

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра химической технологии твердого топлива

Составители:  
Ушакова Е. С.  
Ушаков А. Г

## **ОХРАНА ТРУДА**

Методические материалы для студентов специальности СПО  
18.02.12 Технология аналитического контроля  
химических соединений

Кемерово 2025

Рецензенты:

Неведров А. В., заведующий кафедрой химической технологии твердого топлива

**Ушакова Елена Сергеевна**

**Ушаков Андрей Геннадьевич**

**Охрана труда:** Методические материалы к практическим занятиям и самостоятельной работе студентов специальности СПО 18.02.12 Технология аналитического контроля химических соединений / Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева ; кафедра химической технологии твердого топлива ; составители Е. С. Ушакова, А. Г. Ушаков. – Кемерово : КузГТУ, 2025. – 1 файл (919 Кб). – Текст : электронный.

Методические материалы по дисциплине «Охрана труда» предназначены для организации практических занятий и самостоятельной работы.

© Кузбасский государственный  
технический университет имени  
Т. Ф. Горбачева, 2025

© Ушакова Е. С., Ушаков А. Г.,  
составление, 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	3
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗА- НЯТИЯМ.....	4
<b>Практическая работа №1.</b> Виды инструктажа.....	4
<b>Практическая работа №2.</b> Расчёт вентиляции производ- ственного участка.....	6
<b>Практическая работа №3.</b> Расчет общего освещения. Вы- бор светильников.....	12
<b>Практическая работа №4.</b> Расчет контурного защитного заземления.....	21
Критерии оценки практических занятий.....	29
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ.....	30
Темы для самостоятельного изучения.....	30
Критерии оценки самостоятельных работ.....	32
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	32

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания разработаны в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Охрана труда».

К практическому занятию студенты должны подготовиться самостоятельно, изучая конспект лекции и рекомендованную литературу. На занятии студенты должны иметь при себе линейку, карандаш, калькулятор, тетрадь для практических работ и самостоятельных работ.

Отчеты по практическим работам аккуратно оформляются в письменном виде и должны включать в себя следующие пункты:

- название практической работы и ее цель;
- порядок выполнения работы;
- индивидуальное задание;
- решение;
- вывод.

При подготовке к защите практической работы, необходимо ответить на предложенные контрольные вопросы.

Самостоятельная работа студентов представляет собой теоретические задания, вошедшие в программу по дисциплине «Охрана труда», выполняется в виде конспекта по предлагаемой тематике. Выполнение заданий по самостоятельной работе является обязательным, производится в отдельных тетрадях, которые проверяются как отчетный материал студента.

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ**

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1. ВИДЫ ИНСТРУКТАЖА**

**Цель:** ознакомиться с видами, с порядком проведения инструктажей, и проверки знаний по охране труда.

### **Материально-техническое оснащение:**

1. Методические указания по проведению работы.
2. Нормативно-техническая и справочная литература.
3. Журнал формы ТНУ-19.
4. Банки протоколов и удостоверений проверки знаний по охране труда и электробезопасности.

### **Краткий теоретический материал:**

Трудовым законодательством предусмотрена система многоступенчатого целевого обучения в области охраны труда.

Одно из направлений этой системы проведение инструктажей по охране труда. На предприятиях автотранспорта и СТО предусмотрены следующие виды инструктажей:

- вводный – при приеме работника на работу;
- первичный на рабочем месте – перед тем как работник самостоятельно приступает к работе;
- повторный – в рамках инструкционного материала первичного инструктажа, не реже одного раза в шесть месяцев;
- целевой – перед выполнением конкретного вида работы, при смене работ и т. д.;
- внеплановый – по требованию инспектирующих органов, при выявлении нарушений охраны труда, при изменении нормативной документации, в рамках мероприятий по результатам расследования несчастного случая и т.д.

Результаты всех видов инструктажей заносят в журнал регистрации.

### **Порядок выполнения работы:**

1. Поясните назначение инструктажей.

2. Заполнить таблицу 1 с характеристикой всех видов инструктажей, предусмотренных на СТО и автопредприятиях.

Таблица 1

Вид инструктажа			
Когда проводится			
С кем проводится			
Кто проводит			
Где проводится			
Краткое содержание			
Где фиксируется			

**Контрольные вопросы:**

1. Виды инструктажей по охране труда
2. Кто имеет право проводить целевой инструктаж по охране труда.
3. Как правильно оформить повторный инструктаж по охране труда.
4. Краткое содержание вводного инструктажа по охране труда.
5. Краткое содержание первичного инструктажа на рабочем месте по охране труда.
6. Краткое содержание повторного инструктажа по охране труда.
7. Краткое содержание целевого инструктажа по охране труда.

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2. РАСЧЁТ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО УЧАСТКА**

**Цель:** расчет основных параметров вентиляции производственного участка.

### **Материально-техническое оснащение:**

1. Методические указания по проведению работы.
2. Нормативно-техническая документация, СНиПы.

### **Краткий теоретический материал:**

В производственных и вспомогательных помещениях отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха обеспечивают возможность создания оптимальных параметров воздушной среды (производственного микроклимата), способствующих сохранению здоровья человека и повышению его трудоспособности.

Эффективным средством обеспечения оптимальных микроклиматических параметров воздуха рабочей зоны является промышленная вентиляция.

Вентиляцией называется организованный, регулируемый воздухообмен, обеспечивающий удаление из помещения воздуха и подачу на его место свежего.

По способу перемещения воздуха различают системы естественной и механической вентиляции.

Естественная система вентиляции – это такая система, перемещение воздушных масс в которой осуществляется благодаря возникающей разности давлений снаружи и внутри здания. Естественная вентиляция может проявляться в виде инфильтрации или аэрации. Неорганизованная естественная вентиляция – инфильтрация (естественное проветривание) осуществляется сменой воздуха в помещениях через неплотности в ограждениях и элементах строительных конструкций. Аэрацией называется организованная естественная общеобменная вентиляция помещений в результате поступления и удаления воздуха через открывающиеся фрамуги окон и фонарей.

Естественная вентиляция требует малых эксплуатационных затрат и позволяет обменивать огромные объемы воздуха, труд-

нодостижимые в процессе механической вентиляции.

Механическая вентиляция – вентиляция, при которой воздух подается в производственные помещения или удаляется из них с помощью механических побудителей – вентиляторов. Для подачи воздуха используются системы вентиляционных каналов. Эти системы применяются при вентиляции помещений, имеющих в воздухе большие концентрации вредных веществ.

Механическая вентиляция осуществляется за счет разрежения, или избыточного давления, создаваемого вентилятором или эжектором. Ее преимуществом по сравнению с естественной вентиляцией являются независимость от погодных условий, возможность подготовки подаваемого в помещение и очистки удаляемого из помещения воздуха, большой радиус действия, возможность организовывать оптимальное воздухораспределение. Создаются также условия для подачи (удаления) воздуха непосредственно к рабочему месту.

### **Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомиться с методикой расчета основных параметров вентиляции производственного участка.
2. Рассчитать кратность воздухообмена при общеобменной вентиляции для помещения с избытками тепла и выделением вредных веществ.

Данные для расчета приведены в таблице 2.

### **Пример расчета**

*Исходные данные:*

Габаритные размеры цеха: длина – 24 м;

ширина – 12 м;

высота – 6 м.

Избыточное количество теплоты – 32 000 кДж.

Наименование вредного вещества – ацетон.

Количество выделяемого вредного вещества – 300 000 мг/ч.

Температура удаляемого воздуха – 30°C.

Температура приточного воздуха – 22°C.

*Расчет*

Определение объема помещения проводят по формуле

$$V = a \cdot b \cdot h,$$

где  $a$  – длина помещения, м;

$b$  – ширина помещения, м;

$h$  – высота помещения, м.

$$V = 24 \cdot 12 \cdot 6 = 1728 \text{ м}^3.$$

Определение расхода приточного воздуха,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , необходимого для отвода избыточной теплоты определяется по формуле:

$$L_1 = \frac{Q_{\text{изб}}}{c\rho(t_{\text{уд}} - t_{\text{пр}})},$$

где  $Q_{\text{изб}}$  – избыточное количество теплоты, кДж/ч;

$c$  – теплоемкость воздуха, Дж/(кг·К);  $c = 1,2$  кДж/(кг·К);

$\rho$  – плотность воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\rho = 1,2$   $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$t_{\text{уд}}$  – температура воздуха, удаляемого из помещения, принимается равной температуре воздуха в рабочей зоне, °С;

$t_{\text{пр}}$  – температура приточного воздуха, °С.

$$L_1 = \frac{32\,000}{1,2 \cdot 1,2 \cdot (30 - 22)} = 2777 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Расход приточного воздуха,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , необходимый для поддержания концентрации вредных веществ в заданных пределах выполняется по формуле

$$L_2 = \frac{G}{q_{\text{уд}} - q_{\text{пр}}},$$

где  $G$  – количество выделяемых вредных веществ;

$q_{\text{уд}}$  – концентрация вредных веществ в удаляемом воздухе, которая не должна превышать предельно допустимую,  $\text{мг}/\text{м}^3$ , т. е.

$q_{\text{уд}} \leq q_{\text{ПДК}}$ ;

$q_{\text{пр}}$  – концентрация вредных веществ в приточном воздухе,  $\text{мг}/\text{м}^3$ .

$$q_{\text{пр}} \leq 0,3 q_{\text{ПДК}}.$$

Для ацетона  $q_{\text{ПДК}} = 200 \text{ мг/м}^3$  (согласно ГН 2.2.5.686-98 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы»).

$$q_{\text{пр}} \leq 0,3 \cdot 200 = 60 \text{ мг/м}^3.$$

$$L_2 = \frac{300\,000}{200-60} = 2\,142 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Выбираем большую величину воздухообмена

$$L_1 > L_2, L = 2777 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Для определения кратности воздухообмена, 1/ч, следует использовать формулу

$$K = \frac{L}{V},$$

где  $L$  – требуемый воздухообмен,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$V$  – внутренний объем помещения,  $\text{м}^3$ .

$$K = \frac{2777}{2728} = 1,6 \text{ 1/ч}.$$

Таблица 2

## Варианты для решения

№ варианта	Размеры Помещения, м			Избыточное количество теплоты, кДж	Вредное вещество		Температура воздуха, °С	
	ширина	длина	высота		наименование	количество, г/ч	удаляемого	приточного
1.	50	24	2	30 000	Аммиак	25	19	18
2.	30	20	2	15 000	Сероводород	400	20	18
3.	15	15	2	23 000	Оксид углерода	100	21	18
4.	20	40	2	40 000	Диоксид серы	250	22	18
5.	30	30	2	60 000	Оксид серы	80	23	18
6.	50	24	3	27 000	Триоксид серы	300	24	20
7.	30	20	3	12 000	Оксид азота	430	25	20
8.	15	15	3	32 000	Диоксид азота	280	26	20
9.	20	40	3	10 000	Аммоний хлорид	50	27	20
10.	30	30	3	80 000	Ацетат калия	120	28	20
11.	50	24	4	30 000	Бензойная кислота	350	29	22
12.	30	20	4	15 000	Дихлорбензол	180	30	22
13.	15	15	4	23 000	Иод	25	19	22
14.	20	40	4	40 000	Карбамид	400	20	22
15.	30	30	4	60 000	Нафталин	100	21	22
16.	50	24	5	27 000	Нитропропан	250	22	24
17.	30	20	5	12 000	Пентан	80	23	24

Продолжение таблицы 2

№ варианта	Размеры Помещения, м			Избыточное количество теплоты, кДж	Вредное вещество		Температура воздуха, °С	
	ширина	длина	высота		наименование	количество, г/ч	удаляемого	приточного
18.	15	15	5	32 000	Пиридин	300	24	24
19.	20	40	5	10 000	Серная кислота	430	25	24
20.	30	30	5	80 000	Хлор	280	26	24
21.	50	24	6	30 000	Циклогексен	50	27	25
22.	30	20	6	15 000	Этилбензол	120	28	25
23.	15	15	6	23 000	Этанол	350	29	25
24.	20	40	6	40 000	Циклогексанон	180	30	25
25.	30	30	6	60 000	Бутан	260	31	25

**Контрольные вопросы:**

1. Назначение вентиляции.
2. Виды вентиляции.
3. Параметры вентиляционных установок.
4. Порядок выбора вентиляционной установки.
5. Значение вентиляции в нормализации макроклиматических параметров рабочей среды.

# **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3. РАСЧЕТ ОБЩЕГО ОСВЕЩЕНИЯ. ВЫБОР СВЕТИЛЬНИКОВ**

**Цель:** Расчет общего освещения. Выбор светильников.

**Материально-техническое оснащение:**

1. Методические указания по проведению работы.
2. Нормативно-техническая документация, СНиПы.

**Краткий теоретический материал:**

Освещенность помещений характеризуется количественными и качественными показателями.

К количественным показателям относятся:

- световой поток;
- сила света;
- освещенность;
- коэффициент.

К качественным показателям относятся:

- фон;
- контраст объекта с фоном;
- коэффициент пульсации светового потока;
- спектральный состав;
- показатель ослепления.

Коэффициент пульсации светового потока – это критерий глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока.

Слепящая яркость источника света – яркость источника, каждый квадратный метр излучающей поверхности которого в данном направлении имеет силу света, равную одной канделе. Измеряется яркость источника света,  $\text{кд/м}^2$ .

Яркость может восприниматься только до известного предела ( $5000 \text{ кд/м}^2$ ), при дальнейшем увеличении яркости она оказывает слепящее воздействие.

При естественном освещении, в дневное время, человек видит предметы на горизонтальном участке пути на расстоянии около 1 км. В пасмурную погоду видимость сокращается до

800 м, а при тумане падает почти до нуля. Ночью, при освещении дальним светом прожектора, крупные предметы различаются на расстоянии 100–130 м.

Ночью объекты появляются в освещенной зоне внезапно, время на их опознание возрастает, а на принятие решений сокращается. Установлено, что ночью время реакции также увеличивается в среднем в два раза: если в дневное время при хорошей видимости человек может воспринимать за 1 секунду 3–5 объектов, то ночью лишь 1–2 объекта.

При пульсации светового потока возникает стробоскопический эффект. Вследствие этого вращающиеся предметы могут казаться неподвижными или имеющими другое направление вращения, что также может привести к травмам. Недостаточная освещенность при напряженной зрительной работе приводит к быстрому утомлению, возникновению головных болей, ухудшению зрения.

Для нормализации освещенности рабочего места в помещении применяется специально организованное освещение. Оно может быть естественным (через оконные проемы) и искусственным – электрическим.

Совмещенное освещение – это такое освещение, при котором недостаточная естественная освещенность компенсируется искусственными источниками света. При наличии достаточного естественного освещения искусственное включают, если освещенность на улице ниже 5000 лк.

В зависимости от конструкции здания естественное освещение бывает боковое (свет падает на рабочую поверхность сбоку с одной или с двух сторон), верхнее и комбинированное (верхнее и боковое).

Искусственное освещение производственных помещений подразделяется на рабочее, аварийное, эвакуационное, охранное, дежурное.

Рабочее освещение бывает двух типов – общее (при котором необходимая для выполнения работ освещенность создается на всей территории рабочей зоны) и комбинированное (при котором общее освещение обеспечивает только отсутствие резких яркостных перепадов на территории рабочей зоны, а необходимая для выполнения работ освещенность создается с помощью местных

светильников непосредственно на рабочем месте). Применение только местного освещения в производственных помещениях не допускается, так как приводит к быстрому утомлению глаз.

Для оценки качества естественного освещения используется коэффициент естественной освещенности (КЕО), представляющий собой отношение освещенности рабочей поверхности к освещенности вне здания в данный момент времени. Выражается КЕО в процентах. Нормы на естественное освещение учитывают:

- напряженность зрительной работы, которая оценивается по размеру минимального объекта различения;
- систему освещения (боковое, верхнее, комбинированное).

Нормы освещенности, ограничения слепящего действия светильников, пульсация освещенности и другие качественные показатели осветительных установок, виды и системы освещения должны приниматься согласно требованиям СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение».

Светильники должны соответствовать требованиям норм пожарной безопасности НПБ 249-97 «Светильники. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний».

Качество освещения зависит от свойств осветительной установки (пускорегулирующей аппаратуры, типа светильников). Все газоразрядные лампы требуют применения пускорегулирующей аппаратуры, которая обычно встраивается в светильники. Некачественная или неисправная аппаратура вызывает пульсацию света, отрицательно влияющую на зрение и нервную систему человека.

### **Порядок выполнения работы:**

#### **1. Выбор системы освещения.**

В данном расчётном задании для всех помещений рассчитывается общее равномерное освещение.

#### **3. Выбор источников света.**

Источники света, применяемые для искусственного освещения, делят на две группы – газоразрядные лампы и лампы накаливания. Для расчета примем освещение газоразрядным лампами.

#### **4. Выбор светильников и их размещение.**

Размещение светильников в помещении определяется следующими параметрами, м (рис. 1):

$H$  – высота помещения;  
 $h_c$  – расстояние светильников от перекрытия (свес);  
 $h_n = H - h_c$  – высота светильника над полом, высота подвеса;  
 $h_{rp}$  – высота рабочей поверхности над полом;  
 $h = h_n - h_{rp}$  – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью.

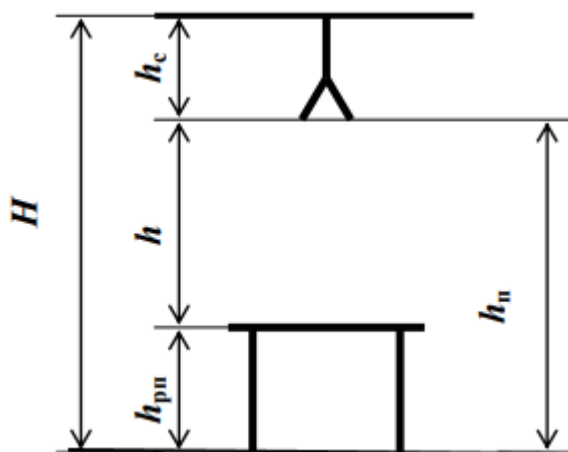


Рис. 1. Основные расчетные параметры

Для создания благоприятных зрительных условий на рабочем месте, для борьбы со слепящим действием источников света введены требования ограничения наименьшей высоты светильников над полом.

На схемах размещения светильников в помещении для ламп накаливания (рис. 2) и люминесцентных (рис. 3) ламп приводятся следующие параметры:

$L$  – расстояние между соседними светильниками или рядами (если по длине (А) и ширине (В) помещения расстояния различны, то они обозначаются  $L_A$  и  $L_B$ );

$l$  – расстояние от крайних светильников или рядов до стены. Оптимальное расстояние  $l$  от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным  $L/3$ .

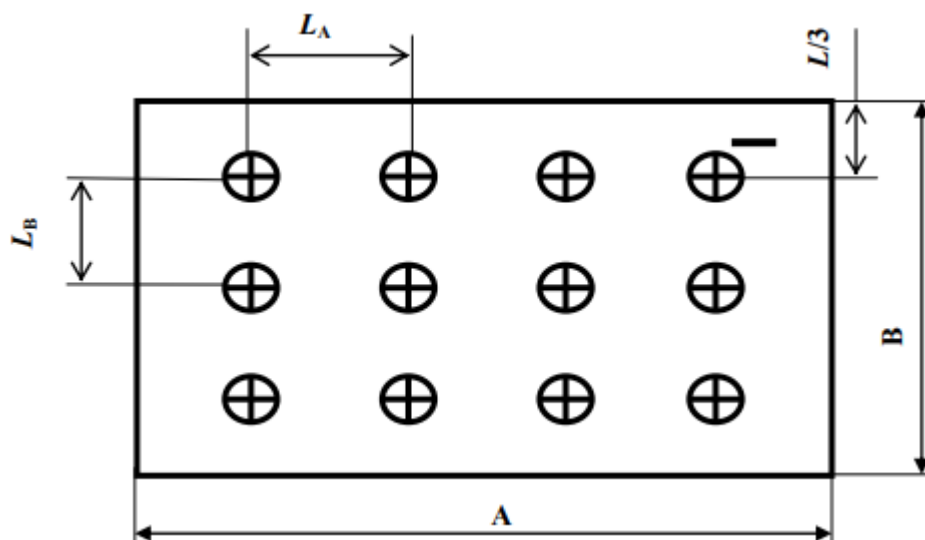


Рис. 2. Схема размещения светильников в помещении для ламп накаливания

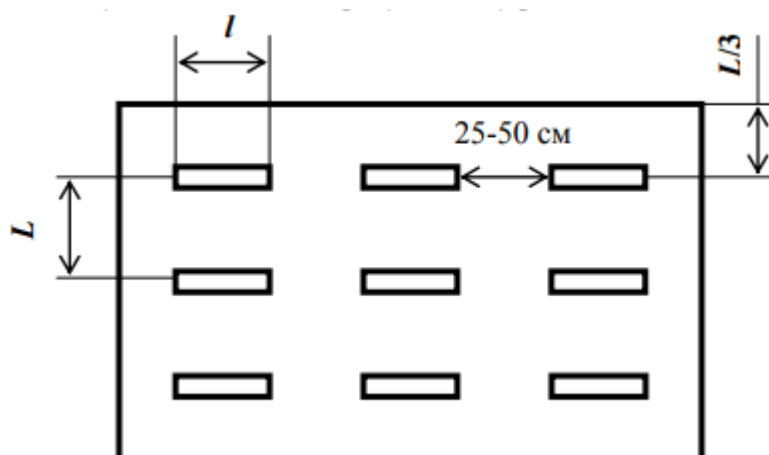


Рис. 3. Схема размещения светильников в помещении для люминесцентных ламп

Наилучшими вариантами равномерного размещения светильников являются шахматное размещение и по сторонам квадрата (расстояния между светильниками в ряду и между рядами светильников равны).

При равномерном размещении люминесцентных светильников последние располагаются обычно рядами – параллельно рядам оборудования. При высоких уровнях нормированной освещённости люминесцентные светильники обычно располагаются непрерывными рядами, для чего светильники сочленяются друг с другом торцами.

## 5. Выбор нормируемой освещённости.

Основные требования и значения нормируемой освещённости рабочих поверхностей изложены в таблице 8 СНиП 23-05-95. Выбор освещённости осуществляется в зависимости от размера объёма различения (толщина линии, размер буквы), контраста объекта с фоном, характеристики фона.

#### 5. Расчёт освещения методом светового потока.

Рассчитать методом светового потока систему общего искусственного люминесцентного освещения производственного помещения длиной  $A$ , шириной  $B$  и высотой  $H$ .

В помещении выполняются работы с деталями, имеющими размер  $a$ ; подразряд работ  $m$ . Коэффициент отражения стен –  $R_c$ , потолка –  $R_n$ . Коэффициент запаса –  $k$ , коэффициент размерности –  $z$ . Высота рабочей поверхности –  $h_{rp}$ .

Световой поток лампы определяется по формуле

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot k \cdot z}{N \cdot \eta},$$

где  $E_n$  – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95, лк;

$S$  – площадь освещаемого помещения,  $m^2$ ;

$k$  – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т. е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере дыма, пыли;

$z$  – коэффициент неравномерности освещения, для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1;

$N$  – число ламп в помещении;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения  $i$ , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью  $h$  и коэффициентов отражения стен  $\rho_c$  и потолка  $\rho_n$ .

Индекс помещения определяется по формуле

$$i = S/h(A+B)$$

Коэффициенты отражения оцениваются субъективно по таблице 10 СНиП 23-05-95.

Значения коэффициента использования светового потока  $\eta$  светильников для наиболее часто встречающихся сочетаний коэффициентов отражения и индексов помещения приведены в таблицах 11 и 12 СНиП 23-05-95.

Рассчитав световой поток  $\Phi$ , зная тип лампы, по таблице 1–3 СНиП 23-05-95 выбирается ближайшая стандартная лампа и определяется электрическая мощность всей осветительной системы. Если необходимый поток лампы выходит за пределы диапазона ( $-10 \div +20 \%$ ), то корректируется число светильников, либо высота подвеса светильников.

Данные для расчета приведены в таблице 3.

### Пример расчета

Дано помещение с размерами: длина  $A = 24$  м, ширина  $B = 12$  м, высота  $H = 4,5$  м. Высота рабочей поверхности  $h_{\text{рп}} = 0,8$  м. Требуется создать освещенность  $E = 300$  лк. Коэффициент отражения стен  $R_c = 30\%$ , потолка  $R_n = 50\%$ . Коэффициент запаса  $k = 1,5$ , коэффициент неравномерности  $z = 1,1$ .

Рассчитать систему общего люминесцентного освещения. Выбираем светильники типа ОД,  $\lambda = 1,4$ . Приняв  $h_c = 0,5$  м,  $h = 4,5 - 0,5 - 0,8 = 3,2$  м;  $L = 1,4 \cdot 3,2 = 4,5$  м;  $L/3 = 1,5$  м.

Принимают расположение светильников в три ряда. В каждом ряду можно установить 12 светильников типа ОД мощностью 40 Вт (с длиной 1,23 м), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 50 см. В масштабе план помещения и размещения на нем светильников указан на рисунке 4). Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении  $N = 72$ . Индекс помещения

$$i = 288 / (3,2 \cdot (24 + 12)) = 2,5.$$

По табл. 11 СНиП 23-05-95 определяют коэффициент использования светового потока:  $\eta = 0,61$ . Определяют потребный световой поток ламп в каждом из рядов:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 288 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{72 \cdot 0,63} = 3143 \text{ лм.}$$

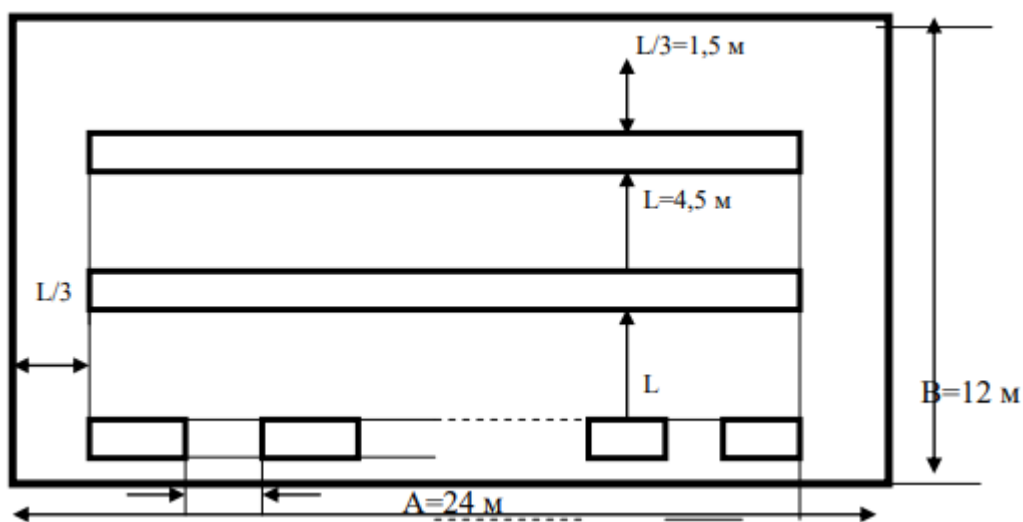


Рис. 4. План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

По таблице 1 СНиП 23-05-95 выбирают ближайшую стандартную лампу – ЛТБ 40 Вт с потоком 2850 лм. Делают проверку выполнения условия

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{станд}} - \Phi_{\text{расч}}}{\Phi_{\text{станд}}} \cdot 100\% \leq +20\%.$$

Определяют электрическую мощность осветительной установки

$$P = 72 \cdot 40 = 2880 \text{ Вт.}$$

Таблица 3

Данные для расчета

Вариант	A, м	B, м	H, м	L, мм	m	h <sub>рп</sub> , м	R <sub>с</sub> , %	R <sub>п</sub> , %	k	z
1.	6	3	3,5	0,7	в	0,8	50	70	1,5	0,9
2.	8	6	3,8	0,4	г	0,9	30	50	1,5	1,0
3.	6	4	4,0	0,2	г	1,1	10	30	1,8	1,1
4.	10	8	3,8	0,6	а	1,2	50	70	1,5	1,2
5.	12	8	4,0	0,7	б	0,8	30	50	1,8	0,9
6.	9	5	4,0	0,9	в	0,9	50	70	1,5	1,0

Продолжение таблицы 3

Вариант	$A$ , м	$B$ , м	$H$ , м	$L$ , мм	$m$	$h_{\text{рп}}$ , м	$R_c$ , %	$R_{\text{п}}$ , %	$k$	$z$
7.	7	6	3,8	0,8	г	1,1	50	50	1,5	1,1
8.	11	7	4,2	2,0	в	1,2	30	30	1,8	1,2
9.	12	7	3,8	5,0	а	1,1	70	70	1,5	0,9
10.	7	5	3,6	2,0	б	0,8	50	50	1,8	1,0
11.	20	20	5,6	2,0	г	0,8	50	50	1,5	1,0
12.	20	10	4,0	0,6	а	1,1	70	70	2,0	0,9
13.	15	7	3,5	0,2	б	1,2	30	30	1,8	1,2
14.	14	8	3,4	0,2	г	1,1	50	50	1,5	1,1
15.	25	15	4,2	0,9	в	1,2	70	70	1,5	1,0
16.	30	15	1,0	0,7	б	1,1	50	30	1,8	0,9
17.	13	7	3,5	0,6	б	0,9	70	50	2,0	0,9
18.	18	9	3,8	3,0	б	0,8	30	70	1,8	1,0
19.	6	3	5,6	2,0	г	0,8	30	70	1,5	1,1
20.	8	6	4,0	0,6	а	0,8	50	50	1,8	1,2
21.	6	4	3,5	0,2	б	1,1	70	30	1,5	0,9
22.	10	8	3,4	0,2	г	1,2	50	70	2,5	1,1
23.	12	8	1,0	0,7	в	1,1	70	70	1,5	1,2
24.	9	5	3,5	0,6	б	1,2	30	30	1,8	1,2
25.	18	9	18	9	б	0,9	70	40	2,0	1,1

**Контрольные вопросы:**

1. Общие сведения об освещении.
2. Искусственное, естественное и совмещенное освещение производственных помещений.
3. Искусственное освещение (рабочее общее и комбинированное, аварийное, эвакуационное, охранное, дежурное).
4. Вредные факторы световой среды на производстве (отсутствие или недостаточность естественной освещенности, недостаточная искусственная освещенность, прямая и отраженная слепящая блескость, чрезмерная яркость, пульсация освещенности).
5. Воздействие на человека вредных факторов световой среды.
6. Показатели освещенности помещений.
7. Количественные показатели (световой поток, сила света, освещенность, коэффициент отражения).

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4. РАСЧЕТ КОНТУРНОГО ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ**

**Цель:** ознакомиться с алгоритмом расчета защитного заземления методом коэффициентов использования заземлителей (электродов) по допустимому сопротивлению системы заземления растеканию тока.

### **Краткий теоретический материал:**

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Назначение защитного заземления – устранение опасности поражения людей электрическим током при появлении напряжения на конструктивных частях электрооборудования, т.е. при замыкании на корпус.

Принцип действия защитного заземления – снижение до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, обусловленных замыканием на корпус. Это достигается уменьшением потенциала заземленного оборудования, а также выравниванием потенциалов за счет подъема потенциала основания, на котором стоит человек, до потенциала, близкого по значению к потенциалу заземленного оборудования.

Заземляющим устройством называется совокупность вертикальных заземлителей – металлических проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей, и горизонтальных заземляющих проводников, соединяющих заземляемые части электроустановки с заземлителем.

Внутри помещений выравнивание потенциала происходит естественным путем через металлические конструкции, трубопроводы, кабели и подобные им проводящие предметы, связанные с разветвленной сетью заземления.

Защитному заземлению подлежат металлические нетоковедущие части оборудования, которые из-за неисправности изоляции могут оказаться под напряжением и к которым возможно прикосновение людей. При этом в помещении с повышенной опасностью и особо опасных по условиям поражений током, а также в наружных установках заземление является обязательным

при номинальном напряжении электроустановки выше 42 В переменного и выше 110 В постоянного тока, а в помещениях без повышенной опасности – при напряжении 380 В и выше переменного 440 В и выше постоянного тока. Лишь во взрывоопасных помещениях заземление выполняется независимо от назначения установки.

Различают заземлители искусственные, предназначенные исключительно для целей заземления, и естественные – находящиеся в земле металлические предметы, используемые для иных целей (проложенные в земле металлические водопроводные трубы; трубы артезианских скважин; металлические каркасы зданий и сооружений и т. п.). Запрещается использовать в качестве естественных заземлителей трубопроводы горючих жидкостей, горючих и взрывоопасных газов, а также трубопроводы, покрытые изоляцией для защиты от коррозии. Естественные заземлители обладают, как правило, малым сопротивлением растеканию тока, и поэтому использование их для целей заземления дает большую экономию. Недостатками естественных заземлителей является их доступность и возможность нарушения непрерывности соединения протяженных заземлителей.

По форме расположения заземлителей заземление бывает контурное и выносное.

В контурном заземлении все электроды располагают по периметру защищаемой территории. В выносных (сосредоточенное или очаговое) – заземлители располагают на расстоянии друг от друга не менее длины электрода.

В соответствии с требованиями механической прочности и допустимого нагрева токами замыкания на землю в установках напряжением свыше 1000 В заземляющие стальные магистральные проводники должны иметь сечение не менее  $120 \text{ мм}^2$ , а в установках до 1000 В – не менее  $100 \text{ мм}^2$ .

### **Порядок выполнения работы:**

1. Определить расчетный ток однофазного короткого замыкания  $I_3$ :

$$I_3 = U_{\text{л}}(35 I_{\text{к}} + I_{\text{в}})/350,$$

где  $U_{\text{л}}$  – линейное напряжение сети, кВ;

$l_k$  и  $l_b$  – длины электрически связанных кабельных и воздушных линий; км.

2. Рассчитать необходимое сопротивление заземляющего устройства  $R_z$  в соответствии с таблицей 4. В случае если  $R_z$  больше допустимого значения, то в дальнейших расчетах  $R_z$  принимают равным допустимому значению.

Таблица 4

Сопротивления защитных заземлителей  
в электрических установках

Характеристика установок	Допустимое сопротивление заземлителей $R_z$ , Ом
Установки напряжением выше 1000 В. Защитное заземление в установках с большими токами замыкания на землю ( $I_3 > 500$ А)	$R_z \leq 0,5$
Заземляющее устройство одновременно используется для установок напряжением до и выше 1000 В ( $I_3 < 500$ А)	$R_z = 125 / I_3 \leq 4$
Заземляющее устройство используется только для установок выше 1000 В и током замыкания на землю $I_3 < 500$ А	$R_z = 250 / I_3 \leq 10$
Электроустановки напряжением 380 / 220 В	$R_z \leq 4$

3. Расчетное удельное сопротивление грунта  $\rho_p$ , Ом·м:

$$\rho_p = \rho_{изм} \cdot \Psi,$$

где  $\rho_{изм}$  – удельное электрическое сопротивление грунта, взятое из справочной литературы (таблица 5);

$\Psi$  – коэффициента сезонности, значение которого зависит от климатической зоны, для четвертой климатической зоны со средними низшими температурами в январе от 0 до  $-5^\circ\text{C}$  и высшими в июле от  $+23$  до  $+26^\circ\text{C}$   $\Psi = 1,3$ .

Таблица 5

**Приближенные значения удельного электрического  
сопротивления различных грунтов, Ом·м**

Вид земли и воды	$\rho_{\text{изм}}, \text{Ом}\cdot\text{м}$	Вид земли и воды	$\rho_{\text{изм}}, \text{Ом}\cdot\text{м}$
Кокс, коксовая мелочь	2–5	Пахотная земля, смешанный грунт	20–80
Торф	10–30	Почва	10–300
Садовая земля	20–60	Супесь водонасыщенная (текучая)	20–60
Чернозем	10–50	Супесь влажная (пластинчатая)	100–200
Каменный уголь	100–150	Супесь слабовлажная (твердая)	200–400
Известняк пористый	150–200	Песок при глубине залегания вод менее 5 м	300–700
Глины пластинчатые	3–80	Песок при глубине залегания вод 6–10 м	500–1500
Глины полутвердые	40–80	Суглинок полутвердый (слабовлажный)	5–150
Суглинок пластичный (влажный)	5–40	Гравий, щебень	4000–7000

При высоком удельном сопротивлении земли применяют способы искусственного снижения  $\rho_{\text{изм}}$  в целях уменьшения размеров и количества используемых электродов и площади территории, занимаемой заземлителем. Существенного результата достигают химической обработкой области вокруг заземлителей с помощью электролитов, либо путем укладки заземлителей в котлованы с насыпным углем, коксом, глиной.

4. При использовании искусственных заземлителей вначале выбирают материал, тип и размеры заземлителей.

В качестве заземлителей применяют стальные трубы с толщиной стенок 35–50 мм, длиной 2–3 м; угловую сталь толщиной не менее 4 мм; прутковую сталь диаметром не менее 10 мм, длиной до 10 м. Заземлители размещают в земле вертикально на глубине 0,5–0,8 м и соединяют при помощи сварки горизонтальной металлической полосой шириной 20–40 мм.

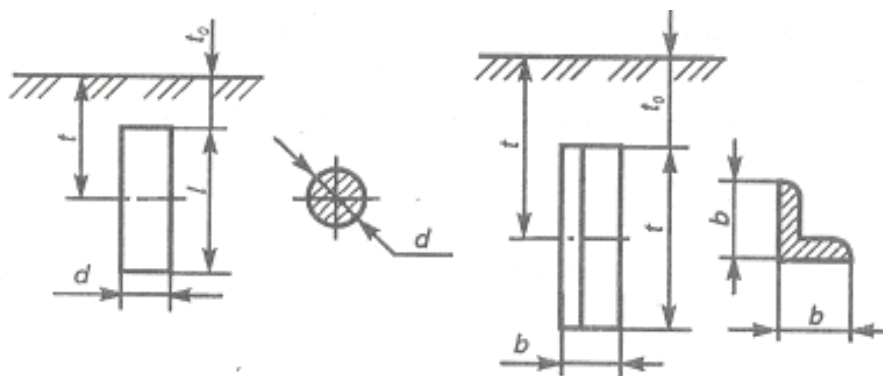


Рис. 5. Схематическое изображение заземлителей:  
 а – стержневой (трубчатый); б – уголкового

Сопротивления одиночного вертикального стержневого заземлителя, Ом, заглубленного ниже уровня земли на  $t_0$ , м определяется по формуле

$$R_{овс} = \frac{\rho_p}{2\pi \cdot l} \left( \ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l}{4t - l} \right),$$

где  $\rho_p$  – расчетное удельное сопротивление грунта, Ом·м;

$l$  – длина стержня, м;

$d$  – диаметр стержня, м;

$t$  – расстояние от поверхности земли до середины заземлителя, м;

$t_0$  – глубина забивки заземлителя, м.

5. Приближенное число заземлителей, шт.:

$$n \approx \frac{R_{овс}}{R_з},$$

где  $R_з$  – допустимое сопротивление защитного заземления (по таблице 6), Ом.

6. По приближенному числу заземлителей –  $n$  и по отношению расстояния между заземлителями  $a$  к длине вертикального заземлителя  $l$ , определяют коэффициент использования заземлителей  $\eta_{из}$  (таблица 6).

$a/l$  принимают равным 1; 2; 3.

Таблица 6

Коэффициенты использования вертикальных электродов группового заземлителя без учета влияния горизонтального электрода

Отношение расстояния между вертикальными электродами к их длине $a/l$	Число вертикальных электродов							
	2	4	6	10	20	40	60	100
Размещение вертикальных электродов в ряд								
1	0,85	0,73	0,65	0,59	0,48	—	—	—
2	0,91	0,83	0,77	0,74	0,67	—	—	—
3	0,94	0,89	0,85	0,81	0,76	—	—	—
Размещение вертикальных электродов по контуру								
1	—	0,69	0,61	0,56	0,47	0,41	0,39	0,36
2	—	0,78	0,73	0,68	0,63	0,58	0,55	0,52
3	—	0,85	0,80	0,76	0,71	0,66	0,64	0,62

8. Сопротивление полосы, Ом, (без учета коэффициента использования полосы), соединяющей одиночные вертикальные стержни заземлителя определяется по формуле

$$R_{пол} = \frac{\rho_p}{2\pi \cdot l_1} \cdot \ln \frac{2l_1^2}{bh_0},$$

где  $b$  – ширина полосы, равная 20–40 мм;

$l_1$  – длина полосы, соединяющей заземлители по контуру равна периметру  $P = a \cdot n_3$ , м.

Если предварительное количество заземлителей  $n_3 \leq 20$ , то заземлители располагаются в ряд. В этом случае длина соединительной полосы определяется по формуле

$$l_1 = a(n_3 - 1),$$

где  $a$  – расстояние между заземлителями;

$$a = (1 \div 3) \cdot l,$$

где  $l$  – длина вертикального заземлителя.

9. Сопротивление соединительной полосы, Ом, с учетом коэффициента использования (таблица 6):

$$R'_{пол} = \frac{R_{пол}}{\eta_{un}}.$$

10. Уточнить необходимое сопротивление вертикальных стержневых заземлителей с учетом сопротивления полосы:

$$R'_{овс} = \frac{R'_{пол} \cdot R_з}{R'_{пол} - R_з}.$$

11. Уточненное количество заземлителей, шт., с учетом коэффициента использования заземлителей, определяется по формуле

$$n'_з = \frac{R'_{овс}}{R'_{пол} \cdot \eta_{из}}.$$

12. Суммарное (общее) сопротивление группового заземлителя по формуле

$$R_{общ} = \frac{R_{ст} R_{л}}{R_{ст} \eta_k + R_{л} \eta_{л} n}.$$

Расхождение между значениями общего сопротивления ( $R_{общ}$ ) и допустимого сопротивления ( $R_{доп}$ ) не должно превышать 20%. Для уменьшения разницы корректируют количество заземляющих электродов.

### Задание

*Исходные данные:*

1. Напряжение в трехфазной сети с изолированной нейтралью – 220/380 В.
2. Искусственные заземлители могут быть выполнены из:

- стальных стержней диаметром  $d = 12\text{--}14$  мм и длиной  $l = 5\text{--}10$  м;
  - уголка стороной  $b = 40 \times 40$  мм или  $b = 60 \times 60$  мм,  $l = 2,5\text{--}3$  м;
  - стальных труб с диаметром  $d = 35\text{--}40$  мм,  $l = 2,5\text{--}3$  м;
  - стальной полосы  $b = 20\text{--}40$  мм,  $l = 15; 25; 50$  м.
3. Расстояние между одиночными вертикальными заземлителями –  $a$ , м; при этом  $a/l = 1, 2$  или  $3$ .
4. Глубина заложения (расстояние от поверхности грунта до середины вертикальных стержней)  $H = 0,5\text{--}0,8$  м.
5. Расстояние между параллельными полосами  $l = 1; 2,7; 5; 10; 15$  м.
6. Заземляющее устройство представляет систему вертикальных электродов, соединенных горизонтальным проводником. Стержни размещают по периметру  $P$ , м (контурное заземление).

#### Варианты заданий

Варианты заданий приведены в таблице 6.

Таблица 6

Варианты заданий для решения

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$L_{\text{в}}, \text{ км}$	10	20	15	10	10	15	15	20	15	10
$L_{\text{к}}, \text{ км}$	50	60	60	60	50	60	55	60	50	60
$\rho_{\text{изм}}, \text{ Ом} \cdot \text{ м}$	500	300	150	700	160	400	200	150	200	400
$P, \text{ м}$	350	230	85	150	100	350	160	130	380	250

Продолжение таблицы 6

Исходные данные	Варианты									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$L_{\text{в}}, \text{ км}$	10	10	15	10	20	15	10	20	15	15
$L_{\text{к}}, \text{ км}$	60	55	60	50	60	50	60	60	60	50
$\rho_{\text{изм}}, \text{ Ом} \cdot \text{ м}$	150	700	500	300	160	150	200	400	200	400
$P, \text{ м}$	350	160	130	380	250	350	230	85	150	100

Продолжение таблицы 6

Исходные данные	Варианты									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$L_B$ , км	20	15	10	20	15	15	15	10	10	10
$L_K$ , км	60	60	60	50	60	50	60	55	60	50
$\rho_{изм}$ , Ом·м	300	400	500	150	700	200	200	160	150	400
$P$ , м	350	350	100	230	85	150	380	250	160	130

### Контрольные вопросы:

1. Устройство и принцип действия лабораторного стенда.
2. Дать определение понятию «заземление».
3. Виды заземления, дать им определения.
4. Описать принцип действия заземления.
5. Области применения защитного заземления.
6. Типы заземляющих устройств.
7. Что необходимо для расчета заземления?
8. Виды заземляющих устройств.

### КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Отметка	Критерии	Показатели по шкале от 0 до 100 баллов
5 (отлично)	Работа выполнена в полном объеме, приведены все шаги решения и получены верные ответы	[90;100]
4 (хорошо)	Работа выполнена в полном объеме, приведены все шаги решения и получены верные ответы, но имелись незначительные ошибки	[80; 90)
3 (удовлетворительно)	Работа выполнена в полном объеме, приведены все шаги решения, но имелись значительные ошибки	[60; 80)
2 (неудовлетворительно)	Работа выполнена не в полном объеме	Менее 60

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ**

## **ТЕМЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ**

**Тема 1.1.** Нормативно-законодательная база по охране труда в РФ (2 часа):

1. История охраны труда в России.
2. Особенности охраны труда на химических предприятиях.
3. Примеры нарушения прав рабочих по охране труда на химических предприятиях.

**Тема 2.1.** Организация обучения безопасности труда (1 час):

1. Правила организации разных видов инструктажа.

**Тема 2.2.** Условия труда и факторы их формирующие (1 час)

1. Особенности профгигиены и профсанитарии для химических предприятий.
2. Карты вредных и опасных факторов производственной среды.

**Тема 2.3.** Контроль за состоянием условий труда (1 час):

1. Порядок проведения оценки условий труда.
2. Последствия несчастных случаев на химических предприятиях.

**Тема 3.1.** Вредные химические вещества (2 часа):

1. Влияние вредных веществ на организм человека.
2. Виды вредных веществ в воздухе химических предприятий.
3. Мед. осмотры, как средство выявления влияния вредных факторов производств на человека.

**Тема 3.2.** Физическое воздействие (2 часа):

1. Радиационная обстановка на химических предприятиях.
2. Классификация пыли, на химических предприятиях.
3. Источники шума на химических предприятиях.

4. Источники вибрации на химических предприятиях
5. Источники электромагнитного поля и излучения на химических предприятиях.

**Тема 3.3. Производственное освещение (1 час):**

1. Влияние освещенности на здоровье и эмоционально-психическое состояние человека.

**Тема 3.4. Средства защиты работающих от вредных и опасных производственных факторов (2 часа):**

1. Правила пользования средствами защиты работающих на химических предприятиях.
2. Примеры расчёта вентиляции в производственных помещениях.
3. Примеры расчёта вентиляции в производственных помещениях.

**Тема 3.5. Пожарная безопасность (1 час):**

1. Действия при пожаре, горение, взрыв.
2. Порядок присвоения категорий зданий и помещений по пожаровзрывоопасности.
3. Правила пользования огнетушителями.

**Тема 3.6. Электробезопасность (1 час):**

1. Первая помощь при поражении электротоком.
2. Категории помещений по Правилам устройства электроустановок на химических предприятиях.

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Отметка	Критерии	Показатели по шкале от 0 до 100 баллов
5 (отлично)	Конспект выполнен по плану в полном объеме, аккуратно и грамотно	[90;100]
4 (хорошо)	Конспект выполнен по плану, но не в полном объеме	[80; 90)
3 (удовлетворительно)	Конспект выполнен по плану, но небрежно и не в полном объеме	[60; 80)
2 (неудовлетворительно)	Конспект не выполнен	менее 60

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Беляков, Г.И. Охрана труда и техника безопасности: учебник для СПО / Г. И. Беляков. – 5-е изд., пер. и доп. – Москва: Юрайт, 2024. – 740 с. – ISBN 978-5-534-17697-1. – URL: <https://urait.ru/book/ohrana-truda-i-tehnika-bezopasnosti-537043> (дата обращения: 24.02.2025). – Текст: электронный.