



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Безопасность жизнедеятельности и защита  
окружающей среды»

## **Практикум** по дисциплине

# **«Производственная безопасность»**

Авторы:  
Денисов О.В.,  
Булыгин Ю.И.,  
Лоскутникова И.Н.,  
Богданова И.В.

Ростов-на-Дону, 2018

## Аннотация

Практикум по дисциплине «Производственная безопасность» для студентов специальности Техносферная безопасность всех форм обучения.

Практикум рекомендуется в качестве методических указаний при проведении практических и лабораторных работ по дисциплине «Производственная безопасность» для студентов специальности Техносферная безопасность, а также для студентов, изучающих дисциплину «Безопасность жизнедеятельности». Материал может быть использован для проведения практических занятий, выполнения расчетно-графических работ, курсового и дипломного проектирования.

## Авторы

к.т.н., доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды»

Денисов О.В.,

д.т.н., профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды»

Булыгин Ю.И.,

к.х.н., доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды»

Лоскутникова И.Н.,



к.т.н., доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды»  
Богданова И.В.

## Оглавление

<b>1. Методические указания к выполнению практического задания по теме: «Оценка уровня шума от нескольких источников».....</b>	<b>5</b>
<b>2. Методические указания к выполнению практического задания по теме: «Исследование эффективности срабатывания автоматов защиты в электроустановках».</b>	<b>10</b>
<b>3. Методические указания к выполнению практической работы по теме: «Исследование работы предохранительных устройств» .....</b>	<b>16</b>

## 1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ: «ОЦЕНКА УРОВНЯ ШУМА ОТ НЕСКОЛЬКИХ ИСТОЧНИКОВ»

### 1 ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Исследовать уровень шума по данным контрольных испытаний, а также выработать практические умения и закрепить теоретические знания о физической сущности величин, характеризующих шум и его нормировании.

### 2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ

С физиологической точки зрения шум – вредный раздражающий фактор, воздействующий на органы слуха человека и на весь его организм, мешающий нормальному выполнению рабочих функций и нормальному восприятию полезных звуковых сигналов и речи. Производственный шум - побочное, нежелательное явление, сопровождающее работу промышленного оборудования.

Шум как физическое явление – совокупность звуков различной частоты и интенсивности, не несущих полезной информации.

Звук представляет собой колебания упругой среды в частотном диапазоне 16-20000 Гц. Звуки ниже 16 Гц – инфразвуки, выше 20000 Гц – ультразвуки.

Физическими характеристиками звука являются: частота –  $f$ , Гц; интенсивность –  $I$ , Вт/м<sup>2</sup>; звуковое давление –  $P$ , Па.

Интенсивность (или сила звука) определяется количеством энергии, переносимой звуковой волной в единицу времени через площадку 1 м<sup>2</sup>, перпендикулярной движению волны.

$$I = \frac{P}{S}, \text{ Вт/м}^2 \quad (1)$$

Распространяясь в упругой среде, звуковые волны создают в ней дополнительное давление, называемое звуковым давлением. Пространство, в котором распространяются звуковые волны, называется звуковым полем.

Диапазон звукового давления слышимого звука занимает значительную область от  $2 \cdot 10^{-5}$  Па – порога слышимости до  $2 \cdot 10^2$  – порога болевого ощущения.

Величины звукового давления и интенсивности звука могут меняться в широких пределах (по давлению до  $10^8$  раз, по интенсивности до  $10^{16}$  раз). Поэтому были введены логарифмические

## Производственная безопасность

уровни звукового давления и интенсивности, выраженные в децибелах (дБ).

Уровень интенсивности звука определяется по формуле:

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0} \text{ дБ}, \quad (2)$$

где  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>

Величина уровня звукового давления:

$$L_P = 20 \lg \frac{P}{P_0} \text{ дБ}, \quad (3)$$

где  $P_0$  – пороговое звуковое давление, которое соответствует порогу слышимости на частоте 1000 Гц, т.е.  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па.

При одновременной работе  $N$  источников шума с различными уровнями интенсивности звука  $L_i$  звукового давления  $L_\Sigma$  определяется, согласно принципу энергетического суммирования, по формуле:

$$L_\Sigma = 10 \lg \left( 10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + \dots + 10^{0,1L_N} \right)$$

или в другой записи:

$$L_\Sigma = 10 \lg \sum_1^N 10^{0,1L_i} \quad (4)$$

$$L_\Sigma = L + 10 \lg N. \quad (5)$$

Если источники имеют одинаковые уровни интенсивности  $L$ , то эта формула приводится к виду:

Энергетическое сложение  $T$  источников шума с различными уровнями интенсивности  $L_i$ , можно произвести также, используя номограмму (рис.1)

Суммарный уровень (по энергии) звукового давления (звук) – величина, вычисленная по формуле:

$$L_\Sigma = L_{\max} + \Delta L,$$

где  $\Delta L$  – поправка, величина которой определяется по номограмме и зависит от разности  $L_{\max} - L_{\min}$  ( $L_{\max}$  – больший,  $L_{\min}$  – меньший из двух складываемых уровней).

После сложения двух уровней к их сумме прибавляют третий и т.д.

Производственная безопасность

Следует подчеркнуть, что сочетание двух и более звуковых волн различных частот не зависит от соотношения фаз звукового давления в этих волнах.

Рисунок 1 - Номограмма для определения суммарного уровня звукового давления

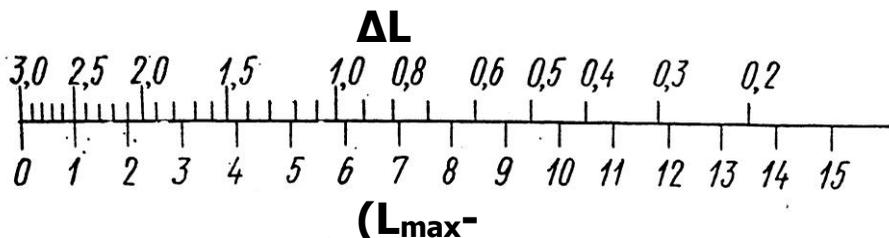
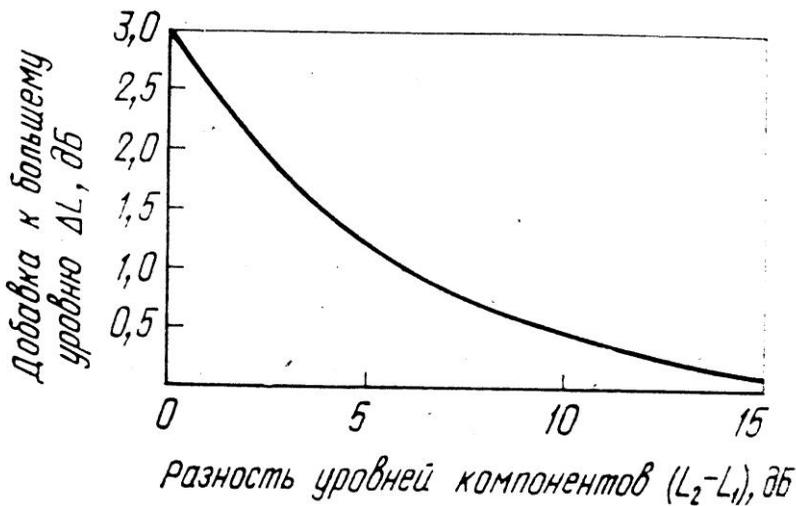


Рисунок 2 - График для определения суммарного уровня звукового давления.

Однако сочетание двух звуковых волн одной и той же частоты зависит от соотношения фаз. Номограмма может быть выполнена и в виде графика (рис.2)



- 3 РАСЧЁТ УРОВНЯ ШУМА для помещения, где находятся ПЭВМ

## Производственная безопасность

Промышленное и служебное оборудование являются источниками шумов. В частности, ПЭВМ являются также источниками шумов электромагнитного происхождения. В помещениях, где находятся ПЭВМ, может возникать структурный шум, то есть шум, излучаемый поверхностями колеблющихся конструкций: столов, на которых расположены принтеры и прочее оборудование создающее вибрацию.

Уровни шума на рабочих местах пользователей персональных компьютеров не должны превышать значений, установленных СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 и составляют не более 50 дБА. На рабочих местах в помещениях для размещения шумных агрегатов уровень шума не должен превышать 75 дБА,

Уровень шума исправного современного компьютера находится в пределах от 35 до 50 дБА. Если в компьютере установлен плохо сбалансированный вентилятор, то он, особенно на первых минутах после включения, может достигать 55 дБА и более.

В помещении величиной  $(33 + 4 \cdot k) \cdot (10 + 3 \cdot h) \cdot 4$  находятся 10 однотипных компьютеров. Необходимо провести расчет шума вокруг точек 1 и 6 и проверить: превышает ли допустимую норму уровень шума в данном помещении при включении одного или нескольких компьютеров.

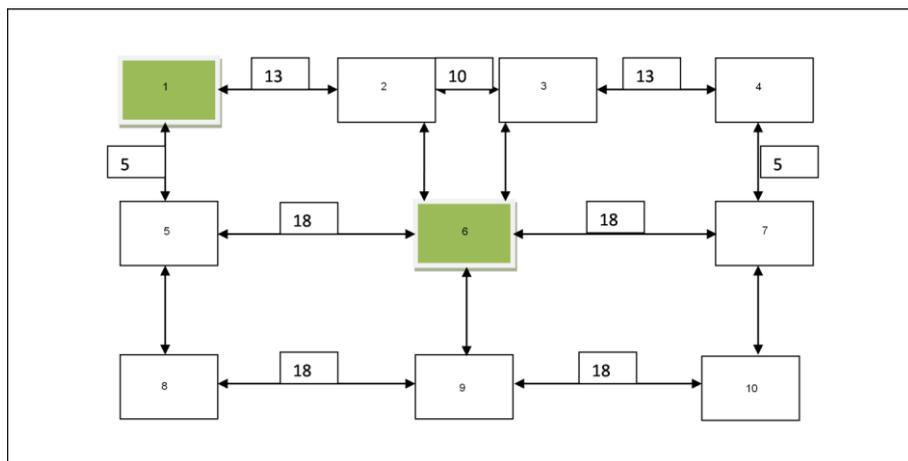


Рисунок 3 – План помещения (10 однотипных ПЭВМ, стрелки с флажками показывают расстояние между рабочими местами)  
ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ.

1. Расстояния между столами по схеме (рисунок 1), размеры рабочего стола – длина стола - 2 м; ширина

## Производственная безопасность

- стола - 1 м.
2. Уровень шума для нечетных точек, издаваемый компьютером равен  $(40 + h)$  дБА
  3. Уровень шума для четных точек, издаваемый компьютером равен  $(45 + k)$  дБА
  4. Точка  $k$  по предпоследней цифре зачетной книжки.
  5. Точка  $h$  по последней цифре зачетной книжки (при совпадении цифр  $h+1$ ). Ноль – стол №10.
  6. Провести расчеты уровня шума для точек  $k$  и  $h$  (см. 4. Пример).
  7. Сделать выводы по выполненным измерениям.
  8. Ответить на контрольные вопросы.
  9. Оформить отчет.

пример проведения расчетов уровня шума для точки 1:  
 уровень шума, издаваемый любым компьютером (L) = 45 дБА;

длина стола - 2 м;  
 ширина стола - 1 м.

1. Уровень шума на расстоянии от источника можно определить из соотношения:  

$$L_R = L - 20 \lg R,$$
 $L_R$  - уровень шума на расстоянии  $R$  (м) от источника, дБ;  
 $L$  - уровень шума источника, дБ.

Определим уровень шума исходящий от источника №2:

$$L_{R_2} = 45 - 20 \lg(13) = 45 - 22,2 = 22,8 \text{ дБ}$$

Определим уровень шума исходящий от источника №3:

$$L_{R_3} = 45 - 20 \lg(13+2+10) = 45 - 28 = 17 \text{ дБ}$$

Определим уровень шума исходящий от источника №4:

$$L_{R_4} = 45 - 20 \lg(13+2+10+2+13) = 45 - 32 = 13 \text{ дБ}$$

Определим уровень шума исходящий от источника №5:

$$L_{R_5} = 45 - 20 \lg(5) = 45 - 14 = 31 \text{ дБ}$$

Определим уровень шума исходящий от источника №6:

$$L_{R_6} = 45 - 20 \lg(18^2 + 5^2)^{1/2} = 45 - 25,4 = 19,6 \text{ дБ}$$

Определим уровень шума исходящий от источника №7:

$$L_{R_7} = 45 - 20 \lg(40^2 + 5^2)^{1/2} = 45 - 32 = 13 \text{ дБ}$$

Определим уровень шума исходящий от источника №8:

$$L_{R_8} = 45 - 20 \lg(5+1+5) = 45 - 20,8 = 24,2 \text{ дБ}$$

Определим уровень шума исходящий от источника №9:

$$L_{R_9} = 45 - 20 \lg(18^2 + 11^2)^{1/2} = 45 - 26,4 = 18,6 \text{ дБ}$$

Определим уровень шума исходящий от источника №10:

$$L_{R_{10}} = 45 - 20 \lg(40^2 + 11^2)^{1/2} = 45 - 32,2 = 12,8 \text{ дБ}$$

## Производственная безопасность

2. По формуле (2.4) определим суммарный уровень шума издаваемый источниками с 2 по 10 включительно относительно источника №1:

3. По формуле:

$$L_1 = L + 10 \lg L_\Sigma$$

определим звуковое давление при одновременной работе  $N$  ( $N=2, \dots, 10$ ) источников шума:

$$L_\Sigma = 10 \lg(726,26)$$

$$L_\Sigma = 10 \cdot 2,861$$

$$L_\Sigma = 28,61$$

$$L_1 = 45 + 10 \lg 28,6 = 45 + 10 * 1,45 = 45 + 14,5 = 59,5 \text{ дБ}$$

Вывод: исследование показало, что уровень шума на рабочих местах превышает допустимую норму, поэтому нужно принять дополнительные меры по его снижению, а именно: увеличить расстояние между столами или улучшить изоляцию в помещении.

Контрольные вопросы

1. Что такое шум?
2. Что такое звук? В чем разница между ультразвуками и инфразвуками?
3. Назовите физические характеристики звука?
4. Дайте определение звукового давления?
5. Назовите единицы измерения звукового давления и интенсивности?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Средства защиты в машиностроении. Расчет и проектирование: Справочник / С.В.Белов, А.Ф. Козьяков, О.Ф. Партолин и др.; Под ред. С.В.Белова. – М.:Машиностроение.1989. –368 с.
2. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. –М.: Издательство стандартов.
3. Бектобеков Г.В. и др. Безопасность жизнедеятельности. – Санкт-Петербург. 2000. – 98 с.
4. СН 2.2.4/2 1.8.582–96. Санитарные нормы. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилых застроек.

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ

## ПРАКТИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ ПО ТЕМЕ: «ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРАБАТЫВАНИЯ АВТОМАТОВ ЗАЩИТЫ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ»

### 1. Цель работы:

Целью работы является установление точного времени срабатывания различных автоматов защиты.

### 2. Приборы и материалы:

1. Экспериментальная установка для исследования процессов в ЭУ;
2. Мультиметр;
3. Токоизмерительные цифровые клещи;
4. Секундомер;
5. Электрические проводники (медь, алюминий, сталь);
6. Автоматы защиты.

### 3. Теоретические положения:

**Автомат защиты** - это электромеханическое устройство, которое обеспечивает протекание тока в нормальном режиме и автоматическом отключении тока (напряжения) при аварийных ситуациях: коротком замыкании и перегрузки.

Кроме защиты от аварийных ситуаций автоматы защиты служат для оперативного выключения и включения питания для электросетей. Попросту говоря автоматы защиты это еще и выключатели отдельных линий электросети или электросети в целом.

**Автоматы защиты** предназначены для защиты электропроводки от короткого замыкания и перегрузки. При перегрузке или коротком замыкании автоматы защиты отключают (обесточивают) электрическую сеть в которой они установлены. Для этого в них встроены специальные устройства-расцепители. От перегрузки защищает, расцепитель тепловой. От короткого замыкания расцепитель электромагнитный.

### Виды автоматов защиты:

- Автоматы защиты выпускаются для электрических сетей напряжением 220 и 380 вольт.
- Выпускаются автоматы защиты с разным количеством полюсов подключения.
- Однополюсный автомат защиты имеет и тепловой и электромагнитный расцепители. Подключается он к фазному проводу двухпроводной электросети;

Производственная безопасность

- Двухполюсной автомат защиты имеет и тепловой и электромагнитный расцепители на одной клемме для фазного провода и клемму без расцепителей на второй клемме для нулевого провода;
- Трёхполюсной автомат защиты предназначен для трёхфазных электрических сетей и на каждом полюсе установлены тепловые и электромагнитные расцепители;
- Четырёхполюсной автомат защиты предназначен для трёхфазных электрических сетей. К трем полюсам, имеющим и тепловой и электромагнитный расцепители, подключаются фазные провода. К четвертой клемме, не имеющей расцепителя, подключается нулевой рабочий провод.

**Устройство однополюсного автомата защиты**

Рассмотрим внутреннее устройство однополюсного автомата защиты.

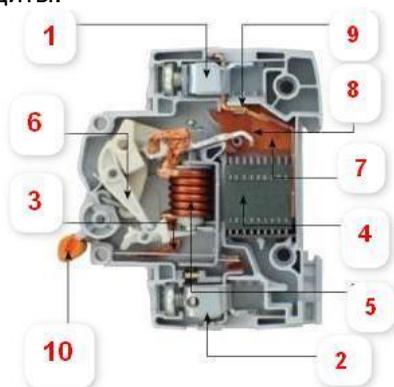


Рис 1. Однополюсовый автомат защиты

1-Верхняя клемма; 2- нижняя клемма; 3-Тепловой расцепитель (биметаллическая пластина); 4-Дугогасительная камера; 5-электромагнитный расцепитель; 6-Механизм ввода; 7-Накладка из газогенерирующей пластмассы; 8-Подвижной контакт; 9-Неподвижный контакт; 10-Рукоятка взвода.

4 .Описание лабораторной установки:

При выполнении лабораторной работы «Исследование времени срабатывания автоматов защиты » используется лабораторная установка.

На рисунке 1 показан общий вид установки.

Производственная безопасность

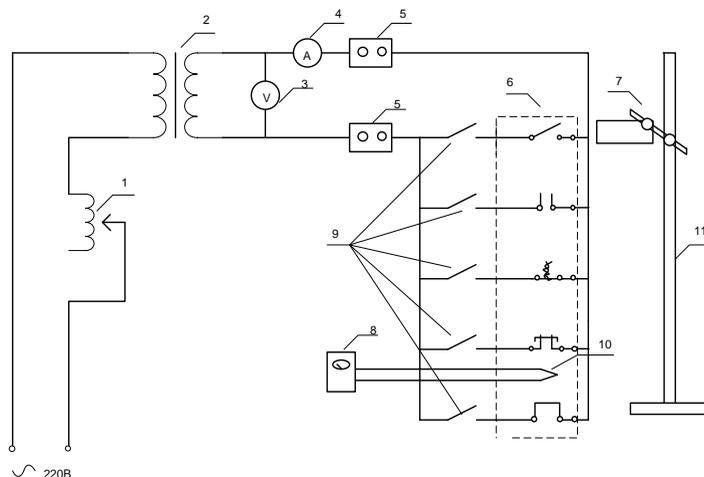


Рис2. Принципиальная схема лабораторной установки

1 - реостат; 2- понижающий трансформатор, 3 - вольтметр; 4- амперметр; 5 – соединители фаз; 6 – блок образцов для исследования; 7 – пирометр; 8 – цифровой термометр; 9 – входные автоматы; 10 – термопара; 11 – штатив

В качестве экспериментальных образцов (ЭО) в лабораторной работе используются следующие проводники: алюминиевый, медный, стальной и различные аппараты защиты.

Для контроля скорости нагревания ЭО используется секундомер с погрешностью  $\pm 1$  секунда. Толщина проводника измеряется с помощью электронного штангенциркуля.

### 5. Указания требований безопасности:

К работе с лабораторной установкой допускаются лица, ознакомленные с ее устройством, принципом действия, а так же с инструкцией по технике безопасности в лаборатории.

Перед проведением эксперимента установка должна быть заземлена. Внешним осмотром убедиться в отсутствии повреждений приборов и целостности электроизоляции. При этом в лаборатории должны быть исправные средства пожаротушения (огнетушители) и вытяжная вентиляция.

Установку для исследования объектов электротехнического назначения следует эксплуатировать при работающей вытяжной вентиляции. Рабочее место должно удовлетворять требованиям пожаробезопасности и электробезопасности по ГОСТ 12.1.019-79 и санитарно-гигиеническим требованиям по ГОСТ 12.1.005-88.

Так же стоит обратить внимание на следующие опасные и

Производственная безопасность

вредные производственные факторы:

- 1) Опасность поражения электрическим током;
- 2) Высокая температура проводников – до 270° С.

Опасные факторы дополнительно накладывают следующие требования безопасности:

1. Работать на лабораторной установке только по команде руководителя;
2. Запрещается прикасаться к проводникам, когда установка включена;
3. Лабораторная установка должна быть заземлена. Перед каждым включением тепловентилятора необходимо проверять исправность изоляции электроприбора.

6. Подготовка к испытаниям;

1. Установить приборы и оборудование лабораторной установки в соответствии с принципиальной схемой (рисунок 1).
2. Замерить толщину проводников
3. Присоединить к лабораторной установке соответствующий аппарат защиты и проводник.

6. Исследование времени срабатывание:

1. Определить начальную температуру проводника;
2. Произвести замеры с интервалом в 10 секунд ;
3. Провести те же операции с другими экспериментальными образцами.
4. Результаты измерений внести в таблицы 1,2.
5. Оформить графики зависимости  $T(\overline{t})$ ,  $I_{ном}(\overline{t})$  всех исследуемых образцов

ТАБЛИЦА 1. Результаты измерений

Материал	Площадь сечения проводника, м <sup>2</sup>	Температура T, °C	Сила тока I, А
Алюминий			
Медь			

Производственная безопасность

Сталь			

ТАБЛИЦА 2. Результаты измерений

Площадь сечения проводника, м <sup>2</sup>	Время срабатывания автомата защиты $t$ , сек	$I_{ном}$ , А
Алюминий		
Сталь		
Медь		

7. Содержание отчета:

По результатам измерений заполнить бланк лабораторной работы, в котором обязательно должны быть отражена следующая информация:

1. Цель работы.
2. Характеристики применяемых образцов и приборов (согласно условий изготовителя).
3. Схема установки;
4. Таблица с результатами опытов;
5. Ответы на контрольные вопросы;
6. Расчетная часть;
7. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое автоматы защиты?
2. Для чего предназначены автоматы защиты?
3. Виды автоматов защиты?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12.1.044-89 «Пожарная безопасность. Общие требования».

2.ГОСТ Р 50345-99. «Автоматические выключатели для защиты от сверхтоков бытового и аналогичного назначения»

3.Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования. Крючков И.П., Неклепаев Б.Н., Старшинов В.А. и др. 2006.

### 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ: «ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ»

#### 1. Цель работы

Целью работы является ознакомление с принципами защиты аппаратов и сосудов, работающих под давлением, от разрушения при различных аварийных (нештатных) ситуациях на производстве, а именно предохранительных устройств мембранного типа.

#### 2. Теоретическое положение

На предприятиях машиностроения широко применяются аппараты и сосуды, работающие под давлением. К ним относится следующее оборудование: трубопроводы, баллоны и емкости для хранения или перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов, паровые и водяные котлы, газгольдеры и др. Основной характеристикой этого оборудования является то, что давление газа или жидкости в нем превышает атмосферное. Основное требование к этим сосудам – *соблюдение их герметичности* на протяжении всего периода эксплуатации. Герметичность – это непроницаемость жидкостями и газами стенок и соединений, ограничивающих внутренние объемы сосудов, работающих под давлением.

Опасность эксплуатации сосудов под давлением состоит в том, что при потере механической прочности стенок обечайки (вследствие коррозии, локального перегрева, появления трещин и др.), а также при повышении давления может произойти ее взрывное разрушение. В результате потенциальная энергия сжатой среды переходит в кинетическую энергию разлетающихся осколков. Совершаемая адиабатически (без теплообмена с окружающей средой) расширяющимся газом работа равна:

## Производственная безопасность

$$A = \frac{1}{k-1} \cdot p_1 \cdot V \cdot \left[ 1 - \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right],$$

где  $p_2$  и  $p_1$  – соответственно начальное и конечное давление в сосуде, Мпа;  $V$  – начальный объем газа, равный объему сосуда, м<sup>3</sup>;  $k$  – показатель адиабаты, равный отношению молярных теплоемкостей газа при постоянных давлении и объеме.

Проектирование, изготовление и эксплуатация сосудов, работающих под давлением, регламентированы «Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» ПБ 03-576-03, утвержденными Постановлением Госгортехнадзора РФ от 11 июня 2003 г. № 91, соблюдение которых в настоящее время контролирует Ростехнадзор.

Для обеспечения безопасных условий эксплуатации каждый сосуд должен быть снабжен предохранительными устройствами, исключающими возникновение в нем давления, превышающих предельно допустимое.

В качестве предохранительных устройств применяются: 1) пружинные предохранительные клапаны (ППК); 2) рычажно-грузовые предохранительные клапаны (РГПК); 3) импульсные предохранительные клапаны (ИПК) прямого действия; 4) предохранительные устройства с разрушающимися мембранами – мембранные предохранительные устройства (МПУ); 5) другие устройства, применение которых согласовано с Ростехнадзором.

Необходимость установки того или иного вида предохранительного устройства определяется разработчиком и зависит от конкретных условий его эксплуатации. Например, МПУ устанавливаются в тех случаях, когда в процессе эксплуатации сосудов и аппаратов, работающих под давлением, не исключена возможность быстрого повышения давления. Каждая предохранительная мембрана должна иметь заводское клеймо с указанием давления срабатывания и диапазона рабочих температур.

Количество предохранительных клапанов, их размеры и пропускная способность должны быть выбраны по расчету так, чтобы в сосуде не создавалось давление, превышающее расчетное более чем на 0,05 МПа (0,5 кгс/см<sup>2</sup>) для сосудов с давлением до 0,3 МПа (3 кгс/см<sup>2</sup>), на 15 % - для сосудов с давлением от 0,3 до 6,0 МПа (от 3 до 60 кгс/см<sup>2</sup>) и на 10 % - для сосудов с давлением свыше 6,0 МПа (60 кгс/см<sup>2</sup>).

### 3. Описание лабораторной установки

Экспериментальная установка (рисунок 1) состоит из камеры 1, представляющей собой металлический сосуд объемом 3л с толщиной стенок 12 мм, имеющий отверстие для установки предохранительного клапана 3. Сжатый воздух от компрессора 6 подается через пробковый кран 5. Кран 4 предназначен для регулировки давления в камере путем сброса части содержащегося в ней газа в атмосферу; манометр 2 – для измерения давления в камере. Лабораторная установка позволяет проводить исследования с использованием пружинного предохранительного клапана (ППК), рычажно-грузовых предохранительных клапанов (РГПК) и мембранного предохранительного устройства (МПУ).



Рисунок 1- Схема экспериментальной установки по исследованию МПУ

Мембранное предохранительное устройство представлено на рисунке 2

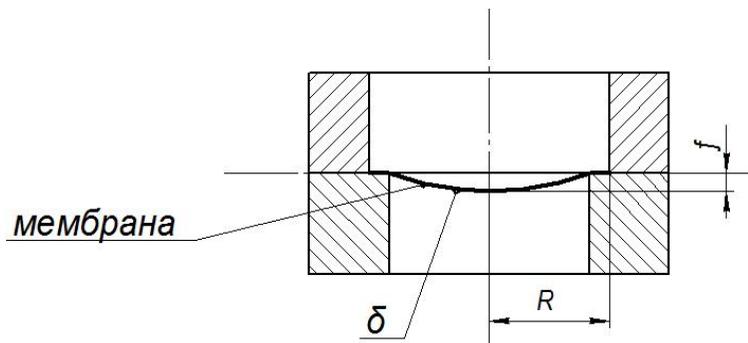


Рисунок 2 – Схема предохранительного устройства мембранного типа

- $\delta$  – толщина мембраны;
- $f$  – прогиб фольги;
- $R$  – радиус мембраны.

#### 4. Требования мер безопасности

5. К работе с установкой допускаются лица, ознакомленные с ее устройством, принципов действия, а так же с инструкцией по технике безопасности в лаборатории.
6. Величина давления в камере при проведении лабораторной работы не должна превышать 0,6 МПа (6 кгс/см<sup>2</sup>).
7. Все операции по установке предохранительных клапанов и замене мембран в МПУ должны осуществляться после сброса давления воздуха в камере и закрытом кране 5.
8. При индивидуальном использовании масляных воздушных компрессоров должно выполняться все требования безопасности, указание в руководствах по их эксплуатации.
9. Категорически запрещается использовать баллоны с кислородом или горючими-газами (можно использовать сжатые CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> и инертные газы) с редуктором, снижающим давлением газа на выходе до 0,6 МПа (6 кгс/см<sup>2</sup>).

#### 5. Порядок выполнения работы

- 1 Выбрать несколько видов фольги и определить ее основные характеристики:

-временное сопротивление разрыву фольги  $\sigma_B$  [МПа]

## Производственная безопасность

(согласно ГОСТ 618-73 «Фольга алюминиевая для технических целей»);

-толщину фольги  $\delta$  [м]

С помощью штангенциркуля определить толщину фольги. Для этого сложить кусок фольги несколько раз, измерить его толщину и посчитать число слоев. Разделив толщину сложенного куска фольги на количество слоев, рассчитать толщину одного слоя.

2 Вырезать из фольги мембрану и установить ее в корпус МПУ, имеющий наименьший диаметр отверстия.

3 Рассчитать критическое давление  $P_{кр}$  по формуле:

$$P_{кр} = \frac{4\delta\sigma_{в}f}{R^2},$$

где  $\delta$ - толщина фольги, [м]

$\sigma_{в}$  - временное сопротивление разрыву фольги, [МПа]

$f$  - прогиб фольги, [м]. При невозможности измерения в расчете принимаем

$$f = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ [м]}$$

R-радиус мембраны, [м];

4 Установить МПУ в камеру.

5 Увеличивая давление в камере на 0,01 МПа в 1 сек, определить экспериментальное критическое давление ( $P_{кр}^{экс}$ ) срабатывания МПУ по моменту разрыва мембраны (по хлопку).

6 Повторить п п. 1, 2, 3, 4, 5 для МПУ, увеличивая радиус мембраны.

7 Повторить п п. 1, 2, 3, 4, 5, используя в качестве мембраны фольгу другой толщины.

8 Результаты исследований занести в таблицу 1.

9 Сделать выводы.

Таблица 1

## Производственная безопасность

№	$D, \text{ м}$	$f, \text{ м}$	$\delta, \text{ м}$	$P_{\text{кр}}^{\text{расч}}, \text{ МПа}$	$P_{\text{кр}}^{\text{эксп}}, \text{ МПа}$
1					
2					
3					

**Примечание:** в расчете не учитывается возможное изменение температуры и плотности среды перед МПУ.

### 6. Содержание отчета о выполнении лабораторной работы

По результатам измерений и расчетных значений построить графики полученных зависимостей:  $P_{\text{кр}}^{\text{расч}}$  от  $\delta$ ,  $P_{\text{кр}}^{\text{эксп}}$  от  $\delta$ .

Сделать вывод о влиянии характерных параметров на срабатывание МПУ.

Вывод подтвердить расчётами.

#### РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. ПБ 03-576-03, утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 11.06.2003 г. №91.

2. Правила разработки, изготовления и применения мембранных предохранительных устройств. ПБ 03-583-03, утв. Постановлением Госгортехнадзора РФ от 5.06.2003 г.