину, чем слой с меньшим коэффициентом линейного расширения (пассивный слой). В результате пластинка прогибается в сторону пассивного слоя и переключает контакты цепи сигнализации.



Рис. 7.14. Извещатель охранно-пожарный ручной ИПР-ЭСУ

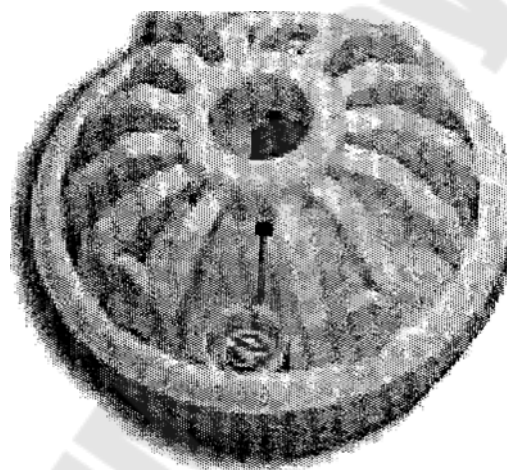


Рис. 7.15. Извещатель тепловой максимальный ИП-103-5/1 с индикатором ( $t = 64-76\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

*Дымовые извещатели.* Существует два основных принципа обнаружения дыма: оптико-электронный и радиоизотопный. Характерной особенностью дымов является способность поглощать и рассеивать свет, чем и обусловлена их непрозрачность. Процессы рассеивания и поглощения света определяются физико-химическими показателями дыма и оптическими свойствами света. В дымовых извещателях используется принцип контроля изменения оптических свойств среды и обнаружения дыма двумя методами:

- по ослаблению первичного светового потока за счет уменьшения прозрачности окружающей среды;
- по интенсивности отражающего (рассеянного частицами дыма) светового потока.

Так, в извещателе дымовом фотоэлектрическом типа ИДФ луч света формируется с помощью диафрагмы и экрана таким образом, что фоторезистор не освещается при отсутствии дыма в рабочей камере. При наличии дыма в камере на фоторезистор попадает свет, рассеянный частицами дыма. В результате этого сопротивление фоторезистора уменьшается, срабатывает электрическая схема на подачу сигнала тревоги.

В извещателях пожарных дымовых линейных (рис. 7.16) используют в качестве чувствительного элемента для обнаружения дыма инфракрасный луч, излучаемый передатчиком и обрабатываемый приемником. Контролируемая дальность достигает 100 м и площадь контроля одного извещателя до 1000 м<sup>2</sup>.

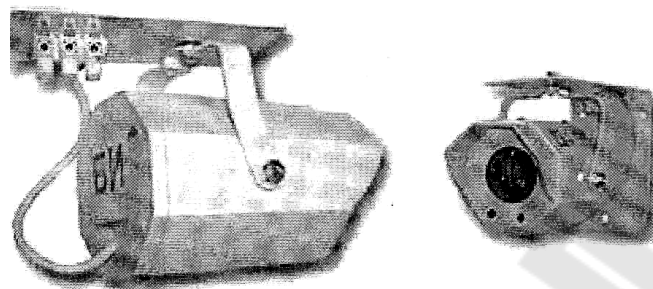


Рис. 7.16. Извещатель пожарный дымовой линейный АРТОН-ДЛ

*Световые извещатели.* Открытое пламя излучает свет в широком диапазоне спектра – от ультрафиолетового до инфракрасного. Световые извещатели регистрируют излучение открытого пламени на фоне посторонних источников света. Чувствительными элементами служат фотоприемники с различными принципами действия и спектральными характеристиками: фоторезисторы – полупроводниковые приборы, регистрирующие излучение в видимой и инфракрасных областях света; счетчики фотонов.

Так, модернизированный автоматический извещатель пламени в качестве чувствительного элемента имеет счетчик фотонов. Извещатель срабатывает при очень малой интенсивности ультрафиолетового излучения, применяется для запуска быстродействующих установок пожаротушения.

*Комбинированный излучатель* выполняет функции теплового и дымового извещателя. Выполнен он на базе дымового извещателя с добавлением элементов электрической схемы, необходимой для работы теплового извещателя. Как тепловой извещатель он имеет в качестве чувствительного элемента полупроводниковые резисторы.

*Ультразвуковой датчик* предназначен для обнаружения в закрытых помещениях движущихся объектов (колеблющееся пламя, идущий человек). Работа датчика основана на использовании эффекта Доплера. Ультразвуковые волны частотой порядка 20 кГц излучаются в контролируемое помещение. В этом помещении расположены преобразователи, которые, действуя подобно обычному микрофону, преобразуют ультразвуковые колебания воздуха в электриче-

ский сигнал. Если в контролируемом помещении отсутствует колеблющееся пламя, то частота сигнала, поступающая от приемного преобразователя, будет соответствовать излучаемой частоте. При наличии в помещении движущихся объектов отраженные от них ультразвуковые колебания будут иметь частоту, отличную от излучаемой (эффект Доплера). Разность в частотах излучаемого и принимаемого сигналов в виде колебаний электрического тока (5–30 Гц) выделяется электрической схемой электронного блока. Этот сигнал усиливается и вызывает срабатывание поляризованного реле приемной станции.

## **2. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ**

Изучить имеющиеся в лаборатории средства пожаротушения, принцип их проведения в действие, применяемые огнегасительные вещества и их характеристики.

## **3. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА**

Отчет должен содержать:

- 3.1. Рисунки и описание средств пожаротушения.
- 3.2. Описание проведения в действие средств пожаротушения.
- 3.3. Описание применяемых огнегасительных веществ и их характеристик.

## **4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- 4.1. Методы тушения возгораний.
- 4.2. Огнегасящие вещества.
- 4.3. Пеногенераторы, устройство, принцип действия.
- 4.4. Огнетушители углекислотные.
- 4.5. Огнетушители воздушно-пенные.
- 4.6. Аэрозольные огнетушители.
- 4.7. Огнетушители порошковые.
- 4.8. Спринклерные и дренчерные системы.
- 4.9. Пожарные извещатели.

## **5. ЛИТЕРАТУРА**

1. Лазаренков, А. М. Охрана труда / А. М. Лазаренков. – Минск : БНТУ, 2004.

## Лабораторная работа № 8

### ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА, РАБОТЫ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГАЗОВ «КОМБИ-МК»

**Цель работы:** изучить техническую характеристику, состав, работу и получение навыков программирования измерителя концентрации газов «Комби-МК».

#### 1. ОБЩИЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Пожаро- и взрывобезопасность помещений, емкостей, колодцев, шахт, подземных сооружений во многом зависят от наличия концентрации горючих паров и газов, а также от процентного содержания кислорода. Опасность для жизни работников может представлять даже нейтральные газы сжижающие концентрацию кислорода ниже допустимой для человеческого дыхания нормы.

Современный перепрограммируемый переносной комбинированный измеритель концентрации газов «Комби-МК» предназначен для измерения концентрации различных горючих газов, паров и концентрации кислорода в воздухе с отображением результатов измерения на цифровом жидкокристаллическом индикаторе и с подачей световых и звуковых сигналов при концентрации горючего газа выше запрограммируемого порога или при снижении концентрации кислорода ниже запрограммируемого порога.

Таблица 8.1

Технические данные и параметры «Комби-МК»

Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра
1. Диапазон показаний концентрации горючих газов:		
а) объемной доли метана	%	0–5,0
б) объемной доли пропана	%	0–2,1
2. Диапазон измерения концентрации кислорода в воздухе, объемная доля	%	0–25

Наименование параметра	Единица измерения	Значение параметра
3. Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения: а) объемной доли метана б) объемной доли пропана в) объемной доли кислорода.	% % %	$\pm 0,25$ $\pm 0,11$ $\pm 1,0$
4. Время срабатывания сигнализации при превышении порога: а) по горючему 1,6 раза газу, не более б) по кислороду ниже порога в 1,6 раза, не более	с с	5 15
5. Время прогрева прибора, не более	мин	2
6. Время непрерывной работы, не менее	ч	7

## 2. ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

Измеритель концентрации газов «Комби-МК» представляет собой переносной прибор во взрывобезопасном исполнении, с автономным питанием от аккумуляторных батарей и выносным датчиком горючего газа и кислорода.

Внешний вид прибора представлен на рис. 8.1.

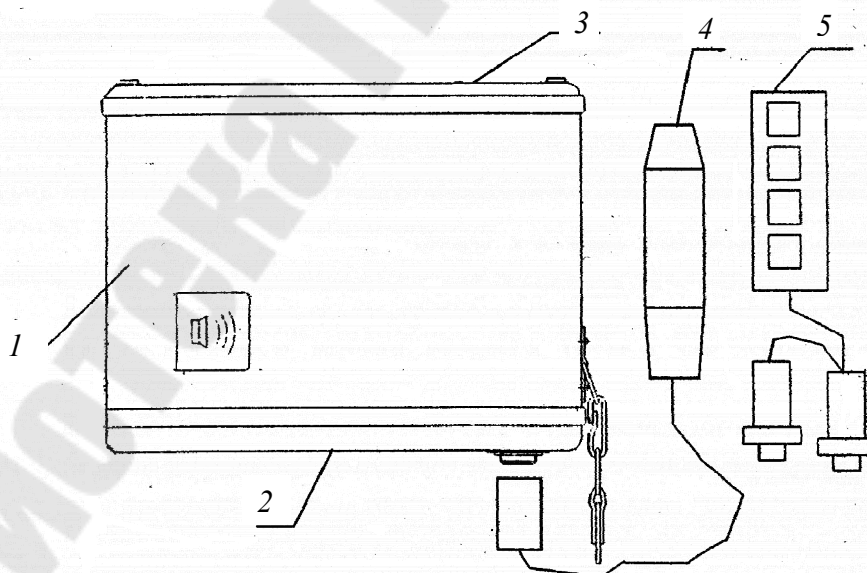


Рис. 8.1. Измеритель концентрации газов «Комби-МК»:  
1 – корпус; 2 – передняя панель; 3 – блок питания; 4 – блок выносных датчиков; 5 – технологический пульт управления

Конструктивный прибор состоит из корпуса 1 с электронными платами микро-ЭВМ, усилителей сигналов, аналого-цифровых преобразователей и схем управления индикацией; передней панели 2 с кнопками управления и индикаторами; блока питания 3 с батареей аккумуляторов и системой искрозащиты; скрепленных между собой винтами к прибору с помощью шлангов и соединителей подключаются блок выносных датчиков 4 и технологический пульт управления 5.

На рис. 8.2 приведена передняя панель прибора.

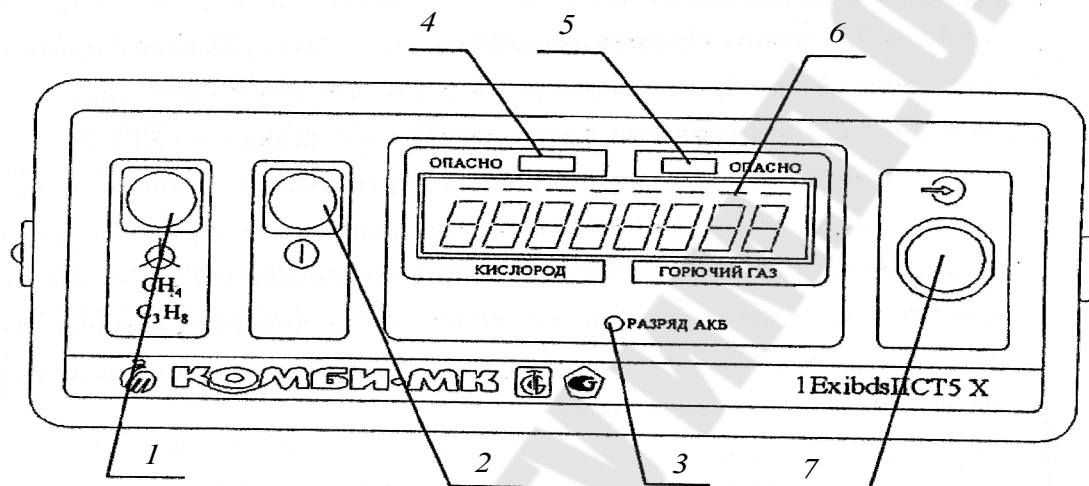


Рис. 8.2. Передняя панель прибора:

- 1 – кнопка «ВЫБОР»; 2 – кнопка «ПИТАНИЕ»; 3, 4, 5 – светодиодные индикаторы; 6 – цифровой жидкокристаллический индикатор; 7 – соединитель для подключения блока датчиков и технологического пульта

С помощью кнопки 1 «ВЫБОР» обеспечивается выбор вида горючего газа и вариантов калибровки, кнопка 2 «ПИТАНИЕ» применяется для включения/выключения питания прибора. Одиночный светодиодный индикатор 3 «РАЗРЯД АКБ» дает индикацию при недопустимом разряде аккумуляторной батареи.

Одиночный светодиодный индикатор 4 «ОПАСНО O») дает индикацию, если концентрация кислорода в воздухе будет ниже запрограммированного порога.

Одиночный светодиодный индикатор 5 «ОПАСНО CH» дает индикацию, если концентрация горючего газа в воздухе превысит запрограммируемый порог. 8-разрядный цифровой жидкокристаллический индикатор 6 служит для отображения результатов измерения и калибровок.

Соединитель 7 предназначен для подключения блока датчиков и технологического пульта.

Технологический (рис. 8.1, поз. 5) пульт подключается к прибору только на период выполнения калибровки и состоит из платы печатной с кнопками управления «МЕНЬШЕ», «БОЛЬШЕ», «НАЗАД», «ВПЕРЕД» и соединителей для подключения к прибору и к блоку датчиков.

Блок выносных датчиков содержит в себе термокаталитический датчик концентрации горючих газов и электрохимический датчик концентрации кислорода.

### **3. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ**

3.1. Выполнить общие требования безопасности при работе с электроприборами.

3.2. Соблюдать меры предосторожности исключающие разлив горючих жидкостей.

3.3. Приступить к экспериментальной части после разрешения преподавателя.

### **4. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ**

Включить питание прибора кнопкой «ПИТАНИЕ» и проверить исправность всех индикаторов и основных функциональных узлов прибора: источника питания, аналого-цифровых преобразователей, датчиков, энергонезависимой памяти микро-ЭВМ. При наличии неисправностей подается звуковой сигнал, аварийная индикация «ERROR XXX» с одновременным свечением светодиодов «ОПАСНО СН» и «ОПАСНО O»). В этом случае нужно отключить питание и сообщить о неисправности учебному мастеру и преподавателю.

При исправном приборе (отсутствует звуковой сигнал и аварийная индикация) и подключенном технологическом пульте в режиме «КАЛИБРОВКА» при помощи кнопок «ВПЕРЕД» и «НАЗАД» технологического пульта выбрать параметр, для которого будет выполняться калибровка или проверка порога. Осуществляется выбор между вариантами, инициированными как:

- « –СН\_1-- – калибровка для первого вида горючего газа;
- « –СН\_2--» – калибровка для второго вида горючего газа;
- « –O2----» – калибровка для кислорода;
- « =СН\_1» – настройка порога для первого вида горючего газа;

«=CH\_2» – настройка порога для второго вида горючего газа;  
«=O2» – настройка порога для кислорода;  
«П-CH\_1» – проверка порога для первого вида горючего газа;  
«П-CH\_2» – проверка порога для второго вида горючего газа;  
«П-O2» – проверка порога для кислорода;

Выбор варианта подтверждается нажатием на кнопку «ВЫБОР».

При калибровке к датчику подается поверочная газовая смесь с нужной концентрацией контролируемого газа, производят измерение в течение времени (не менее 30 секунд для горючего газа и двух минут для кислорода), предварительно с помощью кнопок «ВПЕРЕД» и «НАЗАД» установив номер контрольной точки и нажав кнопку «ВЫБОР». При измерении с помощью кнопок «БОЛЬШЕ» или «МЕНЬШЕ» получают на индикаторе точное значение измеряемого параметра и нажимают кнопку «ВЫБОР». При этом в память программы будут занесены результат измерения и его действительное точное значение. Для возврата в предшествовавший уровень меню одновременно нажимают кнопки «ВПЕРЕД» и «НАЗАД». Значение величины концентрации для опорных точек и порогов по горючим газам не должно выражаться числом большим, чем 2,55, а для кислорода – большим, чем 25,5.

Если выбрана настройка программирования включения сигнализации, то индикация на жидкокристаллическом индикаторе принимает вид «XXXX YYY», где XXXX – обозначение параметра, а YYY – значение параметра, при котором включается сигнализация, получается при помощи кнопок «БОЛЬШЕ» и «МЕНЬШЕ». При нажатии кнопки «ВЫБОР» в программу и память микро-ЭВМ будут включены данные об имеющемся в данный момент на дисплее значении параметра.

Если выбрана проверка порога срабатывания, то с помощью кнопок «БОЛЬШЕ» или «МЕНЬШЕ» наращивают или уменьшают входной сигнал, добиваясь при прохождении значений, соответствующих запрограммированному порогу, включения или выключения звуковой и световой сигнализации.

Для выхода из режима следует одновременно нажать кнопки «ВПЕРЕД» и «НАЗАД».

В режиме «ИЗМЕРЕНИЕ» проверить напряжение питания. Если напряжение ниже допустимого включается аварийная звуковая и световая индикация: светится индикатор «РАЗРЯД АКБ» и подается прерывистый звуковой сигнал.



Нажать кнопку «ВЫБОР». Если она нажата в течение 2 с, на дисплее идет индикация текущего вида горючего газа. Если кнопка не отпущена – производится перестройка прибора на другой вид горючего газа.

Автоматически по заданной программе выполняется процесс измерения выходных напряжений датчиков горючего газа и кислорода. Ведется сравнение с границами допустимых значений, корректируются измеренные напряжения в соответствии с калибровочными данными, проверяется соотношение скорректированных результатов измерения с заданными пороговыми значениями и при необходимости включается звуковая и световая сигнализация об опасности: непрерывный звуковой сигнал и свечение индикатора «ОПАСНО СН» или «ОПАСНО О»), результаты измерения отображаются на жидкокристаллическом индикаторе.

При превышении предельных значений в целях защиты датчика от повреждения процессора выключается датчик на 2–3 с, а на индикаторе вместо измеренного значения выдается отметка «---».

Измерения проводятся на разных расстояниях от открытой колбы с горючей жидкостью, при этом результат измерения фиксируется в протоколах.

## **5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА**

Отчет о работе должен содержать цель работы, назначение и техническую характеристику прибора; устройство и принцип действия прибора, панели, технологического пульта; порядок проверки прибора; результаты измерения и выводы по работе.

## **6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

- 6.1. Назначение измерителя «КОМБИ-МК».
- 6.2. Устройство измерителя «КОМБИ-МК».
- 6.3. Устройство передней панели прибора.
- 6.4. Устройство и назначение технологического пульта управления.
- 6.5. Принципы проверки исправности прибора.
- 6.6. Правила калибровки прибора.
- 6.7. Программирование порогов срабатывания сигнализации.
- 6.8. Как проводятся измерения концентрации горючих газов и кислорода.

## 7. ЛИТЕРАТУРА

1. Измеритель концентрации газов переносной комбинированный КОМБИ-МК. Паспорт 14-96.2.00.00.000 ПС / Белорус. концерн по топливу и газификации «Белтопгаз», НПП «Белгазтехника». – Минск, 1999.

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Лабораторная работа № 6. Измерение параметров защитного заземления и сопротивления изоляции электрических систем.....</i>	<i>3</i>
<i>Лабораторная работа № 7. Изучение средств пожаротушения.....</i>	<i>21</i>
<i>Лабораторная работа № 8. Изучение устройства, работы и программирование измерителя концентрации газов «КОМБИ-МК».....</i>	<i>44</i>

Учебное издание

**Буренков Валерий Филиппович**  
**Стрикель Николай Иванович**  
**Лепшая Наталья Агафоновна**

## **ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

**Лабораторный практикум  
для студентов машиностроительных  
и гуманитарно-экономических специальностей  
дневной и заочной форм обучения**

**Электронный аналог печатного издания**

Редактор  
Компьютерная верстка

*М. В. Аникеевко*  
*В. В. Вороник*

Подписано в печать 23.01.10.  
Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Ризография. Усл. печ. л. 3,02. Уч.-изд. л. 3,04.  
Изд. № 162.  
E-mail: [ic@gstu.by](mailto:ic@gstu.by)  
<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Издательский центр учреждения образования  
«Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0549424 от 08.04.2009 г.  
246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.