

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Безопасность технологических процессов и производств»

---

**БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ТЕХНОСФЕРЕ.  
ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

Методические указания

Ростов–на–Дону  
ДГТУ  
2018

УДК 658.382

Составители: В.Л. Гапонов, А.Г. Хвостиков, Е.Ю. Гапонова, С.Е. Гераськова, С.В. Гапонов

Безопасность жизнедеятельности в техносфере. Лабораторные работы: метод. указания / В.Л. Гапонов и др., – Ростов-на-Дону : Донской гос. техн. ун-т, 2018. – 86 с.

Методические указания разработаны в соответствии с учебными программами дисциплин «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех направлений подготовки и форм обучения для выполнения лабораторных работ. Приведены методы исследований и применяемые приборы, а также методики расчетов параметров микроклимата, заземления заводского оборудования, обучения навыкам сердечно–легочной реанимации, всех видов освещения производственных помещений, запыленность воздуха рабочих зон, взрывозащищенного электрооборудования.

Рекомендуется для студентов для студентов всех направлений подготовки, изучающих дисциплину «Безопасность жизнедеятельности».

УДК 658.382

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
Донского государственного технического университета

Научный редактор д-р. т. наук, профессор Д.М. Кузнецов

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Безопасность технологических процессов и производств» д-р техн. наук, профессор С.Л. Пушенко

---

В печать 08.06.2018 г.

Формат 60×84/16. Объем 5,4 усл. п. л.

Тираж 50 экз. Заказ №. 229.

---

Издательский центр ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия:

344000, г. Ростов–на–Дону, пл. Гагарина, 1

© Донской государственный  
технический университет, 2018

# 1. Лабораторная работа «Исследование и расчет общего искусственного освещения производственных помещений»

Цель работы:

- освоение методов исследования освещенности рабочих мест;
- освоение методов расчета параметров искусственного освещения и разработки мероприятий по обеспечению освещенности рабочих мест в соответствии с санитарными нормами;
- приобретение навыков работы с нормативными документами по охране труда.

## 1.1. Общие сведения

Создание рационального освещения производственных помещений и рабочих мест является одним из основных факторов здорового и безопасного труда. Нормальное освещение и правильная цветопередача световых сигналов повышает безопасность работы, улучшает условия труда, способствует увеличению производительности труда и улучшению качества работы. С увеличением освещенности усиливается острота зрения, сохраняется способность органов зрения длительное время видеть без утомления. Так, увеличение освещенности от 100 до 1000 лк при напряженной зрительной работе обуславливает повышение производительности труда на 10 – 20 %, уменьшение брака на 20 %, снижение количества несчастных случаев на 30 %.

Таким образом, освещение, являясь важным фактором борьбы с несчастными случаями и профессиональными заболеваниями, должно обеспечивать достаточную освещенность рабочих поверхностей, быть равномерным, не образовывать резких теней.

Освещенность нормируется в соответствии с требованиями СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.

## 1.2. Искусственное освещение

Искусственное освещение может быть двух систем: общей и комбинированной. Доля общего освещения в комбинированном должна составлять не менее 10 %. Общее освещение подразделяется на общее равномерное и общее локализованное. Для искусственного освещения (как общего, так и комбинированного) используют электрические лампы накаливания и газоразрядные источники света.

При обозначении типов ламп накаливания общего назначения буквы и цифры обозначают: В – вакуумная, Г – газонаполненная, В – биспиральная, БК – биспиральная криптоновая.

Самыми распространенными газоразрядными лампами являются люминесцентные. Люминесцентные лампы представляют собой стеклянную про-

зрачную трубку, наполненную дозированным количеством ртути и инертного газа, а по концам трубки впаяны электроды. Внутренняя поверхность трубки покрыта тонким слоем люминофора. В зависимости от распределения светового потока по спектру путем применения разных люминофоров различают типы ламп: ЛД – дневного света; ЛДЦ – дневного света с улучшенной цветопередачей; ЛБ – белого света; ЛХБ – холодно-белого света; ЛТБ – тепло-белого света.

Световые потоки ДРЛ приведены в таблице 1.1. Световые потоки ламп накаливания общего назначения и люминесцентных ламп приведены в табл. 1.2. Ртутные лампы высокого давления ДРЛ имеют следующее устройство. В кварцевой трубке, содержащей дозированную долю ртути и инертного газа, происходит электрический разряд. Трубка помещена в колбу из жароустойчивого стекла, внутренние стенки которой покрыты слоем люминофора. Ультрафиолетовое излучение в кварцевой трубке воздействует на люминофор и вызывает его свечение.

Таблица 1.1

Световые и электрические параметры ртутных ламп ДРЛ

| Тип лампы | Световой поток, лм | Световая отдача, лм/Вт |
|-----------|--------------------|------------------------|
| ДРЛ 250   | 13000              | 52                     |
| ДРЛ 400   | 23000              | 57,5                   |
| ДРЛ 700   | 40000              | 57,1                   |
| ДРЛ 1000  | 57000              | 57                     |

Цифры после ДРЛ обозначают мощность в Вт.

Таблица 1.2

Световые и электрические параметры ламп накаливания (ГОСТ 2239–79) и люминесцентных (ГОСТ 6825–91)

| Лампы накаливания |                    |                        | Люминесцентные лампы |                    |                        |
|-------------------|--------------------|------------------------|----------------------|--------------------|------------------------|
| Тип               | Световой поток, лм | Световая отдача, лм/Вт | Тип                  | Световой поток, лм | Световая отдача, лм/Вт |
| В–125–135–15      | 135                | 9,0                    | ЛДЦ20                | 820                | 41,0                   |
| В–215–225–15      | 105                | 7,0                    | ЛД20                 | 920                | 46,0                   |
| Б–125–135–40      | 485                | 12,0                   | ЛБ20                 | 1180               | 59,0                   |
| Б–220–230–40      | 460                | 11,5                   | ЛДЦ40                | 1450               | 48,0                   |
| БК–125–135–100    | 1630               | 16,3                   | ЛД30                 | 1640               | 54,5                   |
| БК–215–225–100    | 1450               | 14,5                   | ЛБ30                 | 2100               | 70,0                   |
| Г–125–135–150     | 2280               | 15,3                   | ЛДЦ40                | 2100               | 52,5                   |
| Г–215–225–150     | 2090               | 13,3                   | ЛД40                 | 2340               | 58,5                   |
| Г–125–135–300     | 4900               | 16,6                   | ЛБ40                 | 3120               | 78,0                   |
| Г–215–225–300     | 4610               | 16,6                   | ЛДЦ80                | 3740               | 46,8                   |
| Г–125–135–1000    | 19100              | 19,1                   | ЛД80                 | 4070               | 50,8                   |
| Г–215–225–1000    | 19600              | 18,6                   | ЛБ80                 | 5220               | 65,3                   |

Для ламп накаливания – первые два числа маркировки обозначают диапазон допустимых напряжений в В, третье – мощность в Вт. Для люминесцентных ламп – цифры после типа лампы обозначают мощность в Вт.

При исследовании освещения измеряется плоскостная освещенность с помощью люксметров Ю–116 и Lux/fc LIGHT METER.

Люксметр Ю–116 представляет собой селеновый фотоэлемент, в цепь которого включен стрелочный гальванометр. Люксметр измеряет значения освещенности в пределах от 1 до 100000 лк. На передней панели измерителя находятся кнопки переключателя и табличка со схемой, которая связывает действие кнопок и насадок с различными диапазонами измерений. Прибор имеет две градуированные шкалы, в люксах: 0 – 100 и 0–30. На каждой шкале точками указано начало диапазона измерений: на шкале 0 – 100 точка находится над меткой 20, на шкале 0–30 над меткой 5.

С целью уменьшения погрешности используют сферическую насадку на селеновый фотоэлемент, обозначенную на внутренней стороне буквой «К». Эта насадка применяется параллельно с одной из трех других насадок–фильтров «М», «Р», «Т», которые имеют коэффициенты ослабления света, равные соответственно 10, 100, 1000, что расширяет диапазоны измерений. Без насадок люксметром можно измерять освещенность в пределах 0–30 и 0–100 лк.

В процессе измерения стрелку прибора устанавливают на нулевом делении шкалы, потом напротив нажатой кнопки определяют выбранное с помощью насадок наибольшее значение диапазона измерения. При нажатии кнопки, напротив которой написано наибольшее значение диапазона измерений, кратное 10, следует пользоваться для отсчета показаниями шкалы 0 – 100, при нажатии кнопки, на против которой нанесены значение диапазона, кратное 3, показаниями шкалы 0–30. Показание прибора в делениях по соответствующей шкале умножают на коэффициент ослабления, который обозначен на соответствующей насадке.

Люксметра Lux/fc LIGHT METER, который представляет собой цифровой мультиметр с фотодетектором (силиконовый фотодиод с фильтром).

Люксметр измеряет значения освещенности в диапазоне: 200,2000, 20000, 50000 Lux/fc (1 fc=10,76 Lux).

Точность:  $\pm 5\% \pm 10$  ед. счета ( $< 10,0001$  Lux/fc)\*;

$\pm 10\% \pm 10$  ед. счета ( $< 10,0001$  Lux/fc).

(Диапазон показаний  $20000 \text{ Lux} \times 10$ , диапазон показаний  $50000 \text{ Lux} \times \pm 100$ ).

Повторяемость показаний:  $\pm 2\%$ .

Температурная характеристика:  $\pm 0,1\%/^{\circ}\text{C}$ .

Фотодетектор: 1 силиконовый фотодиод с фильтром.

На передней части панели имеется:

- дисплей: LCD дисплей с индикацией Lux, fc, LOBAT, MAX, HOLD;
- переключатель (питание/функция/диапазон) для выбора измерительной функции и диапазона измерения;
- фотодетектор;

– функция MAX HOLD задерживает максимальное показание, нажав кнопку снова, снимается действие функции MAX HOLD и продолжается дальнейшее измерение;

– функция DATA HOLD при нажатии показания будут задержаны на дисплее. Нажав кнопку снова, отменяется действие функции DATA HOLD и продолжается дальнейшее измерение;

– кнопка изменения функции Lux или fc.

Работа с прибором:

– проверить переключатель (питание/функция/диапазон), чтобы выбрать желаемый диапазон ( $\times 1 \text{ lux}/\text{fc}$ ,  $\times 10 \text{ lux}/\text{fc}$ ,  $\times 100 \text{ lux}/\text{fc}$ );

– поднести фотодетектор к источнику света в горизонтальном положении;

– с дисплея считать показания;

– если мультиметр показывает на дисплее только значок «1», то это означает, что входной сигнал слишком сильный и поэтому нужно выбрать другой диапазон;

– после измерения убрать фотодетектор от источника света.

Если на дисплее появился значок «» (он появляется, когда батарейка должна быть заменена): откройте отсек для батарейки и замените использованную батарейку новой (1 шт. 12V, типа A23 или эквивалент).

При измерении освещенности от люминесцентных ламп и естественной освещенности необходимо вводить коэффициенты: для ламп дневного света – 0,9, ламп белого света – 1,1, для естественного освещения – 0,8.

Общее искусственное освещение измеряют на ряде рабочих мест. Результаты измерений сопоставляют с нормальными: в случае, если по данным замеров освещенность не соответствует нормам, необходимо разработать мероприятия по улучшению освещенности.

### 1.3. Расчет искусственного освещения

Задачей расчета является определение потребной мощности электрической осветительной установки для создания в производственном помещении заданной освещенности.

Прежде чем приступить к расчету, необходимо установить разряд зрительной работы. Величину наименьшей освещенности определяют согласно условиям зрительной работы, которые имеют следующие параметры:

1. Размер объекта различения – наименьший размер, который необходимо выделить при проведении работ (толщина линии).

2. Фон – поверхность, прилегающая непосредственно к объекту различения, на которой он рассматривается. Характеризуется коэффициентом отражения  $\rho$ , который зависит от цвета и фактуры поверхности. Фон считается светлым при  $\rho > 0,4$ , средним – при  $0,2 \leq \rho \leq 0,4$  и темным – при  $\rho < 0,2$ .

3. Контраст объекта с фоном, характеризуется отношением разности коэффициентов отражения фона и объекта к коэффициенту отражения фона.

Общее равномерное освещение при горизонтальной рабочей поверхности рассчитывается методом светового потока, учитывающим световой поток, отраженный от потолка и стен. Световой поток  $\Phi_{\text{л}}$  – мощность лучистой энергии, оцениваемая по производимому ею световому ощущению. Единица светового потока – люмен (лм).

Освещенность  $E$  – плотность светового потока на освещаемой поверхности. Единица освещенности – люкс (лк). Световой поток лампы  $\Phi_{\text{л}}$ , лм рассчитывают по формуле

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{100 \cdot E_{\text{н}} \cdot S \cdot k \cdot Z}{N \cdot \eta_{\text{л}}}, \quad (1.1)$$

где  $E_{\text{н}}$  – нормированная минимальная освещенность, лк (табл. 1.4);

$S$  – площадь освещаемого помещения, м<sup>2</sup>;

$k$  – коэффициент запаса (табл. 1.5);

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения, его значение для ламп накаливания и ДРЛ – 1,15, для люминесцентных – 1,1;

$N$  – число светильников в помещении;

$\eta_{\text{л}}$  – коэффициент использования светового потока ламп (табл. 1.6).

Критерием экономичности осветительных приборов общего равномерного освещения являются оптимальные соотношения расстояния  $L$  между соседними светильниками (или их рядами) к высоте  $h$  установки светильников над расчетной поверхностью в зависимости от типа кривой силы света (КСС) светильника. Устанавливаются следующие типовые КСС: К – концентрированная, Г – глубокая, Д – косинусная, М – равномерная, Л – полуширокая (табл. 1.7).

По условиям ограничения слепящего действия света высоту свеса светильников рекомендуется брать в пределах 0,5...0,7 м.

Число светильников по длине помещения  $N_{\text{дл}}=A/L$ , по ширине  $N_{\text{ш}}=B/L$ . Здесь  $A$  и  $B$  – длина и ширина помещения, м, а  $L=\lambda \cdot h$  с учетом табл. 1.7. Общее число светильников  $N=N_{\text{дл}} \cdot N_{\text{ш}}$ .

Значения коэффициента использования светового потока приводятся в зависимости от коэффициента отражения стен  $P_{\text{с}}$  и потолка  $P_{\text{п}}$  (табл. 1.6) и индекса помещений, который вычисляется по формуле:

$$I = \frac{AB}{h(A+B)}. \quad (1.2)$$

Высота  $h$  установки светильников над поверхностью вычисляется по формуле:

$$h = H - h_{\text{св}} - h_{\text{р.п}}, \quad (1.3)$$

где  $H$  – высота помещения, м;

$h_{\text{св}}$  – высота свеса светильника, м (0,5–0,7);

$h_{\text{р.п}}$  – высота рабочей поверхности, м (принимается).

Полученная расчетная величина  $I$  округляется до ближайшей по табл. 1.6 и далее определяется коэффициент использования светового потока.

Подсчитав по формуле (1) световой поток лампы  $\Phi_{\text{л}}$ , по табл. 1.1, 1.2 подбирают ближайшую стандартную лампу и определяют электрическую мощность всей осветительной установки. В практике допускается отклонение потока выбранной лампы от расчетного до  $-10\%$  и  $+20\%$ , в противном случае выбирают другую схему расположения светильников.

Таблица 1.4

Нормы проектирования искусственного освещения СНиП 23–05–95

| Характеристика зрительной работы | Наименьший размер объекта различения, мм | Разряд зрительной работы | Подразряд зрительной работы | Контраст объекта различения с фоном | Характеристика фона          | Освещенность, лк |                       |       |
|----------------------------------|--|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|------------------------------|------------------|-----------------------|-------|
|                                  |  |                          |                             |                                     |                              | комбинированное  |                       | общее |
|                                  |  |                          |                             |                                     |                              | все-го           | в том числе от общего |       |
| 1                                | 2  | 3                        | 4                           | 5                                   | 6                            | 7                | 8                     | 9     |
| Наивысшей точности               | Менее 0,15                               | I                        | а                           | Малый                               | Темный                       | 5000             | 500                   | –     |
|                                  |  |                          |                             |                                     |                              | 4500             | 500                   | –     |
|                                  |  |                          | б                           | Малый<br>Средний                    | Средний<br>Темный            | 4000             | 400                   | 1250  |
|                                  |  |                          |                             |                                     |                              | 3500             | 400                   | 1000  |
|                                  |  |                          | в                           | Малый<br>Средний<br>Большой         | Светлый<br>Средний<br>Темный | 2500             | 300                   | 750   |
|                                  |  |                          |                             |                                     |                              | 2000             | 200                   | 600   |
|                                  |  |                          | г                           | Средний<br>Большой<br>«             | Светлый<br>«<br>Средний      | 1500             | 200                   | 400   |
|                                  |  |                          |                             |                                     |                              | 1250             | 200                   | 300   |
| Очень высокой точности           | От 0,15 до 0,3                           | II                       | а                           | Малый                               | Темный                       | 4000             | 400                   | –     |
|                                  |  |                          |                             |                                     |                              | 3500             | 400                   | –     |
|                                  |  |                          | б                           | Малый<br>Средний                    | Средний<br>Темный            | 3000             | 300                   | 750   |
|                                  |  |                          |                             |                                     |                              | 2500             | 300                   | 600   |
|                                  |  |                          | в                           | Малый<br>Средний<br>Большой         | Светлый<br>Средний<br>Темный | 2000             | 200                   | 500   |
|                                  |  |                          |                             |                                     |                              | 1500             | 200                   | 400   |
|                                  |  |                          | г                           | Средний<br>Большой<br>«             | Светлый<br>«<br>Средний      | 1000             | 200                   | 300   |
|                                  |  |                          |                             |                                     |                              | 750              | 200                   | 200   |



Продолжение табл. 1.4

| 1                             | 2             | 3   | 4 | 5  | 6                             | 7            | 8          | 9          |
|-------------------------------|---------------|-----|---|--|-------------------------------|--------------|------------|------------|
| Высокой точности              | От 0,3 до 0,5 | III | а | Малый  | Темный                        | 2000<br>1500 | 200<br>200 | 500<br>400 |
|                               |               |     | б | Малый<br>Средний   | Средний<br>Темный             | 1000<br>750  | 200<br>200 | 300<br>200 |
|                               |               |     | в | Малый<br>Средний<br>Большой                                  | Светлый<br>Средний<br>Темный  | 750<br>600   | 200<br>200 | 300<br>200 |
| Высокой точности              | От 0,3 до 0,5 | III | г | Средний<br>Большой   | Светлый<br>«Средний»          | 400          | 200        | 200        |
| Средней точности              | Св. 0,5 до 1  | IV  | а | Малый  | Темный                        | 750          | 200        | 300        |
|                               |               |     | б | Малый<br>Средний   | Средний<br>Темный             | 500          | 200        | 200        |
|                               |               |     | в | Малый<br>Средний<br>Большой                                  | Светлый<br>Средний<br>Темный  | 400          | 200        | 200        |
|                               |               |     | г | Средний<br>Большой<br>Большой                                | Светлый<br>Светлый<br>Средний | —            | —          | 200        |
| Малой точности                | Св. 1 до 5    | V   | а | Малый  | Темный                        | 400          | 200        | 300        |
|                               |               |     | б | Малый<br>Средний   | Средний<br>Темный             | —            | —          | 200        |
|                               |               |     | в | Малый<br>Средний<br>Большой                                  | Светлый<br>Средний<br>Темный  | —            | —          | 200        |
|                               |               |     | г | Средний<br>Большой   | Светлый<br>«Средний»          | —            | —          | 200        |
| Грубая (очень малой точности) | Более 5       | VI  | — | Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном |                               | —            | —          | 200        |

Окончание табл. 1.4

| 1  | 2         | 3    | 4 | 5  | 6 | 7 | 8  | 9   |
|--|-----------|------|---|--|---|---|----|-----|
| Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах    | Более 0,5 | VII  | – | То же  |   | – | –  | 200 |
| Общее наблюдение за ходом производственного процесса: постоянное |           | VIII | а | То же  |   | – | –  | 200 |
| периодическое при постоянном пребывании людей в помещении        |           |      | б | То же  | – | – | 75 |     |
| то же при периодическом пребывании людей в помещении             |           | VIII | в | Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном |   | – | –  | 50  |
| Общее наблюдение за инженерными коммуникациями                   |           |      | г | То же  |   | – | –  | 20  |

Таблица 1.5

Рекомендуемая освещенность и коэффициенты запаса  $k$ 

| Цех, участок,<br>рабочее<br>оборудование   | Лампы накаливания    |                      | Ко-<br>эффи-<br>циент<br>запа-<br>са $k$ | Газоразрядные<br>лампы    |                         | Ко-<br>эффи-<br>циент<br>записа $k$ |
|--|----------------------|----------------------|--|---------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
|  | освещенность, лк     |                      |  | освещенность, лк          |                         |                                     |
|  | комбини-<br>рованное | общее ос-<br>вещение |  | комби-<br>ниро-<br>ванное | общее<br>осве-<br>щение |                                     |
| Участок литья<br>(отливки I класса)  | 2500                 | 300                  | 1,5                                      | 3000                      | 750                     | 1,7                                 |
| Участок литья<br>(отливки II класса)   | 750                  | 200                  | 1,5                                      | 1000                      | 300                     | 1,7                                 |
| Участок литья<br>(отливки III класса)  | 100                  | 200                  | 1,5                                      | 1000                      | 300                     | 1,7                                 |
| Плавильно–<br>заливочное отделение   | –                    | 150                  | 1,5                                      | –                         | 200                     | 1,7                                 |
| Ковочное отделение   | –                    | 150                  | 1,5                                      | –                         | 200                     | 1,7                                 |
| Гальванический цех:<br>ванны полировальные                                       | –                    | 200                  | 1,4                                      | –                         | 300                     | 1,6                                 |
| станки   | 1500                 | 200                  | 1,5                                      | 2000                      | 300                     | 1,7                                 |
| Механические цеха:<br>гильотинные ножни-<br>цы, дисковые пилы,<br>металлорежущие | –                    | 150                  | 1,3                                      | –                         | 200                     | 1,4                                 |
| станки, слесарные<br>верстаки  | 1500                 | –                    | 1,3                                      | 2000                      | –                       | 1,7                                 |
| разметочные плиты,   | 1500                 | –                    | 1,3                                      | 2500                      | –                       | 1,5                                 |
| столы ОТК  | –                    | 200                  | 1,6                                      | –                         | 400                     | 1,8                                 |
| Малярные отделения   | –                    | 150                  | 1,6                                      | –                         | 200                     | 1,8                                 |
| Сварочные цеха   |                      |                      |  |                           |                         |                                     |
| Диспетчерские,<br>пульты операторов  | 300                  | 100                  | 1,3                                      | 400                       | 200                     | 1,5                                 |

Таблица 1.6

Коэффициент использования светового потока  $\eta$ 

| Светильник, % | НСП09                                |    |    | ВЗГ200 |    |    | ЛСП02 |    |    | ПВЛ |    |    | РСП05 |    |    |
|---------------|--------------------------------------|----|----|--------|----|----|-------|----|----|-----|----|----|-------|----|----|
| $P_p$         | 30                                   | 50 | 70 | 30     | 50 | 70 | 30    | 50 | 70 | 30  | 50 | 70 | 30    | 50 | 70 |
| $P_c$         | 10                                   | 30 | 50 | 10     | 30 | 50 | 10    | 30 | 50 | 10  | 30 | 50 | 10    | 30 | 50 |
| 1             | Коэффициент использования $\eta$ , % |    |    |        |    |    |       |    |    |     |    |    |       |    |    |
| 0,5           | 14                                   | 16 | 22 | 12     | 14 | 17 | 23    | 26 | 31 | 11  | 13 | 18 | 19    | 22 | 26 |
| 0,6           | 19                                   | 21 | 27 | 16     | 18 | 21 | 30    | 33 | 37 | 14  | 17 | 23 | 24    | 27 | 32 |
| 0,7           | 23                                   | 24 | 29 | 19     | 21 | 24 | 35    | 38 | 42 | 16  | 20 | 27 | 28    | 31 | 36 |
| 0,8           | 25                                   | 26 | 33 | 21     | 24 | 26 | 39    | 41 | 45 | 19  | 23 | 29 | 31    | 34 | 40 |
| 0,9           | 27                                   | 29 | 35 | 23     | 25 | 28 | 42    | 44 | 48 | 21  | 27 | 32 | 34    | 37 | 43 |
| 2,0           | 38                                   | 41 | 48 | 32     | 33 | 35 | 55    | 57 | 60 | 35  | 40 | 46 | 52    | 55 | 59 |
| 3,0           | 44                                   | 47 | 54 | 35     | 37 | 39 | 60    | 62 | 66 | 41  | 45 | 52 | 58    | 61 | 64 |
| 4,0           | 46                                   | 50 | 59 | 37     | 39 | 41 | 63    | 65 | 68 | 44  | 48 | 54 | 61    | 64 | 67 |
| 5,0           | 48                                   | 52 | 61 | 38     | 40 | 42 | 64    | 66 | 70 | 48  | 51 | 57 | 63    | 66 | 69 |

Таблица 1.7

Рекомендуемые и допустимые значения  $\lambda = L/h$ 

| Тип КСС светильника | $L/h$                  |                                |
|---------------------|------------------------|--------------------------------|
|                     | Рекомендуемые значения | Наибольшие допустимые значения |
| К                   | 0,4–0,7                | 0,9                            |
| Г                   | 0,8–1,2                | 1,4                            |
| Д                   | 1,2–1,6                | 2,1                            |
| М                   | 1,8–2,6                | 3,4                            |
| Л                   | 1,4–2,0                | 2,3                            |

## 1.4. Материально–техническое обеспечение

1. Объективный люксметр типа Ю–116.
2. Люксметр *LUX&fc LIGT METER*.
2. Светильники с люминесцентными лампами.
3. Шторы для затенения при измерении искусственной освещенности.

## 1.5. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством люксметров.

1.1. Измерить горизонтальную освещенность при искусственном освещении люминесцентными лампами на рабочих местах, указанных преподавателем. Для конкретных условий работы определить нормированное значение освещенности из таблицы 1.4. Сделать вывод в примечании о соответствии освещенности нормированным значениям и разными приборами. Результаты исследований свести в табл. 1.8.

Таблица 1.8

Результаты исследований рабочих мест

| Характеристики<br>помещения,<br>характер выпол-<br>няемых работ | Освещенность, лк    |   |   |   | Средняя<br>$E$ | Нормиро-<br>ванная<br>$E_n$ | Примеча-<br>ние |
|---|---------------------|---|---|---|----------------|-----------------------------|-----------------|
|   | измеренная в точках |   |   |   |                |                             |                 |
|   | 1                   | 2 | 3 | 4 |                |                             |                 |
|   |                     |   |   |   |                |                             |                 |

2. Получить задание на расчет искусственного освещения (табл. 1.9).
3. Определить значение светового потока лампы по формуле (1.1).

Для люминесцентных ламп (ЛЛ) определяется световой поток светильника по формуле (1.1), а затем это значение делится на количество ламп в светильнике (обычно две).

4. Подобрать стандартную лампу по табл. 1.2. и определить электрическую мощность всей осветительной системы.

5. Подготовить ответы на контрольные вопросы и выполнить лабораторную работу.

Таблица 1.9

Варианты заданий по расчету искусственного освещения

| Цех, участок, отделение                        | Размеры помещения, м |    |        | Коэффициент отражения, % |       | Светильник |         |        |         |
|--|----------------------|----|--------|--------------------------|-------|------------|---------|--------|---------|
|  | A                    | B  | H      | $P_n$                    | $P_c$ | Тип        | ИС      | КСС    | N       |
| 1. Механосборочный цех:                        |                      |    |        |                          |       |            |         |        |         |
| а) участок токарных станков                    | 12                   | 18 | 6      | 50                       | 30    | ЛСП02      | ЛЛ      | К      | 1       |
| б) участок шлифовальных станков                | 12                   | 12 | 8      | 70                       | 50    | ЛСП02      | ЛЛ      | Д      | 2       |
| в) участок сборки комбайнов                    | 12                   | 24 | 12     | 50                       | 30    | РСП05      | ДРЛ     | Г      | 3       |
| 2. Сварочно–сборочный цех:                     |                      |    |        |                          |       |            |         |        |         |
| а) участок электродуговой сварки               | 12                   | 18 | 8      | 30                       | 10    | НСП09      | ЛН      | М      | 4       |
| б) участок контактной сварки                   | 12                   | 12 | 6      | 50                       | 30    | ВЗГ20      | ЛН      | М      | 5       |
| 3. Литейные цеха:                              |                      |    |        |                          |       |            |         |        |         |
| а) формовочное и стержневое отделение          | 24                   | 30 | 8      | 30                       | 10    | РСП05      | ДРЛ     | Г      | 6       |
| б) участок по выплавляемым моделям             | 18                   | 24 | 8      | 50                       | 30    | НСП09      | ЛН      | М      | 7       |
| в) плавильно–заливочное отделение              | 12                   | 24 | 10     | 30                       | 10    | РСП05      | ДРЛ     | Г      | 8       |
| 4. Термическое отделение                       | 12                   | 18 | 12     | 30                       | 10    | РСП05      | ДРЛ     | Г      | 9       |
| 5. Цех холодной штамповки                      | 24                   | 36 | 12     | 30                       | 10    | РСП05      | ДРЛ     | Г      | 10      |
| 6. Гальванический цех, участок металлопокрытий | 112                  | 18 | 8<br>8 | 50                       | 30    | ПВЛМ       | ЛЛ<br>Л | Д<br>Д | 11<br>1 |

1.6. Содержание отчета

1. Наименование.
2. Цель.
3. Таблица с результатами измерений освещенности рабочей поверхности.
4. Расчет искусственного освещения в соответствии с заданием.
5. Определить электрическую мощность рассчитанной осветительной системы.
6. Записать результаты расчета на ПЭВМ.

## 1.7. Контрольные вопросы

- 7.1. Какое влияние оказывает рациональное освещение и правильная цветопередача световых сигналов на человека в производственных помещениях?
- 7.2. Какие системы искусственного освещения существуют?
- 7.3. Какие источники света применяются для освещения производственных помещений?
- 7.4. Что обозначают буквы ЛД, ЛДЦ, ЛБ, ЛХБ, ЛТБ в типах люминесцентных ламп?
- 7.5. Какими приборами можно измерить освещенность рабочего места?
- 7.6. Из чего состоит люксметр типа Ю–116?
- 7.7. Из чего состоит люксметр Lux/fc LIGHT METER?
- 7.8. Что является задачей расчета искусственного освещения?
- 7.9. Что такое световой поток лампы? В каких единицах измеряется?
- 7.10. Какие факторы учитываются при определении нормированных уравнений освещенности на рабочих местах?
- 7.11. Какие параметры определяют условия зрительной работы?

## 2. Лабораторная работа

### «Исследование параметров микроклимата производственных помещений»

Цель работы: Освоить приборы по оценке микроклимата, научиться объективно оценивать факторы окружающей среды и пользоваться нормативными документами.

Студенты разными методами и приборами измеряют параметры микроклимата в аудитории, сравнивают их результаты между собой, а также с нормативами, делают вывод о характере микроклимата.

#### 2.1. Общие сведения

Во всех организациях должен осуществляться производственный контроль за соблюдением требований Санитарных правил и проведением профилактических мероприятий, направленных на предупреждение возникновения заболеваний, работающих в производственных помещениях, а также контроль за соблюдением условий труда и отдыха и выполнением мер коллективной и индивидуальной защиты работающих от неблагоприятного воздействия микроклимата.

Руководители предприятий, организаций и учреждений вне зависимости от форм собственности и подчиненности в порядке обеспечения производственного контроля обязаны привести рабочие места в соответствие с требованиями к микроклимату, предусмотренными Санитарными правилами (СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений).

Государственный санитарно–эпидемиологический надзор и контроль за выполнением Санитарных правил осуществляется органами и учреждениями Государственной санитарно–эпидемиологической службы Российской Федерации, а ведомственный санитарно–эпидемиологический надзор и контроль – органами и учреждениями санитарно–эпидемиологического профиля соответствующих министерств и ведомств.

*Производственные помещения* – замкнутые пространства в специально предназначенных зданиях и сооружениях, в которых постоянно (по сменам) или периодически (в течение рабочего дня) осуществляется трудовая деятельность людей.

*Рабочее место* – участок помещения, на котором в течение рабочей смены, или части ее, осуществляется трудовая деятельность. Рабочим местом может являться несколько участков производственного помещения. Если эти участки расположены по всему помещению, то рабочим местом считается вся площадь помещения.

*Холодный период года* – период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха, равной  $+10^{\circ}\text{C}$  и ниже.

*Теплый период года* – период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха выше  $+10^{\circ}\text{C}$ .

*Среднесуточная температура наружного воздуха* – средняя величина температуры наружного воздуха, измеренная в определенные часы суток через одинаковые интервалы времени. Она принимается по данным метеорологической службы.

*Тепловая нагрузка среды (ТНС)* – сочетанное действие на организм человека параметров микроклимата (температура, влажность, скорость движения воздуха, тепловое облучение), выраженное одночисловым показателем в °С.

Разграничение работ по категориям осуществляется на основе интенсивности общих энергозатрат организма в Вт.

## 2.2. Общие требования и показатели микроклимата

Санитарные правила устанавливают гигиенические требования к показателям микроклимата рабочих мест производственных помещений с учетом интенсивности энергозатрат работающих, времени выполнения работы, периодов года и содержат требования к методам измерения и контроля микроклиматических условий.

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

*Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:*

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

## 2.3. Оптимальные условия микроклимата

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Оптимальные величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений, на которых выполняются работы операторского типа, связанные с нервно-эмоциональным напряжением (в кабинах, на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и др.). Перечень других рабочих мест и видов работ, при которых должны обеспечиваться оптимальные величины микроклимата определяются Санитарными правилами по отдельным отраслям промышлен-



ности и другими документами, согласованными с органами Государственного санитарно–эпидемиологического надзора в установленном порядке.

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в табл.1, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

Перепады температуры воздуха по высоте и по горизонтали, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2°С и выходить за пределы величин, указанных в табл.2.1. для отдельных категорий работ.

Таблица 2.1

Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах  
производственных помещений

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

#### 2.4. Допустимые условия микроклимата

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8–часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономическим обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 2.2. применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

Таблица 2.2

**Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах  
производственных помещений**

| Период года | Категория работ по уровню энергозатрат, Вт | Температура воздуха, °С           |                                   | Температура поверхностей, °С |
|-------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
|             |  | диапазон ниже оптимальных величин | диапазон выше оптимальных величин |                              |
| Холодный    | Ia (до 139)                                | 20,0–21,9                         | 24,1–25,0                         | 19,0–26,0                    |
|             | Iб (140–174)                               | 19,0–20,9                         | 23,1–24,0                         | 18,0–25,0                    |
|             | IIa (175–232)                              | 17,0–18,9                         | 21,1–23,0                         | 16,0–24,0                    |
|             | IIб (233–290)                              | 15,0–16,9                         | 19,1–22,0                         | 14,0–23,0                    |
|             | III (более 290)                            | 13,0–15,9                         | 18,1–21,0                         | 12,0–22,0                    |
| Теплый      | Ia (до 139)                                | 21,0–22,9                         | 25,1–28,0                         | 20,0–29,0                    |
|             | Iб (140–174)                               | 20,0–21,9                         | 24,1–28,0                         | 19,0–29,0                    |
|             | IIa (175–232)                              | 18,0–19,9                         | 22,1–27,0                         | 17,0–28,0                    |
|             | IIб (233–290)                              | 16,0–18,9                         | 21,1–27,0                         | 15,0–28,0                    |
|             | III (более 290)                            | 15,0–17,9                         | 20,1–26,0                         | 14,0–27,0                    |
| Холодный    | Ia (до 139)                                | 15–75*                            | 0,1                               | 0,1                          |
|             | Iб (140–174)                               | 15–75                             | 0,1                               | 0,2                          |
|             | IIa (175–232)                              | 15–75                             | 0,1                               | 0,3                          |
|             | IIб (233–290)                              | 15–75                             | 0,2                               | 0,4                          |
|             | III (более 290)                            | 15–75                             | 0,2                               | 0,4                          |
| Теплый      | Ia (до 139)                                | 15–75*                            | 0,1                               | 0,2                          |
|             | Iб (140–174)                               | 15–75*                            | 0,1                               | 0,3                          |
|             | IIa (175–232)                              | 15–75*                            | 0,1                               | 0,4                          |
|             | IIб (233–290)                              | 15–75*                            | 0,2                               | 0,5                          |
|             | III (более 290)                            | 15–75*                            | 0,2                               | 0,5                          |

\* При температурах воздуха 25°С и выше максимальные величины относительной влажности воздуха должны приниматься соответственно: 70% – при 25°С; 65% – при 26°С; 60% – при 27°С; 55% – при 28°С.

\*\* При температурах воздуха от 26 до 28°С скорость движения воздуха в теплый период года должна приниматься соответственно: 0,1–0,2 м/с – при категории работ Ia; 0,1–0,3 м/с – при категории работ Iб; 0,2–0,4 м/с – при категории работ IIa; 0,2–0,5 м/с – при категории работ IIб и III.

При обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах:

- перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3° С;
- перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать:

- при категориях работ Ia и Iб – 4° С;

- при категориях работ IIa и IIб – 5° С;

- при категории работ III – 6° С.

При этом абсолютные значения температуры воздуха не должны выходить за пределы величин, указанных в табл. 2 для отдельных категорий работ.

При температуре воздуха на рабочих местах 25° С и выше максимально допустимые величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы:

- 70% – при температуре воздуха 25°C;
- 65% – при температуре воздуха 26°C;
- 60% – при температуре воздуха 27°C;
- 55% – при температуре воздуха 28°C.

При температуре воздуха 26–28°C скорость движения воздуха, указанная в табл.2 для теплого периода года, должна соответствовать диапазону:

- 0,1–0,2 м/с – при категории работ Ia;
- 0,1–0,3 м/с – при категории работ Ib;
- 0,2–0,4 м/с – при категории работ IIa;
- 0,2–0,5 м/с – при категориях работ IIб и III.

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах от производственных источников, нагретых до темного свечения (материалов, изделий и др.) должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Допустимые величины интенсивности теплового облучения поверхности тела работающих от производственных источников

| Облучаемая поверхность тела, % | Интенсивность теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup> , не более |
|--------------------------------|---|
| 1                              | 2   |
| 50 и более                     | 35  |
| 25–50                          | 70  |
| не более 25                    | 100   |

Допустимые величины интенсивности теплового облучения работающих от источников излучения, нагретых до белого и красного свечения (раскаленный или расплавленный металл, стекло, пламя и др.) не должны превышать 140 Вт/м<sup>2</sup>. При этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

При наличии теплового облучения работающих температура воздуха на рабочих местах не должна превышать в зависимости от категории работ следующих величин:

- 25° С – при категории работ Ia;
- 24° С – при категории работ Ib;
- 22° С – при категории работ IIa;
- 21° С – при категории работ IIб;
- 20° С – при категории работ III.

В производственных помещениях, в которых допустимые нормативные величины показателей микроклимата невозможно установить из-за технологических требований к производственному процессу или экономически обоснованной нецелесообразности, условия микроклимата следует рассматривать как вредные и опасные. В целях профилактики неблагоприятного воздействия мик-

роклимата должны быть использованы защитные мероприятия (например, системы местного кондиционирования воздуха, воздушное душирование, компенсация неблагоприятного воздействия одного параметра микроклимата изменением другого, спецодежда и другие средства индивидуальной защиты, помещения для отдыха и обогрева, регламентация времени работы, в частности, перерывы в работе, сокращение рабочего дня, увеличение продолжительности отпуска, уменьшение стажа работы и др.).

## 2.5. Требования к организации контроля и методам измерения микроклимата

Измерения показателей микроклимата в целях контроля их соответствия гигиеническим требованиям должны проводиться в холодный период года – в дни с температурой наружного воздуха, отличающейся от средней температуры наиболее холодного месяца зимы не более чем на 5° С, в теплый период года – в дни с температурой наружного воздуха, отличающейся от средней максимальной температуры наиболее жаркого месяца не более чем на 5° С. Частота измерений в оба периода года определяется стабильностью производственного процесса, функционированием технологического и санитарно–технического оборудования.

При выборе участков и времени измерения необходимо учитывать все факторы, влияющие на микроклимат рабочих мест (фазы технологического процесса, функционирование систем вентиляции и отопления и др.). Измерения показателей микроклимата следует проводить не менее 3 раз в смену (в начале, середине и в конце). При колебаниях показателей микроклимата, связанных с технологическими и другими причинами, необходимо проводить дополнительные измерения при наибольших и наименьших величинах термических нагрузок на работающих.

Измерения следует проводить на рабочих местах. Если рабочим местом являются несколько участков производственного помещения, то измерения осуществляются на каждом из них.

При наличии источников локального тепловыделения, охлаждения или влаговыведения (нагретых агрегатов, окон, дверных проемов, ворот, открытых ванн и т.д.) измерения следует проводить на каждом рабочем месте в точках, минимально и максимально удаленных от источников термического воздействия.

В помещениях с большой плотностью рабочих мест, при отсутствии источников локального тепловыделения, охлаждения или влаговыведения, участки измерения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха должны распределяться равномерно по площади помещения в соответствии с табл. 2.4.

Таблица 2.4

Минимальное количество участков измерения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха

| Площадь помещения, кв.м | Количество участков измерения  |
|-------------------------|--|
| До 100                  | 4  |
| От 100 до 400           | 8  |
| Свыше 400               | Количество участков определяется расстоянием между ними, которое не должно превышать 10 м. |

При работах, выполняемых сидя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,0 м, относительную влажность воздуха – на высоте 1,0 м от пола или рабочей площадки. При работах, выполняемых стоя, температуру и скорость движения воздуха следует измерять на высоте 0,1 и 1,5 м, а относительную влажность воздуха – на высоте 1,5 м.

При наличии источников лучистой теплоты тепловое облучение на рабочем месте необходимо измерять от каждого источника, располагая приемник прибора перпендикулярно падающему потоку. Измерения следует проводить на высоте 0,5; 1,0 и 1,5 м от пола или рабочей площадки.

Температуру поверхностей следует измерять в случаях, когда рабочие места удалены от них на расстояние не более двух метров. Температура каждой поверхности измеряется аналогично измерению температуры воздуха.

Температуру и относительную влажность воздуха при наличии источников теплового излучения и воздушных потоков на рабочем месте следует измерять аспирационными психрометрами. При отсутствии в местах измерения лучистой теплоты и воздушных потоков температуру и относительную влажность воздуха можно измерять психрометрами, не защищенными от воздействия теплового излучения и скорости движения воздуха. Могут использоваться также приборы, позволяющие раздельно измерять температуру и влажность воздуха.

Скорость движения воздуха следует измерять анемометрами вращательного действия (крыльчатые, чашечные и др.). Малые величины скорости движения воздуха (менее 0,5 м/с), особенно при наличии разнонаправленных потоков, можно измерять термоэлектроанемометрами, а также цилиндрическими и шаровыми кататермометрами при защищенности их от теплового излучения.

Температуру поверхностей следует измерять контактными приборами (типа электротермометр) или дистанционными (пирометры и др.).

Интенсивность теплового облучения следует измерять приборами, обеспечивающими угол видимости датчика, близкий к полусфере (не менее 160°) и чувствительными в инфракрасной и видимой области спектра (актинометры, радиометры и т.д.).

По результатам исследования необходимо составить протокол, в котором должны быть отражены общие сведения о производственном объекте, размещении технологического и санитарно-технического оборудования, источниках тепловыделения, охлаждения и влаговыведения, приведены схема размещения участков измерения параметров микроклимата и другие данные.

В заключение протокола должна быть дана оценка результатов выполненных измерений на соответствие нормативным требованиям.

## 2.6. Оборудование

Для выполнения лабораторной работы используют следующее оснащение:

- аспирационный термометр (сухой термометр аспирационного психрометра Ассмана);
- психрометр Ассмана;
- прибор для определения относительной влажности и температуры ТКА–ПК (ТКА–Хранитель);
- барометр–анероид БА ММ–1;
- цифровой термоанемометр С.Е.М. DT–618
- вентилятор;
- пипетка, вода.

## 2.7. Выполнение работы

1. Измерить давление воздуха барометром–анероидом БА ММ–1 (рис.2.1.).
2. Определить температуру и влажность воздуха аспирационным психрометром Ассмана, (рис. 2.2).

Смочить водой ткань влажного термометра 2–3 каплями воды пипеткой. При этом прибор наклонить горизонтально и следить, чтобы вода не попала в часовой механизм. Затем ключом завести вентилятор (5 – 6 оборотов). Подвесить прибор на штатив вертикально головкой вверх. Через 4 – 5 мин записать показания термометров.

Вычислить абсолютную влажность воздуха  $A$  по эмпирической формуле:

$$A = \frac{(f_{вл} - 0,5 \cdot (t_c - t_{вл}) \cdot P}{99,75}, \quad (2.1)$$

где  $f_{вл}$  – максимальное напряжение водяных паров при температуре влажного термометра (табл. 2.5.), кПа;

$t_c$  – показания сухого термометра, °С;

$t_{вл}$  – показания влажного термометра, °С;

$P$  – давление, кПа;

99,75 – величина давления (755 мм. рт. ст.), переведенная в кПа.



Рисунок 2.1 – Барометр–анероид БАММ–1

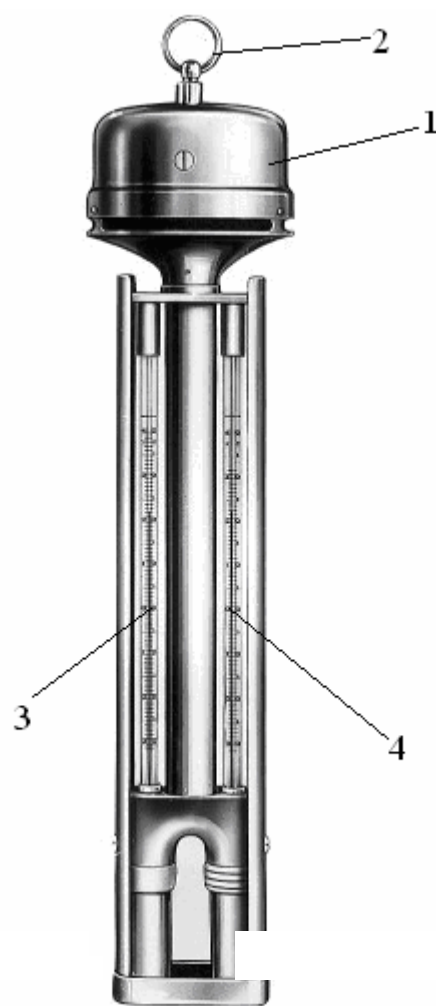


Рисунок 2.2 – Психрометр Ассмана: 1 – вентилятор, 2 – пружинный завод вентилятора, 3 – сухой термометр, 4 – влажный термометр

Таблица 2.5

Максимальное напряжение водяных паров при разных температурах (кПа)

| Температура воздуха, °С | Максимальная влажность, кПа | Температура воздуха, °С | Максимальная влажность, кПа |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 12                      | 1,4                         | 25                      | 3,17                        |
| 13                      | 1,5                         | 26                      | 3,44                        |
| 14                      | 1,6                         | 27                      | 3,57                        |
| 15                      | 1,71                        | 28                      | 3,78                        |
| 16                      | 1,82                        | 29                      | 4,0                         |
| 17                      | 1,94                        | 30                      | 4,24                        |
| 18                      | 2,06                        | 31                      | 4,49                        |
| 19                      | 2,2                         | 32                      | 4,75                        |
| 20                      | 2,34                        | 33                      | 5,03                        |
| 21                      | 2,49                        | 34                      | 5,32                        |
| 22                      | 2,64                        | 35                      | 5,62                        |
| 23                      | 2,81                        | 36                      | 5,94                        |
| 24                      | 2,98                        | 37                      | 6,28                        |

Вычислить относительную влажность воздуха  $Y$ :

$$Y = \frac{A}{M} \cdot 100, \quad (2.2)$$

где  $A$  – абсолютная влажность, кПа;  $M$  – максимальное напряжение водяных паров при температуре сухого термометра (см. табл. 2.5.), кПа.

Определить относительную влажность воздуха по психрометрическому графику, рис. 2.3. и психрометрической табл. 2.6. На психрометрическом графике по вертикальным линиям откладываем значение сухого термометра, а по наклонным – влажного. На пересечении этих линий находим относительную влажность.

3. Измерить температуру и относительную влажность прибором ТКА–ПК, (рис. 2.4.).

Прибор комбинированный ТКА–ПК (ТКА–Хранитель) предназначен для измерения параметров микроклимата внутри помещений: относительной влажности воздуха (%) и температуры воздуха (°С). Диапазон измерения относительной влажности 10 ... 98 %. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений прибора при температуре воздуха в зоне измерений (20±5)°С равны ± 5,0 % отн. вл. Пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений при изменении температуры на каждые 10 °С в диапазоне 10 ... 40°С равны ± 5,0 % относительной влажности.

Диапазон измерения температуры 0 ... +50°С. Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений при температуре воздуха в зоне измерений (20±5) °С равны ± 0,5 °С. Пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений при изменении температуры на каждые 10°С в диапазоне 0 ... 50°С равны ± 0,5 °С.



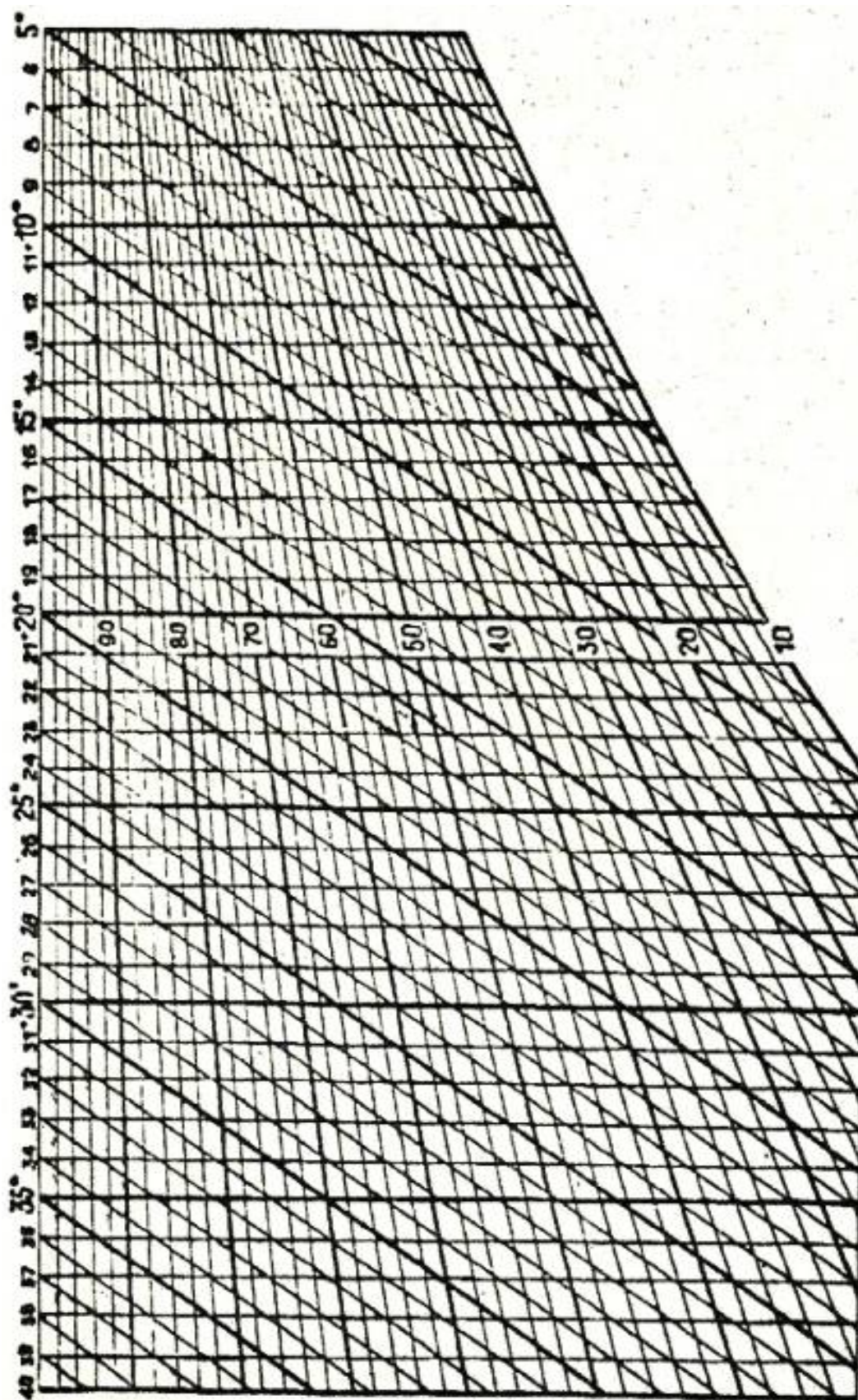


Рисунок 2.3 – Психрометрический график

Таблица 2.6

Психометрическая таблица

| Показания<br>сухого<br>термометра<br>, °C | Разность показаний сухого и влажного термометров, °C |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|   | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 |
|   | Относительная влажность, %                           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 12  | 100  | 89 | 78 | 68 | 57 | 48 | 38 | 29 | 20 | 11 | -  |
| 13  | 100  | 89 | 79 | 69 | 59 | 49 | 40 | 31 | 23 | 14 | 6  |
| 14  | 100  | 89 | 79 | 70 | 60 | 51 | 42 | 34 | 25 | 17 | 9  |
| 15  | 100  | 90 | 80 | 71 | 61 | 52 | 44 | 36 | 27 | 20 | 12 |
| 16  | 100  | 90 | 81 | 71 | 62 | 54 | 46 | 37 | 30 | 22 | 15 |
| 17  | 100  | 90 | 81 | 72 | 64 | 55 | 47 | 39 | 32 | 24 | 17 |
| 18  | 100  | 91 | 82 | 73 | 65 | 56 | 49 | 41 | 34 | 27 | 20 |
| 19  | 100  | 91 | 82 | 74 | 65 | 58 | 50 | 43 | 35 | 29 | 22 |
| 20  | 100  | 91 | 83 | 74 | 66 | 59 | 51 | 44 | 37 | 30 | 24 |
| 21  | 100  | 91 | 83 | 75 | 67 | 60 | 52 | 46 | 39 | 32 | 26 |
| 22  | 100  | 92 | 83 | 76 | 68 | 61 | 54 | 47 | 40 | 34 | 28 |
| 23  | 100  | 92 | 84 | 76 | 69 | 61 | 55 | 48 | 42 | 36 | 30 |
| 24  | 100  | 92 | 84 | 77 | 69 | 62 | 56 | 49 | 43 | 37 | 31 |
| 25  | 100  | 92 | 84 | 77 | 70 | 63 | 57 | 50 | 44 | 38 | 33 |



Рисунок 2.4 – Прибор комбинированный ТКА–ПК

Прибор состоит из двух функциональных частей: фотометрической головки с зондом и измерительного блока–преобразователя. В фотометрической головке расположены фотоприемные устройства, чувствительные в ультрафиолетовом и видимом диапазонах спектра, и зонд с датчиками влажности, и температуры.

На блоке обработки сигналов размещен переключатель режимов работы, который является отсчетным устройством прибора. Датчиком температуры является специальный сенсор, который зависит от измеряемой относительной влажности окружающего воздуха.

Снимите с зонда защитный колпачок, поместите зонд с датчиком в точку измерения температуры и влажности. По показаниям цифрового индикатора определите значения температуры и влажности, в зависимости от выбранного положения выключателя. Сравните полученные результаты и заполните таблицы 2.7. и 2.8.

Таблица 2.7

Результаты измерения температуры и влажности

| №<br>опы<br>та | Показания термометра,<br>°С |          | Абсолют-<br>ная влаж-<br>ность, кПа | Относительная влажность, % |                 |                 |
|----------------|-----------------------------|----------|-------------------------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|
|                | сухого                      | влажного |                                     | расчет-<br>ная             | по гра-<br>фику | по табли-<br>це |
| 1              | 2                           | 3        | 4                                   | 5                          | 6               |                 |
|                |                             |          |                                     |                            |                 |                 |

Таблица 2.8

Соответствие параметров микроклимата санитарным нормам

| Фактор воз-<br>душной сре-<br>ды           | Прибор                                 | Единица<br>измерения | Параметр        |                  |                 |
|--|--|----------------------|-----------------|------------------|-----------------|
|  |  |                      | изме-<br>ренный | оптималь-<br>ный | допусти-<br>мый |
| 1  | 2                                      | 3                    | 4               | 5                | 6               |
| Температура<br>воздуха                     | Термометр ртутный<br>(Ассмана)         | °С                   |                 |                  |                 |
|  | ТКА–ПК                                 | °С                   |                 |                  |                 |
| Относи-<br>тельная<br>влажность<br>воздуха | Аспирационный<br>психрометр<br>Ассмана | %                    |                 |                  |                 |
|  | ТКА–ПК                                 | %                    |                 |                  |                 |

#### 4. Определить скорость движения воздуха.

Для опыта используют цифровой термоанемометр С.Е.М. ДТ–618 (рис.2.5., 2.6.), который предназначен для измерения скорости и температуры воздушного потока.

Диапазон измерения скорости воздушного потока: 0...45м/с.

Диапазон измерения температуры воздушного потока: 0...60°C.

Погрешность измерения скорости воздушного потока:  $\pm 3\% \pm 0,2 \text{ м/с}$ .

Погрешность измерения температуры воздушного потока:  $\pm 2^\circ\text{C}$ .

Особенности DT-618:

- Двойной ЖК-дисплей с подсветкой;
- Индикация разряда батареи;
- Автовыключение после 20 минут бездействия (предусмотрена блокировка);
- Ø крыльчатки – 66 мм.

*Измерение скорости воздушного потока*

1. Включить прибор, используя кнопку ON\OFF (позиция 3, рис.6).
2. Для определения скорости в режиме измерения «километр в час», нажмите кнопку Km/H (позиция 8, рис.6). На дисплее (позиция 2, рис.6) появится индикатор km/h и прибор будет измерять именно в этом режиме.
3. Для определения скорости в режиме измерения «метр в секунду», нажмите кнопку m/s (позиция 6, рис.6). На дисплее (позиция 2, рис.6) появится индикатор m/s и прибор будет измерять именно в этом режиме.



Рисунок 2.5 – Цифровой термоанемометр DT-618

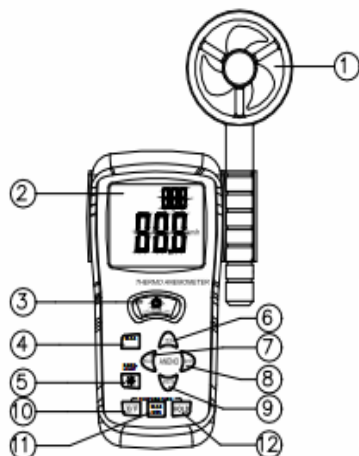
4. Для определения скорости в режиме измерения «морские мили», нажмите и удерживайте кнопку KNOTS (позиция 9, рис.6). На дисплее (позиция 2, рис.6) появится индикатор knots и прибор будет измерять именно в этом режиме.

5. *Режим удержания показаний скорости воздушного потока*

6. Во время измерения нажмите кнопку HOLD, находящуюся в средней части передней панели, чтобы зафиксировать текущие показания измерения скорости или расхода воздушного потока. В нижней части экрана появится индикатор HOLD и на дисплее будет зафиксирован результат измерения. Повтор-



но нажмите кнопку HOLD, чтобы вернуться к нормальному функционированию прибора.



| №  | Наименование     | Назначение  |
|----|------------------|---|
| 1  | Крыльчатка       | Является датчиком преобразователя.  |
| 2  | ЖКИ дисплей      | Отображает: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Линейную шкалу измерения</li> <li>• Цифровую шкалу измерения</li> <li>• Индикаторы режимов измерения</li> <li>• Индикаторы единиц измерения</li> <li>• Предупреждающие сигналы.</li> </ul> |
| 3  | Кнопка вкл/выкл. | Данная кнопка позволяет включать/выключать прибор.  |
| 4  | MAX              | Данная кнопка позволяет зафиксировать максимальное значение измерения скорости и расхода.   |
| 5  | ☼                | Позволяет включать/выключать подсветку.   |
| 6  | M/s              | Данная кнопка позволяет перейти в режим измерения «метры в секунду».  |
| 7  | HOLD             | Данная кнопка позволяет зафиксировать и удержать текущее значение измерения скорости и расхода воздушного потока.   |
| 8  | Km/h             | Данная кнопка позволяет перейти в режим измерения «км/час».   |
| 9  | Knots            | Данная кнопка позволяет перейти в режим измерения «морская миля».   |
| 10 | °C°F             | Данная кнопка позволяет выбрать необходимую температурную шкалу.  |
| 11 | MAX/MIN          | Данная кнопка позволяет зафиксировать максимальное/минимальное значения измерения температуры.  |
| 12 | HOLD             | Данная кнопка позволяет зафиксировать и удержать текущее значение измерения температуры.  |

Рисунок 2.6 – Органы управления передней панели термоанемометра DT-618

*Режим измерения максимального и минимального значения скорости воздушного потока*

1. Для измерения максимального или минимального значения температуры, нажмите кнопку MAX/MIN, находящуюся в нижней части передней панели (позиция 11, рис. 6).

2. Для измерения максимального или минимального значения скорости или расхода воздушного потока, нажмите кнопку MAX/MIN, находящуюся в средней части передней панели (позиция 4, рис.6).

3. Индикаторы MAX и RECORD появятся на дисплее, и прибор начнет фиксировать показания максимального измерения.

4. Нажмите повторно кнопку MAX/MIN, чтобы просмотреть показание минимального значения. Во время отображения на дисплее минимального значения также будет отображаться индикатор MIN.

5. Нажмите кнопку MAX/MIN еще раз, чтобы вернуться к нормальному функционированию прибора.

6. Внимание: Прибор будет продолжать записывать максимальное /минимальное/текущее значения. Чтобы удалить и остановить запись макс/мин/текущего значения и вернуться к стандартному измерению, нажмите и удерживайте кнопку MAX/MIN пока не прозвучит двойной звуковой сигнал.

Результаты измерений занести в таблицу 2.8.

Таблица 2.8

Результаты определения скорости движения воздуха

| № опыта | Показания анемометра |     |                   |                  | Величина скорости движения воздуха по СанПиН, м/с |            |
|---------|----------------------|-----|-------------------|------------------|---|------------|
|         | км/ч                 | м/с | максимальное, м/с | минимальное, м/с | оптимальная                                       | допустимая |
| 1       | 2                    | 3   | 4                 | 5                | 6   | 7          |
|         |                      |     |                   |                  |   |            |

## 2.8. Контрольные вопросы

1. Что понимается под терминами «производственное помещение» и «рабочее место»?
2. Какой период года относится к теплomu, а какой к холодному?
3. Что такое «тепловая нагрузка среды», «индекс тепловой нагрузки среды» (ТНС–индекс)?
4. Как определяется ТНС–индекс?
5. Какие работы относятся к категории Ia? Ib? IIa? IIб? III?
6. Какие параметры микроклимата производственных помещений являются основными?
7. Что такое оптимальные и допустимые микроклиматические условия?
8. Как рассчитывается среднесменная температура воздуха?
9. Какие мероприятия принимают для улучшения микроклимата производственных помещений?
10. Общие требования к организации контроля и методам измерения микроклимата.
  - 10.1. Требования к измерению температуры и влажности воздуха в рабочем помещении.
  - 10.2. Требования к измерению скорости движения воздуха в помещении.
  - 10.3. Требования к измерению температуры поверхностей оборудования.
  - 10.4. Требования к измерению интенсивности теплового облучения.
11. Какие приборы используют при измерении основных параметров микроклимата?
12. Из чего состоит и как работает психрометр Ассмана?
13. Из чего состоит и как работает прибор ТКА–ПК?
14. Из чего состоит и как работает цифровой термоанемометр DT–618?

### 3. Лабораторная работа

#### «Обучение навыкам сердечно–легочной реанимации на манекене–тренажере»

Цель работы: При поражении электрическим током и молнией, при обмороке, тепловом и солнечном ударе, отравлении, утоплении, при ударах после падения с высоты, а также при дорожно-транспортных происшествиях возможны потери сознания, прекращения дыхания, остановка сердца и наступление клинической смерти.

В состоянии клинической смерти, то есть от момента прекращения дыхания и работы сердца до начала гибели клеток головного мозга из-за угасания обменных процессов, здоровый человек может находиться от 4–5 до 7–8 минут. Поэтому в этот период необходимо применять экстренные меры для его оживления. Если за это время оживление не последует, начинается множественный распад клеток головного мозга и других органов. Необратимые процессы в клетках приводят к биологической смерти.

Для проведения экстренного оживления необходимо обладать навыками в оценке состояния пострадавшего для определения приема реанимации (оживления) и навыками в проведении искусственного дыхания и наружного массажа сердца.

#### 3.1. Способы оживления при клинической смерти

Искусственное дыхание. Искусственное дыхание проводится в тех случаях, когда пострадавший не дышит или дышит очень плохо (редко, судорожно, прерывисто), а также, если его дыхание ухудшается.

Наиболее эффективным способом искусственного дыхания является способ "изо рта в рот" или "изо рта в нос", так как при этом обеспечивается поступление достаточного объема воздуха в легкие пострадавшего. Поступление воздуха контролируется по расширению грудной клетки пострадавшего после вдухания и последующему спаданию ее в результате пассивного выдоха.

Для проведения искусственного дыхания пострадавшего укладывают на спину (рис. 3.1.), на жесткую поверхность, расстегивают пояс, ворот и другие стесняющие тело предметы. Затем пальцем, обернутым в салфетку, очищают рот от слизи, грязи, рвотных масс, вынимают вставные челюсти. После этого оказывающий помощь располагается сбоку от пострадавшего. Одну руку помещает под шею, а ладонью другой надавливает на его лоб, максимально запрокидывая голову. При этом корень языка освобождает вход в гортань, рот пострадавшего открывается. Оказывающий помощь делает глубокий вдох и, наклоняясь к лицу пострадавшего, полностью охватывает губами его открытый рот и с некоторым усилием вдвухает воздух, закрывая нос пострадавшего пальцами руки, находящейся на лбу (сдавливает крылья носа).

На рот пострадавшего могут быть положены хлопчатобумажная салфетка, бинт, платок. Как только грудная клетка поднялась, нагнетание воздуха приостанавливают, оказывающий помощь отстраняется, пассивный выдох проис

ходит самостоятельно. Интервал между искусственными вдохами должен составлять 5 секунд. При проведении искусственного дыхания нужно следить за тем, чтобы воздух не попадал в желудок пострадавшего. О попадании воздуха в желудок свидетельствует вздутие живота. Для удаления воздуха нужно надавить ладонью на верхнюю часть живота, повернув пострадавшего на бок.

Если челюсти пострадавшего плотно стиснуты и рот открыть не удастся, проводят искусственное дыхание "изо рта в нос". Показателем эффективности искусственного дыхания является порозовение кожных покровов, выход пострадавшего из бессознательного состояния и восстановление у него самостоятельного дыхания.

Наружный массаж сердца. Признаками, определяющими необходимость проведения наружного массажа сердца, являются: отсутствие не только дыхания, но и пульса на сонной артерии, а также расширение зрачков глаз.

Для проведения массажа сердца оказывающий помощь располагается сбоку от пострадавшего (как и при проведении искусственного дыхания), делает подряд два искусственных вдоха. Затем ладонь одной руки кладет на нижнюю половину грудины, отступив на два пальца выше от ее нижнего края. Ладонь второй руки он кладет поверх первой поперек и надавливает на грудину пострадавшего, помогая корпусом. Пальцы не должны касаться грудной клетки. Руки при надавливании должны быть выпрямлены в локтевых суставах. Надавливание производят резкими толчками не реже 1 раза в секунду таким образом, чтобы грудина смещалась на 3–4 см. При этом сердце сдавливается между грудиной и позвоночником, кровь выталкивается из желудочков в аорту и легочную артерию. После прекращения давления грудину поднимают, сердце наполняется кровью из полных вен.

Если реанимацию проводит один человек, то на каждые два вдувания он должен производить 15 надавливаний на грудину. Если реанимацию проводят двое, один из них проводит массаж сердца, а второй – искусственное дыхание. В этом случае на 1 вдувание нужно проводить 5 нажатий на грудную клетку. Если реанимационные мероприятия проводятся правильно, кожные покровы розовеют, зрачки суживаются, самостоятельное дыхание восстанавливается, пульс на сонной артерии начинает прощупываться.

При этом массаж сердца прекращают и, продолжая искусственное дыхание при слабом естественном дыхании пострадавшего, стараются добиться совпадения естественного и искусственного вдохов.

При восстановлении полноценного естественного дыхания искусственное также прекращают.

### 3.2. Описание конструкции манекена–тренажера

Манекен–тренажер (далее манекен) предназначен для обучения персонала практическим приемам реанимации при поражении электрическим током и других травмах, в результате которых происходит прекращение дыхания и остановка сердца, рис. 3.1.





Рис. 3.1. Маникен-тренажер

Манекен изготовлен на базе красно-кожаной куклы, имитирующей пострадавшего в натуральную величину 1700×500×350 мм.

Манекен содержит функциональные узлы механизмов:

- дыхания;
- непрямого массажа сердца;
- изменения ширины зрачков глаза;
- ритма пульса;
- ритма дыхания;
- пульса на шее и руках;
- запрокидывания головы.

Голова манекена изготовлена из полистирола, соответствует эстетическим требованиям и обеспечивает выполнение санитарно-гигиенических мер в эксплуатации.

Пульт предназначен для сигнализации управления механизма манекена.

Связь механизмов с пультом управления осуществляется шланговым проводом длиной 3,0 м с помощью штепсельных разъемов.

### 3.3 Указания мер безопасности

1. Металлический корпус пульта с помощью клеммы "земля" перед включением в сеть необходимо заземлить.

2. Электробезопасность при работе с манекеном обеспечена за счет выбора рабочего напряжения постоянного тока – 12 вольт и переменного, частота 50 Гц – 24 вольт.

3. При обучении персонала ротовая полость головы манекена подвергается дезинфекции из расчета 2 г спирта на каждого обучаемого с последующим применением марлевой салфетки. Проводится периодическая промывка системы механизма дыхания (200 г спирта). Периодичность – 1 раз в месяц.

4. Манекен должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.0070–75 "ССБТ. Изделия электротехнические. Требования безопасности".

### 3.4. Подготовка к работе

1. Положить манекен на пульт управления на твердую поверхность на высоте 40–70 см от пола (стол, топчан и др.), сочленить корпус.

2. Произвести наружный осмотр манекена и пульта управления с целью выявления механических повреждений.

3. Заземлить пульт управления.

4. Соединить манекен с пультом управления шланговым приводом посредством штепсельного разъема.

5. Включить пульт управления в сеть 220 вольт.

6. Проверить исправность механизмов пульта манекена включением их в работу:

6.1. Механизм дыхания проверяется методом вдувания воздуха в рот при откинутой до упора головы и зажатии носа. Правильность контролируется специальной лампой "давление нормальное".

6.2. Механизм прямого массажа сердца проверяется методом нажатия на грудину. Исправность контролируется лампой "нормально" и "больше".

6.3. Механизм изменения ширины зрачков глаз проверяется включением соответствующего тумблера на пульте, при этом в глазнице устанавливается зрачок большего или меньшего диаметра.

6.4. Механизм пульса на шее и руках проверяется включением соответствующих тумблеров на пульте.

6.5. Механизм ритма дыхания и ритма пульса включается автоматически при проверке исправности механизмов дыхания и наружного массажа, при этом начинают мигать соответствующие лампы на пульте управления с частотой оптимального пульса и дыхания.

### 3.5. Порядок работы

1. Работа на манекене предусматривает два этапа: этап обучения, этап проверки навыков.

2. Перед началом занятий преподаватель информирует обучающихся о целях и задачах обучения и знакомит их с устройством манекена и правилами работы с ним.

### 3. Этап обучения «Искусственное дыхание изо рта в рот»

3.1. На груди манекена, лежащего на спине, расстегнуть одежду, установить состояние и необходимость оказания помощи.

3.2. Осмотреть полость рта, имитируя выявление инородных предметов, препятствующих проведению дыхания.

3.3. Голову манекена (лежащего на спине) максимально запрокинуть назад, подкладывая одну руку под шею и надавливая другой на лоб (этим обеспечивается проходимость дыхательных путей).

3.4. Положить марлевую повязку на рот манекена (делают глубокий вдох, двумя пальцами закрывают ноздри и затем, плотно прижав свой рот ко рту манекена, производят выдох) при этом на пульте управления должна загораться сигнальная лампа "давление нормально".

3.5. Ритм искусственного дыхания задается на пульте лампой "искусственное дыхание". Вдувание воздуха производится каждые 5–6 секунд, что соответствует частоте дыхания 10–12 раз в минуту.

Особенности в эффективности данного способа заключаются в том, что оказывающий помощь своим выдыхаемым воздухом, который поступает в легкие потерпевшего и пассивно выходит из груди за счет эластичности легких, восстанавливает их функцию.

### 4. Проведение массажа сердца.

По состоянию пульса (на шее и руках) и зрачка установить необходимость проведения массажа сердца.

4.1. Занять место слева или справа у груди манекена и определить место приложения при массаже посредством прощупывания грудной клетки, имитирующей участок конца грудины.

4.2. Отступив на два пальца от края грудины, наложить на нее нижнюю часть ладони одной руки, а затем поверх первой руки положить под прямым углом вторую руку.

4.3. Надавливание следует производить быстрым толчком, слегка помогая наклоном всего корпуса так, чтобы сместить нижнюю часть грудины на 4 см. При этом на пульте управления загорается зеленая лампа "Усилие нормально". После толчка руки остаются в нижнем положении 0,5 с, далее слегка выпрямиться и расслабить руки, не отнимая их от груди манекена.

4.4. При приложении усилия больше нормального на пульте загорается красная лампа – "Усилие больше нормы".

4.5. Надавливание производится в такт с лампой "Ритм сердца" (через 0,6–0,7 с). Делаем 12–15 надавливаний.

4.6. При одновременном обучении двух лиц, один из обучающихся проводит искусственное дыхание, а второй массаж сердца. При этом на один вдох делается 5 нажатий.

4.7. При обучении одного лица, после двух вдуваний производится 15 надавливаний с последующим повторением циклов.

### 5. Этап проверки навыков.

5.1. С помощью пульта преподаватель задает различные ситуации на манекене, имитируя то или иное состояние пострадавшего и контролирует правильность соответствующих действий обучаемого. Запуская или останавливая механизм манекена, преподаватель создает условия, с которыми персонал может сталкиваться на практике.

### 3.6. Форма отчета

Кратко описать поставленную задачу, цель работы и последовательность выполнения приемов реанимации. Описать признаки клинической смерти и оживления при реанимации человека и как это отображается на тренажере.

Описать возможные ошибки при выполнении реанимации и как они отражаются на тренажере. Выводы по работе. На ПЭВМ ответить на контрольные вопросы.

### 3.7. Контрольные вопросы

1. Какое время здоровый человек может находиться в состоянии клинической смерти?
2. Что происходит в организме человека, если не наступает оживление в период клинической смерти?
3. Что собой представляет состояние клинической смерти?
4. Когда применяется искусственное дыхание?
5. Каким способом проводится искусственное дыхание?
6. Какова последовательность проведения искусственного дыхания?
7. Каков интервал между искусственными вдохами?
8. Какие показатели свидетельствуют об эффективности искусственного дыхания?
9. Какие показатели свидетельствуют о необходимости проведения наружного массажа сердца?
10. С какой периодичностью производится надавливание на грудину пострадавшего?
11. На какую величину должна смещаться грудина при надавливании?
12. Как чередуются вдувания воздуха и надавливание на грудину, если реанимацию проводит один человек?
13. Как происходит реанимация с помощью 2-х человек?
14. Каким образом определить эффективность реанимационных мероприятий?
15. Для чего служит манекен-тренажер?
16. Из каких основных механизмов состоит манекен-тренажер?
17. Как удаляется воздух, попавший в желудок, при проведении искусственного дыхания?

#### 4. Лабораторная работа «Электробезопасность заводского оборудования»

Цель работы: Освоение методов расчета заземляющих устройств и разработки мероприятий по обеспечению электробезопасности оборудования. Приобретение навыков работы с нормативно–справочными материалами по охране труда.

##### 4.1. Общие сведения

Одна из основных причин электротравматизма на производстве – появление напряжения там, где в нормальных условиях его не должно быть. Такие случаи на практике, встречающиеся довольно часто, приводят к поражению людей электрическим током. Под напряжением могут оказаться корпуса электроустановок и промышленного оборудования, металлоконструкции, элементы здания и т. д. Чаще всего это происходит вследствие повреждения изоляции электропроводов, кабелей и обмоток электрических машин и аппаратов.

Защитное заземление обеспечивает снижение напряжения между оборудованием, оказавшимся под напряжением, и землей до безопасной величины. Применяется оно в трёхфазной трехпроводной сети напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и выше 1000 В – с любым режимом нейтрали.

Для заземления электроустановок в первую очередь должны использоваться естественные заземлители. Если сопротивление естественных заземлителей больше нормируемого, то необходимо сооружать искусственные заземлители.

В качестве естественных заземлителей используют:

1. Проложенные под землей водопроводные и другие металлические трубопроводы, за исключением трубопроводов горючих жидкостей и газов.
2. Обсадные трубы и металлические шпунты гидротехнических сооружений.
3. Металлические конструкции и арматура железобетонных конструкций зданий, соединяющиеся с землей.

В качестве искусственного заземлителя рекомендуется использовать круглую арматурную сталь, уголкового и полосового проката, а также стальные водо-, газопроводные трубы.

Электробезопасность с помощью заземления основана на явлении стекания тока в землю, которое происходит через проводник, находящийся в непосредственном контакте с землей. Такой контакт может быть случайным или преднамеренным. В последнем случае проводник или группа проводников, находящихся в контакте с землей, называется **заземлителем**.

Ток, проходя через заземлитель в землю, преодолевает сопротивление, называемое сопротивлением заземлителя растеканию тока или сопротивлением растеканию. Это сопротивление состоит из: сопротивления самого заземлителя; переходного сопротивления между заземлителем и грунтом; сопротивления грунта.

Две первые части по сравнению с третьей весьма малы, поэтому под сопротивлением заземлителя понимают сопротивление грунта растеканию тока.

Поскольку плотность тока в земле на расстоянии более 20 м от заземлителя весьма мала, считаем, что сопротивление стекающему с заземлителя току оказывает соответствующий объем земли. Однако при разных формах и размерах заземлителя сопротивление грунта различно. Сухой грунт является плохим проводником тока. Увлажнение снижает его сопротивление. При низкой температуре (ниже нуля) земля обладает большим сопротивлением. Грунты разного рода при одних и тех же условиях имеют разные удельные сопротивления. Времена года также влияют на сопротивление грунта, поскольку атмосферные условия изменяют содержание влаги в грунте, его температуру и количество растворенных в нем солей.

Более глубокие слои земли обладают стабильным сопротивлением. Поэтому заземлители, глубоко погруженные в землю, например, вертикальные стержневые, лучше горизонтальных полосовых, прокладываемых обычно вблизи поверхности земли.

#### 4.2. Методика расчета заземляющих устройств

Расчет заземления обычно сводится к определению числа одиночных заземлителей выбранного типа при принятой глубине заложения и конфигурации заземляющего устройства.

В зависимости от характеристики заземлителя (трубы, стержень и т. д.) и положения его в грунте по табл. 4.1. выбирается формула для вычисления сопротивления растеканию тока одиночных заземлителей.

Рассмотрим упрощенную методику расчета сопротивления заземляющего устройства, выполненного из труб, используемых в качестве вертикальных заземлителей.

Сопротивление одной трубы, заглубленной на расстояние  $t_0$  от поверхности земли, можно определить по следующей приближенной формуле:

$$R=0,366 \frac{\rho}{\ell} \left( \lg \frac{2\ell}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t + \ell}{4t - \ell} \right), \text{ Ом} \quad (4.1)$$

где  $R$  – сопротивление растеканию тока трубы, Ом;

$\rho$  – удельное сопротивление грунта, Ом • м (выбирается по табл. 4.2.);

$\ell$  – длина трубы, м;  $d$  – наружный диаметр трубы, м;

$t$  – расстояние от поверхности земли до середины трубы, м.

С учетом коэффициента сезонности определяется сопротивление заземлителя в наиболее тяжелых условиях.

$$R^1=R \cdot K_c, \quad (4.2)$$

где  $K_c$  – коэффициент сезонности, выбирается по табл. 4.3.

Удельное сопротивление земли, в которую предполагается помещать искусственные заземлители, согласно действующим правилам, следует опреде-

лить путем измерений на месте с учетом сезонных колебаний, принимая в качестве расчетной наиболее неблагоприятную величину.

Опыт показывает, что удельное сопротивление зависит от состава почвы, влажности, температуры, плотности грунта, наличия солей, кислот и т. д. Учет всех факторов, влияющих на удельное сопротивление земли, весьма затруднителен.

Если измерения удельного сопротивления грунта по какой-либо причине не могут быть произведены, то при расчете искусственного заземления можно использовать приближенные значения из табл. 4.2.

Из допустимого сопротивления защитного заземления  $R_{\text{доп}}=0,5; 2; 4; 10$  Ом определяется требуемое количество заземлителей с учетом явления взаимного экранирования

$$n = \frac{R^1}{R_{\text{доп}}}, \quad (4.3)$$

где  $n$  – число заземлителей.

Расстояние между трубами следует принять равным  $z=(1 \dots 3) \ell$ .

Однако одиночные заземлители соединяются полосой, которая служит дополнительным проводником. Поэтому с целью учета проводимости соединительной полосы рассчитывают ее сопротивление растеканию тока.

$$R_n = 0,366 \frac{\rho}{\ell_{\text{пол.}}} \lg \frac{2\ell_{\text{пол.}}^2}{bh}, \quad (4.4)$$

где  $b$  – ширина полосы, м;  $b \geq 0,04$  м;  $h$  – глубина заложения полосы, м;  $h \geq 0,5$  м;  $\ell_{\text{пол.}}$  – длина полосы, м;

С учетом коэффициента сезонности определяется сопротивление полосы в наиболее тяжелых условиях

$$R_n^1 = R_n \cdot K_c, \quad (4.5)$$

В зависимости от схемы расположения заземлителей (в ряд или по контуру) длина полосы рассчитывается по следующим формулам:

$$\ell_{\text{пол.}} = 1,05 \cdot n z \text{ – по контуру;} \quad (4.6)$$

$$\ell_{\text{пол.}} = 1,05 z (n-1) \text{ – в ряд.} \quad (4.7)$$

Сопротивление заземления с учетом проводимости соединительной полосы определяется по формуле:

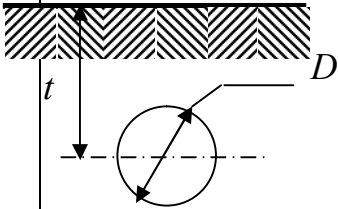
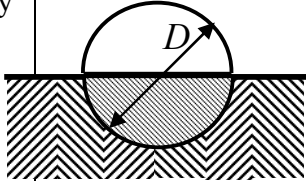
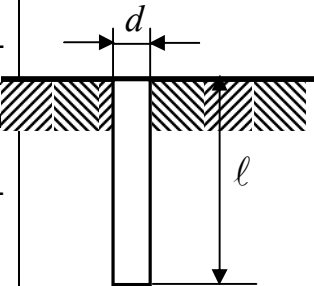
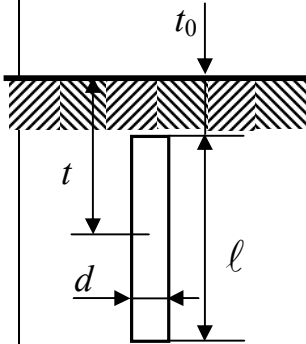
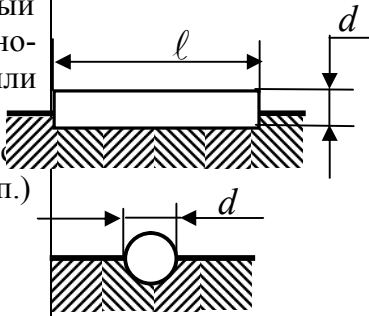
$$R_3 = \frac{R_n^1 R_n^1}{R_n^1 \eta_{\text{п}} + n \eta_{\text{тр}} R_n^1}, \quad (4.8)$$

где  $\eta_{\text{тр}}$  – коэффициент использования труб (табл. 4.4.);

$\eta_{\text{п}}$  – коэффициент использования соединительной полосы (табл. 4.5).

Таблица 4.1

Формулы для вычисления сопротивлений одиночных  
заземлителей растеканию тока в однородном грунте

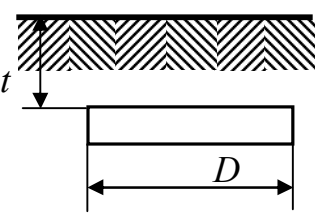
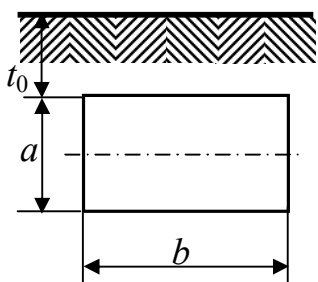
| №<br>п/п | Тип<br>заземлителя   | Схема   | Формула  | Примечание  |
|----------|--|---|--|---|
| 1        | Шаровой<br>в земле   |    | $R = \frac{\rho}{2\pi D} \left( 1 + \frac{D}{4t} \right)$  | $2t \gg D$  |
| 2        | Полушаровой у<br>поверхности<br>земли  |    | $R = \frac{\rho}{\pi D}$   | —   |
| 3        | Стержневой<br>круглого сечения (трубчатый) или<br>уголковый у поверхности<br>земли |   | $R = \frac{\rho}{2\pi \ell} \ln \frac{4\ell}{d}$   | Для уголка с шириной полки $b$ :<br>$d = 0,95b$                                       |
| 4        | То же в земле  |  | $R = \frac{\rho}{2\pi \ell} \times \left( \ln \frac{2\ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + \ell}{4t - \ell} \right)$ | $\ell \gg d$ ;<br>$t_0 \geq 0,5$ м<br>Для уголка с шириной полки $b$ :<br>$d = 0,95b$ |
| 5        | Протяженный на поверхности земли (стержень, труба, полоса, кабель и т. п.)         |  | $R = \frac{\rho}{\pi \ell} \ln \frac{2\ell}{d}$  | $\ell \gg d$<br>Для полосы шириной $b$ :<br>$d = 0,5b$                                |



Продолжение табл.4.1

| №<br>п/п | Тип заземлителя  | Схема | Формула   | Примечание  |
|----------|--|-------|---|---|
| 5        | Протяженный на поверхности земли (стержень, труба, полоса, кабель и т. п.) |       | $R = \frac{\rho}{\pi \ell} \ln \frac{2\ell}{d}$     | $\ell \gg d$<br>Для полосы шириной $b$ :<br>$d = 0,5b$                      |
| 6        | То же в земле  |       | $R = \frac{\rho}{\pi \ell} \ln \frac{\ell^2}{dt}$   | $\ell \gg d$ ;<br>$\ell \gg 4t$ .<br>Для полосы шириной $b$ :<br>$d = 0,5b$ |
| 7        | Кольцевой на поверхности земли   |       | $R = \frac{\rho}{\pi^2 D} \ln \frac{8D}{d}$         | $D \gg d$<br>Для полосы шириной $b$ :<br>$d = 0,5b$                         |
| 8        | То же в земле  |       | $R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \ln \frac{4\pi D^2}{dt}$ | $D \gg d$ ;<br>$D \gg 2t$<br>Для полосы шириной $b$ :<br>$d = 0,5b$         |
| 9        | Прямоугольная пластина на поверхности земли                                |       | $R = \frac{\rho}{\pi a} \ln \frac{4a}{b}$           | $a$ – меньшая, $b$ – большая сторона пластины                               |
| 10       | Квадратная пластина на поверхности земли                                   |       | $R = 0,444 \frac{\rho}{a}$                          | $a$ – сторона пластины  |
| 11       | Круглая пластина на поверхности земли                                      |       | $R = \frac{\rho}{2D}$                               | $D$ – диаметр пластины  |

Окончание табл.4.1

| № п/п | Тип заземлителя                                    | Схема   | Формула  | Примечание    |
|-------|--|---|--|---------------|
| 12    | То же в земле                                      |  | $R = \frac{\rho}{4D} \left( 1 + \frac{2}{\pi} \times \arcsin \frac{D}{\sqrt{16t_0^2 + D^2}} \right)$ | $2t_0 \gg D$  |
| 13    | Плстинчатый в земле (пластина поставлена на ребро) |  | $R = \frac{\rho}{2\pi a} \left( \ln \frac{4a}{b} + \frac{a}{2t_0} \right)$                           | $2t_0 \geq a$ |

**Примечание:**  $\rho$  – удельное объёмное сопротивление земли, Ом·м (1 Ом·м – сопротивление куба земли с ребром 1 м);  $t, D, d, \ell, b, a$  – в метрах,  $R$  – в Ом.

Таблица 4.2

## Удельное сопротивление грунтов, Ом • м

| Среда         | Возможные пределы колебаний | При влажности 10–20% к массе грунта |
|---------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Грунт:        |                             |                                     |
| глина         | 8–70                        | 40                                  |
| суглинок      | 40–150                      | 100                                 |
| песок         | 400–700                     | 700                                 |
| супесок       | 150–400                     | 300                                 |
| торф          | 10–30                       | 20                                  |
| чернозем      | 9–53                        | 20                                  |
| садовая земля | 30–60                       | 40                                  |
| каменистый    | 500–800                     | –                                   |
| скалистый     | $10^4$ – $10^7$             | –                                   |

Таблица 4.3

## Коэффициент сезонности

| Месяц   | Глубина заложения заземлителя |           | Месяц    | Глубина заложения заземлителя |           |
|---------|-------------------------------|-----------|----------|-------------------------------|-----------|
|         | Менее 0,8м                    | 0,8–3,3 м |          | Менее 0,8 м                   | 0,8–3,3 м |
| Январь  | 1,05                          | 1,20      | Июль     | 2,20                          | 1,75      |
| Февраль | 1,05                          | 1,10      | Август   | 1,55                          | 1,55      |
| Март    | 1,00                          | 1,00      | Сентябрь | 1,60                          | 1,70      |
| Апрель  | 1,60                          | 1,20      | Октябрь  | 1,55                          | 1,50      |
| Май     | 1,95                          | 1,30      | Ноябрь   | 1,55                          | 1,35      |
| Июнь    | 2,00                          | 1,55      | Декабрь  | 1,65                          | 1,35      |

Таблица 4.4

## Коэффициент использования труб

| Заземлители   |               |  |                   |    |             |
|---|---------------|--|-------------------|----|-------------|
| в ряд   |               |  | по контуру        |    |             |
| Отношение расстояния между электродами к их длине $\left(\frac{Z}{\ell}\right)$ | Число труб, n | Коэффициент использования, $\eta_{тр}$ | $\frac{Z'}{\ell}$ | n  | $\eta_{тр}$ |
| 1   | 2             | 0,84–0,87                              | 1                 | 4  | 0,66–0,78   |
| 2   | 2             | 0,90–0,92                              | 2                 | 4  | 0,76–0,8    |
| 3   | 2             | 0,98–0,95                              | 3                 | 4  | 0,84–0,86   |
| 1   | 3             | 0,76–0,80                              | 1                 | 6  | 0,58–0,65   |
| 2   | 3             | 0,85–0,88                              | 2                 | 6  | 0,71–0,75   |
| 3   | 3             | 0,9–0,92                               | 3                 | 6  | 0,78–0,88   |
| 1   | 5             | 0,67–0,72                              | 1                 | 10 | 0,52–0,58   |
| 2   | 5             | 0,79–0,88                              | 2                 | 10 | 0,66–0,71   |
| 3   | 5             | 0,85–0,88                              | 3                 | 10 | 0,74–0,78   |
| 1   | 10            | 0,56–0,62                              | 1                 | 20 | 0,44–0,50   |
| 2   | 10            | 0,71–0,77                              | 2                 | 20 | 0,61–0,66   |
| 3   | 10            | 0,79–0,83                              | 3                 | 20 | 0,68–0,78   |
| 1   | 15            | 0,51–0,56                              | 1                 | 40 | 0,44        |
| 2   | 15            | 0,66–0,73                              | 2                 | 40 | 0,55–0,61   |
| 3   | 15            | 0,76–0,80                              | 3                 | 40 | 0,64–0,63   |
| 1   | 20            | 0,47–0,50                              | 1                 | 60 | 0,36–0,42   |
| 2   | 20            | 0,65–0,70                              | 2                 | 60 | 0,52–0,58   |
| 3   | 20            | 0,74–0,79                              | 3                 | 60 | 0,62–0,67   |

Таблица 4.5

Коэффициенты использования соединительной полосы ( $\eta_n$ )

| Отношение расстояний между вертикальными электродами к их длине | Число вертикальных электродов |      |      |      |      |      |      |      |
|---|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|   | 2                             | 4    | 6    | 10   | 20   | 40   | 60   | 100  |
| в ряд   |                               |      |      |      |      |      |      |      |
| 1   | 0,85                          | 0,77 | 0,72 | 0,62 | 0,42 | –    | –    | –    |
| 2   | 0,94                          | 0,80 | 0,84 | 0,75 | 0,56 | –    | –    | –    |
| 3   | 0,96                          | 0,92 | 0,88 | 0,82 | 0,68 | –    | –    | –    |
| 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 |

## 4.3. Материально–техническое обеспечение

Более совершенным и удобным прибором, служащим для замера сопротивления заземляющих устройств, является испытатель заземления типа М–

1101м. В этом приборе амперметр и вольтметр конструктивно выполнены в виде магнитоэлектрического логометра, дающего показания сразу в Ом.

Источником тока служит генератор постоянного тока, встроенный в прибор и приводимый в действие вручную. На валу генератора смонтированы два синхронных коммутатора, преобразующих постоянный ток в переменный для внешней цепи измерения, что позволяет избежать в грунте электролиза. Эти же коммутаторы преобразовывают переменный ток, поступающий в прибор, в постоянный для цепей логометра.

Правила пользования прибором приведены на его крышке.

#### 4.4. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с методическими указаниями.
2. Подготовить ответы на контрольные вопросы.
3. Провести расчет заземления по методике (тип заземлителя указывает преподаватель, табл. 4.1., 4.6.).
4. Измерить сопротивление заземляющего устройства лаборатории. Сделать вывод о его пригодности к эксплуатации.
5. Ответить на контрольные вопросы.

#### 4.6. Содержание отчёта

1. Наименование работы.
2. Цель работы.
3. Расчёт заземления в соответствии с заданием по вариантам, табл. 4.1., 4.6.

#### 4.7. Контрольные вопросы

1. Одна из причин электротравматизма?
2. Какие бывают заземлители?
3. Что используется в качестве естественных заземлителей?
4. Что используется в качестве искусственных заземлителей?
5. На каком физическом явлении основано защитное заземление?
6. Какое сопротивление преодолевает ток при стекании через заземлитель в землю?
7. От чего зависит сопротивление грунта?
8. В каких единицах измеряется сопротивление заземляющего контура?
9. К чему сводится расчёт заземления?
10. Каким прибором замеряется сопротивление заземляющего устройства?

Таблица 4.6

## Исходные данные для расчета системы заземления

| № варианта | $\ell$ , м | $t$ , м | $d$ , м | $\rho$ , Ом $\cdot$ м | $R_{\text{доп}}$ , Ом | $z$ , м | $K_c$ |
|------------|------------|---------|---------|-----------------------|-----------------------|---------|-------|
| 1          | 0,5        | 0,75    | 0,1     | 20                    | 4,0                   | 0,5     | 1,75  |
| 2          | 0,6        | 0,8     | 0,1     | 26                    | 4,0                   | 0,6     | 1,75  |
| 3          | 0,7        | 0,85    | 0,1     | 32                    | 4,0                   | 0,75,0  | 1,75  |
| 4          | 0,8        | 0,9     | 0,1     | 38                    | 4,0                   | 0,8     | 1,75  |
| 5          | 0,9        | 0,95    | 0,1     | 44                    | 4,0                   | 0,9     | 1,75  |
| 6          | 1,0        | 1,0     | 0,1     | 50                    | 4,0                   | 1,0     | 1,75  |
| 7          | 1,1        | 1,05    | 0,1     | 56                    | 4,0                   | 1,1     | 1,75  |
| 8          | 1,2        | 1,1     | 0,1     | 63                    | 4,0                   | 1,2     | 1,75  |
| 9          | 1,3        | 1,15    | 0,1     | 69                    | 4,0                   | 1,3     | 1,75  |
| 10         | 1,4        | 1,2     | 0,1     | 75                    | 4,0                   | 1,4     | 1,75  |
| 11         | 1,5        | 1,25    | 0,1     | 81                    | 4,0                   | 1,5     | 1,75  |
| 12         | 2,0        | 1,5     | 0,1     | 87                    | 4,0                   | 2,0     | 1,75  |
| 13         | 2,1        | 1,55    | 0,1     | 94                    | 4,0                   | 2,1     | 1,75  |
| 14         | 2,2        | 1,6     | 0,1     | 100                   | 4,0                   | 2,2     | 1,75  |
| 15         | 2,3        | 1,65    | 0,1     | 106                   | 4,0                   | 2,3     | 1,75  |
| 16         | 2,4        | 1,7     | 0,1     | 112                   | 4,0                   | 2,4     | 1,75  |
| 17         | 2,5        | 1,75    | 0,1     | 118                   | 4,0                   | 2,5     | 1,75  |
| 18         | 3,0        | 2,0     | 0,1     | 124                   | 4,0                   | 3,0     | 1,75  |
| 19         | 3,1        | 2,05    | 0,1     | 130                   | 4,0                   | 3,1     | 1,75  |
| 20         | 3,2        | 2,1     | 0,1     | 137                   | 4,0                   | 3,2     | 1,75  |
| 21         | 3,3        | 1,15    | 0,1     | 143                   | 4,0                   | 3,3     | 1,75  |
| 22         | 3,4        | 2,2     | 0,1     | 149                   | 4,0                   | 3,4     | 1,75  |
| 23         | 3,5        | 2,25    | 0,1     | 155                   | 4,0                   | 3,5     | 1,75  |
| 24         | 4,0        | 2,5     | 0,1     | 161                   | 4,0                   | 4,0     | 1,75  |
| 25         | 4,1        | 2,55    | 0,1     | 167                   | 4,0                   | 4,1     | 1,75  |
| 26         | 4,2        | 2,6     | 0,1     | 173                   | 4,0                   | 4,2     | 1,75  |
| 27         | 4,3        | 2,65    | 0,1     | 180                   | 4,0                   | 4,3     | 1,75  |
| 28         | 4,4        | 2,7     | 0,1     | 186                   | 4,0                   | 4,4     | 1,75  |
| 29         | 4,5        | 2,75    | 0,1     | 192                   | 4,0                   | 4,5     | 1,75  |
| 30         | 5,0        | 3,0     | 0,1     | 200                   | 4,0                   | 5,0     | 1,75  |

## 5. Лабораторная работа «Исследование и расчет естественного освещения»

Цель работы: Ознакомиться с порядком нормирования и расчета естественного освещения, с приборами и методами определения качества естественного освещения на рабочих местах.

### 5.1. Общие сведения

Эффективность производства, производительность труда и качество выпускаемой продукции в значительной степени зависят от освещения. Неудовлетворительное освещение приводит к расстройству зрения.

Правильная организация освещения улучшает условия зрительной работы, снижает утомляемость, благоприятно влияет на производственную среду, положительно воздействует на работающего, повышает безопасность труда и снижает травматизм.

Во всех производственных помещениях с постоянным пребыванием людей для работ в дневное время предусматривается естественное освещение как более экономичное и совершенное с точки зрения медико–санитарных требований по сравнению с искусственным.

### 5.2. Естественное освещение

Различают три системы естественного освещения помещения: боковое, верхнее и комбинированное:

- боковое освещение: через световые проемы в наружных стенах;
- верхнее естественное освещение: через фонари, световые проемы в покрытии, световые проемы в перепадах высот здания;
- комбинированное естественное освещение: сочетание верхнего и бокового, является наиболее рациональным.

Естественное освещение характеризуется тем, что создаваемая в помещении освещенность изменяется в широких пределах в зависимости от времени дня, года, состояния облачности и отражающих свойств земного покрова. Поэтому в отличие от искусственного, естественное освещение нельзя задавать количественной величиной освещенности в люксах. Показателем освещения помещения естественным светом является коэффициент естественной освещенности (КЕО). КЕО представляет собой выраженное в процентах отношение освещенности, в данной точке внутри помещения  $E_v$ , к одновременной наружной горизонтальной освещенности  $E_n$ , создаваемой рассеянным светом полностью открытого небосвода.

$$КЕО = \frac{E_v}{E_n} \cdot 100 \%. \quad (5.1)$$

Нормированное значение коэффициента естественной освещенности,  $e_N$ , определяемое СП 52.13330.2011, для зданий, расположенных в разных районах, вычисляется по формуле:

$$e_N = e_H \cdot m_N \cdot c, \quad (5.2)$$

где  $N$  – номер группы обеспеченности естественных светом административных районов. Ростовская область относится к 5-й группе административных районов по ресурсам светового климата (табл. 5.10.);

$e_H$  – значение КЕО, выбирается по табл. 5.1.;

$m_N$  – коэффициент светового климата (табл. 5.2.);

$c$  – коэффициент солнечности светового климата. Для Ростовской области – 0,9.

Полученные по формулам (5.1), (5.2) значения следует округлять до десятых долей.

### 5.3. Расчет естественного освещения

Площадь световых проемов рассчитывается при боковом освещении помещений по уравнению:

$$100 \cdot \frac{S_0}{S_{\Pi}} = \frac{e_N \cdot k_3 \cdot \eta_0}{\tau_0 \cdot r_1} \cdot k_{зд}, \quad (5.3)$$

$$S_0 = \frac{S_{\Pi} \cdot e_N \cdot k_3 \cdot \eta_0 \cdot k_{зд}}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_1}, \quad (5.4)$$

где  $S_0$  – площадь световых проемов,  $m^2$ ;  $S_{\Pi}$  – площадь пола помещения,  $m^2$ ;  $k_3$  – коэффициент запаса, принимаемый по табл. 5.3.;  $\eta_0$  – световая характеристика окон (табл. 5.4.);  $k_{зд}$  – коэффициент, учитывающий затемнение окон противоположными зданиями. Зависит от отношения расстояния  $P$  к высоте расположения карниза противостоящего здания над подоконником рассматриваемого окна;

|            |     |     |     |     |           |
|------------|-----|-----|-----|-----|-----------|
| $P/H_{зд}$ | 0,5 | 1   | 1,5 | 2   | 3 и более |
| $k_{зд}$   | 1,7 | 1,4 | 1,2 | 1,1 | 1         |

$P$  – расстояние между рассматриваемым и противостоящим зданиями, м;  $H_{зд}$  – высота расположения карниза противостоящего здания, м;  $r_1$  – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отражающемуся от поверхности повышения (табл. 5.5.);  $\tau_0$  – общий коэффициент светопропускания, определяемый по формуле:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4, \quad (5.5)$$

где  $\tau_1$  – коэффициент светопропускания материала (табл. 5.6.);

$\tau_2$  – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема (табл. 5.6.);

$\tau_3$  – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях (при боковом освещении  $\tau_3=1$ );

$\tau_4$  – коэффициент, учитывающий потери света в солнезащитных устройствах (табл. 5.6).

Средневзвешенный коэффициент отражения поверхностей помещения:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_1 \cdot S_1 + \rho_2 \cdot S_2 + \rho_3 \cdot S_3}{S_1 + S_2 + S_3}, \quad (5.6)$$

где  $\rho_1, \rho_2, \rho_3$  – коэффициенты отражения потолка, стен, пола (табл. 5.7);

$S_1, S_2, S_3$  – площади потолка, стен, пола.

#### 5.4. Материально–техническое обеспечение

Объективный люксметр Ю–116 представляет собой селеновый фотоэлемент, в цепь которого включен стрелочный гальванометр. Люксметр измеряет значения освещенности в пределах от 1 до 100000 лк. На передней панели измерителя находятся кнопки переключателя и табличка со схемой, которая связывает действие кнопок и насадок с различными диапазонами измерений. Прибор имеет две градуированные шкалы, в люксах: 0 – 100 и 0–30. На каждой шкале точками указано начало диапазона измерений: на шкале 0 – 100 точка находится над меткой 20, на шкале 0–30 над меткой 5.

С целью уменьшения погрешности используют сферическую насадку на селеновый фотоэлемент, обозначенную на внутренней стороне буквой «К». Эта насадка применяется параллельно с одной из трех других насадок–фильтров «М», «Р», «Т», которые имеют коэффициенты ослабления света, равные соответственно 10, 100, 1000, что расширяет диапазоны измерений. Без насадок люксметром можно измерять освещенность в пределах 0–30 и 0–100 лк.

В процессе измерения стрелку прибора устанавливают на нулевом делении шкалы, потом напротив нажатой кнопки определяют выбранное с помощью насадок наибольшее значение диапазона измерения. При нажатии кнопки, напротив которой написано наибольшее значение диапазона измерений, кратное 10, следует пользоваться для отсчета показаниями шкалы 0 – 100, при нажатии кнопки, на против которой нанесены значение диапазона, кратное 3, показаниями шкалы 0–30. Показание прибора в делениях по соответствующей шкале умножают на коэффициент ослабления, который обозначен на соответствующей насадке.

Люксметр Lux/fc LIGHT METER представляет собой цифровой мультиметр с фотодетектором (силиконовый фотодиод с фильтром).

Люксметр измеряет значения освещенности в диапазоне: 200, 2000, 20000, 50000 Lux/fc (1 fc=10,76 Lux).

Точность:  $\pm 5\% \pm 10$  ед. счета ( $< 10,0001 \text{ Lux/fc}$ )\*;

$\pm 10\% \pm 10$  ед. счета ( $< 10,0001 \text{ Lux/fc}$ ).

(Диапазон показаний  $20000 \text{ Lux} \times 10$ , диапазон показаний  $50000 \text{ Lux} \times \pm 100$ ).



Повторяемость показаний:  $\pm 2\%$ .

Температурная характеристика:  $\pm 0,1\%/^{\circ}\text{C}$ .

Фотодетектор: 1 силиконовый фотодиод с фильтром.

На передней части панели имеется:

- дисплей: LCD дисплей с индикацией Lux, fc, LOBAT, MAX, HOLD;
- переключатель (питание/функция/диапазон) для выбора измерительной функции и диапазона измерения;
- фотодетектор;
- функция MAX HOLD задерживает максимальное показание, нажав кнопку снова, снимается действие функции MAX HOLD и продолжается дальнейшее измерение;
- функция DATA HOLD при нажатии показания будут задержаны на дисплее. Нажав кнопку снова, отменяется действие функции DATA HOLD и продолжается дальнейшее измерение;
- кнопка изменения функции Lux или fc.

Работа с прибором:

- повернуть переключатель (питание/функция/диапазон), чтобы выбрать желаемый диапазон ( $\times 1 \text{ lux}/\text{fc}$ ,  $\times 10 \text{ lux}/\text{fc}$ ,  $\times 100 \text{ lux}/\text{fc}$ );
- поднести фотодетектор к источнику света в горизонтальном положении;
- с дисплея считать показания;
- если мультиметр показывает на дисплее только значок «1», то это означает, что входной сигнал слишком сильный и поэтому нужно выбрать другой диапазон;
- после измерения убрать фотодетектор от источника света.

Если на дисплее появился значок «» (он появляется, когда батарейка должна быть заменена): откройте отсек для батарейки и замените использованную батарейку новой (1 шт. 12V, типа A23 или эквивалент).

### 5.5. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством люксметров.
2. Одновременно измерить наружную освещенность небосвода (во дворе) и в помещении лаборатории на столах первого, второго ряда и доске, используя при этом двух наблюдателей и два люксметра.
3. Замеры КЕО возможны лишь при небе, затянутом облаками. Если нельзя точно найти наружную освещенность, фотоэлемент помещают снаружи окна в горизонтальном положении, показания люксметра удваивают, так как пластинку фотоэлемента освещает только половина небосвода (вторая закрыта зданием).
4. Один фотометрист укладывает фотоэлемент на рабочую поверхность (базовую точку), второй – располагается на открытом пространстве. Фотоэлемент люксметра устанавливается горизонтально. Замеры выполняются одно-

временно. Студенты рассчитывают КЕО  $e_{\text{баз}}$  для выбранной базы внутри помещения.

5. После определения КЕО базовой точки студенты определяют КЕО на выбранных точках помещения.

Для этого один из студентов остается на первоначальной базовой точке, в которой хотят замерить КЕО. По сигналу студента (выбранного преподавателем) одновременно замеряется горизонтальная освещенность в выбранной точке и на базе. Тогда КЕО для выбранной точки

$$e_x = e_{\text{баз}} \cdot \frac{E_{\text{гор.х}}}{E_{\text{гор.баз}}}, \quad (5.7)$$

где  $E_{\text{гор.х}}$  – горизонтальная освещенность, замеренная в выбранной точке, лк;

$E_{\text{гор.баз}}$  – горизонтальная освещенность, замеренная на базовой точке, лк.

5.6. Сравнивая расчетное значение КЕО с данными КЕО СП52.13330.2011 (табл. 5.1), установить какие виды зрительных работ можно выполнить в данных точках лаборатории. Замеры занести в табл. 5.9.

#### 5.6. Содержание работы

1. Наименование.
2. Цель работы.
3. Ознакомиться с методическими указаниями.
4. Расчет естественного освещения в соответствии с заданием.

#### 5.7. Контрольные вопросы

1. Какое влияние оказывает свет на организм человека?
2. В каких случаях следует предусматривать естественное освещение?
3. Как подразделяется естественное освещение?
4. Устройство люксметров и принцип действия.
5. В каких единицах нормируется освещенность?
6. Какое освещение допускается в помещении?
7. Что такое КЕО? Как он определяется?
8. От чего зависит выбор нормированного значения КЕО  $e_N$ ?
9. Как выбирается коэффициент запаса  $k_z$ ?
10. Как рассчитывается КЕО базовый  $e_{\text{баз}}$ ?
11. Как определить КЕО выбранной точки  $e_x$ ?
12. Порядок измерения люксметром Ю–116.
13. Порядок измерения люксметром Lux/fc LIGHT METER.

Таблица 5.1

## Значения коэффициента естественной освещенности

| Характеристика зрительной работы | Наименьший эквивалентный размер объекта различения, мм | Разряд зрительной работы | Подразряд зрительной работы | Контраст объекта с фоном    | Характеристика фона           | КЕО, $e_n$ , %                            |                       |
|----------------------------------|--|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---|-----------------------|
|                                  |  |                          |                             |                             |                               | При верхнем или комбинированном освещении | При боковом освещении |
| Наивысшей точности               | Менее 0,15   | I                        | а                           | Малый                       | Темный                        | —   | —                     |
|                                  |  |                          | б                           | Малый<br>Средний            | Средний<br>Темный             |   |                       |
|                                  |  |                          | в                           | Малый<br>Средний<br>Большой | Светлый<br>Средний<br>Темный  |   |                       |
|                                  |  |                          | г                           | Средний<br>Большой          | Светлый<br>Средний            |   |                       |
| Очень высокой точности           | От 0,15 до 0,3   | II                       | а                           | Малый                       | Темный                        | —   | —                     |
|                                  |  |                          | б                           | Малый<br>Средний            | Средний<br>Темный             |   |                       |
|                                  |  |                          | в                           | Малый<br>Средний<br>Большой | Светлый<br>Средний<br>Темный  |   |                       |
|                                  |  |                          | г                           | Средний<br>Большой<br>Малый | Светлый<br>Светлый<br>Средний |   |                       |
| Высокой точности                 | От 0,3 до 0,5  | III                      | а                           | Малый                       | Темный                        | —   | —                     |
|                                  |  |                          | б                           | Малый<br>Средний            | Средний<br>Темный             |   |                       |
|                                  |  |                          | в                           | Малый<br>Средний<br>Большой | Светлый<br>Средний<br>Темный  | —   | —                     |
|                                  |  |                          | г                           | Средний<br>Большой          | Светлый<br>Средний            | —   | —                     |

Продолжение табл. 5.1

| Характеристика зрительной работы                              | Наименьший эквивалентный размер объекта различения, мм | Разряд зрительной работы | Подразряд зрительной работы | Контраст объекта с фоном                                     | Характеристика фона    | КЕО, $e_n$ , %                            |                       |
|---|--|--------------------------|-----------------------------|--|------------------------|---|-----------------------|
|   |  |                          |                             |  |                        | При верхнем или комбинированном освещении | При боковом освещении |
| Средней точности  | Св. 0,5 до 1,0   | IV                       | а                           | Малый  | Темный                 | 4   | 1,5                   |
|   |  |                          | б                           | Малый Средний  | Средний Темный         |   |                       |
|   |  |                          | в                           | Малый Средний Большой  | Светлый Средний Темный |   |                       |
|   |  |                          | г                           | Средний Большой  | Светлый Средний        |   |                       |
| Малой точности  | Св. 1 до 5   | V                        | а                           | Малый  | Темный                 | 3   | 1                     |
|   |  |                          | б                           | Малый Средний  | Средний Темный         |   |                       |
|   |  |                          | в                           | Малый Средний Большой  | Светлый Средний Темный |   |                       |
|   |  |                          | г                           | Средний Большой  | Светлый Средний        |   |                       |
| Грубая (очень малой точности)                                 | Более 5  | VI                       |                             | Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном |                        | 3   | 1                     |
| Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах | Более 0,5  | VII                      |                             | То же  |                        | 3   | 1                     |

Окончание табл. 5.1

| Характеристика зрительной работы  | Наименьший эквивалентный размер объекта различения, мм | Разряд зрительной работы | Подразряд зрительной работы | Контраст объекта с фоном                                     | Характеристика фона | КЕО, $e_n$ , %                            |                       |
|---|--|--------------------------|-----------------------------|--|---------------------|---|-----------------------|
|   |  |                          |                             |  |                     | При верхнем или комбинированном освещении | При боковом освещении |
| Общее наблюдение за ходом производственного процесса:<br><br>постоянное |  | VIII                     | а                           | То же  | 3                   | 1   |                       |
|   |  |                          | б                           | То же  | 1                   | 0,3                                       |                       |
| периодическое (при постоянном пребывании людей в помещении)             |  | VIII                     | в                           | Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном | 0,7                 | 0,2                                       |                       |
|   |  |                          | г                           | То же  | 0,3                 | 0,1                                       |                       |

Примечания:

1. Наименьшие размеры объекта различения и соответствующие им разряды зрительной работы установлены при расположении объектов различения на расстоянии не более 0,5 м от глаз работающего.

2. Освещенность при использовании ламп накаливания следует снижать по шкале освещенности:
- а) на одну ступень при системе комбинированного освещения, если нормируемая освещенность составляет 750 лк и более;
  - б) то же, общего освещения для разрядов I–V, VI;
  - в) на две ступени при системе общего освещения для разрядов VI и VII.
3. Освещенность при работах со светящимися объектами размером 0,5 мм и менее следует выбирать в соответствии с размером объекта различения и относить их к подразряду “в”.
4. В помещениях, специально предназначенных для работы или производственного обучения подростков, нормированное значение КЕО повышается на один разряд и должно быть не менее 1,0 %.

Таблица 5.2

| Коэффициент светового климата             |   |                                       |      |     |     |      |
|---|---|---------------------------------------|------|-----|-----|------|
| Световые проемы                           | Ориентация световых проемов по сторонам | Коэффициент светового климата, $m_N$  |      |     |     |      |
|   |   | номер группы административных районов |      |     |     |      |
|   |   | 1                                     | 2    | 3   | 4   | 5    |
| В наружных стенах зданий                  | С                                       | 1                                     | 0,9  | 1,1 | 1,2 | 0,8  |
|   | СВ, СЗ                                  | 1                                     | 0,9  | 1,1 | 1,2 | 0,8  |
|   | З, В                                    | 1                                     | 0,9  | 1,1 | 1,1 | 0,8  |
|   | ЮВ, ЮЗ                                  | 1                                     | 0,85 | 1   | 1,1 | 0,8  |
|   | Ю                                       | 1                                     | 0,85 | 1   | 1,1 | 0,75 |
| В прямоугольных и трапециевидных фонаряхД | С–Ю                                     | 1                                     | 0,9  | 1,1 | 1,2 | 0,75 |
|   | СВ–ЮЗ, ЮВ–СЗ                            | 1                                     | 0,9  | 1,2 | 1,2 | 0,7  |
|   | В–З                                     | 1                                     | 0,9  | 1,1 | 1,2 | 0,7  |
| В фонарях типа “Шед”                      | С                                       | 1                                     | 0,9  | 1,2 | 1,2 | 0,7  |
| В зенитных фонарях                        | –                                       | 1                                     | 0,9  | 1,2 | 1,2 | 0,75 |

Примечание: С – северное; СВ – северо–восточное; СЗ – северо–западное; З – западное; С–Ю – север–юг; В–З – восток–запад; Ю–южное; ЮВ – юго–восточное; ЮЗ – юго–западное.

Таблица 5.3

Значения коэффициента запаса  $k_z$ 

| Помещения   | Примеры помещений   | Коэффициент запаса $k_z$ при естественном освещении и расположении светопропускающего материала |          |               |
|---|---|---|----------|---------------|
|   |   | вертикально   | наклонно | горизонтально |
| Производственные помещения с воздушной средой, содержащей в рабочей зоне: более 5 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти<br>от 1 до 5 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти<br>менее 1 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти<br>Помещения общественных и жилых зданий | Аглофабрики, цементные заводы, обрубные отделения литейных цехов  | 1,5   | 1,7      | 2             |
|   | Цехи кузнечные, литейные, мартеновские, сварочные, сборного железобетона  | 1,4   | 1,5      | 1,8           |
|   | Цехи инструментальные, сборочные, механические, механосборочные, пошивочные   | 1,3   | 1,4      | 1,5           |
|   | Кабинеты и рабочие помещения общественных зданий, жилые комнаты, ученые помещения, лаборатории, читательные залы, залы совещаний и т.д. | 1,2   | 1,4      | 1,5           |

Таблица 5.4

Значения световой характеристики  $\eta_0$  окон при боковом освещении

| Отношение длины помещения к его глубине | Значение световой характеристики $\eta_0$ при отношении глубины помещения к его высоте, от уровня условной рабочей поверхности до верха окна |      |     |      |      |    |      |      |
|---|--|------|-----|------|------|----|------|------|
|   | 1  | 1,5  | 2   | 3    | 4    | 5  | 7,5  | 10   |
| 4 и более                               | 6,5  | 7    | 1,5 | 8    | 9    | 10 | 11   | 12,5 |
| 3                                       | 7,5  | 8    | 8,5 | 9,6  | 10   | 11 | 12,5 | 14   |
| 2                                       | 8,5  | 9    | 9,5 | 10,5 | 11,5 | 13 | 15   | 17   |
| 1,5                                     | 9,5  | 10,5 | 13  | 15   | 17   | 19 | 21   | 23   |
| 1                                       | 11   | 15   | 16  | 18   | 21   | 23 | 26,5 | 29   |
| 0,5                                     | 18   | 23   | 31  | 37   | 45   | 54 | 66   |      |

Таблица 5.5

| Значения коэффициента $r_1$  |   |  |      |           |      |      |           |      |      |           |
|--|---|--|------|-----------|------|------|-----------|------|------|-----------|
| Отношение глубины помеще-<br>ния В к высоте от уровня ус-<br>ловной рабочей поверхности<br>до верха окна | Отношение расстояния<br>расчетной точки от наруж-<br>ной стены к глубине по-<br>мещения | Значения $r_1$ при боковом освещении и средневзвешенном коэффициенте отражения |      |           |      |      |           |      |      |           |
|  |   | 0,5  |      |           | 0,4  |      |           | 0,3  |      |           |
|  |   | отношение длины помещения к его глубине  |      |           |      |      |           |      |      |           |
|  |   | 0,5  | 1    | 2 и более | 0,5  | 1    | 2 и более | 0,5  | 1    | 2 и более |
| От 1 до 1,5  | 0   | 1,05   | 1,05 | 1,05      | 1,05 | 1,05 | 1,0       | 1,05 | 1    | 1         |
|  | 0,5   | 1,4  | 1,3  | 1,2       | 1,2  | 1,15 | 1,1       | 1,2  | 1,1  | 1,1       |
|  | 1   | 2,1  | 1,9  | 1,5       | 1,8  | 1,6  | 1,3       | 1,4  | 1,3  | 1,2       |
| Более 1,5 до 2,5   | 0   | 1,05   | 1,05 | 1,05      | 1,05 | 1,05 | 1,05      | 1,05 | 1,05 | 1         |
|  | 0,3   | 1,3  | 1,2  | 1,1       | 1,2  | 1,15 | 1,1       | 1,15 | 1,1  | 1,05      |
|  | 0,5   | 1,85   | 1,6  | 1,3       | 1,5  | 1,35 | 1,2       | 1,3  | 1,2  | 1,1       |
|  | 0,7   | 2,25   | 2    | 1,7       | 1,7  | 1,6  | 1,3       | 1,55 | 1,35 | 1,2       |
|  | 1   | 3,8  | 3,3  | 2,4       | 2,8  | 2,4  | 2,8       | 2    | 1,8  | 1,5       |
| Более 2,5 до 3,5   | 0,1   | 1,1  | 1,05 | 1,05      | 1,05 | 1    | 1         | 1    | 1    | 1         |
|  | 0,2   | 1,15   | 1,1  | 1,05      | 1,1  | 1,1  | 1,05      | 1,05 | 1,05 | 1,05      |
|  | 0,3   | 1,2  | 1,15 | 1,1       | 1,15 | 1,1  | 1,1       | 1,1  | 1,1  | 1,05      |
|  | 0,4   | 1,35   | 1,25 | 1,2       | 1,2  | 1,15 | 1,1       | 1,15 | 1,1  | 1,1       |
|  | 0,5   | 1,6  | 1,45 | 1,3       | 1,35 | 1,25 | 1,2       | 1,25 | 1,15 | 1,1       |
|  | 0,6   | 2  | 1,75 | 1,45      | 1,6  | 1,45 | 1,3       | 1,4  | 1,3  | 1,2       |
|  | 0,7   | 2,6  | 2,2  | 1,7       | 1,9  | 1,7  | 1,4       | 1,6  | 1,5  | 1,3       |
|  | 0,8   | 3,6  | 3,1  | 2,4       | 2,4  | 2,2  | 1,55      | 1,9  | 1,7  | 1,4       |
|  | 0,9   | 5,3  | 4,2  | 3         | 2,9  | 2,45 | 1,9       | 2,2  | 1,85 | 1,5       |
|  | 1   | 7,2  | 5,4  | 4,3       | 3,6  | 3,1  | 2,4       | 2,6  | 2,2  | 1,7       |
| Более 3,5  | 0,1   | 1,2  | 1,15 | 1,1       | 1,1  | 1,1  | 1,05      | 1,05 | 1,05 | 1         |
|  | 0,2   | 1,4  | 1,3  | 1,2       | 1,2  | 1,15 | 1,1       | 1,1  | 1,05 | 1,05      |
|  | 0,3   | 1,75   | 1,5  | 1,3       | 1,4  | 1,3  | 1,2       | 1,25 | 1,2  | 1,1       |
|  | 0,4   | 2,4  | 2,1  | 1,8       | 1,6  | 1,4  | 1,3       | 1,4  | 1,3  | 1,2       |
|  | 0,5   | 3,4  | 2,9  | 2,5       | 2,8  | 1,8  | 1,5       | 1,7  | 1,5  | 1,3       |
|  | 0,6   | 4,6  | 3,8  | 3,1       | 2,4  | 2,1  | 1,8       | 2    | 1,8  | 1,5       |
|  | 0,7   | 6  | 4,7  | 3,7       | 2,9  | 2,6  | 2,1       | 2,3  | 2    | 1,7       |
|  | 0,8   | 7,4  | 5,8  | 4,7       | 3,4  | 2,9  | 2,4       | 2,6  | 2,3  | 1,9       |
|  | 0,9   | 9  | 7,1  | 5,6       | 4,3  | 3,6  | 3         | 3    | 2,6  | 2,1       |
|  | 1   | 10   | 7,3  | 5,7       | 5    | 4,1  | 3,5       | 3,5  | 3    | 2,5       |



Таблица 5.6

Значения коэффициентов  $\tau_1$ ,  $\tau_2$ ,  $\tau_4$ 

| Вид светопропускного материала   | Значения $\tau_1$  | Вид переплета  | Значения $\tau_2$   | Солнцезащитные устройства   | Значения $\tau_4$   |
|--|--|--|---|---|---|
| <b>Стекло оконное листовое:</b><br>одинарное<br>двойное<br>тройное<br><b>Стекло витринное</b><br><b>h=6–8 м</b><br>Стекло листовое армированное<br>Стекло листовое узорчатое<br><b>Стекло листовое со специальными свойствами:</b><br>солнцезащитное<br>контрастное<br><b>Органическое стекло:</b><br>прозрачное<br>молочное | <br>0,9<br>0,8<br>0,75<br>0,8<br><br>0,6<br><br>0,65<br><br>0,65<br>0,75<br><br>0,9<br>0,6 | <b>Переплеты для окон промышленных зданий:</b><br>деревянные:<br>одинарные<br>двойные<br>стальные:<br><b>одинарные открывающиеся</b><br>одинарные глухие<br>двойные открывающиеся<br>двойные глухие<br>Переплеты для окон жилых, общественных и вспомогательных зданий:<br>деревянные:<br>одинарные<br>спаренные<br>двойные раздельные<br>металлические:<br>одинарные<br>спаренные<br>двойные раздельные | <br><br>0,75<br>0,6<br><br>0,75<br>0,9<br>0,6<br>0,8<br><br><br>0,8<br>0,75<br>0,65<br><br>0,9<br>0,85<br>0,8 | <b>Убирающиеся регулируемые жалюзи</b><br><br><b>Стационарные жалюзи и экраны с защитным углом более 45° при расположении пластин под углом 90° к плоскости окна:</b><br>горизонтальные<br>вертикальные<br><br>Горизонтальные козырьки:<br>с защитным углом не более 30°<br>с защитным углом от 15 до 45°<br>(многоступенчатые) | <br>1<br><br><br><br><br>0,65<br>0,75<br><br>0,8<br>0,9–0,6 |

Таблица 5.7

Коэффициенты отражения потолка, стен, пола ( $\rho_1$ ,  $\rho_2$ ,  $\rho_3$ )

| № п/п | Тон поверхности                                    | Коэффициент отражения |
|-------|--|-----------------------|
| 1     | Белый, бледно-желтый, бледно-розовый, светлые тона | 0,6                   |
| 2     | Желтый, голубой, зеленый, розовый, средние тона    | 0,4                   |
| 3     | Серый, коричневый, черный, бурый и др. темные тона | 0,2                   |

Таблица 5.8

## Варианты заданий по расчету естественного освещения

| № п/п | Цеха   | Размеры помещений, м |     |    | Коэффициент запаса $k_z$ | Номер группы админ. района | Административный район                           |
|-------|--|----------------------|-----|----|--------------------------|----------------------------|--|
|       |  | А                    | В   | Н  |                          |                            |  |
| 1     | Отделения литейных цехов                                   | 50                   | 100 | 12 | 1,5                      | 1                          | Московский, Красноярский край                    |
| 2     | Кузнечные, мартеновские, пресовые, сварочные               | 30                   | 80  | 9  | 1,4                      | 2                          | Ульяновский край, Чеченская республика           |
| 3     | Инструментальные, сборочные, механические, механосборочные | 40                   | 60  | 6  | 1,3                      | 5                          | Ростовская обл., Ставропольский, Приморский край |
| 4     | Помещения общественных жилых зданий, учебные лаборатории   | 10                   | 6   | 3  | 1,2                      | 4                          | Архангельская, Мурманская область                |

Таблица 5.9

## Результаты исследований

| № точки           | $E_B$ освещенность в помещении, лк | $E_H$ освещенность наружная, лк | КЕО фактический, % | КЕО (СНиП 23-05-95), % | Разряд работы | Выводы |
|-------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------------|------------------------|---------------|--------|
| 1. У окна         |                                    |                                 |                    |                        |               |        |
| 2. 1-й ряд столов |                                    |                                 |                    |                        |               |        |
| 3. 2-й ряд столов |                                    |                                 |                    |                        |               |        |
| 4. У доски        |                                    |                                 |                    |                        |               |        |

Таблица 5.10

## Исходные данные для выполнения работы

| Вариант | Место<br>расположения<br>здания | Номер группы<br>административного<br>района | Ориентация све-<br>товых проемов<br>по сторонам гори-<br>зонта | Наименьший<br>размер объекта<br>различения, мм | Подразряд<br>зрительной<br>работы | Контраст<br>объекта<br>с фоном | Характеристика<br>фона |
|---------|---------------------------------|---|--|--|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| 1       | Ростов н/Д                      | 5   | С  | 0,3  | а                                 | Малый                          | Темный                 |
| 2       | Барнаул                         | 2   | СВ   | 0,5  | б                                 | Малый                          | Средний                |
| 3       | Красноярск                      | 1   | В  | 1  | в                                 | Малый                          | Светлый                |
| 4       | Архангельск                     | 4   | ЮВ   | 0,35   | г                                 | Средний                        | Светлый                |
| 5       | Дискон                          | 3   | Ю  | 0,55   | а                                 | Малый                          | Темный                 |
| 6       | Москва                          | 1   | ЮЗ   | 1,05   | б                                 | Малый                          | Средний                |
| 7       | Екатеринбург                    | 1   | З  | 0,39   | в                                 | Малый                          | Светлый                |
| 8       | Новгород                        | 3   | СЗ   | 0,4  | г                                 | Средний                        | Светлый                |
| 9       | Сургут                          | 2   | С  | 0,6  | а                                 | Малый                          | Темный                 |
| 10      | Воркута                         | 2   | СВ   | 1,1  | б                                 | Малый                          | Средний                |
| 11      | Ставрополь                      | 5   | В  | 0,45   | в                                 | Малый                          | Светлый                |
| 12      | Ярославль                       | 3   | ЮВ   | 0,65   | г                                 | Большой                        | Светлый                |
| 13      | Кандалакша                      | 4   | Ю  | 1,15   | а                                 | Малый                          | Темный                 |
| 14      | Махачкала                       | 5   | ЮЗ   | 0,46   | б                                 | Малый                          | Средний                |
| 15      | Вятка                           | 3   | З  | 0,7  | в                                 | Средний                        | Средний                |
| 16      | Нальчик                         | 2   | СЗ   | 1,2  | г                                 | Большой                        | Светлый                |
| 17      | Пермь                           | 1   | С  | 0,47   | а                                 | Малый                          | Темный                 |
| 18      | Мурманск                        | 4   | СВ   | 0,75   | б                                 | Малый                          | Средний                |
| 19      | Плесецк                         | 4   | В  | 1,25   | в                                 | Малый                          | Светлый                |
| 20      | Дудинка                         | 3   | ЮВ   | 0,48   | г                                 | Средний                        | Светлый                |
| 21      | Краснодар                       | 5   | Ю  | 0,8  | а                                 | Малый                          | Темный                 |

Окончание табл. 5.10

| Вариант | Место<br>расположения<br>здания | Номер группы<br>административного<br>района | Ориентация све-<br>товых проемов<br>по сторонам гори-<br>зонта | Наименьший<br>размер объекта<br>различения, мм | Подразряд<br>зрительной<br>работы | Контраст<br>объекта<br>с фоном | Характеристика<br>фона |
|---------|---------------------------------|---|--|--|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| 22      | Назрань                         | 2   | ЮЗ   | 1,3  | б                                 | Малый                          | Средний                |
| 23      | Новосибирск                     | 1   | З  | 0,49   | в                                 | Малый                          | Светлый                |
| 24      | Кировск                         | 4   | СЗ   | 0,85   | г                                 | Большой                        | Светлый                |
| 25      | Буденовск                       | 5   | С  | 1,35   | а                                 | Малый                          | Темный                 |
| 26      | Грозный                         | 2   | СВ   | 0,31   | б                                 | Малый                          | Средний                |
| 27      | Казань                          | 1   | В  | 0,9  | в                                 | Средний                        | Средний                |
| 28      | С–Петербург                     | 3   | ЮВ   | 0,4  | г                                 | Большой                        | Светлый                |
| 29      | Северодвинск                    | 4   | Ю  | 0,32   | а                                 | Малый                          | Темный                 |
| 30      | Элиста                          | 5   | ЮЗ   | 0,95   | б                                 | Малый                          | Средний                |

Примечание: С – северное; СВ – северо–восточное; СЗ – северо–западное; З – западное; ВЗ – восточно–западное; Ю – южное; ЮВ – юго–восточное; ЮЗ – юго–западное; СЮ – северо–южное.

## 6. Лабораторная работа «Исследование и расчет местного освещения»

Цель работы: ознакомиться с порядком нормирования местного освещения, а также с методами и приборами для определения состояния местного освещения на рабочих местах.

### 6.1. Общие сведения

Качественными характеристиками освещения являются: равномерность распределения светового потока, блескость, контраст объекта с фоном и т. д.

Правильно спланированное и выбранное производственное местное освещение предназначено для улучшения условий зрительной работы, снижения утомляемости, повышения производительности труда и качества выпускаемой продукции. Оно благоприятно влияет на производственную среду, оказывая положительное психическое воздействие на работающего.

Местное освещение предусматривается в помещениях, в которых недостаточно естественного света или для освещения помещения в те часы суток, когда естественный свет отсутствует. Оно может быть рабочим и аварийным.

Рабочее освещение устраивают во всех помещениях для обеспечения нормальной работы. Оно подразделяется на общее и комбинированное.

Комбинированная система освещения применяется тогда, когда к общему освещению добавляется местное. Чтобы избежать больших световых контрастов между рабочим местом и окружающим пространством, доля общего освещения в комбинированном должна составлять не менее 10 %.

### 6.2. Местное освещение

Многие производственные операции требуют такого направления света, при котором на рабочей поверхности создаются благоприятные условия для зрительной работы, например, лучше выявляются детали, исчезают или появляются микротени. Указанные условия достигаются применением системы местного освещения.

Местное освещение концентрирует световой поток непосредственно на рабочих местах.

Световой поток  $F$  – это мощность световой энергии, оцениваемой по зрительному восприятию, лм.

Освещенность  $E$  – плотность светового потока на освещаемой поверхности, лк.

Величина минимальной освещенности задается для наиболее темного участка рабочей поверхности.

Под рабочей поверхностью понимается условная горизонтальная плоскость, расположенная на расстоянии 0,8 м от уровня пола производственного помещения.

В литейных цехах местное освещение используется в смесеприготовительном отделении, на столах ручной формовки стержней, на местах технического контроля литья, где следует использовать пылезащищенные осветительные приборы с лампами накаливания типа ПСХ.

Работы на металлообрабатывающих и слесарных станках связаны с контролем правильности установки и обработки детали, настройкой станка, контролем качества обработки детали и относятся к работам высокой точности.

Для местного освещения на станках используют лампы накаливания тока МОД или МОЗ, создающие на рабочей поверхности освещенность в 2 раза большую по сравнению с лампами типа МО той же мощности. С этими лампами используют осветительный прибор типа НКСО1.

Крепить осветительные приборы следует на передней бабке станка или к колоннам корпуса.

Для местного освещения работ с блестящими металлическими поверхностями следует применять лампы типа ЛД и ЛХБ.

В сборочных цехах сборка мелких деталей осуществляется обычно на конвейерах различной конфигурации либо на верстаках сидя. Освещаются верстаки двумя осветительными приборами: люминесцентными (ЛЛ) лампами и лампами накаливания (ЛН).

Разметочные места и столы контроля освещаются осветительными приборами с люминесцентными лампами и рассеивателями (ЛНПО1).

Для местного освещения используют лампы накаливания и люминесцентные лампы.

Световые потоки этих ламп приведены в табл. 6.1., 6.2., 6.3.

### 6.3. Материально–техническое обеспечение

Объективный люксметр типа Ю–116. Освещенность измеряется приборами, называемыми люксметрами. Простейший фотоэлектрический (объективный) люксметр представляет собой селеновый фотоэлемент, в цепь которого включен стрелочный гальванометр. Электродвижущая сила на зажимах фотоэлемента пропорциональна величине его освещенности, поэтому шкала гальванометра, соединенного с фотоэлементом, градуируется непосредственно в люксах. Промышленностью выпускается люксметр Ю–116 с пределами измерений от 1 до 100000 лк. На передней панели измерителя находятся кнопки переключателя и табличка со схемой действия кнопок и используемых насадок с диапазонами измерений (табл. 6.4.).

Гальванометр – прибор магнитоэлектрической системы – имеет две шкалы: «0–100» и «0–30». На каждой шкале точками отмечено начало диапазона измерений: на шкале «0–100» точка находится над отметкой «20»,

Таблица 6.1

## Параметры ЛН местного освещения на напряжение 12, 24, 36 В

| Тип ламп   | Номинальные значения |            |          |          |                     |
|------------|----------------------|------------|----------|----------|---------------------|
|            | $\Phi$ , лм          | $d_k$ , мм | $l$ , мм | $h$ , мм | $I_{\text{в}}$ , кд |
| МО 12–15   | 200                  | 61         | 108      | 73       | —                   |
| МО 12–25   | 380                  | 61         | 108      | 73       | —                   |
| МО 12–40   | 620                  | 61         | 108      | 73       | —                   |
| МО 12–60   | 1000                 | 61         | 108      | 73       | —                   |
| МО 24–25   | 350                  | 61         | 108      | 73       | —                   |
| МО 24–40   | 580                  | 61         | 108      | 73       | —                   |
| МО 24–60   | 950                  | 61         | 108      | 73       | —                   |
| МО 24–100  | 1740                 | 66         | 129      | 94       | —                   |
| МО 36–25   | 345                  | 61         | 108      | 73       | —                   |
| МО 36–40   | 580                  | 61         | 108      | 73       | —                   |
| МО 36–60   | 950                  | 61         | 108      | 73       | —                   |
| МО 36–100  | 1590                 | 66         | 129      | 94       | —                   |
| МОД 12–25  | 270                  | 71         | 109      | —        | —                   |
| МОД 12–40  | 490                  | 71         | 109      | —        | —                   |
| МОД 12–60  | 880                  | 71         | 109      | —        | —                   |
| МОД 24–40  | 820                  | 71         | 109      | —        | —                   |
| МОД 24–60  | 950                  | 71         | 109      | —        | —                   |
| МОД 24–100 | 1740                 | 81         | 128      | —        | —                   |
| МОД 36–25  | 240                  | 71         | 109      | —        | —                   |
| МОД 36–40  | 470                  | 71         | 109      | —        | —                   |
| МОД 36–60  | 760                  | 71         | 109      | —        | —                   |
| МОД 36–100 | 1380                 | 81         | 128      | —        | —                   |
| МОЗ 12–40  | 400                  | 71         | 109      | —        | 150                 |
| МОЗ 12–60  | 660                  | 71         | 109      | —        | 245                 |
| МОЗ 24–40  | 420                  | 71         | 109      | —        | 160                 |
| МОЗ 24–60  | 680                  | 71         | 109      | —        | 250                 |
| МОЗ 24–100 | 1250                 | 81         | 128      | —        | 450                 |
| МОЗ 36–40  | 400                  | 71         | 109      | —        | 135                 |
| МОЗ 36–60  | 650                  | 71         | 109      | —        | 240                 |
| МОЗ 36–100 | 1200                 | 81         | 128      | —        | 450                 |

Для ламп накаливания – первые два числа маркировки обозначают диапазон допустимых напряжений, В; третье — мощность, Вт.

на шкале «0–30» – над отметкой «5». Прибор имеет корректор для установки стрелки в нулевое положение. На боковой стенке корпуса измерителя расположена вилка присоединения селенового фотоэлемента. Селеновый фотоэлемент размещен в пластмассовом корпусе и присоединяется к измерителю шнуром с розеткой, обеспечивающей правильную полярность соединения. Длина шнура – 1,5 м.

Светочувствительная поверхность фотоэлемента составляет около 30 см<sup>2</sup>. Для уменьшения косинусной погрешности применяется насадка на фотоэлемент, состоящая из полусферы, выполненной из белой светорассеивающей пластмассы, и непрозрачного пластмассового кольца, имеющего сложный профиль. Насад-

ка на внутренней стороне обозначена буквой «К» и применяется с одной из трех насадок, имеющих обозначения «М», «Р», «Т».

Таблица 6.2

Световые и электрические параметры ламп люминесцентных (ГОСТ 6825–91)

| Люминесцентные лампы |                    |                        |
|----------------------|--------------------|------------------------|
| Тип                  | Световой поток, лм | Световая отдача, лм/Вт |
| ЛДЦ 20               | 820                | 41,0                   |
| ЛД 20                | 920                | 46,0                   |
| ЛБ 20                | 1180               | 59,0                   |
| ЛДЦ 40               | 1450               | 48,0                   |
| ЛД 30                | 1640               | 54,5                   |
| ЛБ 30                | 2100               | 70,0                   |
| ЛДЦ 40               | 2100               | 52,5                   |
| ЛД 40                | 2340               | 58,5                   |
| ЛБ 40                | 3120               | 78,0                   |
| ЛДЦ 80               | 3740               | 46,8                   |
| ЛД 80                | 4070               | 50,8                   |
| ЛБ 80                | 5220               | 65,3                   |

Для люминесцентных ламп — цифры после типа лампы обозначают мощность, Вт.

Таблица 6.3

Люминесцентные лампы специального назначения

| Тип лампы      | Мощность | Размеры, мм |         | Напря-<br>жение,<br>В | Ток,<br>А | Световой поток, лм    |  |
|----------------|----------|-------------|---------|-----------------------|-----------|-----------------------|--|
|                |          | длина       | диаметр |                       |           | номи-<br>наль-<br>ный | после 40 %<br>ср. продолж.<br>горения,<br>не менее |
|                |          |             |         |                       |           |                       |  |
| Малогабаритные |          |             |         |                       |           |                       |  |
| ЛБ 4–1 (–2)    | 4        | 135,8       | 16      | 30±3                  | 0,15      | 110–15                | не менее 75 %                                      |
| ЛБ 6–1 (2)     | 6        | 211,0       | 16      | 46±5                  | 0,15      | 250–25                | номинально-  |
| ЛБ 8–3 (–5)    | 8        | 288,2       | 16      | 61±6                  | 0,17      | 385–40                | го (после  |
| ЛБ 13–1 (–2)   | 13       | 516,8       | 16      | 95±10                 | 0,175     | 780–80                | 3000 ч)  |

Каждая из трех насадок совместно с насадкой «К» образует три поглотителя с общим номинальным коэффициентом ослабления 10, 100, 1000 и применяются для расширения диапазонов измерений.

Насадки могут использоваться только в том люксметре, для которого они предназначены.

Для подготовки к применению установите измеритель люксметра в горизонтальное положение. Проверьте, находится ли стрелка прибора на нулевом деление шкалы, при необходимости воспользуйтесь корректором, фотоэлемент можно отсоединить.

С помощью кнопок и учетом применяемых насадок (или без них) определяют наибольшее значение диапазонов измерений. При нажатой правой кнопке,



против которой нанесены наибольшие значения диапазонов измерений, кратные 10, следует пользоваться для отсчета показаний шкалой «0–100». При нажатой левой кнопке, против которой отмечены наибольшие значения диапазонов измерений, кратные 30, следует пользоваться шкалой «0–30». Показания прибора в делениях соответствующей шкалы умножают на коэффициент ослабления, зависящий от применяемых насадок М, Р или Т.

Таблица 6.4

| Диапазон измерений                   |             |            |              |
|--------------------------------------|-------------|------------|--------------|
| Основной                             | Не основной |            |              |
| без насадок с открытым фотоэлементом | с насадками |            |              |
|                                      | КМ          | КР         | КТ           |
| 5–30                                 | 50–300      | 500–3000   | 5000–30000   |
| 30–100                               | 200–1000    | 2000–10000 | 20000–100000 |

Примечание: КМ, КР, КТ – условное обозначение совместно применяемых насадок для создания общего номинального коэффициента ослабления 10, 100, 1000 соответственно.

Например, на фотоэлементе установлены насадки КР при нажатой левой кнопке, стрелка показывает 10 делений по шкале «0–30». Следовательно, измеряемая освещенность равна  $10 \times 100 = 1000$  лк.

Если при использовании насадок КМ при нажатой левой кнопке стрелка не доходит до 5 делений по шкале «0–30», измерения следует производить без насадок открытым фотоэлементом.

Прибор комбинированный ТКА–ПК (ТКА–Хранитель). Прибор (рис. 6.1) предназначен для измерения внутри помещения:

- освещенности (лк) в видимой области спектра (режим люксметра);
- энергетической освещенности ( $\text{мВт/м}^2$ ) в ультрафиолетовом диапазоне спектра 280–400 нм (режим УФ–Радиометра).

Диапазон измерения:

- освещенности 10–200000 лк;
- энергетической освещенности 1–20000  $\text{мВт/м}^2$ .

Устройство и принцип работы. Конструктивно прибор состоит из двух функциональных блоков: фотометрической головки с зондом и измерительного блока–преобразователя (блока обработки сигналов), связанных между собой многожильным кабелем.

В фотометрической головке с зондом расположены:

- фотоприемные устройства, чувствительные в ультрафиолетовом и видимом диапазонах спектра;
- зонд с датчиками влажности и температуры.

На блоке обработки сигналов расположен переключатель режимов работы и жидкокристаллический индикатор, который является отсчетным устройством прибора.

Корпуса фотометрической головки с зондом и блока обработки сигналов изготовлены из ударопрочного полистирола.

Прибор может работать в одном из двух режимов работы: 1 – измерение освещенности; 2 – измерение энергетической освещенности.

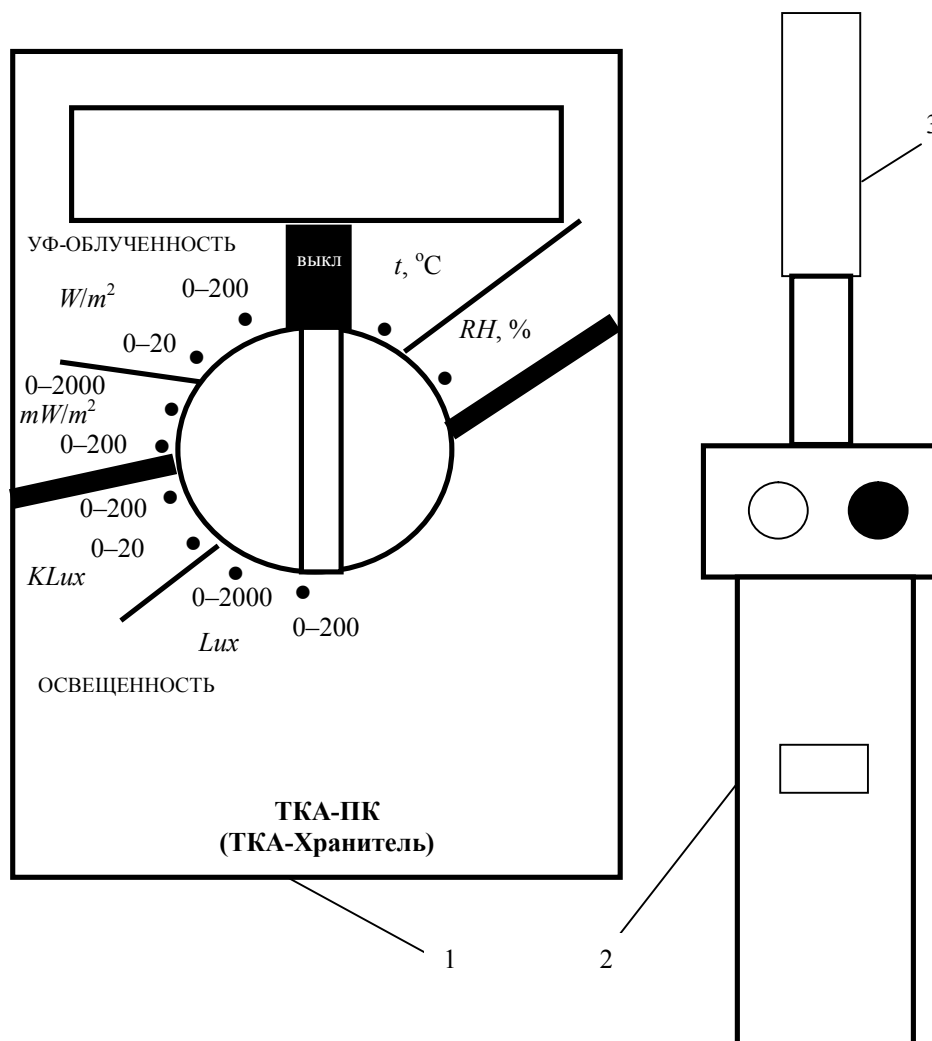


Рис. 6.1– Внешний вид прибора: 1 – блок обработки сигналов; 2 – фотометрическая головка с зондом; 3 – защитный колпачок

На задней стенке блока обработки сигналов расположена крышка батарейного отсека.

Пломба предприятия–изготовителя устанавливается в нижнем отверстии крышки прибора. Рядом на крышке указывается заводской порядковый номер прибора.

Режим измерения оптического излучения.

А) Принцип работы прибора в данном режиме заключается в преобразовании оптического излучения в электрический сигнал фотоприемными устройствами с последующей цифровой индикацией числовых значений освещенности (лк) и энергетической освещенности ( $\text{мВт/м}^2$ ).

Б) Для измерения желаемой характеристики излучения достаточно расположить фотометрическую головку с зондом прибора в плоскости измеряемого объекта и считать с жидкокристаллического дисплея измеренное значение.

Порядок работы. Включите прибор. Выберите необходимый режим работы с помощью переключателя.

Измерение освещенности и энергетической освещенности.

1) Расположите фотометрическую головку с зондом параллельно плоскости измеряемого объекта. Проследите за тем, чтобы на окна фотоприемников не падала тень от оператора, производящего измерения, а также тень с временно находящихся посторонних предметов.

2) Считайте, после установления показаний, с цифрового индикатора измеренное значение освещенности или энергетической освещенности, в зависимости от выбранного положения переключателя.

#### 6.4. Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством люксметра и прибором ТКА–ПК (ТКА–Хранитель).

2. Измерить горизонтальную освещенность при местном освещении люминесцентными лампами на рабочем месте.

3. Измерить горизонтальную освещенность при местном освещении рабочего места лампами накаливания.

4. Оценить соответствие измеренной освещенности, табл. 6.3.

5. Вычислить необходимый световой поток лампы.

$$F_{\text{л}} = \frac{K \cdot E}{e} \cdot 1000, \text{ лм} \quad (6.1)$$

где  $K$  – коэффициент запаса (табл. 6.5.);

$E$  – нормированная освещенность (табл. 5.1);

$e$  – величина условной освещенности, зависит от высоты установки светильника и от расстояния в горизонтальной плоскости. Выбирается по графикам (рис. 6.2., 6.3.).

Подсчитать по формуле (6.1) световой поток лампы  $F_{\text{л}}$ .

6. Подобрать тип лампы (табл. 6.1.–6.3.).

7. Подобрать основные параметры светильников местного освещения (табл. 6.4).

#### 6.5. Содержание отчета

1. Наименование работы.

2. Цель работы.

3. Рабочее задание.

4. Краткая характеристика применяемых приборов.

5. Расчет местного освещения.

6. Заполнить таблицу результатов, табл. 6.6.

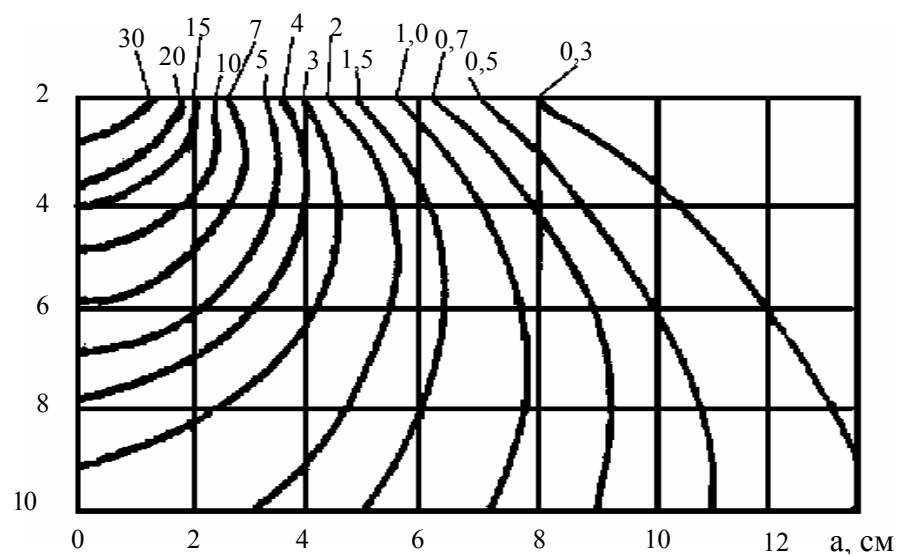


Рисунок 6.2– Условная освещенность 0,3-30

Расстояние от проекции оси светильника, см

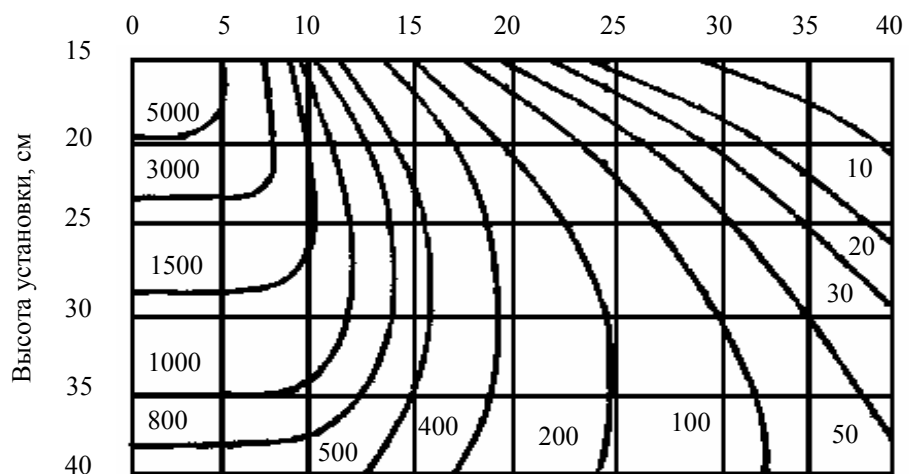


Рисунок 6.3 – Условная освещенность 10-5000

Таблица 6.5

## Значения коэффициента запаса

| Группы помещений и территорий  | Примеры помещений   | Искусственное освещение                              |                 |                 |
|--|---|--|-----------------|-----------------|
|  |   | коэффициент запаса $K_z$                             |                 |                 |
|  |   | кол-во чисток светильников в год                     |                 |                 |
|  |   | Эксплуатационная группа светильников по приложению Г |                 |                 |
|  |   | 1–4  | 5–6             | 7               |
| <b>1. Производственные помещения с воздушной средой, содержащей в рабочей зоне:</b><br>а) более 5 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти<br><br>б) от 1 до 5 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти<br><br>в) менее 1 мг/м <sup>3</sup> пыли, дыма, копоти<br><br>г) значительные концентрации паров, кислот, щелочей, газов, способных при соприкосновении с влагой образовывать слабые растворы кислот, щелочей, а также обладающих большой корродирующей способностью | Агломерационные фабрики, цементные заводы, обрубные отделения литейных цехов  | <u>2,0</u><br>18                                     | <u>1,7</u><br>6 | <u>1,6</u><br>4 |
|  | Цехи кузнечные, литейные, мартеновские, сварочные, сборного железобетона  | <u>1,8</u><br>6                                      | <u>1,6</u><br>4 | <u>1,6</u><br>2 |
|  | Цехи инструментальные, сборочные, механические, механосборочные, пошивочные   | <u>1,5</u><br>4                                      | <u>1,4</u><br>2 | <u>1,4</u><br>1 |
|  | Цехи химических заводов по выработке кислот, щелочей, едких химических реактивов, ядохимикатов, удобрений, цехи гальванических покрытий и различных отраслей промышленности с применением электролиза | <u>1,8</u><br>6                                      | <u>1,6</u><br>4 | <u>1,6</u><br>2 |
|  |   |  |                 |                 |
| <b>2. Производственные помещения с особым режимом по чистоте воздуха при обслуживании светильников:</b><br>а) с технического этажа<br>б) снизу из помещения  |   | 1,3/4<br>1,4/2                                       | —<br>—          | —<br>—          |
|  |   |  |                 |                 |
| <b>3. Помещения общественных и жилых зданий:</b><br>а) пыльные, жаркие и сырые   | Горячие цехи предприятий общественного питания, охлаждаемые камеры, помещения для приготовления растворов в прачечных, душевых и т. д.  | 1,7/2  | 1,6/2           | 1,6/2           |

Окончание табл. 6.5

| Группы помещений и территорий   | Примеры помещений  | Искусственное освещение                              |                 |                 |
|---|--|--|-----------------|-----------------|
|   |  | коэффициент запаса $K_z$                             |                 |                 |
|   |  | кол-во чисток светильников в год                     |                 |                 |
|   |  | Эксплуатационная группа светильников по приложению Г |                 |                 |
|   |  | 1–4  | 5–6             | 7               |
| б) с нормальными условиями среды  | Кабинеты и рабочие помещения общественных зданий, жилые комнаты, учебные помещения, лаборатории, читательные залы, залы совещаний и т. д.      | $\frac{1,4}{2}$                                      | $\frac{1,4}{1}$ | $\frac{1,4}{1}$ |
| 4. Территории с воздушной средой, содержащей:<br>а) большое количество пыли (более $1 \text{ мг/м}^3$ )<br><br>б) малое количество пыли (менее $1 \text{ мг/м}^3$ ) | Территории металлургических, химических, горнодобывающих предприятий, шахт, рудников, железнодорожных станций и прилегающих к ним улиц и дорог | $\frac{1,5}{4}$                                      | $\frac{1,5}{4}$ | $\frac{1,5}{4}$ |
|   | Территории промышленных предприятий, кроме указанных в подп. «а» и общественных зданий   | $\frac{1,5}{2}$                                      | $\frac{1,5}{2}$ | $\frac{1,5}{2}$ |
| 5. Населенные пункты  | Улицы, площади, дороги, территории жилых районов, парки, бульвары, пешеходные тоннели, фасады зданий, памятники, транспортные тоннели          | $\frac{1,6}{2}$                                      | $\frac{1,5}{2}$ | $\frac{1,5}{1}$ |
|   |  | $\frac{1,7}{2}$                                      | –               | –               |

*\*Примечания:*

1. Значения коэффициентов запаса, указанные в гр. 3–5, приведены для разрядных источников света. При использовании ламп накаливания их следует умножать на 0,85.

2. Значения коэффициентов запаса, указанные в гр. 3, следует снижать: при односменной работе по поз. 1 б, 1 г – на 0,2; по поз. 1 в – на 0,1; при двухсменной работе – по 1 б, 1 г – на 0,15.

Таблица 6.6

## Результаты исследований и расчета

| Наименование лампы | Высота подвеса светильника | Освещенность, лк | Коэффициент запаса | Величина условной освещенности | Световой поток, лм | Тип лампы | Тип светильника |
|--------------------|----------------------------|------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------|-----------|-----------------|
|                    | $h$                        | $E$              | $K$                | $e$                            | $F_{\text{л}}$     |           |                 |
| ЛЛ                 |                            |                  |                    |                                |                    |           |                 |
| ЛН                 |                            |                  |                    |                                |                    |           |                 |

## 6.6. Контрольные вопросы

1. Какие существуют виды искусственного освещения?
2. Какое воздействие оказывает свет на организм человека?
3. Принцип действия люксметра.
4. Как выбирается коэффициент запаса?
5. От чего зависит величина условной освещенности?
6. Что такое нормированная освещенность и от чего зависит ее выбор?
7. Работа с люксметром Ю–116.
8. Работа прибора ТКА–ПК.

## 7. Лабораторная работа «Исследование запыленности воздуха в рабочих помещениях»

Цель работы: Ознакомление со свойствами пыли, ее влиянием на организм человека, изучение методик, используемых для исследования запыленности воздуха. Определить концентрацию пыли в пылевой камере весовым методом. Дать санитарно-гигиеническую оценку степени запыленности воздуха.

### 7.1. Общие сведения

Производственной пылью называются тонко диспергированные частицы твердых веществ, образующихся при различных производственных процессах и способных более или менее длительное время, находится во взвешенном состоянии в воздухе.

Дисперсионную систему взвешенных в воздухе частиц пыли называют пылевым аэрозолем, а осевшую пыль – аэрогелем.

Пыль образуется при механическом дроблении, измельчении и истирании твердых материалов, а также вследствие конденсации газо- и парообразных веществ, образующихся в процессе горения, плавления, перегонки и т.д.

Поэтому борьба с пылью на производстве является одной из важнейших задач охраны труда, т.к. воздействию пыли может подвергаться большое число работающих.

Значительное содержание пыли в воздухе нежелательно со многих точек зрения:

- вредное воздействие на организм человека;
- пыль является производственной опасностью, т.к. пыль ряда веществ не только пожаро-, но и взрывоопасна;
- ускоряет износ оборудования, снижает производительность труда;
- может быть причиной загрязнения окружающей среды.

По происхождению пыль делят на органическую, неорганическую (металлическую и минеральную) и смешанную. Кроме того, производственная пыль подразделяется на «активную» (в случае присутствия в пылевых частицах радиоактивных веществ) и «неактивную» (радиоактивные вещества отсутствуют).

Действие пыли на организм зависит в основном от химического состава пыли, от степени запыленности воздуха, от размеров и формы пылевых частиц.

*Степень запыленности* воздуха выражают в миллиграммах пыли на  $1 \text{ м}^3$  воздуха. В чистом воздухе содержится меньше 1 мг пыли в  $1 \text{ м}^3$ . При большой запыленности содержание пыли в воздухе достигает сотен и даже тысяч миллиграммов в  $1 \text{ м}^3$ . Естественно, что с увеличением запыленности действие пыли на организм усиливается.

*Размер пылинок* влияет на продолжительность пребывания их во взвешенном состоянии в воздухе и на глубину проникновения в дыхательные пути. В зависимости от размеров пылевые частицы подразделяются на видимые ( $>10$



мкм), микроскопические (0,25–10 мкм) и ультрамикроскопические (<0,25 мкм) и аэрозоли.

Крупные пылинки, имеющие в поперечнике больше 10 мкм, быстро, в течение нескольких минут, выпадают из воздуха. Они задерживаются в верхних отделах дыхательных путей и оказывают вредное воздействие на них. Обволакиваясь слизью, задержавшиеся пылинки удаляются из верхних дыхательных путей при чихании и кашле. Часть слизи заглатывается, и, если пыль ядовитая, она может проявить свои токсические свойства, всосавшись через слизистую оболочку пищеварительного тракта. Альвеол легких крупные пылинки почти не достигают. Пылинки размером менее 10 мкм могут часами находиться в воздухе, не выпадая. Считают, что наибольшая роль в возникновении пневмокониозов принадлежит пылинкам размером ниже 5 мкм, т.к. они способны проникнуть в альвеолы легких. При дыхании через рот или при глубоком дыхании во время выполнения тяжелой физической работы в легкие проникает больше пыли.

Крупные твердые пылевые частицы, имеющие в поперечнике более 10 мкм, при наличии острых граней или зазубренных краев (стекло, кварц, железные опилки) могут сильнее травмировать слизистую оболочку дыхательных путей и глаз, чем мягкие пылинки с гладкими, тупыми краями (мел, уголь). Форма более мелких частиц не имеет значения.

*Химический состав* производственной пыли очень разнообразен и во многих случаях именно он определяет характер вредного воздействия пыли.

*Влияние пыли на организм* очень многообразно. Даже индифферентная пыль, попадая в глаза, оказывает раздражающее действие. К этому может присоединиться действие микроорганизмов, в результате чего возникают конъюнктивиты. Индифферентная пыль, закупоривая протоки потовых и сальных желез, нарушает потоотделение и играет определенную роль в возникновении фолликулитов, угрей и гнойничковых заболеваний кожи. Пыль, обладающая раздражающим действием, вызывает воспалительные заболевания кожи и образование язв (пыль известковая, фтористого натрия, мышьяковая и др.).

При длительном воздействии индифферентной пыли на слизистые оболочки дыхательных путей развиваются такие заболевания, как ринит, трахеит и бронхит, которые в дальнейшем могут переходить в хронические формы, связанные с нарушением основной функции легких – газообмен и кровообращение. Например, при хроническом бронхите появляется одышка, недостаточность сердечной деятельности, понижается работоспособность.

Фтористая, хромовая, известковая и некоторые другие виды пыли, обладающие раздражающим действием, могут вызывать изъязвления слизистой оболочки носа, носовые кровотечения и боли в носу.

Проникающая в легочные альвеолы пыль, распространяясь по лимфатической сети в легких, вызывает разрастание соединительной ткани, т.е. фиброз легкого. В дальнейшем соединительная ткань сморщивается, образуются рубцы, сдавливающие сосуды и мелкие разветвления бронхиального дерева; отдельные участки легких спадаются.

Наиболее тяжелым видом пневмокониоза является силикоз, вызываемый вдыханием в производственных условиях кварцевой пыли, содержащей свободный диоксид кремния (рудники, шахты и др.). Вначале кварцевая пыль действует механически, а далее, по мере растворения диоксида кремния, и химически. Силикоз часто осложняется туберкулезом легких. Диоксид кремния растворяется очень медленно. Поэтому, даже после прекращения работы силикоз может некоторое время прогрессировать за счет продолжающегося растворения ранее отложившегося в легких диоксида кремния. При силикозе поражаются не только легкие, но и другие органы. Силикоз развивается лишь после нескольких лет вдыхания пыли.

При наличии в пылевых частицах радиоактивных веществ к перечисленным выше поражающим факторам добавляется фактор воздействия на организм человека радиоактивных излучений.

Кроме вредного влияния на здоровье человека, пыль ускоряет износ трущихся частей оборудования; мелкая токопроводящая пыль, оседая в труднодоступных местах электрооборудования, может нарушить электрическую изоляцию и приводить к короткому замыканию.

*Борьба с пылью и предупреждение заболеваний*, связанных с воздействием пыли на организм человека являются основными задачами, стоящими перед администрацией предприятия при организации производства. В ряде производств можно освободиться от пыли путем изменения технологии производства, например, замена сухих способов работы влажными – мокрое бурение в шахтах и рудниках, орошение отбитой руды или газо-пылевых облаков после взрыва. Во всех случаях процессы, связанные с образованием пыли или транспортировкой пылящих материалов, должны быть по возможности механизированы. Места пылеобразования максимально укрывают кожухами, соединенными с воздуховодами вытяжной вентиляции. Большое количество пыли оседает на пол производственных помещений. Регулярной уборкой помещения влажным способом можно предупредить вторичное взвешивание пылевых частиц в воздухе помещений.

Если перечисленные мероприятия не дают нужного эффекта или неприменимы на данном производстве, то приходится прибегать к мерам индивидуальной защиты. Для защиты глаз применяют противопылевые очки; для защиты дыхательных путей – ватно-марлевые повязки или противопылевые респираторы; для защиты кожи – противопылевые комбинезоны.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать установленных предельно допустимых концентраций (ПДК).

ПДК – это такие концентрации, которые при ежедневной (кроме выходных дней) 8-часовой работе или при другой продолжительности рабочего дня, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений состояния здоровья.

Для контроля за величиной запыленности атмосферы производственных помещений необходимо, с одной стороны, знать содержание пыли в воздухе, с

другой стороны, значения ПДК. Величины ПДК для наиболее распространенных пылей приведены в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Предельно допустимые концентрации пыли в воздухе  
рабочей зоны производственных помещений

| №<br>п/п | Вещества  | ПДК,<br>мг/м <sup>3</sup> | №  | Вещества                                | ПДК,<br>мг/м <sup>3</sup> |
|----------|---|---------------------------|----|---|---------------------------|
| 1        | Пыль, содержащая более 10% и до 70% SiO <sub>2</sub>                            | 2,0                       | 11 | Марганец и его оксиды                   | 0,3                       |
| 2        | Асбестовая пыль и пыль смешанная, содержащая 10% асбеста                        | 2,0                       | 12 | Молибден (растворимые соединения)       | 4,0                       |
| 3        | Пыль стеклянного и минерального волокна   | 4,0                       | 13 | Молибден (нерастворимые соединения)     | 6,0                       |
| 4        | Пыль барита, апатита, фосфорита, цемента, содержащая менее 10% SiO <sub>2</sub> | 6,0                       | 14 | Никель и его оксиды                     | 0,5                       |
| 5        | Пыль угольная (до 10% SiO <sub>2</sub> )  | 4,0                       | 15 | Свинец и его соединения                 | 0,01                      |
| 6        | Пыль угольная (менее 2% SiO <sub>2</sub> )                                      | 10,0                      | 16 | Уран (естественный)                     | $8,8 \cdot 10^{-2}$       |
| 7        | Сплавы алюминия и алюминий  | 2,0                       | 17 | Торий (естественный)                    | $7,5 \cdot 10^{-3}$       |
| 8        | Бериллий и его соединения   | 0,001                     | 18 | Цирконий металлический и его соединения | 6,0                       |
| 9        | Оксид ванадия (V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )                                  | 0,1                       | 19 | Титан и его диоксид                     | 10,0                      |
| 10       | Оксиды железа (с примесью фтористых или марганцевых соединений)                 | 4,0                       | 20 | Тантал и его оксиды                     | 10,0                      |

## 7.2. Методы исследования концентрации пыли

Для исследования концентрации пыли и ее дисперсного состава применяют весовой, счетный, фотометрический и радиометрический методы.

*Весовой метод.* При весовом методе определяется концентрация пыли, выраженная в миллиграммах на 1 м<sup>3</sup> (мг/м<sup>3</sup>). Этот метод считается основным.

*Счетный метод.* При счетном методе подсчитывается число пылевых частиц, содержащихся в 1 см<sup>3</sup> исследуемого воздуха, а также определяются их размеры под микроскопом. Этот метод считается вспомогательным к весовому, он применяется чаще всего в гигиенических исследованиях.

*Фотометрический метод.* С помощью фотопылемеров, приборов, принцип действия которых основан на измерении фотометрическим способом изменения (ослабление) интенсивности светового потока, проходящего через запы-

ленный воздух, легко и быстро определяют концентрацию пыли в воздухе. Этот метод сильно уступает в точности измерения весовому методу.

*Радиометрический метод.* Принцип действия радиометрических приборов основан на определении степени поглощения альфа-излучения отобранной на фильтр пробы. Но погрешность измерений составляет  $\pm 30\%$ .

В пыльных цехах предприятий необходимо периодически проводить анализ запыленности воздуха на рабочих местах для выявления состояния воздушной среды. Если в результате этого будет установлено, что фактическая концентрация пыли превышает ПДК, то проводится ряд мероприятий технологического, технического и санитарно-гигиенического порядка для создания на рабочих местах нормальных условий труда.

Рассмотрим более подробно весовой метод исследования запыленности воздуха в рабочих помещениях.

### 7.3 Весовой метод исследования запыленности воздуха

Весовой метод основан на определении привеса пыли на фильтре, через который просасывается определенный объем исследуемого воздуха.

Для проведения лабораторной работы необходимы следующие материалы, приборы и оборудование:

- набор фильтров АФА – ВП–20, способных задерживать пыль;
- фильтродержатель (аллонж);
- резиновые трубки для соединения приборов (воздуховоды);
- часы с секундной стрелкой или секундомер;
- барометр–анероид;
- аналитические весы ВЛР–200;
- термометр;
- воздуходувка (пылесос или электроаспиратор);
- ротаметр;
- пылевая камера.

АФА–ВП–20 – аналитический фильтр аэрозольный изготовлен из гидрофобного высокоэффективного нетканого фильтрующего материала (ткань Петрянова), применяется для исследования запыленности воздуха, состоит из собственно фильтра и защитных бумажных колец. Буква В означает, что фильтр пригоден для весового метода, а цифра 20 обозначает площадь круга фильтра ( $\text{см}^2$ ).

Фильтродержатель представляет из себя пластмассовый патрон с кольцом на резьбе для зажима фильтров. Ротаметр – устройство, предназначенное для измерения объемного расхода воздуха и газов (при условии индивидуальной градуировки на данном газе), табл. 7.2., рис. 7.1.

Схема лабораторной экспериментальной установки для определения запыленности воздуха показана на рис. 7.2.

Таблица 7.2

Калибровочные данные ротаметра

| Отметка шкалы       | 0    | 20  | 40  | 60  | 80  | 100 |
|---------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Расход воздуха, л/ч | 80,8 | 194 | 310 | 426 | 564 | 697 |

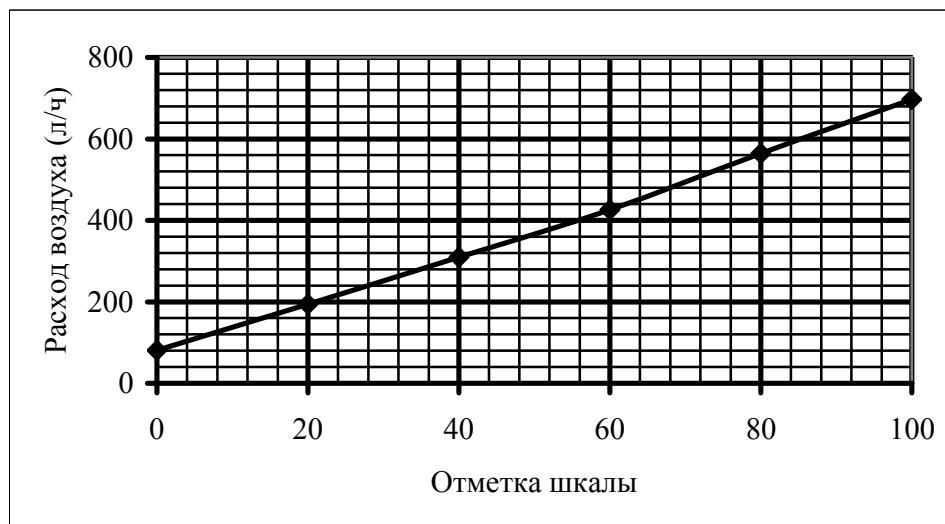


Рис. 7.1 – График определения расхода по воздуху (газу)

Концентрация пыли в воздухе определяется по формуле:

$$C = \frac{m_2 - m_1}{V_0}, \quad (7.1)$$

где  $m_1$  – вес фильтра до отбора пробы, мг;

$m_2$  – вес фильтра после отбора пробы, мг;

$V_0$  – объем воздуха, прошедшего через фильтр, м<sup>3</sup>. Этот объем предварительно необходимо привести к нормальным условиям (т.е. к объему, который он занимал бы при температуре 0°C и нормальном атмосферном давлении, равном 101325 Па или 760 мм. рт. ст.) по формуле:

$$V_0 = \frac{V \cdot \left( \frac{273}{273 + t} \right) \cdot \frac{P_1}{P_N}}{1000}, \quad (7.2)$$

где 273 – абсолютная температура, K;  $t$  – температура воздуха, °C;

$P_1$  – фактическое барометрическое давление в момент отбора пробы, Па (мм. рт. ст.);  $P_N$  – нормальное атмосферное давление, равное 101325 Па (760 мм. рт. ст.);  $V$  – объем воздуха, прошедшего за заданное время при стандартных условиях, л; 1000 – коэффициент перевода литров в кубические метры (1 м<sup>3</sup>=1000 л).

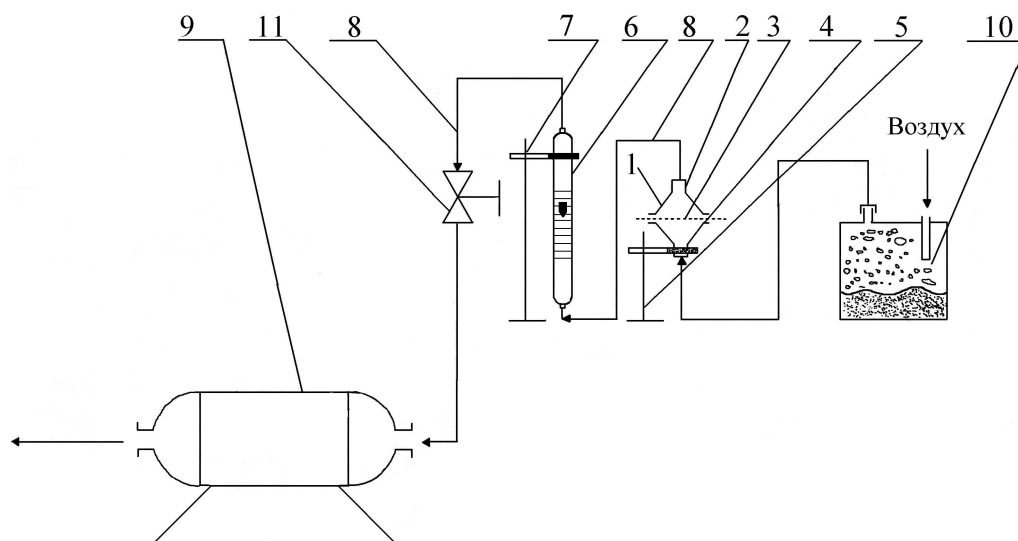


Рис. 7.2 – Схема лабораторной экспериментальной установки для определения запыленности воздуха:

- 1 – фильтр; 2 – верхняя крышка фильтра; 3 – фильтрующий элемент;  
 4 – нижняя часть фильтра; 5 – штатив с держателем; 6 – ротаметр;  
 7 – штатив с держателем; 8 – соединительная трубка; 9 – пылесос;  
 10 – пылевая камера; 11 – винтовой зажим

$V$  – объем воздуха при стандартных условиях, входящий в формулу 2, может быть найден с использованием ротаметра, прокалиброванного по расходу воздуха (л/ч). Так как калибровка ротаметра верна только для условий, соответствующих его калибровке, обычно указанных на шкале, а при любых других условиях шкала неверна, то ею пользоваться можно только после соответствующего пересчета. Для этого следует использовать следующую формулу:

$$V = V_t \cdot \left( \frac{273 + T_2}{273 + T_1} \right) \cdot \frac{P_1}{P_2}, \quad (7.3)$$

где  $V_t$  – объем воздуха, найденный из графика определения расхода по воздуху (рис.7.1.);  $T_1$  – температура в момент калибровки ротаметра;  $P_1$  – барометрическое давление в момент калибровки ротаметра;  $T_2$  – температура в момент прокачки воздуха, °С;  $P_2$  – барометрическое давление в момент прокачки воздуха, Па.

Заданные преподавателем параметры опыта и значение объема воздуха, найденного с использованием калибровочной прямой, табл. 7,2., рис. 7.1. записать в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Определение расхода (л/ч)

| Среда  | Давление ( $P_1$ ), мм. рт. ст. | Температура ( $T_1$ ), °С | Давление ( $P_2$ ), мм. рт. ст. | Температура ( $T_2$ ), °С | Деление шкалы | Время опыта, мин. | $V_b$ , л |
|--------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------|-------------------|-----------|
| Воздух | 747,1                           | 22,4                      |                                 |                           |               |                   |           |

Найденное значение  $V$  – скорость отбора пробы, л/мин. занести в табл. 7.3.

#### 7.4. Методика проведения работы

1. Проверить наличие защитного заземления на установке (при отсутствии его установку заземлить).
2. На аналитических весах взвесить фильтр, записать в таблицу массу фильтра, вставить фильтр в фильтродержатель.
3. Собрать все элементы в единую схему: пылевая камера – фильтродержатель – резиновая трубка – ротаметр – резиновая трубка – воздуходувка.
4. Включить в работу воздуходувку (пылесос) и секундомер.
5. Зафиксировать начало отбора пробы. Во время отбора по ротаметру необходимо следить за скоростью просасывания и при необходимости подрегулировать ее вентилем.
6. По окончании отбора пробы выключить воздуходувку и секундомер. Осторожно вынуть фильтр из фильтродержателя и взвесить его на тех же весах. Все параметры записать в таблицу 7.4.

Таблица 7.4

Результаты наблюдений

| № опыта | V, л | V <sub>0</sub> , м <sup>3</sup> | Вес фильтра, мг |                | Привес фильтра, мг | Запыленность воздуха, мг/м <sup>3</sup> |
|---------|------|---------------------------------|-----------------|----------------|--------------------|---|
|         |      |                                 | До продувки     | После продувки |                    |   |
|         |      |                                 |                 |                |                    |   |

7. Вычисление объема воздуха в нормальных условиях и концентрации пыли произвести, используя формулы 7.1 и 7.2.

8. Сделать вывод о степени запыленности воздуха, сравнив со значениями ПДК представленными в табл. 7.1.

#### 7.4 Контрольные вопросы

1. Классификация пыли, ее свойства.
2. Что такое ПДК?
3. Как пыль влияет на организм человека и на производственное оборудование?
4. Какие методы исследования запыленности воздуха вы знаете?
5. Что значит нормальные условия для определения запыленности воздуха?
6. Что значит стандартные условия для определения запыленности воздуха?
7. Для чего используется ротаметр?
8. Перечислите методы определения запыленности воздуха.
9. В чем заключается весовой метод определения пыли?
10. Какие меры и средства защиты от пыли вы знаете?

## 8. Лабораторная работа «Исследование процесса тушения пламени в зазоре»

Цель работы: исследовать процесс тушения пламени в зазоре электрооборудования во взрывонепроницаемом исполнении.

### 8.1. Общие сведения

Согласно правилам устройства электроустановок (ПУЭ) взрывоопасной зоной называется помещение или ограниченное пространство в помещении, в котором имеются или могут образовываться взрывоопасные смеси, т.е. смесь воздуха с горючими газами, парами легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), горючими пылями или волокнами. К ЛВЖ относятся жидкости, температура вспышки паров которых не выше 61 °С.

С целью предотвращения появления источников воспламенения во взрывоопасных зонах применяют специальные виды электрооборудования, т.е. такие, которые не могут служить причиной возникновения взрывов.

Все виды электрооборудования, согласно ПУЭ, подразделяются на взрывозащищенное и нормальное исполнения.

Во взрывоопасных зонах разрешается применять только взрывозащищенное электрооборудование. Взрывозащищенное электрооборудование подразделяют по категориям, группам и температурным классам, таб. 8.1., 8.2. Одним из видов взрывозащиты электрооборудования и защиты от распространения пламени по производственным коммуникациям являются огнепреградители. Принцип действия одних из них основан на гашении пламени в узких каналах. Такой же принцип работы у щелевой защиты взрывонепроницаемого электрооборудования, когда оборудование имеет оболочку или корпус с определенными фланцевыми зазорами между поверхностями прилегания.

Газы, образовавшиеся в результате взрыва внутри оболочки, выходя под давлением взрыва через узкую щель, расширяются, при этом теплоотдача в окружающую среду превышает тепловыделение, чем предупреждается воспламенение горючей смеси пламенем, выбрасываемым через фланцевые зазоры. Величина зазора должна быть меньше тушащего для данной смеси паров и газов и зависит только от свойств этой горючей смеси и не зависит от материала, из которого сделана щелевая защита и от ее длины.

Существует стандартный метод для определения зазора между фланцами по ГОСТ 12.1.011–78 ССБТ «Смеси взрывоопасные. Классификация».

Максимальный зазор между фланцами, через который не происходит передача взрыва в окружающую среду, при любой концентрации горючего



Таблица 8.1

Категории и группы некоторых взрывоопасных смесей газов и паров в зависимости от величины безопасного экспериментального максимального зазора (БЭМЗ)

| Категория и группа взрывоопасных смесей | Наименование взрывоопасных смесей   | Величина БЭМЗ, мм  |
|---|---|--|
| 1–Т1<br>П<br>ПА–Т1<br>ПА–Т2<br>ПА–Т3    | Рудничный метан<br>Промышленные газы и пары: Аммиак, ацетон, бензол и др.<br>Бензин, бутан, этиловый спирт и др.<br>Бензины: А–66, А–72 и др. | Больше 1,0<br><br>Больше 0,9<br>Больше 0,9<br>Больше 0,9 |

Таблица 8.2

Температурные классы электрооборудования, соответствующие группам взрывоопасных смесей, для которых электрооборудование является взрывоопасным

| Знак класса | Предельная температура, °С | Группа взрывоопасной смеси |
|-------------|----------------------------|----------------------------|
| T1          | 450                        | T1                         |
| T2          | 300                        | T1, T2                     |
| T3          | 200                        | T1–T3                      |

вещества в воздухе называется безопасным экспериментальным максимальным зазором (БЭМЗ).

Величину тушащего зазора определяют экспериментально для каждой горючей смеси. В зависимости от величины тушащего зазора устанавливается категория взрывоопасной смеси.

Тушащий зазор

$$Pe = \frac{v_n \delta_{\text{туш}} C_p \rho_0}{\lambda_0}, \quad (8.1)$$

где  $v_n$  – нормальная скорость распространения пламени, м/с;  $Pe$  – критерий Пекле;  $\delta_{\text{туш}}$  – диаметр (ширина) тушащего канала, м;  $C_p$  – удельная теплоемкость исходной смеси, Дж/(кг×°С);  $\rho_0$  – плотность исходной смеси, кг/м<sup>3</sup>,  $\lambda_0$  – теплопроводность исходной смеси, Вт/(м×°С).

На пределах гашения пламени критерий Пекле постоянен и равен ~ 65.

Таким образом, приняв критерий  $Pe = 65$ , можно оценить величину тушащего зазора  $\delta_{\text{туш}}$ . Точное значение ширины тушащего канала определяется экспериментально.

Из теории пределов распространения пламени Я.Б. Зельдовича следует, что гашение пламени в узких каналах достигается при условии

$$\delta_{\text{туш.}} = \frac{D - \left[ D^2 - \left( Pekd \cdot \frac{a}{V_{\text{н}}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}}{2}, \text{ м} \quad (8.2)$$

где  $D$  – средний диаметр конического отверстия между камерами;  $D = 0,025 \text{ м}$ ;  $a$  – коэффициент температуропроводности исходной смеси,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $V_{\text{н}}$  – нормальная скорость распространения пламени,  $\text{м}/\text{с}$ ;  $Pekd$  – критическое значение числа Пекле, задается преподавателем, значение которого для многих горючих веществ равно 55–70;  $\delta_{\text{туш.}}$  – величина тушащего зазора.

Для экспериментальной проверки вычисленного зазора необходимо рассчитать стехиометрическую концентрацию горючей смеси с воздухом в объемных долях.

Стехиометрической называется горючая смесь, которая не содержит в избытке ни горючих компонентов, ни окислитель и определяется по формуле

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{m_{\text{г}} - m_{\text{O}_2} - m_{\text{N}_2}}, \quad \% \quad (8.3)$$

где  $m_{\text{г}}$ ,  $m_{\text{O}_2}$ ,  $m_{\text{N}_2}$  – стехиометрические коэффициенты горючего, кислорода и азота, определяемые из уравнения горения.

Реакция горения некоторых веществ даны в табл. 8.3.

Объем горючей смеси, необходимой для получения стехиометрической смеси, заполняющей полости, рассчитывается по формуле

$$V = \frac{C_{\text{ст}} \cdot M \cdot 10 \cdot V_{\text{п}}}{V_{\text{т}} \cdot \gamma_{\text{ж}}}, \quad \text{мл} \quad (8.4)$$

где  $M$  – молекулярная масса;  $V_{\text{п}}$  – объем каждой полости, л; в нашем случае – 2,5 л;  $\gamma_{\text{ж}}$  – удельная плотность испытываемой жидкости, г/л (для ацетона  $\gamma_{\text{ж}} = 790,8 \text{ г}/\text{л}$ );  $V_{\text{т}}$  – объем грамм-молекулы, л; (принять  $V_{\text{т}} = 24,05 \text{ л}$ ).

Величины для применяемых в эксперименте горючих жидкостей приведены в табл. 8.4.

## 8.2. Установка для проведения эксперимента

Включает в себя стенд (рис. 8.1., 8.2.), состоящий из: толстеного сосуда 1, рассчитанного на давление 10 Мпа; блока зажигания – 2; разделяющей перегородки – 3; клапана продувки – 4; вентилятора с воздуховодами, используемыми для их продувки – 5; кнопки рычага продувки – 6; конуса – 7; лимба – 8; штуцера – 9; бумажной мембраны – 10; кнопки включения стенда – 11; кнопки включения стенда – 12; кнопки продувки – 13; кнопки зажигания в камере А – 14; кнопки зажигания в камере В – 15.

Таблица 8.3

## Реакции горения некоторых веществ и их физические свойства

| Название горючего   | Химическая формула | Реакция горения  |                        |   |
|---|--------------------|------------------|------------------------|---|
|   |                    | $m_T$            | $m_{O_2}$              | $m_{N_2}$                                 |
| Ацетон  | $C_3H_6O$          | I $C_3H_6O + 4$  | $O_2 + 4 \cdot 3.76$   | $N_2 = 3CO_2 + 3H_2O + 4 \cdot 3.76N_2$   |
| Бензол  | $C_6H_6$           | I $C_6H_6 + 7,5$ | $O_2 + 7.5 \cdot 3.76$ | $N_2 = 6CO_2 + 3H_2O + 7.5 \cdot 3.76N_2$ |
| Этиловый спирт  | $C_2H_5OH$         | I $C_2H_5OH + 3$ | $O_2 + 3 \cdot 3.76$   | $N_2 = 2CO_2 + 3H_2O + 3 \cdot 3.76N_2$   |
| Коэффициент 3.76 отражает соотношение кислорода и азота в воздухе |                    |                  |                        |   |

Таблица 8.4

## Данные для определения тушащего зазора оборудования, физические свойства горючих веществ

| № п/п | Наименование вещества | Формула    | Молекулярный вес | Удельная плотность вещества, ж, г/л | Нормальная скорость распространения пламени, $V$ , м/с | Коэффициент температуропроводности исходной смеси, $a$ , $m^2/c$ | Стехиометр. концентр., $C_{ст}$ | Стехиометр. объем, $V$ , мл |
|-------|-----------------------|------------|------------------|-------------------------------------|--|--|---------------------------------|-----------------------------|
| 1.    | Ацетон                | $C_2H_6O$  | 58,08            | 790,5                               | 0,32   | $208 \cdot 10^{-4}$  | 4,99                            | 0,15                        |
| 2.    | Бензол                | $C_6H_6$   | 48,11            | 879,0                               | 0,37   | $212 \cdot 10^{-4}$  | 2,73                            | 0,06                        |
| 3.    | Этиловый спирт        | $C_2H_5OH$ | 46,07            | 789,5                               | 0,36   | $202 \cdot 10^{-4}$  | 6,55                            | 0,0035                      |

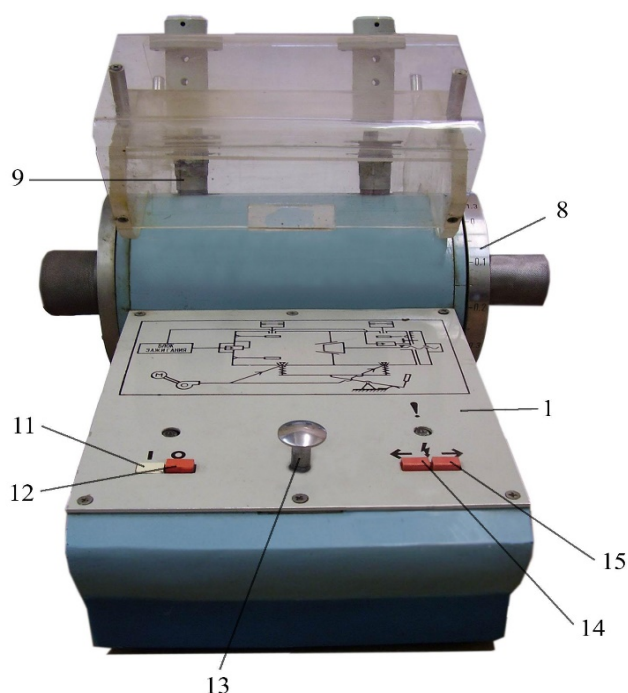


Рис. 8.1 – Установка для проведения эксперимента

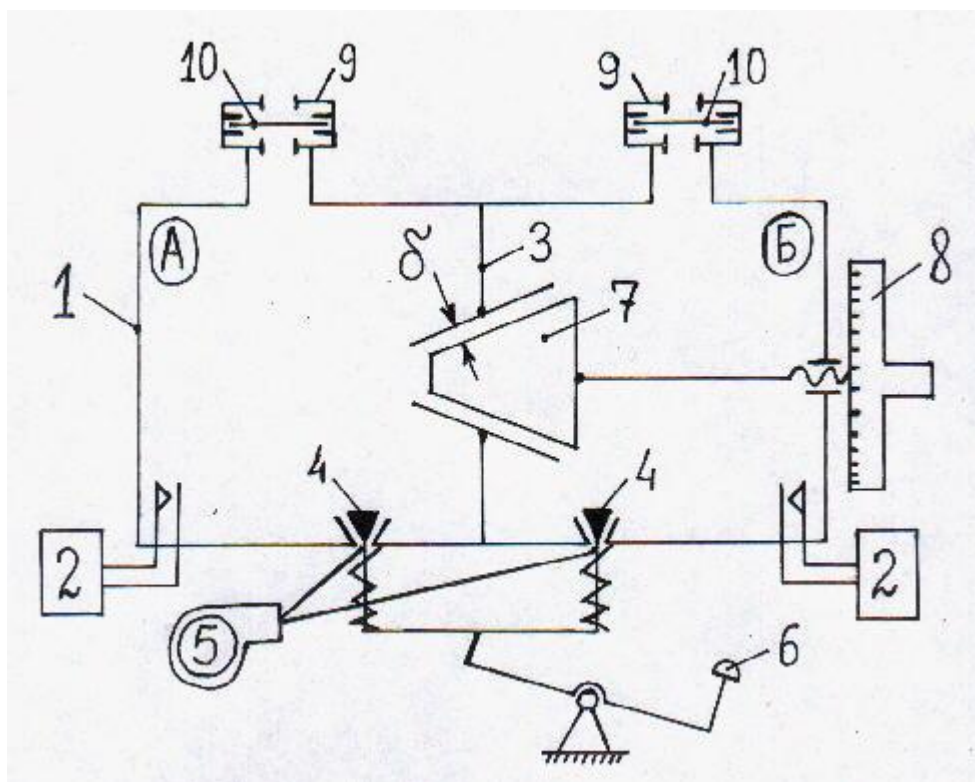


Рис. 8.2– Схема установки для проведения эксперимента

### 8.3. Порядок проведения работы

Жидкое горючее вещество задается преподавателем (ацетон, бензол, этиловый спирт). Выполнить расчеты по формулам (8.1)–(8.4). Включить стенд в сеть кнопкой 11 (рис. 8.1.). Перед началом работы продуть камеры воздухом в течение 40–45 с, нажав кнопку 13. Поднять верхний предохранительный щиток и через отверстие штуцеров залить мерной пипеткой в полости жидкое горючее вещество в количестве, необходимом для опыта и рассчитанном по формуле (8.4). Под пластины выхлопных штуцеров заложить бумажные мембраны – листки плотного, но не прочного на разрыв, материала, например, кальку или бумагу. Закрыть верхний предохранительный щиток. Для равномерного заполнения полостей парами залитой жидкости необходимо выждать 1–2 минуты. Жидкость, стекая с верхнего уступа на нижний, испаряется и пары интенсивнее перемешиваются с воздухом. Установить по лимбу зазор, рассчитанный по формуле (8.1). Приготовленную взрывоопасную смесь паров жидкости с воздухом поджечь искрой, включив зажигание в камере А (кнопка 14, рис. 8.1.) и наблюдать за результатом опыта: звук взрыва и разрыв мембраны. Если зазор выбран верно, то во второй полости взрыва не происходит, т.е. можно фиксировать «непередачу взрыва». Произвести контрольный взрыв во второй камере Б, включив соответствующую этой камере кнопку зажигания 15, чтобы убедиться в наличии там взрывчатой смеси и дезактивировать ее. В этом случае можно фиксировать «непередачу взрыва». Если зазор больше тушащего, то происходит «передача взрыва», т.е. при поджигании смеси в камере А воспламеняется

смесь и в камере Б, т.е. взрыв происходит одновременно в обеих полостях. Зазор считать тушащим, если частота «непередачи взрыва» на данной концентрации паров в опытах более 50%. Количество опытов устанавливается преподавателем. Результаты эксперимента занести в табл. 8.5. и составить отчет по проделанной работе. Сделать вывод по работе – является рассчитанный зазор тушащим или нет.

Таблица 8.5

Результаты эксперимента

| Исследуемая жидкость |                 | Концентрация           |           |                               |
|----------------------|-----------------|------------------------|-----------|-------------------------------|
| № опыта              | Величина зазора | Результат эксперимента |           | Результат контрольного взрыва |
|                      |                 | полость 19             | полость 6 |                               |
| 1                    | 2               | 3                      | 4         | 5                             |
|                      |                 |                        |           |                               |

#### 8.4 Форма отчета

1. Цель работы.
2. Схема установки.
3. Расчеты.
4. Таблицы экспериментальных данных.
5. Выводы.

#### 8.5 Контрольные вопросы

1. Что называется взрывоопасной зоной?
2. Как подразделяются все виды электрооборудования, согласно ПУЭ?
3. Какое оборудование разрешается применять во взрывоопасных зонах?
4. Как подразделяют взрывозащищенное электрооборудование?
5. Где используется принцип тушения пламени в зазоре?
6. Какой принцип заложен при тушении пламени в зазоре?
7. За счет чего происходит тушение пламени в зазоре?
8. Влияет ли материал и длина щели тушащего зазора на эффективность тушения?
9. Чем определяется величина тушащего зазора?
10. Что такое БЭМЗ?
- 11 Взрывозащищенное электрооборудование подразделяют. Что называется стехиометрической горючей смесью?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасность жизнедеятельности: учеб. для вузов / Н. Г. Занько, К. Р. Малаян, О. Н. Русак; под ред. О.Н. Русака. – 14-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2012. – 671 с.
2. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23–05–95\*. – [утв. приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 783] – Введ. 2011–05–20.
3. ГОСТ 12.2.007.13–2000 ССБТ. Лампы электрические. Требования безопасности. [принят Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол N 17–2000 от 22 июня 2000 г.)] – Введ. 2001–07–01.
4. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учеб. для бакалавров / С.В. Белов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2013. – 682 с.
5. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
6. Методические рекомендации «Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания» N 5168–90 от 05.03.90. В сб.: Гигиенические основы профилактики неблагоприятного воздействия производственного микроклимата на организм человека. В.43, М. 1991, с.192–211.
7. Руководство Р 2.2.013–94. Гигиена труда. Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. Госкомсанэпиднадзор России, М, 1994, 42 с.
8. ГОСТ 12.1.005–88 «Общие санитарно–гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
9. Безопасность жизнедеятельности: безопасность технологических процессов и производств: охрана труда: учеб. пособие / П. П. Кукин [и др.]. – 5-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2009. – 335 с.
10. Производственная безопасность. Часть 2. Защита от опасных производственных факторов: учеб. пособие / В.С. Бурлуцкий [и др.]; под ред. С.В. Ефремова. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 152 с.