

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич
Должность: ректор
Дата подписания: 02.06.2022 13:14:23
Уникальный программный ключ:
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
Образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра экспертизы и управления недвижимостью, горного дела

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
« 1 » _____ 2022г.



ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ
ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Методические указания по выполнению практических работ для
студентов специальности 21.05.04 Горное дело
Специализации «Открытые горные работы»

УДК 622

Составитель: Л.А. Семенова

Рецензент

Кандидат географических наук, доцент Р.А. Попков

Электрооборудование и электроснабжение открытых горных работ: Методические указания по выполнению практических работ для студентов специальности 21.05.04 Горное дело специализации «Открытые горные работы» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Л.А. Семенова.- Курск, 2022.- 51с.: рис. 4.- Библиогр.: с.33.

Содержит основные сведения о выполнении практических работ по дисциплине «Электрооборудование и электроснабжение открытых горных работ». В работе даны рекомендации по выполнению практических работ по дисциплине.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной на заседании кафедры Э и УН, ГД протокол № 1 от «30» 08 2021 года.

Предназначены для студентов направления подготовки (специальности) 21.05.04 Горное дело для специализации «Открытые горные работы».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать

Формат 60x84 1/16

Усл. Печ. Лист 2,9 Уч. изд.л. 2,6 Тираж 100экз. Заказ Бесплатно 1106

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Практическая работа № 1

Тема: Построение графика механических характеристик по системе Г-Д

Цель: Научиться строить естественные характеристики по системе Г-Д в абсолютных и в относительных единицах.

Задание 1

Рассчитать и построить механическую $\omega=f(M)$ и электромеханическую $\omega=f(I)$ характеристики ДПТ НВ в абсолютных единицах.

Порядок выполнения задания 1:

Выписать данные для своего варианта (таблица 1).

Для построения характеристик, представляющих собой прямые линии, достаточно рассчитать координаты двух точек, например: номинального режима и холостого хода.

По полученным координатам точек холостого хода и номинального режима строятся естественные электромеханическая и механическая характеристики в разных системах координат. На полученных характеристиках обозначить точки холостого хода и номинального режима, а так же рабочий участок.

Задание 2.

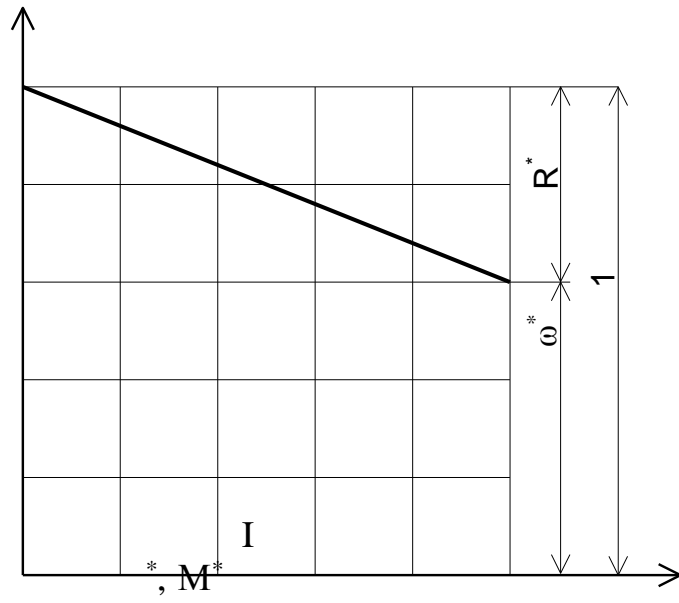
Рассчитать и построить естественную характеристику для ДПТ НВ в относительных единицах.

Сведения из теории:

Для перехода к относительным единицам за базисные (единичные) величины принимаются номинальные значения величин: I_N , M_N , R_N , U_N , Φ_N и т.д. Исключение составляет угловая скорость, где за единицу принимают угловую скорость холостого хода (только для ДПТ НВ). Таким образом, *получаются следующие соотношения для относительных тока, момента, сопротивления и скорости соответственно:*

Выведем уравнения статических характеристик в относительных единицах. Для этого в уравнение электромеханической характеристики (10) подставим вместо $k \cdot \Phi_N$ выражение (11).

ω^*
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0
0,6



Пример построения электромеханической и механической характеристик ДПТ НВ.

Дано: $P_n=300$ кВт $n_n=1250$ об/мин

$U_n=440$ В $I_n=750$ А

Требуется: построить естественные характеристики.

Характеристика – прямая линия. Строятся по двум точкам:

- номинальный режим $\omega_n, I_n (M_n)$
- идеальный холостой ход $\omega_0=U_n/k\Phi_n; I_0=0 (M=0)$
- Номинальная угловая скорость, рад/с

$$\omega_n = \frac{\pi n_n}{30}$$

$$\omega_n = \frac{\pi \cdot 1250}{30} = 0,105 \cdot 1250 = 131$$

- Номинальный момент, Н·м

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n}$$

$$M_n = \frac{300000}{131} = 2290$$

- Коэффициент, В·с

$$k\Phi_n = \frac{M_n}{I_n}$$

$$k\Phi_n = \frac{2290}{750} = 3,05$$

- Угловая скорость идеального холостого хода, рад/с

$$\omega_0 = \frac{U_n}{k\Phi_n}$$

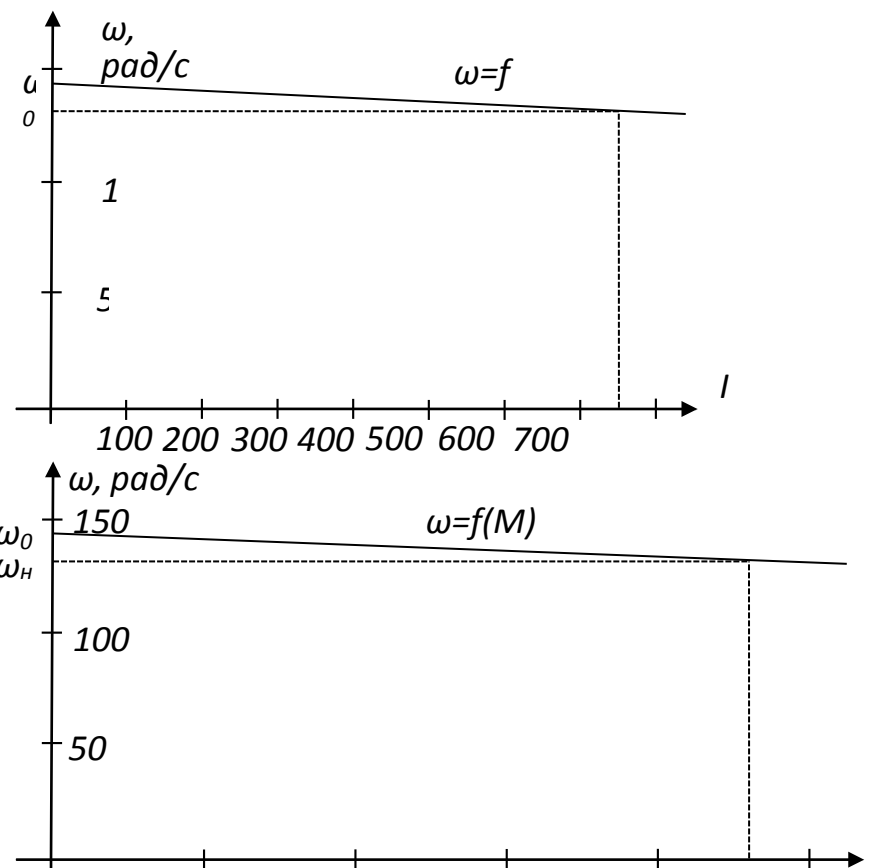


Рисунок – Естественные характеристики

$$\omega = \frac{440}{3,05} = \underline{\underline{144}}$$

Практическая работа № 2

Тема: Расчет защитного заземления

Цель работы: Изучить принцип действия защитного заземления и методики расчета сопротивления заземляющих устройств

Основные понятия

Назначение и принцип устройства защитного заземления. При обслуживании производственного оборудования, использующего электроэнергию, работающие прикасаются к его нетоковедущим металлическим частям. Такой контакт обычно является нормальной операцией. В процессе эксплуатации может происходить повреждение изоляции электрооборудования. Повреждение изоляции, как правило, сопровождается замыканием на корпус электроустановки, т.е. случайным соединением токоведущих частей с металлическими нетоковедущими частями электроустановки. В результате чего корпус электроустановки, а через него все оборудование и обслуживающий персонал могут оказаться под напряжением, что приводит к поражению электротоком.

Для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции и замыкании на корпус «Правилами устройства электроустановок» предусматривается ряд защитных мер, одним из них является применение защитного заземления.

Защитное заземление - преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциалов, разряд молнии, наведение статического электричества и др.).

Принцип действия защитного заземления можно рассмотреть на примере схемы питания электроустановки (рис. 1). Человек, с сопротивлением тела касаясь корпуса электроустановки, на которой произошел пробой изоляции, оказывается под защитой сопротивления заземления r_3 , которое включено параллельно $R_ч$. Так как $R_ч \gg r_3$, то ток короткого замыкания, протекает по пути наименьшего сопротивления, т. е. через заземлитель и ток $I_{чел} \ll I_{заз}$.

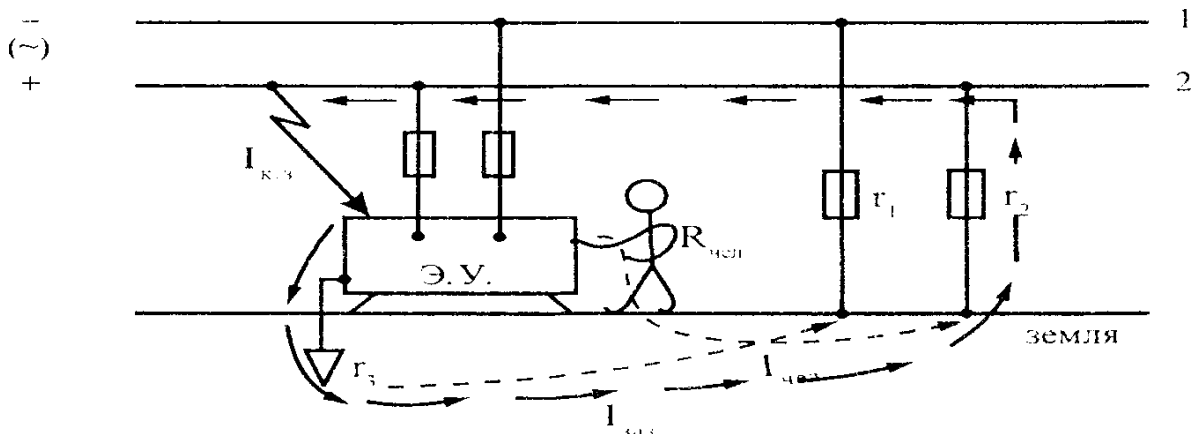


Рис.1. Принцип действия защитного заземления

$R_{ч}$ – электрическое сопротивление человека; $r_з$ – сопротивление заземлителя; r_1 и r_2 – сопротивление изоляции проводов 1 и 2, соответственно; $I_{кз}$ – ток короткого замыкания; $I_{заз}$ – ток, протекающий через заземлитель; $I_{чел}$ – ток, протекающий через тело человека $I_{кз} = I_{заз} + I_{чел}$.

При замыкании одной фазы на корпус электроустановки, корпус окажется под напряжением, в случае отсутствия соединения корпуса с землей, прикосновение к нему также опасно, как и прикосновение к фазе.

Защитное заземление, как мера защиты людей от поражения электрическим током, при возникновении напряжения на нетоковедущих частях электроустановок в результате повреждения изоляции и замыкании на корпус заключается в электрическом соединении корпусов электроустановок с заземляющим устройством. Защитное действие заземления состоит в снижении до безопасных значений напряжения прикосновения и тока протекающего через человека, обусловленных замыканием на корпус.

Эффективность заземления зависит от его сопротивления, чем меньше сопротивление, тем выше его защитная эффективность.

Область применения защитного заземления:

- В трехфазных трехпроводных сетях напряжения до 1000В переменного тока с изолированной нейтралью или изолированным выводом источника однофазного тока, а также в сетях постоянного тока с изолированной средней точкой обмоток источника тока;

- В сетях напряжения выше 1000В переменного и постоянного тока с любым режимом нейтрали или средней точки.

В соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок» заземлению подлежат:

- все электроустановки при напряжении 380В и выше переменного тока и 440В и выше постоянного тока при эксплуатации в любых помещениях;

- наружные электроустановки напряжением 42В и выше переменного тока и 110В и выше постоянного тока, работающих в условиях с повышенной опасностью и в особо опасных условиях;

- электроустановки любого напряжения, работающие во взрывоопасных помещениях.

В заземляющее устройство входит заземлитель (металлический проводник или группа проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с грунтом) и заземляющие проводники, соединяющие заземляемые части электроустановки с заземлителем.

Заземлителем называется металлический проводник или совокупность металлических соединенных между собой проводников, находящихся в соприкосновении с землей.

В зависимости от расположения заземлителей по отношению к заземляемому оборудованию заземления бывают выносные (сосредоточенные) и контурные (рис.2). Заземлители выносных заземлений располагают сосредоточенно на расстоянии свыше 20 м от заземляемого оборудования, т. е. вне зоны растекания тока замыкания на землю. Заземлители контурного заземления располагают по периметру и внутри площадки, на которой установлено заземляемое оборудование. Все эти заземлители электрически соединены друг с другом.

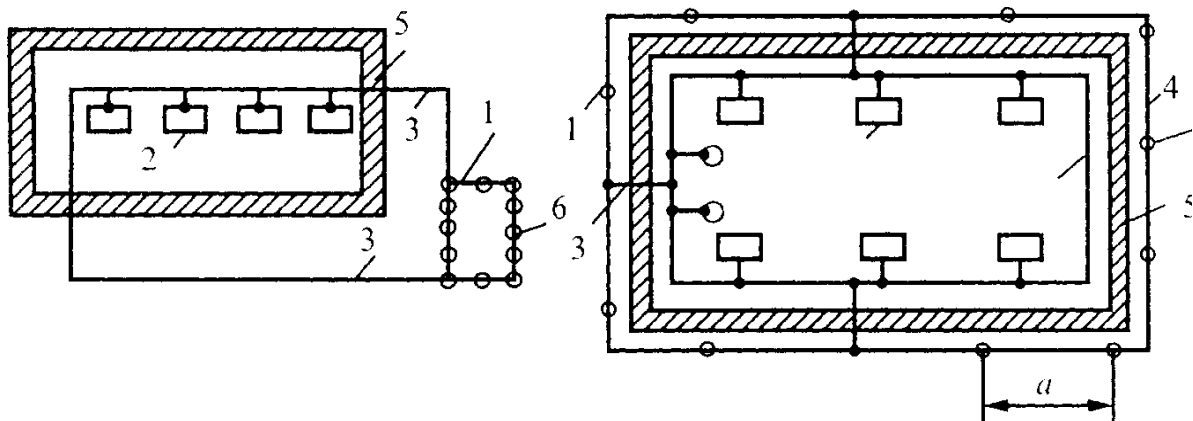


Рис. 2. Схема защитного заземления

1 – заземлители; 2 – электроустановки;
3 – заземляющие проводники (внутренний контур); 4 – внешний контур заземления; 5 – электропомещение или площадка с размещенным электрооборудованием; 6 – заземлители.

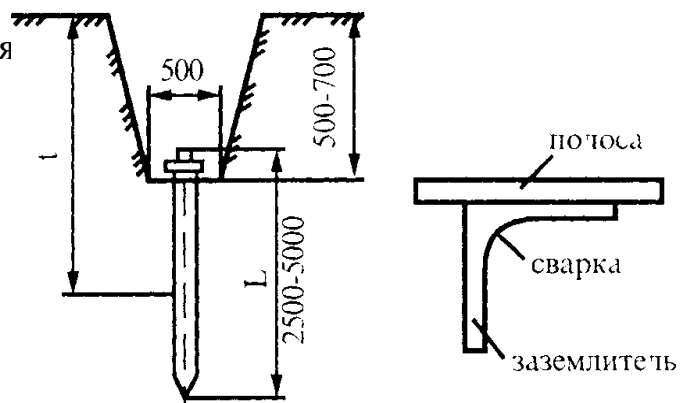


Рис. 3. Заземлители

Заземлители могут быть естественными и искусственными. Искусственные заземлители выполняются в виде электродов. По расположению в грунте и по форм электродов заземлители делятся на углубленные, состоящие

из полос или круглой стали, укладываемых глубоко на дно котлована горизонтально по периметру фундаментов, вертикальные, состоящие из электродов, верхний конец которых заглубляется на 0,5-0,7 м от поверхности земли; в качестве их используют стальные вертикальные заложённые стержни диаметром 10-16 мм, (или отрезки стальных труб, различного диаметра), длиной 3-5 м, а также уголковая сталь длиной 2,5-3м (рис.3); горизонтальные (протяжённые), состоящие из электродов, применяемых для связи между собой вертикальных заземлителей, соединяемых сваркой. В качестве таких заземлений используется круглая сталь диаметром не менее 10 мм или стальные полосы толщиной не менее 4 мм, сечением 48 мм².

В качестве заземляющих проводников-ответвлений к оборудованию, где по условиям работы не требуются гибкие проводники, применяются медные или алюминиевые проводники. В качестве заземляющих проводников, образующих заземляющую магистраль, применяется полосовая или круглая сталь, сечением порядка 48 мм².

Таблица 1

Минимальные размеры стальных заземлителей и заземляющих проводников, мм

<i>Заземлитель</i>	<i>Место расположения</i>		
	<i>в зданиях</i>	<i>в наружных установках</i>	<i>в земле</i>
Круглые, диаметром, мм	5	6	10
Прямоугольные, сечением, мм ²	24	48	48
Прямоугольные, толщиной, мм ²	3	4	4
Угловая сталь с толщиной полос, мм	2	2,5	4
Стальные водо- газопроводные (некондиционные) трубы с толщиной стенок, мм	2,5	2,5	3,5

Таблица 2

Наименьшие сечения медных и алюминиевых заземляющих проводников в электроустановках напряжением до 1000 В

<i>Проводники</i>	<i>Сечением, мм</i>	
	<i>медь</i>	<i>алюминий</i>
Без изоляции при открытой прокладке	4	6
Изолированные	1,5	2,5
Заземляющие жилы кабелей или многожильных проводов, водящихся в общей защитной оболочке с средними жилами	1	1,5

Заземляющий проводник присоединяется к заземлению сваркой внахлестку не менее чем в двух местах. Длина нахлестки должна быть равна двойной ширине проводника при прямоугольном сечении или круглом шести диаметрам. Болты (винты, шпильки) для крепления заземляющего проводника должны изготавливаться из стойкого в отношении коррозии металла. Диаметр болта (винта, шпильки), зависит от номинального тока потребителя: при токе потребителя до 16 А, диаметр болта 4 мм потребителя 250-300 А диаметр болта 10 мм. Нельзя применять для выполнения заземления крепежные детали

машин, оборудования.

Таблица 3

Наибольшие допустимые значения сопротивлений заземляющих устройств электроустановок

Характеристика объекта	Сопротивление, Ом
Электроустановки напряжением 110 кВ и выше сетей с эффективным заземлением нейтрали, выполненные по нормам на сопротивление	0,5 $0,002 \cdot 0,5\rho$
Электроустановки 3-35 кВ сетей с изолированной нейтралью	$250/I_p^*$, но не более 10 Ом $0,002\rho \cdot 250/I_p$
Электроустановки сетей напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью напряжением: 660/380 В 380/220 В 220/127 В	15** (15·0,01ρ) 30** (30·0,01ρ) 60** (60·0,01ρ)
Электроустановки сетей напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью при мощности источника питания: более 100 кВА до 100 кВА	$50/I_p^*$, но не более 4 Ом $50/I_p^*$, но не более 10 Ом

* I_p - расчетный ток замыкания на землю, в качестве которого принимается:

В сетях без компенсации емкостного тока замыкания на землю – ток замыкания на землю;

в сетях с компенсацией емкостного тока замыкания на землю:

- для электроустановок, к которым присоединены компенсирующие аппараты, - ток, равный 125% номинального тока наиболее мощного из этих аппаратов;

- для электроустановок, к которым не присоединены компенсирующие аппараты, - ток замыкания на землю, проходящий в данной сети при отключении наиболее мощного из компенсирующих аппаратов.

** - сопротивление заземляющего устройства с учетом повторных заземлений нулевого провода должно быть не более 2, 4 и 8 Ом при линейных напряжениях соответственно 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока и напряжениях 380, 220 и 127 В источника однофазного тока.

Таблица 4

Наибольшие допустимые сопротивления заземляющих устройств

Грунт, вода	Удельное сопротивление, Ом·м	Грунт, вода	Удельное сопротивление, Ом·м
Торф	20	Гравий, щебень	2000
Чернозем	30	Каменистый грунт	4000
Садовая земля	50	Скалистый грунт	10^4-10^7
Глина	60	Вода морская	0,2-1
Суглинок	100	Вода речная	10-100
Лесс	250	Вода прудовая	40-50
Супесь	300	Вода грунтовая	20-70
Песок	500	Каменный уголь	100-150

Таблица 5

Значение сезонных повышающих коэффициентов K

Данные, характеризующие климатические зоны и тип применяемых электродов	Климатические зоны			
	1	2	3	4
<i>1. Климатические признаки зон</i>				
Средняя температура января	-20...-15	-14...-10	-14...0	0...+5
Средняя температура июля	16-18	18-22	22-24	24-26
Продолжительность замерзания воды, дней	170-190	150	100	0
<i>2. Значения коэффициента K</i>				
При применении вертикальных электродов длиной 3 м и глубиной заложения $t=0,7-0,8$ м	1,65	1,45	1,3	1,1
То же при длине электродов 5 м.	1,35	1,25	1,15	1,1
То же при применении горизонтальных электродов длиной 20 м и $t=0,7-0,8$ м	5,5	3,5	2,5	1,5
То же при длине 50 м.	4,5	3,0	2,0	1,4

Алгоритм расчета заземления

Расчет производится в следующей последовательности:

2. Ознакомиться с рекомендациями по использованию заземляющих устройств и составить эскиз заземляющего устройства.
3. Определить допустимое сопротивление заземляющего устройства - R_3 по таблице 3 или правилам устройства электроустановок
4. Определяется расчетное удельное сопротивление грунта, в котором предполагается размещать электроды заземления, по данным таблиц 4 и 5

$$\rho_{расч} = \rho \cdot k \quad (1)$$

5. В случае возможности использования естественных заземлителей определяется сопротивление току растекания этих заземлителей R_e путем измерения или расчетным путем.

6. Определяется предварительно конфигурация заземлителя (в ряд, прямоугольник и т. п.) с учетом возможности размещения его на отведенной территории, участке.

7. Выбирается тип и размеры заземлителей - вертикальных электродов и соединительной полосы или протяженных заземлителей или других.

8. Определяется сопротивление растеканию тока с одного заземлителя $R_1=R_B$ по соответствующим формулам таблицы 6 (в формулу подставляется $\rho_{расч}$ вместо ρ).

9. Определяется требуемое сопротивление искусственного заземляющего устройства по формуле

9.

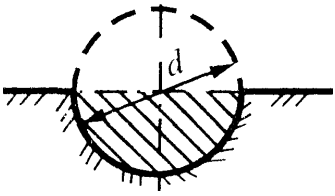
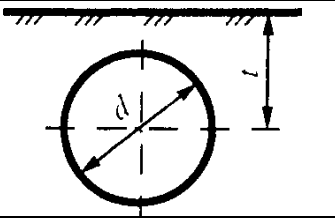
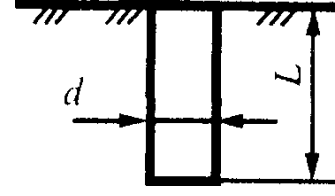
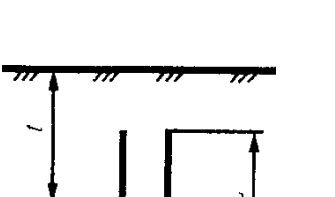
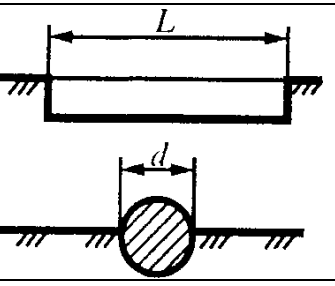
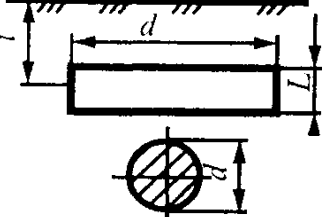
$$R_{imp} = \frac{R_e \cdot R_3}{R_e - R_3} \quad (2)$$

10. Определим, предварительно, необходимое количество вертикальных заземлителей по формуле

3) где L_r – длина горизонтального электрода, м; a – расстояние между вертикальными заземлителями, которое может быть равно одной, двум или трем длинам вертикальных заземлителей $a = (1 \div 3)L_B$ (рис.2).

Таблица 6

Формулы для вычисления сопротивления единичных заземлителей

Тип заземлителя	Схема	Формула	Условия применения
1	2	3	4
1. Полушаровой у поверхности земли		$R = \frac{\rho}{\pi \cdot d}$	-
2. Шаровой в земле		$R = \frac{\rho}{2\pi \cdot d} \left(1 + \frac{D}{4t} \right)$	$2 \cdot t \gg d$
3. Трубчатый или стержневой у поверхности земли		$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{4L}{d}$	$L \gg d$ Для уголка с шириной b $d = 0,95 \cdot b$
4. То же в земле		$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{2L}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + L}{4t - L} \right)$ или приближенно $R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{4L}{d}$	$L \gg d, t \geq 0,5m$ Для уголка с шириной b $d = 0,95 \cdot b$
5. Протяженный на поверхности земли (труба, стержень, кабель)		$R = \frac{\rho}{\pi L} \ln \frac{2L}{d}$	$L \gg d$ Для колонны: $d = 0,5 \cdot b$ b – ширина полосы
6. Протяженный в земле (труба, стержень, кабель)		$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \frac{2L^2}{dt}$	$L \gg d$ $L \gg 4t$ Для колонны $d = 0,5 \cdot b$

7. Кольцевой круглого сечения на поверхности земли		$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \ln \frac{8D}{d}$	Для полосы шириной b : $d = 0,5 \cdot b$ $D \gg d$
8. Кольцевой круглого сечения в земле		$R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \ln \frac{4\pi D^2}{dt}$ или приближенно $R = \frac{\rho}{2\pi^2 D} \ln \frac{8D}{d}$	$D \gg d$ $D \gg 2t$ Для полосы шириной b : $d = 0,5 \cdot b$
9. Круглая пластина на поверхности земли		$R = \frac{\rho}{2D}$	$2t \gg d$
10. То же в земле		Приближенно (погрешность 30%): $R = \frac{\rho}{2D}$	-
11. Пластинчатый в земле (пластина поставлена на ребро)		Приближенно: $R = \frac{\rho}{4\sqrt{a \cdot b}}$	$t = \sqrt{\frac{a \cdot b}{\pi}}$
Примечание: В формулах ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м.			

Таблица 7

Коэффициенты использования η_e вертикальных электродов группового заземления (труб, уголков и т. п.) без учета влияния полосы связи

Число заземлителя η, n	Отношение расстояний между электродами к их длине					
	электроды размещены в ряд (рис. 4а)			электроды размещены по контуру (рис. 4б)		
	1	2	3	1	2	3
9	0,85	0,91	0,94	-	-	-
4	0,73	0,83	0,89	0,69	0,78	0,85
6	0,65	0,77	0,85	0,61	0,73	0,80
10	0,59	0,74	0,81	0,56	0,68	0,76
20	0,48	0,67	0,76	0,47	0,63	0,71
40	-	-	-	0,41	0,58	0,66
60	-	-	-	0,39	0,55	0,64
100	-	-	-	0,36	0,52	0,62

Таблица 8

Коэффициенты использования η_z вертикальных электродов группового

заземления (труб, уголков и т. п.) без учета влияния полосы связи

Отношение расстояний между вертикальными электродами к их длине	Число вертикальных электродов							
	2	4	6	10	20	40	60	100
<i>Вертикальные электроды размещены в ряд (рис.4а)</i>								
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	-	-	-
<i>Вертикальные электроды размещены по контуру (рис.4б)</i>								
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

Таблица 9

Коэффициенты использования $\eta_{г.п.}$ параллельно уложенных горизонтальных полосовых электродов группового заземлителя (ширина полосы $b=20 \times 40$ мм, глубина заложения $t_0=0,3-0,8$ м) (рис.4в)

Длина каждой полосы, м	Число параллельных полос	Расстояние между параллельными полосами, м				
		1	2,5	5	10	15
1	2	3	4	5	6	7
15	2	0,63	0,75	0,83	0,92	0,96
	5	0,37	0,49	0,60	0,73	0,79
	10	0,25	0,37	0,49	0,64	0,72
	20	0,16	0,27	0,39	0,57	0,64
25	5	0,35	0,45	0,55	0,66	0,73
	10	0,23	0,31	0,43	0,57	0,66
	20	0,14	0,23	0,33	0,47	0,57
50	2	0,60	0,69	0,78	0,88	0,93
	5	0,33	0,40	0,48	0,58	0,65
	10	0,20	0,27	0,35	0,46	0,53
	20	0,12	0,19	0,25	0,36	0,44

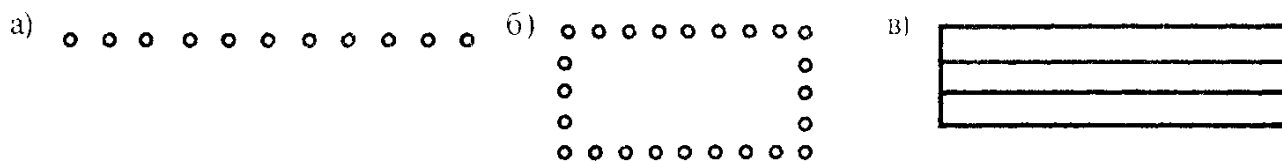


Рис.4. Способы размещения электродов группового заземлителя (вид в плане) а – вертикальные электроды размещены в ряд; б – вертикальные электроды размещены по контуру; в – горизонтальные электроды уложены параллельно друг другу на одинаковой глубине

11. Определяется сопротивление $R_2=R_r$ растеканию тока горизонтального электрода по соответствующей формуле табл. 6 (в формулу подставляется вместо ρ вместо $\rho_{расч}$).

12. Определяется сопротивление растеканию тока искусственных заземлителей:

$$R'_u = \frac{R_g \cdot R_2}{R_g \cdot \eta_z + R_2 \cdot \eta_g \cdot n} \quad (5)$$

где η_z – коэффициент использования горизонтального электрода с учетом вертикальных электродов, определяется по табл.8; η_g – коэффициент использования вертикальных электродов (по табл. 7); n – число вертикальных электродов.

Полученное сопротивление искусственных электродов не должно превышать требуемое сопротивление

$$R'_u < R_{umr} \quad (6)$$

Если это условие не удовлетворяется, то необходимо выбрать другие параметры заземлителей или изменить их количество и провести перерасчет.

13. При отсутствии естественных заземлителей R_e пункты 3 и 7 опускаются и условие (6) принимает вид

$$R'_u < R_{дон} = R_n \quad (7)$$

14. Сопротивление заземления состоит из суммы сопротивления заземлителей растеканию тока и сопротивления заземляющих проводников:

$$R_z = R'_z + R_{np} \quad (8)$$

Сопротивление проводников R_{np} учитывается при большой протяженности проводников (несколько десятков метров).

Сопротивление заземления не должно превышать допустимого значения

$$R_z < R_n = R_{дон} \quad (9)$$

В противном случае требуется изменить параметры заземлителей и провести перерасчет.

В заключение расчета приводится схема размещения заземлителей, например, как это показано на рис.5.

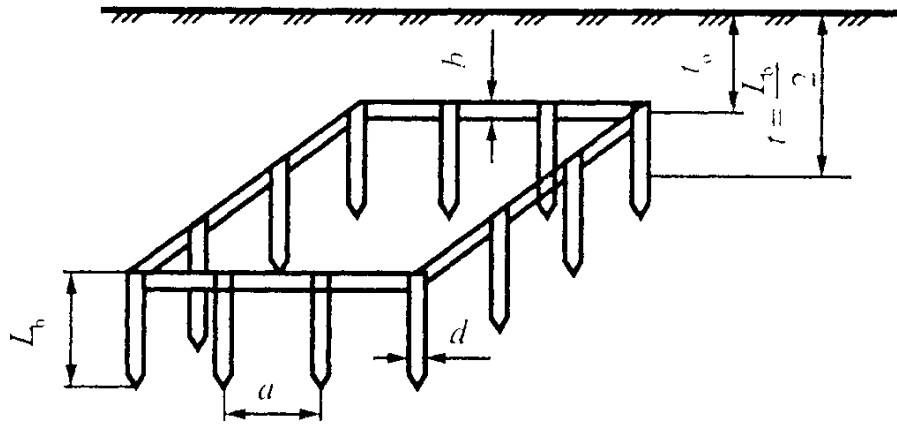


Рис.5. Пример схемы размещения заземлителей при контурном заземлении

Пример расчета

Задание: Рассчитать сопротивление защитного заземления для электропитающей установки мощностью 35кВт, распределяющей энергию напряжением 380/220В. Электропитающая установка размещена на первом этаже производственного здания, имеющего металлические конструкции, имеющего хороший контакт с землей. Желательно, чтобы заземляющее устройство включало в себя естественные заземлители, сопротивление растеканию тока, которых $R_e=200\text{Ом}$. Здание имеет периметр 70 м. Грунт - суглинок. Производственное здание размещено во второй климатической зоне.

Решение: 1. Требуемое сопротивление защитного заземления в соответствии с таблицей 3 не должно превышать $R_3 = R_n = 4 \text{ Ом}$.

2. Определяем расчетное удельное сопротивление грунта в соответствии с данными таблиц 4 и 5: $\rho_{расч} = \rho \cdot k = 100 \cdot 1,45 = 145 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

3. Принимаем сопротивление естественных заземлителей равным $R_e = 200 \text{ Ом}$.

4. Определяем предварительно конфигурацию заземлителя (в ряд, прямоугольник, и т. п. в соответствии с рис.4) с учетом возможности размещения его на отведенной территории участка. Выберем контурное размещение заземлителей. Контурный заземлитель размещается по периметру здания, длина которого $L_e=70 \text{ м}$.

5. В качестве искусственных вертикальных заземлителей выбираем стальные стержни длиной $L=2,5 \text{ м}$, диаметром $d = 12 \text{ мм}$, верхние концы которых соединяются стальной полосой сечением $20 \times 4 \text{ мм}^2$, уложенной в грунт (суглинок), при глубине заложения $t_0=0,5 \text{ м}$.

6. Определяем сопротивление растеканию тока с одного заземлителя R_1 по соответствующей формуле, приведенной в табл. 6.:

$$R_1 = \frac{\rho_{расч}}{2\pi L} \left(\ln \frac{2L}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + L}{4t - L} \right) = \frac{145}{2 \cdot 314} \left(\ln \frac{2 \cdot 2,5}{0,012} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,75 + 2,5}{4 \cdot 1,75 - 2,5} \right) = 55 \text{ Ом.}$$

7. Определяем требуемое сопротивление искусственного заземляющего устройства: $R_{imp} = \frac{R_e \cdot R_3}{R_e - R_3} = \frac{20 \cdot 4}{20 - 4} = 5 \text{ Ом}$.

8. Определим предварительно необходимое количество вертикальных заземлителей n , приняв расстояние между ними $\alpha = 2L = 2 \cdot 2,5 = 5 \text{ м}$, $n = \frac{L_2}{\alpha} = \frac{70}{5} = 14$ штук.

9. Определяем сопротивление растеканию тока с горизонтального заземлителя по формуле, приведенной в табл. 6:

$$R_2 = \frac{\rho_{рас}}{2\pi L^2} \ln \frac{2L_2^2}{0,5b \cdot t_0} = \frac{140}{2 \cdot 3,14 \cdot 70} \ln \frac{2 \cdot 70^2}{0,5 \cdot 0,0004 \cdot 0,5} = 6 \text{ Ом}$$

10. Коэффициент использования вертикальных и горизонтальных электродов определяем по табл. 7 и 8, соответственно с учетом интерполяции $\eta_в = 0,66$ и $\eta_г = 0,36$.

11. Сопротивление растеканию группового искусственного заземлителя определяем по формуле $R'_u = \frac{R_в \cdot R_г}{R_в \cdot \eta_г + R_г \cdot \eta_в \cdot n} = \frac{55 \cdot 6}{55 \cdot 0,36 + 6 \cdot 0,66 \cdot 14} = 4,4 \text{ Ом}$.

12. Общее сопротивление (действительное) заземляющего устройства $R_{зy} = \frac{R_e \cdot R'_u}{R_e + R'_u} = \frac{20 \cdot 4,4}{20 + 4,4} = 3,66 \text{ Ом}$, что меньше требуемого по ГОСТ 12.1.030-81*.

Порядок выполнения работы

1. Получить задание преподавателя и необходимые исходные данные для расчета. Недостающие исходные данные принять самостоятельно.
2. Познакомиться с принципом действия, порядком расчета защитного заземления.
3. Выполнить расчет защитного заземления.
4. Привести схему размещения заземлителей.
5. Оформить отчет.
6. Ответить на контрольные вопросы.

Варианты заданий

Задача 1. Используя алгоритм расчета защитного заземления рассчитать сопротивление защитного заземления для электропитающей установки мощностью 10кВт, распределяющей энергию напряжением 380/220В. Электропитающая установка размещена в одноэтажном производственном здании, имеющем металлические конструкции и хороший контакт с землей. Заземляющее устройство включает в себя естественные заземлители, сопротивление растеканию тока, которых $R_e=30\text{Ом}$. Здание имеет периметр 100

м. Вид грунта и климатическая зона принимаются для расчета по вариантам табл.10.

Задача 2. Определить сопротивление естественного заземлителя, используемого для сооружения заземляющего устройства электроустановки мощностью $100\text{кВ}\cdot\text{А}$ и напряжением 1кВ . В качестве заземлителя используется горизонтальный трубопровод длиной 100м , диаметром 245мм , пролегающий на глубине $0,5\text{м}$ от поверхности земли. Заземлитель расположен в однородном грунте (вид грунта и климатическая зона принимаются по табл.10). Сравнить сопротивление естественного заземлителя (R_e) с наибольшим допустимым сопротивлением заземляющего устройства (R_n) по условию $R_e \leq R_n$. Сделать вывод о эффективности применения данного заземлителя.

Задача 3. Определить сопротивление естественного заземлителя, используемого для сооружения заземляющего устройства электроустановки мощностью $100\text{кВ}\cdot\text{А}$ и напряжением 1кВ . В качестве заземлителя используется вертикальный трубопровод, расположенный в земле, длиной 30 м , диаметром 325 мм . Расстояние от поверхности земли до верхнего края трубопровода $0,4\text{м}$. Заземлитель расположен в однородном грунте (вид грунта и климатическая зона принимаются по табл.10). Сравнить сопротивление естественного заземлителя (R_e) с наибольшим допустимым сопротивлением заземляющего устройства (R_n) по условию $R_e \leq R_n$. Сделать вывод о эффективности применения данного заземлителя.

Задача 4. Определить сопротивление естественного заземлителя, используемого для сооружения заземляющего устройства электроустановки мощностью $100\text{кВ}\cdot\text{А}$ и напряжением 1кВ . В качестве заземлителя используется железобетонная плита на поверхности земли размером $3,5 \times 5\text{м}$. Сравнить сопротивление естественного заземлителя (R_e) с наибольшим допустимым сопротивлением заземляющего устройства (R_n) по условию $R_e \leq R_n$. Сделать вывод о эффективности применения данного заземлителя.

Задача 5. Определить сопротивление естественного заземлителя, используемого для сооружения заземляющего устройства электроустановки мощностью $100\text{кВ}\cdot\text{А}$ и напряжением 1кВ . В качестве естественного заземлителя используется железобетонная свая. Глубина залегания в землю $1,5\text{м}$. Свая прямоугольного сечения с размерами сторон $300 \times 400\text{мм}$. Сравнить сопротивление естественного заземлителя (R_e) с наибольшим допустимым сопротивлением заземляющего устройства (R_n) по условию $R_e \leq R_n$. Сделать вывод о эффективности применения данного заземлителя.

Задача 6. Используя алгоритм расчета защитного заземления рассчитать сопротивление защитного заземления для электропитающей установки мощностью 35кВт , распределяющей энергию напряжением $380/220\text{В}$. Электропитающая установка размещена в одноэтажном производственном здании, имеющем металлические конструкции и хороший контакт с землей. Естественные заземлители отсутствуют. Здание имеет периметр 200 м . Вид грунта и климатическая зона принимаются для расчета по вариантам табл.10.

Исходные данные для расчета защитного заземления

<i>Вариант</i>	<i>Вид грунта</i>	<i>Климатическая зона</i>
1.	Чернозем	IV
2.	Садовая земля	II
3.	Глина пластинчатая	III
4.	Суглинок полутвердый	I
5.	Песок	II
6.	Гравий	II
7.	Щебень	I
8.	Почва	II
9.	Глина полутвердая	I
10.	Супесь	II
11.	Песок	I
12.	Каменистый грунт	III
13.	Скалистый грунт	IV
14.	Торф	I
15.	Лесс	II
16.	Гравий	III
17.	Щебень	IV
18.	Песок	III
19.	Чернозем	III
20.	Каменистый грунт	I
21.	Песок	IV
22.	Гравий	I
23.	Каменный уголь	II
24.	Почва	III
25.	Глина пластинчатая	I

Контрольные вопросы

1. Что такое защитное заземление?
2. Назначение, область применения защитного заземления.
3. Принцип действия защитного заземления.
4. Что собой представляет заземляющее устройство?
5. Перечислите типы заземляющих устройств.
6. Каков порядок расчета защитного заземления?
7. В каком случае заземление является эффективным?

Практическая работа № 3

Тема: Расчет освещения светильниками и прожекторами

Освещение является необходимым условием нормальной работы организма в целом и поддержание его работоспособности. Назначение производственного освещения – обеспечение нормальных зрительных условий для выполнения соответствующего вида работ в производственных помещениях. Освещение является не только необходимым условием обеспечения эффективности труда, но и безопасности жизнедеятельности. По типу источников освещение может быть естественным, искусственным, совмещенным.

Искусственное освещение

Искусственное освещение используют для компенсации нестабильности естественного освещения, улучшения светового комфорта. Искусственное освещение подразделяют на следующие виды, согласно СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»: рабочее; дежурное; охранное; аварийное. Рабочее освещение является обязательным для всех помещений зданий.

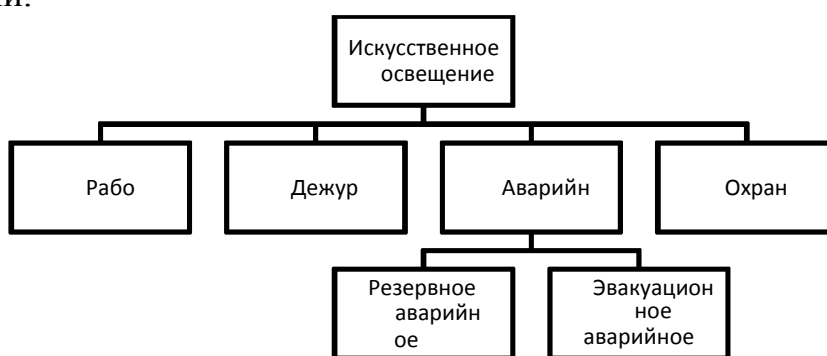


Рис.1. Виды искусственного освещения

Для общего искусственного освещения помещений следует использовать, как правило, разрядные источники света, отдавая предпочтение при равной мощности источникам света с наибольшей световой отдачей и сроком службы.

Световая отдача источников света для общего искусственного освещения помещений при минимально допустимых индексах цветопередачи не должна быть меньше значений, приведенных в таблице 1.

Рабочее освещение следует предусматривать для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта. Для помещений, имеющих зоны с разными условиями естественного освещения и различными режимами работы, необходимо раздельное управление освещением таких зон.

Таблица 1 - Световая отдача источников света (СНиП 23-05-95)

Тип источника света	Световая отдача, лм/Вт, не менее, при минимально допустимых индексах цветопередачи, R_a			
	$R_a \geq 80$	$R_a \geq 60$	$R_a \geq 45$	$R_a \geq 25$
Люминесцентные лампы	65	75	-	-
Компактные люминесцентные лампы	70	-	-	-
Металлогалогенные лампы	75	90	-	-
Дуговые ртутные лампы	-	-	55	-
Натриевые лампы высокого давления	-	75	-	100

При необходимости часть светильников рабочего или аварийного освещения может использоваться для дежурного освещения.

Нормируемые характеристики освещения в помещениях и снаружи зданий могут обеспечиваться как светильниками рабочего освещения, так и совместным действием с ними светильников освещения безопасности и (или) эвакуационного освещения.

По конструктивному исполнению искусственное освещение может быть двух систем - общее освещение и комбинированное освещение.



Рис.2. Конструктивное исполнение искусственного освещения.

Общее освещение - освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение) или применительно к расположению оборудования (общее локализованное освещение).

Местное освещение - освещение, дополнительное к общему, создаваемое светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно на рабочих местах. Комбинированное освещение

- освещение, при котором к общему освещению добавляется местное.

Местное освещение без общего применять нельзя.

Совмещенным называют освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняют искусственным. Для выполнения работ I–III разрядов, т.е. наивысшей, очень высокой и высокой точности, в основном применяют совмещенное освещение в связи с недостаточностью естественного освещения.

Искусственные источники света

Искусственный источник света – устройство, предназначенное для преобразования какого-либо вида энергии (электрической) в оптическое излучение. Выделяют следующие группы электрических источников света: лампы накаливания; газоразрядные; светодиодные.

Источники света для производственных помещений необходимо выбирать руководствуясь общими рекомендациями, отдавая предпочтение энергетически более экономичным и обладающим большим сроком службы; для уменьшения первоначальных затрат на осветительные установки и расходов на их эксплуатацию необходимо по возможности использовать лампы наименьшей мощности, но без ухудшения при этом качества освещения.

Выбор светильника

Электрический светильник состоит из источника света и осветительной арматуры, предназначенной для перераспределения излучаемого источником светового потока в требуемом направлении, предохранения глаз рабочего от слепящего действия ярких элементов источника света, защиты источника от загрязнения и механических повреждений, эстетического оформления помещения.

В зависимости от доли светового потока, приходящегося на нижнюю полусферу, светильники подразделяются на пять классов.

Выбор светильников по светораспределению определяется характером выполняемых работ в помещении, особенностями технологического процесса, наличием загрязняющих веществ в воздушной среде.

Таблица 2 - Класс светильника в зависимости от светораспределения

Класс светораспределения		Доля светового потока в нижнюю полусферу, %
Наименование	Обозначение	
Прямого света	ПНРВ	≥ 80
Преимущественно прямого света	О	60-80
Рассеянного света		40-60
Преимущественно отраженного света		20-40
Отраженного света		≤ 20

Наиболее важной функцией осветительной арматуры является

перераспределение светового потока, что определяется конструкцией светильника (смотри рис.3).

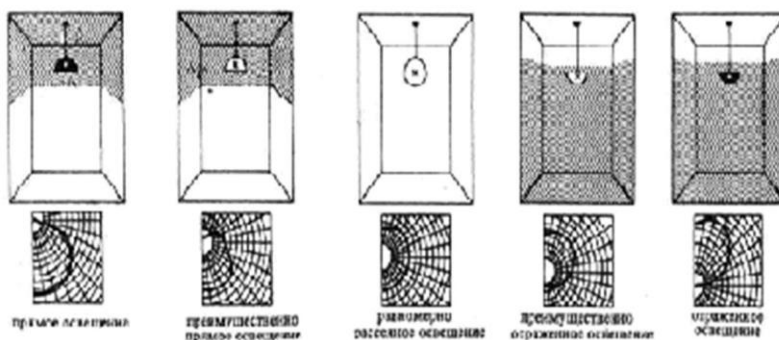


Рис.3. Стандартное распределение светового потока в зависимости от типа светильников.

Конструкция светильника должна надежно защищать источник света от пыли, воды и других внешних факторов, обеспечивать электро- пожаро- и взрывобезопасность, стабильность светотехнических характеристик в данных условиях среды, удобство монтажа и обслуживания, соответствовать эстетическим требованиям. В зависимости от конструктивного исполнения различают светильники открытые, защищенные, закрытые, пыленепроницаемые, влагозащитные, взрывозащищенные, взрывобезопасные, по назначению – для общего и местного освещения.

Таблица 3 - Классификация по основному назначению светильника

Назначение светильника	Символ (буква) в обозначении типа светильника
Для промышленных и производственных зданий	П
Для общественных зданий	О
Для жилых (бытовых) помещений	Б
Для наружного освещения	У
Для рудников и шахт	Р
Для кинематографических и телевизионных студий	Т

Условия зрительного комфорта на рабочем месте определяются следующими параметрами:

10. равномерное распределение освещения;
11. высокая контрастность наблюдения по сравнению с задним фоном;
12. отсутствие бликов (коэффициент отражения поверхности фона);
13. расположение источника света и дополнительной подсветки;
14. спектральный состав света;
15. цветовое разрешение объектов среды обитания;
16. осветительная установка должна быть безвредной и безопасной;
17. величина освещения $E_{зд}$ должна быть постоянной (пульсация

галогенных ламп – 1%; лампы накаливания – 7%; газоразрядные 25-65%).

Условия комфортности достигаются также соблюдением нормативных требований к естественному и искусственному освещению помещений и территорий (например, СНиП 23—05—95

«Естественное и искусственное освещение»). При этом нормируются значения освещенности и ряд других показателей систем освещения. Основные требования предъявляемые к освещению производственных и бытовых помещений:

- функциональность действия и улучшенный световой комфорт;
- обеспечение наилучших условий для зрительной работы;
- индивидуальное управление освещением рабочего места;
- возможность выбора требуемого освещения окружающего пространства с учетом освещения рабочего места и наличия дневного света;
- энергоэффективность;
- минимизация ущерба окружающей среде.

Нормирование параметров производственного освещения

В Российской Федерации по действующим нормам при планировании освещения достаточно соблюдать светотехнические нормативы. Основными нормативными документами являются СНиП 23—05—95 «Естественное и искусственное освещение», Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.1/2.1.1.2585-10 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий», Межгосударственный стандарт ГОСТ ИСО 8995-2002

«Принципы зрительной эргономики. Освещение рабочих систем внутри помещений» и др.

Искусственное освещение нормируется количественными (минимальной освещенностью E_{\min}) и качественными показателями (показателями ослепленности и дискомфорта, коэффициентом пульсации освещенности). Принято отдельное нормирование искусственного освещения в зависимости от применяемых источников света и системы освещения. Нормативное значение освещенности для газоразрядных ламп, при прочих равных условиях вследствие большей светоотдачи, выше, чем для ламп накаливания. Освещенность (E) - отношение светового потока к площади освещаемой им поверхности; измеряется в люксах (лк):

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

где Φ – световой поток, люмен, лм; S – площадь освещаемая потоком, м².

В качестве нормативной величины освещенности задается ее минимальное значение (E_{\min}), при котором выполнение определенной работы не вредит зрению работника. E_{\min} задается для наиболее темного участка рабочей поверхности и устанавливается по характеристике зрительной работы.

Характеристика зрительной работы определяется наименьшим размером объекта различения. В зависимости от размера объекта различения все виды работ, связанные со зрительным напряжением, делятся на восемь разрядов,

которые, в свою очередь, в зависимости от фона и контраста объекта с фоном, делятся на четыре подряда.

Нормы освещенности следует повышать на одну ступень шкалы освещенности в следующих случаях:

- при работах I–IV разрядов, если напряженная зрительная работа выполняется более половины рабочего времени;

Таблица 4 - Нормы проектирования искусственного освещения (СНиП 23-05-95)

Характеристика зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подряд зрительной работы	Контраст с фоном	Характеристика фона	E _{мин} , лк	
						комбинированное	общее освещение
Очень высокой точности	0,15-0,3	I	а б в г	Малый	Темный	4000	1250
				»	Средний	3000	750
				Средний	Темный	2000	500
				Малый	Светлый		
				Средний	Средний	1000	300
Большой	Темный						
Высокой точности	0,3 – 0,5	II	а б в г	Малый	Темный	2000	500
				»	Средний	1000	300
				Средний	Темный	2500	750
				Малый	Светлый		
				Средний	Средний	1500	400
Большой	Темный						
Средний	Светлый	1500	400				
Большой	»						
»	Средний						

- при повышенной опасности травматизма, если освещенность от системы общего освещения составляет 150 лк и менее (работа на дисковых пилах, гильотинных ножницах и т.п.);

- при специальных повышенных санитарных требованиях (на предприятиях пищевой и химико- фармацевтической промышленности), если освещенность от системы общего освещения составляет 500 лк и менее;

- при работе или производственном обучении подростков, если освещенность от системы общего освещения составляет 300 лк и менее;

- при отсутствии в помещении естественного света и постоянном пребывании работающих, если освещенность от системы общего освещения составляет 750 лк и менее.

- при наблюдении деталей, вращающихся со скоростью, равной или более 500 об/мин или объектов, движущихся со скоростью равной или более 1,5 м/мин;

- при постоянном поиске объектов различения на поверхности 0,1 м² и более;

- в помещениях, где более половины работающих старше 40 лет.

При наличии одновременно нескольких признаков, нормы освещенности следует повышать не более чем на одну ступень.

Таблица 5 - Ряды освещенности для различных типов поверхностей, заданий и видов деятельности

Ряды освещенности, лк	Тип поверхности, задания или вида деятельности
20; 30; 50	Наружные рабочие площадки и улицы
100; 150; 200	Рабочие помещения, не используемые постоянно для работы
200; 300; 500	Задания с низкими требованиями к условиям зрительного восприятия
300; 500; 750	Задания со средними требованиями к условиям зрительного восприятия
500; 750; 1000	Задания с требованиями к зрительному восприятию
750; 1000; 1500	Задания с трудными условиями зрительной работы
1000; 1500; 2000	Задания с особыми требованиями к условиям зрительной работы

В помещениях, где выполняются работы IV–VI разрядов, нормы освещенности следует снижать на одну ступень при кратковременном пребывании людей или наличии оборудования, не требующего постоянного обслуживания.

Освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, должна составлять не менее 10 % нормируемой для комбинированного освещения при тех источниках света, которые применяются для местного освещения. При этом освещенность должна быть не менее 200 лк при разрядных лампах, не менее 75 лк при лампах накаливания. Создавать освещенность от общего освещения в системе комбинированного более 500 лк при разрядных лампах и более 150 лк при

лампах накаливания допускается только при наличии обоснований.

В помещениях без естественного света освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, следует повышать на одну ступень.

В производственных помещениях со зрительной работой I-III разрядов следует устраивать совмещенное освещение. Допускается применение верхнего естественного освещения в крупнопролетных сборочных цехах, в которых работы выполняются в значительной части объема помещения на разных уровнях от пола и на различно ориентированных в пространстве рабочих поверхностях. При этом нормированные значения КЕО принимаются для разрядов I, II, III соответственно 10%, 7%, 5%. Нормированные значения КЕО, e_N , для зданий, располагаемых в различных районах (смотри таблицы 1 и 2), следует определять по формуле:

$$e_N = e_H \cdot m_N \quad (2)$$

где N - номер группы обеспеченности естественным светом по [табл. 2](#);

e_H - значение КЕО (по [табл. 1](#) и [2](#) СНиП 23—05—95);

m_N - коэффициент светового климата (по [табл. 2](#). СНиП 23—05—95).

КЕО показывает, какая доля естественного освещения попадает в данную точку помещения.

Полученные по формуле (2) значения следует округлять до десятых долей.

Коэффициент пульсации освещенности K_p , % - критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока газоразрядных ламп при питании их переменным током, выражающийся формулой:

$$K_p = \frac{E_{\max} - E_{\min}}{2E_{\text{ср}}} \quad (3)$$

где E_{\max} и E_{\min} - соответственно максимальное и минимальное значения освещенности за период ее колебания, лк; $E_{\text{ср}}$ - среднее значение освещенности за этот же период, лк.

Коэффициент пульсации освещенности (K_p) - критерий оценки относительной глубины колебаний освещенности в результате изменения во времени светового потока при питании ламп переменным током промышленной частоты оценивается в процентах.

В целях контроля за энергопотреблением устанавливаются требования к максимально допустимой удельной установленной мощности общего искусственного освещения помещений общественных зданий. Удельные установленные мощности общего искусственного освещения не должны превышать максимально допустимых величин, приведенных в таблице 6.

Таблица 6 - Удельная установленная мощность осветительной установки

Освещенность на рабочей поверхности, лк	Индекс помещения	Максимально допустимая установленная удельная мощность, Вт/кв.м, не более
500	0,6	42
	0,8	39
	1,25	35
	2,0	31
	3 и более	28
400	0,6	30
	0,8	28
	1,25	25
	2,0	22
	3 и более	20
300	0,6	25
	0,8	23
	1,25	20
	2,0	18
	3 и более	16
200	0,6 - 1,25	18
	1,25 - 3,0	14
	более 3	12
150	0,6 - 1,25	15
	1,25 - 3,0	12
	более 3	10
100	0,6 - 1,25	12
	1,25 - 3,0	10
	более 3	8

Совмещенное освещение - освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным. Совмещенное освещение помещений производственных зданий следует предусматривать:

15. для производственных помещений, в которых выполняются работы I-III разрядов;

16. для производственных и других помещений в случаях, когда по условиям технологии организации производства и климата в месте строительства требуются объемно-планировочные решения, которые не позволяют обеспечить нормированное

значение КЕО (многоэтажные здания большой ширины, одноэтажные многопролетные здания с пролетами большой ширины и т.п.), а также в случаях, когда технико-экономическая целесообразность совмещенного освещения по сравнению с естественным, подтверждена соответствующими расчетами;

17. в соответствии с нормативными документами по строительному проектированию зданий и сооружений отдельных отраслей промышленности, утвержденными в установленном порядке.

Светильники с люминесцентными лампами при общем как равномерном, так по возможности и при локализованном освещении, следует преимущественно размещать рядами, параллельными стенам с окнами или рядами колонн или пилостр. Иное расположение допускается:

а) в узких помещениях с окнами на торцевых стенах:

б) в случаях, когда это диктуется размещением производственного оборудования;

в) при работах с блестящими поверхностями, когда следует по возможности размещать ряды светильников параллельно основному направлению осей зрения и располагать их между рядами рабочих мест.

Ряды светильников следует выполнять непрерывными или с разрывами (в свету), не превышающими примерно 0,5 расчетной высоты.

Значения в таблице 6 приведены с учетом потребления мощности пускорегулирующих устройств, а также устройств управления освещением.

Допускается: кроме случаев кривой К, увеличение этих отношений не более, чем на 30 %.