### Вентиляция производственных помещений

Под вентиляционной системой понимают совокупность различных по своему назначению вентиляционных установок, способных обслуживать отдельное помещение или корпус. Вентиляционные системы, используемые в производственных корпусах, можно представить в виде структурной схемы (рис. 1). В зависимости от способа перемещения воздуха в рабочих помещениях вентиляция делится на искусственную (механическую), естественную и комбинированную. При естественной вентиляции воздухообмен осуществляется двумя способами: неорганизованно, посредством проветривания (через окна и двери в помещении) и инфильтрации (поступление воздуха через поры и щели в окнах и дверных проемах), и организованно, посредством аэрации и с помощью дефлекторов.

***Аэрацией*** является организованный естественный воздухообмен, осуществляемый за счет ветрового давления и регулируемый в соответствии с внешними метеорологическими условиями (рис. 2).

Аэрация осуществляется следующим образом. В производственном здании, оборудованном тремя оконными проемами (1–3), в летнее время открываются проемы 1 и 3. Свежий воздух поступает в помещение через нижние проемы 1, располагаемые на высоте 1…1,5 м от пола, а удаляется через проемы 3 в аэрационном фонаре здания.

Рис. 2. Схема аэрации зданий за счет разной плотности воздуха: *а* – в теплый период года; *б* – в холодный период года. *1, 2, 3* – оконные проемы; *4* – аэрационный фонарь

Поступление наружного воздуха в зимнее время осуществляется через проемы 2, расположенные на высоте 4–7 м от пола, чтобы холодный наружный воздух, опускаясь до рабочей зоны, успел нагреться за счет перемешивания с теплым воздухом помещения.

Преимуществом аэрации является то, что большие объемы воздуха (до нескольких миллионов кубических метров в час) подаются и удаляются без применения вентиляторов. Кроме того, система аэрации является мощным средством для борьбы с избытком выделения теплоты в производственных помещениях.

Недостатком аэрации является снижение эффективности в летнее время вследствие повышения температуры наружного воздуха, особенно в безветренную погоду. Кроме того, поступающий воздух в помещение не очищается и не охлаждается.

Вентиляция с помощью дефлекторов применяется в том случае, если неорганизованного воздухообмена (проветривание или инфильтрация) для удаления вредных выделений из помещения бывает недостаточно. В настоящее время наибольшее распространение получил дефлектор ЦАГИ (рис. 3). Он стоит из диффузора 1, верхнюю часть которого охватывает цилиндрическая обечайка 2. Колпак 3 служит для защиты от попадания атмосферных осадков в патрубках 5, а конус 4 – для предохранения от задувания ветром внутрь дефлектора.

Ветер, обдувая обечайку дефлектора, создает на большей части его окружности разрежение, вследствие чего воздух из помещения по воздуховоду и патрубку 5 выходит наружу через две кольцевые щели между обечайкой 2 и краями колпака 3 и корпуса 4. Эффективность работы дефлекторов зависит от скорости ветра, а также от высоты установки их над коньком крыши (рис. 4).

Рис. 3. Схема дефлектора типа ЦАГИ

Рис. 4. Расположение дефлекторов: 1 – правильно; 2, 3 – неправильно

В системах искусственной, механической вентиляции движение воздуха осуществляется вентиляторами, а в некоторых случаях эжекторами. На схеме приведена классификация механической вентиляции. По месту расположения механическая вентиляция бывает общеообменная (схема воздуха происходит во всем объеме помещения), местная (локальная), когда обмен воздуха происходит в местах образования вредных выбросов, и комбинированная (наряду с общим воздухообменом локально удаляется загрязненный воздух от источника выделения).

По способу подачи воздуха механическая вентиляция бывает: приточной, вытяжной и приточно-вытяжной. Схемы общеобменной вентиляции приведены на рис. 5.

1

2

# Рис. 5. Схема общеобменной вентиляции: 1 – корпус помещения; 2 – загрязненный воздух; 3 – подаваемый или удаляемый воздух, системами вентиляции. а – приточная; б – вытяжная; в - приточновытяжная

Местная приточная вентиляция осуществляется устройством воздушных душей, воздушных завесы, оазисов.

Воздушный душ представляет собой поток воздуха определенных параметров, направленный на человека. Воздушная завеса позволяет предотвратить проникновение холодного воздуха в помещение. Воздушные оазисы улучшают метеоусловия на ограниченной площади помещения, отделенной со всех сторон перегородками.

Местная вытяжная вентиляция выполняется, как правило, в виде вытяжных шкафов (рис. 6), вытяжных зонтов, всасывающих панелей, бортовых отсосов (рис. 7), эжекционных установок.



Рис. 6. Установка вытяжных шкафов: а – правильная; б – неправильная

Эжекторы применяют в тех случаях, когда необходимо удалить очень агрессивную среду, пыль или газы.

Принцип действия эжектора (рис. 8) заключается в создании в специальной камере вытекающим воздухом разрежения, с помощью которого подсасывается воздух из помещения.

Рис. 7. Бортовой отсос

Рис. 8. Эжектор: сплошной односторонний *1 –* сопло подводного патрубка; *2* – камера разрежения*; 3 –* камера смешивания эжектирующего и эжектируемого воздуха

### Расчет механической вентиляции

1. **Расчет общеобменной вентиляции по газовыделениям**

Расчет механической общеобменной вентиляции сводится к определению необходимого качества вентиляционного воздуха L для того, чтобы разбавить вредные выделения до значений, не превышающих предельно допустимых концентраций.

Количество воздуха, необходимого для растворения вредных выделений, поступающих с отработавшими газами, при работе автомобилей одинаковых моделей, определяется по формуле

, (1)

где G – количество вредных выделений, поступающих в помещение, кг/ч;

- средняя продолжительность работы автомобиля, мин. (табл. 1);

n – число автомобилей, работающих одновременно в течении 1 часа;

ПДК – предельно допустимая концентрация рассчитываемого вещества.

Количество окиси углерода, выделяющейся в помещение при работе карбюраторного двигателя,

, (2)

где - количество окиси углерода, кг/ч;

15 – количество отработавших газов, образующихся при сгорании 1 кг топлива;

P – содержание вредного вещества в отработавших газах, % (табл. 2);

 – часовой расход топлива одним карбюраторным двигателем, л.

Часовой расход топлива определяется по формуле:

, (3)

где V – рабочий объем цилиндров двигателя, л.

- расход топлива, кг/ч.

Таблица 1. Показатели продолжительности работы автомобиля, мин.

|  |  |
| --- | --- |
| Вид работы автомобиля | Время, мин. |
| Выезд легкового автомобиля | 3 |
| Выезд грузового автомобиля | 5 |
| Въезд и постановка автомобиля на стоянку | 2 |
| Ежедневное обслуживание автомобиля | 1.5 |
| Кратковременный ремонт | 1.5 |
| Ремонт продолжительностью более 1 часа | 4 |
| Испытание двигателя на стенде | 60 |

## Таблица 2. Содержание окиси углерода в отработавших газах дизельного (карбюраторного) двигателя, % от массы

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование режима | Окись углерода |
| Разогрев двигателя | 0.071 (6.0) |
| Движение автомобиля в помещении | 0.054 (4.0) |
| Въезд в зону хранения и постановка на место | 0.044 (2.5) |

**2. Расчет воздухообмена по влаговыделениям**

Количество воздуха, необходимое для удаления избытков влаги, вычисляется по формуле

, (4)

где *G* – количество влаги, выделяемое всеми источниками, г/ч;

- плотность удаляемого воздуха, ;

- содержание влаги приточного воздуха, г/кг;

 – относительная влажность воздуха, %;

- относительная влажность приточного воздуха, %.

### Таблица 3. Значение фактора гравитационной подвижности

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температураводы, | До 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|  | 0.022 | 0.028 | 0.033 | 0.037 | 0.041 | 0.046 | 0.051 | 0.06 |

### Таблица 4. Содержание водяного пара в воздухе при нормальном атмосферном давлении

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура, | Содержание водяного пара, г/кг | Давление водяного пара, Па | Температура, | Содержание водяного пара, г/кг | Содержание водяного пара, г/кг |
| -15 | 1.1 | 184.1 | 45 | 60.7 | 9389.1 |
| -10 | 1.7 | 275.3 | 50 | 79.0 | 12098.0 |
| -5 | 2.6 | 409.4 | 55 | 102.3 | 15451.2 |
| 0 | 3.8 | 604.9 | 60 | 131.7 | 19567.2 |
| 5 | 5.4 | 854.7 | 65 | 168.9 | 24590.5 |
| 10 | 7.5 | 1209.8 | 70 | 216.1 | 30652.5 |
| 15 | 10.5 | 1670 | 75 | 276.0 | 37937.5 |
| 20 | 14.4 | 2288.1 | 80 | 352.8 | 46629.5 |
| 25 | 19.5 | 3090.2 | 85 | 452.1 | 56939.5 |
| 30 | 20.3 | 4142.2 | 90 | 582.5 | 69090.1 |
| 35 | 35.0 | 5496.7 | 95 | 757.6 | 83239.5 |
| 40 | 46.3 | 7219.3 | 100 | 1000.0 | 100000 |

Количество влаги, выделяющейся со свободной поверхности промывочных ванн, определяется по следующей формуле:

, (5)

где  – фактор гравитационной подвижности окружающей среды;

V – скорость движения воздуха над источниками испарения, м/с;

-парциальное давление водяных паров в окружающем воздухе, Па;

 – парциальное давление водяных паров, насыщающих воздух при температуре поверхности испаряющейся жидкости, Па (табл. 4);

F – поверхность испарения, .

1. **Расчет местной вытяжной и проточной вентиляции**

Для улавливания вредностей непосредственно в месте их образования применяется местная вытяжная вентиляция. Вытяжная вентиляция выполняется, как правило, в виде местных отсосов – вытяжных шкафов, камер, зонтов, панелей, щелей, бортовых отсосов; приточная – в виде оазисов, завес и душей.

**4. Расчет количества воздуха для вентиляции помещений**

Необходимое количество воздуха может быть определено различна ми методами в зависимости от назначения помещения и вида вредных выделений.

1. Метод определения необходимого количества воздуха по кратности воздухообмена применяют для ориентировочных расчетов, когда не известны виды и количества выделяющихся вредных веществ (согласно СНиП 245–71 определение количества воздуха по кратности воздухообмена не допускается, за исключением случаев, оговоренных в нормативных документах).

Кратностью воздухообмена К называется отношение воздухообмена, создаваемого в помещении, к внутреннему объему помещения:

****

Эта величина показывает, сколько раз в течение часа весь объем помещения заполняется вводимым в помещение приточным воздухом. Количество приточного воздуха должно быть не менее 30 м3/ч на одного человека при объеме помещения, приходящегося на него, менее 20 м3. Если естественное проветривание невозможно, то в такие помещения нужно подавать не менее 60 м3/ч воздуха на одного человека

2. Для определения воздухообмена из условия удаления из помещения углекислоты CO2 используют формулу

**

где L – воздухообмен, м3/ч;

G – количество углекислоты, выделяющейся в помещении, г/ч или л/ч;

x1 – концентрация СО2 в наружном (приточном) воздухе;

x2 – допустимая концентрация CO2 в воздухе помещения. Количество CC2, выделяемое людьми:

CO2, г/ч С02, л/ч

при физической работе тяжелой 68 45

при физической работе легкой 45 30

в состоянии покоя 35 23

Допустимые концентрации CO2 в помещениях:

С02, г/кг CO2, л/м3

Постоянного пребывания людей 1,5 1

периодического пребывания людей 1,75 1,25

кратковременного пребывания людей 3 2

Содержание CO2 в наружном воздухе следует принимать:

С02, г/м3 С02 л/ч3

Для сельской местности 0,6 0,40

Для городов 0,9 0,60

**5. Расчет вытяжных шкафов**

Объем воздуха удаляемого вытяжными шкафами, определяется по формуле

, (6)

где *Lш –* объем воздуха, удаляемого вытяжным шкафом, м3/ч;

*Vш* – скорость воздуха в открытом проеме шкафа, м/с;

*Fn* – площадь открытого проема, м2.

Скорость воздуха *Vш* рекомендуется принимать в зависимости от ПДК (табл. 5) вредных выделений: для ПДК<10 мг/м3 Vш=1,1–1,5 м/с;

для ПДК=10–50 мг/м3 Vш=0,7–1 м/с;

для ПДК>50 мг/м3 Vш=0,4–0,6 м/с.

Таблица 5. ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование вещества | ПДК, мг/м | Класс опасности |
| Азота окислы (в пересчете на NO) | 5 | 2 |
| Акролеин | 0,2 | 2 |
| Алюминий и его сплавы (в пересчете на Al) | 2 | 4 |
| Алюминий окись (в том числе с примесью двуокиси кремния) в виде аэрозоля конденсации | 2 | 4 |
| Амилацетат | 100 | 4 |
| Аммиак | 20 | 4 |
| Ангидрид сернистый | 10 | 3 |
| Ангидрид хромовый | 0,01 | 1 |
| Ацетальгид | 5 | 3 |
| Ацетон | 200 | 4 |
| Бензин-растворитель (в пересчете на С) | 300 | 4 |
| Бензин топливный (в пересчете на С) | 100 | 4 |
| 3,4 бенз(а) пирен | 0,00015 | 1 |
| Бензол | 5 | 2 |
| Дихлорэтан | 10 | 2 |
| Железа окись с примесью окислов марганца до 3% | 6 | 4 |
| Керосин (в пересчете на С) | 300 | 4 |
| Кислота серная | 1 | 2 |
| Кислота соляная | 5 | 2 |
| Кремния двуокись кристаллическая при содержании ее в пыли, %:  свыше 70  10–70  2–10 | 1  2  4 | 3  4  4 |
| Ксилол | 50 | 3 |
| Масла минеральные | 5 | 3 |
| Пыль растительного происхождения с примесью двуокиси кремния, %  более 10  2–10  менее 2 | 2  4  6 | 4  4  4 |
| Сажи черные промышленные с содержанием 3,4 бенз(а) пирена не более 35 мл на 1 г | 4 | 4 |
| Свинец и его неорганические соединения | 0, 010007 | 1 |
| Скипидар (в пересчете на С) | 300 | 4 |
| Сода кальцинированная | 2 | 3 |
| Сольвент-нафта (в пересчете на С) | 100 | 4 |
| Спирт метиловый | 5 | 3 |
| Спирт этиловый | 1000 | 4 |
| Тетраэтилсвинец | 0,0005 | 1 |
| Тотуол | 50 | 3 |
| Уайт-спирт (в пересчете на С) | 300 | 4 |
| Углерода окись | 20 | 4 |
| Углерода пыль (электродная) | 6 | 4 |
| Углерод четыреххлористый | 20 | 2 |
| Хлористый водород | 5 | 2 |
| Сажи черные промышленные с содержанием 3,4 бенз(а) пирена не более 35 мл на 1 кг | 4 | 4 |
| Хрома окись | 1 | 2 |
| Чугун | 6 | 4 |
| Щелочи едкие | 0,5 | 2 |

**6. Расчет вытяжных зонтов**

Количество удаляемого воздуха определяется по формуле (6). Скорость воздуха в приемном сечении зонта принимается:

для нетоксичных выделений V=0.15…0.25 м/с;

для токсичных выделений V=0.5…1.25 м/с.

**7. Расчет всасывающей панели**

Панели применяются в качестве местных отсосов при пайке и сварке небольших деталей. В сечении панель представляет собой узкие горизонтальные щели. Площадь живого сечения панели должна составлять 0,25 от общей площади. Количество воздуха, удаляемого панелью, определяется по формуле

, (7)

где f = 0.25F, 

f – площадь живого сечения панели;

F – габаритные размеры зеркала панели, м;

V – скорость удаляемого воздуха.

Скорость, отсасываемого воздуха в сечении панели для вредных испарений бедными смесями принимается V=2…3.5 м/с, смесями с пылью V=3.5…4.5 м/с.

Панель действует эффективно, если на 1ее площади приходится не менее 330 /г отсасываемого воздуха.

**8. Расчет бортовых отсосов**

Бортовые отсосы находят широкое применение на производстве. Их устраивают у промышленных ванн, наполненных разного вида растворами. Бортовые отсосы бывают обычные (рис. 9а) и опрокинутые (рис. 9б), если уровень жидкости в ванне более низкий.

Рис. 9. Схема устройства бортовых отсосов: *а* – обычный; *б* – опрокинутый; *1* – уровень борта ванны; *2* – уровень поверхности жидкости

Расход воздуха, удаляемого бортовыми отсосами, определяется по формуле:

, (8)

где  – коэффициент, зависящий от ширины ванны B, типа отсоса и высоты спектра вредностей h под зеркалом ванны;

 – температура раствора в ванне и температура воздуха в помещении;

x – поправочный коэффициент на глубину уровня жидкости в ванне H (мм), где H – расстояние от борта ванны до уровня жидкости в ней;

 – длина ванны, мм;

S – поправочный коэффициент на подвижность воздуха в помещении.

Высота спектра вредности h, температура раствора в ванне  и коэффициенты , x, S находятся по табл. 6, 7, 8, 9.

### Таблица 6. Высота спектра вредностей в бортовых отсосах от ванн

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Назначение ванн | Обрабатываемый материал | Температура раствора , | Химикаты | Вредные выделения | Высота спектра вредности h, мм |
| Травление | Сталь  Сталь  Сталь | 15 – 60  30 – 40  15 – 20 | Серная к-та  Соляная к-та  Азотная к-та | Дисперсный триан  Хлористый водород  Пары азотной к-ты | 80  80  40 |
| Лужение | Медь | 60 – 70 | Едкий  натрий | Пары щелочи | 80 |
| Обезжиривание | Горные металлы | 15 – 20 | Фосфорный натрий | Пары воды и щелочи | 160 |
| Оксидирование | Горные металлы | 130 – 155 | Едкий  натрий,  азотная к-та | Пары едкой щелочи | 40 |
| Снятие металлических покрытий | Медь | 18 – 20  30 | Соляная к-та  Азотная к-та | Хромовый ангидрид  Пары азотной к-ты | 80  40 |

### Таблица 7. Зависимость от ширины ванны B и высоты спектра вредностей h

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип | Высота спектра вредности h, мм | Значение  при ширине ванны B, мм | | | | | | | |
| 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 | 1100 | 1200 |
| Однобортовый  отсос | 40  50  120  160 | 730  530  450  400 | 1000  800  700  600 | 1300  1000  900  800 | 1530  1250  1100  1000 | 1850  1500  1320  1200 | 2100  1720  1530  1400 | –  1970  1730  1600 | –  2200  1950  1800 |
| Двубортовый отсос | 40  80  120  160 | 375  285  250  220 | 450  350  300  260 | 525  400  350  300 | 600  455  400  350 | 675  520  450  380 | 750  575  500  430 | 825  680  550  480 | 900  700  600  525 |
| Опрокинутый двубортовый отсос | 40  80  120  160 | 400  300  270  240 | 490  375  340  300 | 575  455  400  350 | 670  540  470  410 | 750  600  550  470 | 900  680  600  520 | 940  750  675  580 | 1025  840  740  650 |

##### Таблица 8. Поправочные коэффициенты S на подвижность воздуха в помещении

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Разность температур | При скорости движения воздуха в помещении 0.4 м/с;  высота спектра вредностей h, мм | | | | |
| 40 | 60 | 80 | 120 | 160 |
| 20  30  40  50  60  70  80 | Однобортовый обычный отсос | | | | |
| 1.19  1.17  1.15  1.13  1.11  1.09  1.07 | 1.22  1.19  1.175  1.15  1.13  1.105  1.08 | 1.250  1.225  1.200  1.175  1.150  1.126  1.100 | 1.285  1.260  1.230  1.203  1.177  1.150  1.120 | 1.32  1.29  1.26  1.23  1.20  1.18  1.145 |
| 20  30  40  50  60  70  80 | Двубортовый отсос | | | | |
| 1.80  1.72  1.63  1.60  1.446  1.37  1.30 | 1.97  1.87  1.76  1.65  1.55  1.45  1.35 | 2.15  2.03  1.95  1.77  1.65  1.58  1.40 | 2.35  2.20  2.05  1.90  1.75  1.62  1.46 | 2.55  2.38  2.23  2.05  1.90  1.73  1.57 |
| 20  30  40  50  60  70  80 | Двубортовый опрокинутый отсос | | | | |
| 1.23  1.20  1.13  1.14  1.12  1.09  1.06 | 1.29  1.26  1.22  1.19  1.16  1.12  1.09 | 1.36  1.32  1.28  1.24  1.20  1.16  1.12 | 1.44  1.40  1.35  1.30  1.25  1.20  1.16 | 1.53  1.47  1.42  1.36  1.31  1.25  1.20 |

### Таблица 9. Поправочный коэффициент X на глубину уровня жидкости в ванне

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид бортового отсоса | Значения X при глубине уровня жидкости в ванне H, мм | | | |
| 50 | 120 | 160 | 200 |
| Однобортовый Двубортовый Опрокинутый двубортовый | 1.0  1.0  1.0 | 0.9  0.95  0.9 | 0.8  0.89  0.8 | 0.7  0.82  0.7 |

**9. Метод определения необходимого количества воздуха**

Определяют по кратности воздухообмена применяют для ориентировочных расчетов, когда неизвестны виды и количества выделяющихся вредных веществ (согласно СНиП 145–71 определение количества воздуха по кратности воздухообмена не допускается, за исключением случаев, оговоренных в нормативных документах).

Кратностью воздухообмена *К* называется отношение воздухообмена, создаваемого в помещении, к внутреннему объему помещения:

.

Эта величина показывает, сколько раз в течение часа весь объем помещения заполняется вводимым в помещение приточным воздухом. Количество приточного воздуха должно быть не менее 30 м3/ч на одного человека при объеме помещения, приходящегося на него, менее 20 м3. Если естественное проветривание невозможно, то в такие помещения нужно подавать не менее 60 м3/ч воздуха на одного человека.

Для определения воздухообмена из условия удаления из помещения углекислоты СО2 используют формулу

,

где *L* – воздухообмен, м3/ч,

*G* – количество углекислоты, выделяющейся в помещении, г/ч или л/ч,

*х1* – концентрация СО2 в наружном (приточном) воздухе,

*х2 –* допустимая концентрация СО2 в воздухе помещения.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Количество СО2, выделяемое людьми:** | СО2, г/ч | СО2, л/ч |
| При физической работе тяжелой | 68 | 45 |
| При физической работе легкой | 45 | 30 |
| В состоянии покоя | 35 | 23 |
| **Допустимые концентрации СО2 в помещениях:** | СО2, г/кг | СО2, л/м3 |
| Постоянного пребывания людей | 1,5 | 1 |
| Периодического пребывания людей | 1,75 | 1,25 |
| Кратковременного пребывания людей | 3 | 2 |
| **Содержание СО2 в наружном воздухе следует принимать:** | | |
|  | СО2, г/м3 | СО2, л/м3 |
| Для сельской местности | 0,6 | 0,40 |
| Для городов | 0,9 | 0,60 |

**2. Производственное освещение**

Действие света на организм человека

Свет является одним из важнейших условий существования человека, так как влияет на состояние его организма. Правильно организованное освещение стимулирует процессы нервной деятельности и повышает работоспособность. При недостаточном освещении человек работает менее продуктивно, быстро устает, растет вероятность ошибочных действий, что может привести к травматизму. Согласно статистики, 5% производственных травм происходит из-за такого профессионального заболевания, как рабочая миопия (близорукость), которая возникает в результате недостаточного или нерационального освещения.

Спектральный состав света влияет на производительность труда. Исследования показывают, что если выработку человека при естественном освещении принять за 100%, то при красном и оранжевом освещении она составит лишь 76%.

Ощущение света при воздействии на глаза человека вызывают электромагнитные волны. Основными количественными показателями света являются световой поток, сила света, освещаемость и яркость.

Световым потоком Ф называется поток энергии электромагнитного излучения видимой части спектра (при длине волны 380…760 нм), оцениваемый глазом по световому ощущению. За единицу светового потока принят люмен (лм).

Сила света I – это пространственная плотность светового потока, которая характеризует неравномерность распределения светового потока в окружающем пространстве. Единицей силы света является кандела (кд) (в переводе «свеча»).

Кандела является основной светотехнической единицей, устанавливаемой по специальному эталону. В качестве эталонного излучателя для установления единицы силы света взята платина при температуре затвердевания 2046,65К и давлении 101325 Па. Сила света, испускаемого с поверхности платины площадью 1/600000 м2, принята за единицу и названа кандела (кд).

Освещенность Е характеризует поверхностную плотность светового потока и определяется отношением светового потока, падающего на поверхность, к площади этой поверхности. Единицей освещенности является люкс (лк). Освещенность рассчитывается по формуле

Е= Ф, (9)

S

где S – площадь поверхности на которую падает световой поток, м2;

Ф – световой поток падающий на поверхность, лм.

Яркость поверхности Яп представляет собой поверхностную плотность света и определяется как отношение силы света I в данном направлении к проекции светящейся поверхности на плоскость, перпендикулярную направлению наблюдения.

За единицу яркости принята единица: кандела на квадратный метр (кд/м2). Некоторое представление о яркости можно получить, если представить себе, что лист белой бумаги, освещенный настольной лампой мощностью 60 Вт, имеет яркость 30…40 кд/м2.

Падающий на тело световой поток частично отражается им, частично поглощается, частично пропускается сквозь среду тела. Для характеристики этих свойств введены соответствующие коэффициенты.

Гигиенические требования к производственному освещению, основанные на психофизических особенностях восприятия света и его влиянии на организм человека, могут быть сведены к следующим:

1. спектральный состав света, создаваемого искусственными источниками, должен приближаться к солнечному свету;
2. уровень освещенности должен быть достаточным и соответствовать гигиеническим нормам;
3. должна быть обеспечена равномерность и устойчивость уровня освещенности на рабочем месте;
4. освещение не должно создавать блесткости на рабочем месте. Блесткость – повышенная яркость светящихся поверхностей.

**Виды производственного освещения**

Освещение в производственных зданиях и на открытых площадках может осуществляется естественным и искусственным светом. При недостаточном естественном освещении используют совмещенное освещение, когда в светлое время суток применяются лампы искусственного освещения.

Естественное освещение может осуществляется через окна в боковых стенах (боковое), через верхние световые проемы (аэрационные фонари) или одновременно через фонари и окна (комбинированное).

Нормирование естественного освещения производится с помощью коэффициента естественной освещенности (КЕО), выраженного в процентах:

*Е = Евн·100% / Енар*,(11)

где Евн – освещенность точки внутри помещения, лк;

Енар - освещенность точки вне помещения, лк.

Искусственное освещение проектируется из двух систем: общее и комбинированное. В последнем случае к общему освещению добавляется местное.

Общее освещение предназначено для освещения всего помещения. Комбинированное освещение состоит из общего и местного. Его целесообразно устраивать при работах высокой точности. Местное освещение предназначено для освещения только рабочих поверхностей. Оно может быть стационарным и переносным. Применение только местного освещения в производственных помещениях запрещается.

В соответствии с СНиП 23–05–95 «Естественное и искусственное освещение» все зрительные работы делятся на 8 разрядов в зависимости от размера объекта различения и зрительной работы. Так к I разряду относятся зрительные работы наивысшей точности, и для них установлена наибольшая освещенность 5000 лк, а к VIII – работы, связанные с общим наблюдением за ходом производственного процесса, и для них установлена наименьшая освещенность 30 лк.

**Источники искусственного освещения**

В качестве источников искусственного света применяются лампы накаливания и газоразрядные лампы.

В лампах накаливания источником света является раскаленная проволока из тугоплавкого металла (вольфрама). Лампы накаливания просты в изготовлении, надежны в эксплуатации. Их недостатки:

1. малая световая отдача, не более 20 лм / Вт;
2. небольшой срок службы, около 1000 часов;
3. неблагоприятный спектральный состав, в котором преобладают желтые и красные цвета при недостатке синего и фиолетового по сравнению с естественным светом, что затрудняет цветоразличение.

По конструкции лампы накаливания бывают вакуумные (НВ), газонаполненные (НГ), бесспиральные (НБ). Разновидностью лампы накаливания являются галогенные лампы, колбы которых наполнены парами галогена (например, йода). Это повышает температуру нити накала и практически исключает ее испарение. Галогенные лампы имеют большой срок службы (3000 ч) и повышенную светоотдачу до 30 лм / Вт.

В настоящее время большое применение на производстве находят газоразрядные лампы низкого и высокого давления. Газоразрядные лампы низкого давления, называемые люминесцентными, представляют собой стеклянную трубку, внутренняя поверхность которой покрыта тонким слоем твердого кристаллического вещества – люминофора. Колба лампы наполнена дозированным количеством ртути и инертным газом (обычно аргоном) при давлении 400 Па (3 мм рт.ст.). В зависимости от люминофора люминесцентные лампы обладают различной цветностью:

1. лампы дневного света ЛД;
2. лампы белого цвета ЛБ;
3. лампы тепло-белого цвета ЛТБ;
4. лампы холодно-белого цвета ЛХБ;
5. лампы с улучшенной цветопередачей ЛДЦ.

К газоразрядным лампам высокого (0,03…0,08 МПа) давления относятся дуговые ртутные люминесцентные лампы (ДРЛ). В спектре этих ламп преобладают зеленые и голубые тона. Известны следующие виды газоразрядных ламп высокого давления:

1. ртутные лампы высокого давления с добавкой йодидов металла ДРИ, их часто называют металлогалогенными;
2. трубчатые ксеноновые газоразрядные лампы высокого давления ДКсТ, применяемые для наружного освещения в связи с опасностью ультрафиолетового облучения работающих в помещении;
3. натриевые газоразрядные лампы высокого давления ДНаТ, используются только для наружного освещения.

Преимуществом газоразрядных ламп является:

1. их экономичность;
2. световая отдача 30…80 лм / Вт, что в 3 – 4 раза превышающая световую отдачу ламп накаливания;
3. срок службы доходит до 10000 ч;
4. возможность создания равномерного освещения;
5. близость спектра их излучения к естественному.

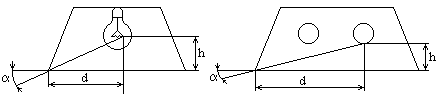
К недостаткам газоразрядных ламп можно отнести:

* пульсации светового потока;
* слепящее действие;
* сложность схемы включения;
* шум дросселей;
* невозможность использования при низких температурах;
* чувствительность к снижению напряжения питающей сети.

***Светильники***

Для рационального перераспределения светового потока лампы и защиты глаз человека от чрезмерной яркости света источники искусственного освещения обычно устанавливаются в осветительной арматуре. Источник света вместе с осветительной арматурой принято называть светильником или осветительным прибором. Осветительный прибор дальнего действия называют прожектором.

Большое значение для ограничения ослепленности, создаваемой светильниками, имеет защитный угол (рис. 10), создаваемый отражателем, а в светильниках с люминесцентными лампами – планками экранирующей решетки. Защитный угол должен быть не больше 30.



*а б*

Рис. 10. Схема к определению защитного угла светильника: *а* – светильник с лампой накаливания; *б* – светильник с люминесцентными лампами

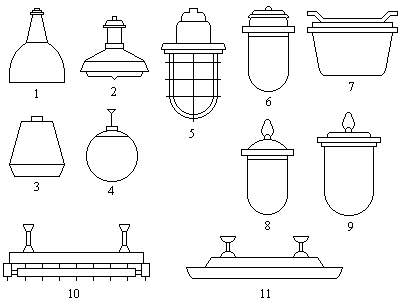


Рис. 11. Светильники: 1 – «Универсаль»; 2 – «Глубокоизлучатель»; 3 – «Люцетта»; 4 – «Молочный шар»; 5 – типа ВЗГ; 6 – типа С-131; 7 – потолочный ПСХ; 8 – типа ПУ-100; 9 – типа ПУ-200; 10 – типа ОД; 11 – типа ПВЛ.

Промышленность выпускает различные типы светильников.

**Расчет искусственного освещения**

При расчете искусственного освещения последовательно решается ряд вопросов.

**1. Выбор типа источника света**

Если температура в помещении не понижается ниже 10С, а напряжение в сети не падает ниже 90% номинального, то следует отдать предпочтение экономичным газоразрядным лампам.

**2. Выбор системы освещения (общее или комбинированное)**

Важно иметь в виду, что локализация общего освещения повышает его экономичность.

**3. Выбор типа светильника**

Критерием для выбора типа светильника является загрязненность воздушной среды, взрыво – и пожаробезопасность.

**4. Распределение светильников и определение их количества**

От правильного распределения светильников зависит равномерность освещения рабочих поверхностей. При выборе расстояния между центрами светильников руководствуйтесь данными табл. 10.

###### Таблица 10. К расчету расстояния между центрами светильников

|  |  |
| --- | --- |
| Тип светильника | Отношение расстояния между центрами светильников к высоте их подвеса над рабочей поверхностью к = (l /h) |
| «Глубокоизлучатель» | 1,4 |
| «Универсаль» | 1,5 |
| «Люцетта» | 1,4 |
| Шар молочного стекла | 2,0 |
| ВЗГ | 2,0 |
| ОД | 1,4 |
| ПВП | 1,5 |

Зная высоту подвеса h светильника, расстояние между центрами можно рассчитать по формуле

*l=kx·h,* (12)

где kx - коэффициент из табл. 10.

**5. Определение нормируемой освещенности на рабочем месте**

Вначале определяют разряд зрительных работ, затем в соответствии с выбранным источником света и системой освещения выбирают нормируемую освещенность.

**6. Расчет мощности источника света**

Для расчета общего освещения горизонтальной поверхности используют метод светового потока.

При решении задачи разработки мероприятий по охране труда на производстве, как правило, при расчете искусственного освещения определяют необходимое количество светильников в помещении.

Последовательность проведения расчета искусственного освещения в помещении

###### Таблица 11. Нормы искусственного освещения(СНиП)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика зрительной работы | Разряд зрительной работы | Подразряд зрительной работы | Искусственное освещение | |
| В том числе от общего | При системе общего освещения |
| Наивысшей точности | I | А | 500 | - |
| Б | 400 | 1125 |
| В | 250 | 675 |
| Г | 200 | 350 |
| Очень высокой точности | II | А | 400 | - |
| Б | 300 | 675 |
| В | 200 | 450 |
| Г | 200 | 250 |
| Высокой точности | III | А | 200 | 450 |
| Б | 200 | 250 |
| В | 200 | 250 |
| Г | 200 | 200 |
| Средней точности | IV | А | 200 | 300 |
| Б | 200 | 200 |
| В | 200 | 200 |
| Г | - | 200 |
| Малой точности | V | А | 200 | 300 |
| Б | - | 200 |
| В | - | 200 |
| Г | - | 200 |
| Грубая (очень малой точности) | VI |  | - | 200 |
| Работа со светящимися материалами и изделиями в горячих цехах | VII |  | - | 200 |
| Общее наблюдение за ходом производственного процесса: постоянное | VIII | А | - | 200 |
| Периодическое при постоянном пребывании людей в помещении | Б | - | 75 |
| Периодическое при периодическом пребывании людей в помещении | В | - | 50 |
| Общее наблюдение за инженерными коммуникациями | Г | - | 20 |

### Таблица 12. Нормы освещенности помещений и производственных участков АТП

|  |  |
| --- | --- |
| Помещения, посты и производственные участки | Освещенность, лк, при общем (комбинированном) освещении |
| Мойка и уборка автомобилей | 150 (–) |
| ЕО автомобилей | 75 (–) |
| ТО автомобилей | 200 (300) |
| Осмотровые канавы | 150 (–) |
| Ремонт электрооборудования, систем питания | 300 (750) |
| Моторный, агрегатный, слесарно-механический | 300 (750) |
| Кузнечно-рессорный, сварочный, жестяницкий | 200 (500) |
| Шиномонтажный | 200 (300) |
| Ремонт аккумуляторов | 200 (500) |
| Хранение автомобилей | 20 (–) |
| Открытые площади для хранения автомобилей | 5 (–) |

3. Коэффициент запаса для светильников выбираем по табл. 13.

###### Таблица 13. Значения коэффициента запаса для светильников

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Помещения и территории | С газоразрядными лампами | С лампами  накаливания |
| Производственные помещения с большим содержанием пыли, дыма, копоти | 2,0 | 1,7 |
| - // - с небольшим содержанием пыли | 1,5 | 1,3 |
| - // – со значительными концентрациями паров, кислот, щелочей | 1,8 | 1,5 |
| Помещения общественных зданий | 1,5 | 1,3 |
| Территории промышленных предприятий | 1,5 | 1,3 |

4. Выбираем значение коэффициента неравномерности освещенности в пределах z =1,1…1,5.

5. Подбираем тип лампы и мощность светового потока лампы из табл. 14 и 15.

###### Таблица 14. Характеристики газоразрядных ламп

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип лампы | Мощность, Вт | Световой поток, лм | Средняя продолжительность горения, ч |
| Люминесцентные лампы | | | |
| ЛДЦ 20–4 | 20 | 820 | 12000 |
| ЛД 20–4 | 20 | 920 | 12000 |
| ЛБ 20–4 | 20 | 1180 | 10000 |
| ЛХБ 40–4 | 40 | 2600 | 10000 |
| ЛТБ 40–4 | 40 | 2580 | 10000 |
| ЛД 80–4 | 80 | 4250 | 10000 |
| Ртутные лампы высокого давления | | | |
| ДРЛ 80 | 80 | 3200 | 10000 |
| ДРЛ 250 | 250 | 12500 | 10000 |
| ДРЛ 400 | 400 | 22000 | 10000 |
| ДРЛ 700 | 00 | 38500 | 10000 |
| Металлогалогенные лампы | | | |
| ДРИ 250 | 250 | 16000 | 1500 |
| ДРИ 500 | 500 | 37500 | 1500 |
| ДРИ 700 | 700 | 58000 | 2500 |
| Натриевые лампы высокого давления | | | |
| ДнаТ 400 | 400 | 36000 | 5000 |
| Ксеноновые лампы | | | |
| ДКсТ 5000 | 5000 | 98000 | 300 |
| ДКсТ 10000 | 10000 | 260000 | 750 |

###### Таблица 15. Характеристики ламп накаливания

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип лампы | Мощность, Вт | Световой поток, лм |
| Общего назначения на напряжение 220В | | |
| Б 220–4–1 | 40 | 400 |
| Б 220–100–1 | 100 | 1350 |
| Б 220–150–1 | 150 | 2100 |
| Б 220–200–1 | 200 | 2520 |
| Г 220–300–1 | 300 | 4600 |
| Г 220–500–1 | 500 | 8300 |

6. Для определения коэффициента необходимо вычислить индекс помещения:

*i = bl / [h (b+l)],* (15)

где b – ширина помещения, м;

l – длина помещения, м;

h – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

7. Учитывая состав среды в помещении, подбираем тип светильника по табл. 16.

###### Таблица 16

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристика помещений | Марка светильника |
| **С лампами накаливания** | |
| Сухие нормальные | СЗЛ, НБ, НП, НСП |
| Влажные | НСП, НП, СЗЛ, СУ, УПС, ПНП, ПСХ |
| Сырые | НСП, ПСХ, ППР, ППД |
| Особо сырые | НСП, ПНП, ППР, УПС, СЗЛ |
| Жаркие | НСП, НСР, НПП, ПНП |
| С химически активной средой | НСП, ПНП, УПД, СЗЛ, ПСХ |
| Пыльные | НСП, НПП, ППР, УПД |
| Пожароопасные | НПП, СЗЛ, НСП |
| Взрывоопасные | ВЗГ, В4А, ВРН, Н4Б |
| **С люминесцентными лампами** | |
| Сухие нормальные | ВЛО, ЛВП, ОДР, ЛСП |
| Влажные | ВЛО, ВЛВ, ЛСП, ПВЛН |
| Сырые | ПВЛ, ПВЛП, ЛСП, ВЛВ |
| Особо сырые | ПВЛ, ПВЛП, ЛСП, ВЛВ |
| Жаркие | ОДР, МЛ, ПВЛН |
| С химически активной средой | ПВЛ, ПВЛП, ЛСП, ВЛВ |
| Пыльные | ПВЛ, ПВЛП, ВЛВ, ЛСП |
| Пожароопасные | ВЛВ, ЛВП, ЛСП, ОДР |
| Взрывоопасные | НОДЛ, НОГЛ |
| **С лампами ДРЛ** | |
|  | РСП, ГСП, УПСДРЛ, УПД, ЖСП |

8. По табл. 17 и 18 выбираем коэффициент использования светового потока. Коэффициенты отражения принимаются при цвете поверхности: темной (коричневой, черной) равными 10%; полутемной (серой, красной, зеленой) – 30%; светлой (светло-желтой, светло-голубой) – 50%; белой – 70%.

###### Таблица 17. Значения коэффициента использования светового потока светильников с лампами накаливания, %

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| I | СЗЛ | СУ | ПСХ |
| п | 70 70 50 30 0 | 70 70 50 30 0 | 70 70 50 30 0 |
| с | 50 50 30 10 0 | 50 50 30 10 0 | 50 50 30 10 0 |
|  | 30 10 10 10 0 | 30 10 10 10 0 | 30 10 10 10 0 |
| 0,5 | 31 29 27 25 24 | 20 18 16 14 12 | 19 18 13 9 7 |
| 0,6 | 38 36 33 30 29 | 33 32 25 21 19 | 24 23 16 12 10 |
| 0,7 | 42 40 36 34 33 | 47 43 38 33 31 | 28 27 19 14 12 |
| 0,8 | 46 44 39 36 35 | 51 48 42 38 36 | 30 29 21 16 13 |
| 0,9 | 48 46 41 39 38 | 53 50 44 40 38 | 33 31 23 18 15 |
| 1,0 | 50 48 43 41 40 | 56 52 46 42 40 | 35 33 25 20 16 |
| 1,1 | 52 49 44 42 41 | 58 54 48 44 45 | 37 35 26 21 17 |
| 1,25 | 54 51 47 44 43 | 61 57 51 47 45 | 40 37 28 23 19 |
| 1,5 | 57 53 50 47 46 | 66 61 55 51 49 | 43 40 31 25 21 |
| 1,75 | 60 55 52 49 48 | 69 64 59 54 52 | 46 42 34 28 23 |
| 2,0 | 62 56 53 51 50 | 73 66 62 57 55 | 49 44 36 30 25 |
| 2,25 | 64 58 55 53 51 | 75 68 64 60 58 | 51 46 38 32 26 |
| 2,5 | 65 59 56 54 52 | 78 70 65 62 60 | 53 47 39 33 28 |
| 3,0 | 68 61 58 56 54 | 81 73 68 65 63 | 56 50 42 36 30 |
| 3,5 | 70 62 59 58 56 | 84 74 70 67 65 | 59 52 44 38 32 |
| 4,0 | 71 63 60 58 57 | 86 76 72 69 67 | 61 53 46 40 34 |
| 5,0 | 72 63 61 59 58 | 88 77 74 71 69 | 63 65 48 42 36 |

#### Таблица 18. Значения коэффициента использования светового потока светильников с люминесцентными лампами и лампами ДРЛ, %

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| i | ОДР | ПВЛ-1 | ВОД, ВЛВ, ВЛН |
| п | 70 70 50 30 0 | 70 70 50 30 0 | 70 70 50 30 0 |
| с | 50 50 30 10 0 | 50 50 30 10 0 | 50 50 30 10 0 |
| р | 30 10 10 10 0 | 30 10 10 10 0 | 30 10 10 10 0 |
| 0,5 | 29 28 24 21 19 | 18 17 13 10 9 | 19 18 17 14 10 |
| 0,6 | 33 32 27 24 23 | 23 22 17 13 12 | 23 22 20 17 13 |
| 0,7 | 37 35 30 27 26 | 26 25 20 16 14 | 26 25 24 20 16 |
| 0,8 | 40 38 33 29 29 | 29 28 22 18 16 | 29 27 26 22 18 |
| 0,9 | 43 41 36 32 32 | 32 30 24 20 18 | 32 30 28 25 20 |
| 1,0 | 46 44 38 34 34 | 34 32 26 22 20 | 34 32 30 27 21 |
| 1,1 | 48 46 41 36 36 | 36 34 28 24 22 | 36 33 31 28 22 |
| 1,25 | 51 48 44 39 39 | 39 36 30 26 24 | 38 35 33 30 24 |
| 1,5 | 55 52 47 43 42 | 43 39 33 29 27 | 41 38 36 33 27 |
| 1,75 | 59 54 50 46 45 | 46 42 36 31 29 | 44 40 38 35 29 |
| 2,0 | 62 56 52 49 47 | 48 44 38 33 31 | 46 42 40 37 31 |
| 2,25 | 64 58 54 51 49 | 51 45 40 35 39 | 48 43 41 39 33 |
| 2,5 | 66 60 55 52 51 | 52 47 41 37 34 | 49 44 42 40 34 |
| 3,0 | 69 62 58 55 53 | 55 49 43 39 36 | 52 46 44 42 36 |
| 3,5 | 71 63 59 57 55 | 57 51 45 41 38 | 54 48 46 44 38 |
| 4,0 | 72 64 61 58 56 | 59 52 47 43 40 | 55 49 47 45 40 |
| 5,0 | 75 65 62 60 58 | 62 54 49 45 41 | 57 50 48 47 41 |

9. Определяем необходимое количество светильников по формуле (14). В знаменателе этой формулы для люминесцентных ламп можно предусмотреть их количество в светильнике: ПЛ=1, 2, 3, 4.

10. После расчета количества светильников для помещения необходимо сделать проектировочную схему расположения светильников (рис. 12) и указать значение величины l – расстояние от крайних светильников до стен; L – расстояние между соседними светильниками.

Как правило, величину L принимают равной 2…4 метра, а величину l находят по зависимости l = 0,3…0,5 L.

После того как проектировочная схема будет готова, сверяется рассчитанное количество светильников с проектировочным. При большой разнице вносится корректива в расчетное число светильников (подбор ламп и изменение светового потока)

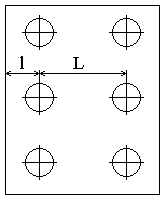


Рис. 12. Расположение светильников

**3. Обеспечение электробезопасности на производстве**

**Действие электрического тока на организм человека**

В последние годы существенно возросла актуальность проблемы электробезопасности. По статистике 3% от общего числа травм приходится на электротравмы, в среднем по отраслям промышленности и хозяйства – 12% смертельных электротравм от числа смертельных случаев. Причины этого очевидны: особо опасные условия труда, обилие электромеханизмов, низкая квалификация кадров.

О том, что электрический разряд действует на человека, стало очевидным в последней четверти 18-го века. Англичанин А. Уориш, итальянцы Л. Гальвани, А. Вольта и ряд других ученых установили, что на человека действует разряд, но никто из них не указал на опасность этого действия на человека. Впервые это сделал изобретатель высоковольтного источника напряжения В.В. Петров, который и начал разработку мероприятий по защите человека от тока.

Начало ХХ века было временем широких, массовых исследований действия электрического тока на живые организмы, которое носит многообразный характер. Проходя через тело человека, электрический ток вызывает термическое, электролитическое и биологическое действие.

***Термическое действие тока*** проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве кровеносных сосудов, нервов, крови.

***Электролитическое действие тока*** проявляется в разложении крови и других органических жидкостей и вызывает значительные нарушения их физико-химического состава.

***Биологическое действие электрического тока*** проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей организма, что сопровождается непроизвольным судорожным сокращением мышц, в том числе легких и сердца человека. В результате могут возникнуть различные нарушения и даже полное прекращение деятельности органов кровообращения и дыхания. Эти действия тока на организм человека могут привести к двум видам поражения: электрическим травмам и электрическому удару.

**Электрические травмы** – это четко выраженные повреждения тканей организма. Различают следующие электрические травмы:

Электрические ожоги могут быть вызваны протеканием тока через тело человека и бывают токовые (или контактные) и дуговые. В первом случае ожог возникает как следствие преобразования энергии электрического тока в тепловую и является сравнительно легким. Различают четыре степени ожогов:

I – покраснение кожи;

II – образование пузырей;

III – омертвение всей толщи кожи;

IV – обугливание тканей.

Токовые ожоги возникают при напряжениях не выше 1–2 кВ и являются в большинстве случаев ожогами I и II степени. Дуговой ожог возникает при более высоких напряжениях, когда между токоведущей частью и телом человека образуется электрическая дуга (температура дуги выше 3500°С). Дуговые ожоги, как правило, тяжелые – III и IV степени.

Электрические знаки – это четко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета диаметром 1–5 мм на поверхности кожи человека. Электрические знаки безболезненны и бывают также в виде царапин, ран, порезов, ушибов, бородавок, кровоизлияний в кожу, мозолей.

Металлизация кожи – это проникновение в верхние слои кожи мельчайших частичек металла, расплавившегося под действием электрической дуги. Это может произойти при коротких замыканиях, отключении рубильников под нагрузкой. Металлизация кожи сопровождается ожогом, вызываемым нагретым металлом.

Механические повреждения являются следствием резких непроизвольных судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через тело человека. В результате могут произойти разрывы кожи, кровеносных сосудов и нервной ткани, вывихи суставов и даже переломы костей. К этому же виду травм следует отнести ушибы, переломы, вызванные падением человека с высоты, ударами о предметы в результате непроизвольных судорожных движений или потери сознания при воздействии тока.

Электроофтальмия – это воспаление наружных оболочек глаз, возникающее в результате воздействия мощного потока ультрафиолетовых лучей электрической дуги. Обычно болезнь продолжается несколько дней. В случае серьезного поражения роговой оболочки глаз лечение оказывается более сложным и длительным.

Электрический удар – это возбуждение живых тканей организма проходящим через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольными судорожными сокращениями мышц. Различают четыре степени ударов:

I – судорожное сокращение мышц без потери сознания;

II – судорожное сокращение мышц, потеря сознания, но сохранены дыхание и работа сердца;

III – потеря сознания, нарушение сердечной деятельности или дыхания (либо того и другого вместе);

IV – клиническая смерть, т.е. отсутствие дыхания и кровообращения.

***Клиническая смерть («мнимая»)* –** переходный процесс от жизни к смерти, наступающий с момента прекращения деятельности сердца и легких. У человека, находящегося в состоянии клинической смерти, отсутствуют все признаки жизни: он не дышит, сердце его не работает, болевые раздражения не вызывают никаких реакций, зрачки расширены и не реагируют на свет. В этот период жизнь в организме еще не угасла, во всех тканях продолжаются обменные процессы на очень низком уровне, но достаточные для поддержания минимальной жизнедеятельности. Эти обстоятельства позволяют иногда восстановить угасающие функции и оживить организм.

**Что первично поражаемо – кровообращение или дыхание?**

Системы дыхания и кровообращения являются в норме единым функциональным блоком или замкнутой автоматической системой регулирования. Сердце получает стимулирующие его импульсы опосредованно через дыхательный центр, а последний, как и вся система дыхания в целом, может работать, выполняя свою сложнейшую функцию, только в условиях нормального кровоснабжения. Когда же наступает поражение, вызванное появлением электрической цепи через тело человека, и последнее поглощает значительное количество электрической энергии, то этот обычно четко действующий функциональный блок выходит из строя. В каком бы из звеньев этого блока ни произошел разрыв, «замыкание» осуществляется обязательно на сердце. Прекращением сердцебиения заканчивается процесс воздействия поражающих факторов – наступает биологическая смерть. Погиб человек от фибрилляции сердечной мышцы (сердечная смерть) или от поражения системы управления дыханием (дыхательная смерть), определить крайне просто: при гибели живого организма по сердечному механизму кровь при вскрытии ало-красная, по механизму дыхания – кровь бурая и даже синяя. Статистика показывает, что на 100 погибших: 7 случаев – поражение, вызванное фибрилляцией сердца, 93 случая – поражение системы дыхания.

Электрический ток – очень опасный и коварный поражающий производственный и бытовой фактор. Без приборов человек не способен заблаговременно обнаружить его наличие, поэтому поражение электрическим током наступает, как правило, внезапно. Рассмотрим основные факторы, влияющие на тяжесть поражения электрическим током человека.

**Факторы, влияющие на тяжесть поражения электрическим током человека**

ВЕЛИЧИНА ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ. Электрический ток как поражающий фактор определяет степень физиологического воздействия на человека. Напряжение же следует рассматривать как фактор, обусловливающий протекание того или иного тока в конкретных условиях. Можно привести примеры гибели человека от напряжения 5–12В и примеры «непоражения» человека от напряжения 6–10кВ. Всё зависит от конкретных условий, при которых произошло поражение человека электрическим током – психологическая готовность человека, кратковременность воздействия тока, своевременная и грамотно оказанная помощь пострадавшему и т.д. Налицо факт: сколько условий, столько может быть и поражений и «непоражений».

По степени физиологического воздействия можно выделить следующие токи:

0,6–1,5 мА (переменный) – пороговый ощутимый ток, т.е. наименьшее значение тока, которое человек начинает ощущать. Для постоянного тока эти цифры равны – 5–7 мА.

10–15 мА – пороговый неотпускающий («приковывающий») ток, когда из-за судорожного сокращения мышц рук человек самостоятельно не может освободиться от токоведущих частей. Для постоянного тока эта цифра равна 50–60 мА.

100 мА – пороговый фибрилляционный ток. Эта величина является расчетной для поражающего тока. Отечественным ученым А.П. Киселевым экспериментально было получено соотношение для расчета «безусловно поражающего» тока человека:

– масса тела человека. Для постоянного тока эта цифра равна 300 мА.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТОКА. Существенное влияние на исход поражения оказывает длительность прохождения тока через тело человека. Продолжительное действие тока приводит к тяжелым, а иногда и смертельным поражениям. Установлено, что поражение электрическим током возможно лишь в состоянии полного покоя сердца человека, когда отсутствуют сжатие (систола) или расслабление (диастола) желудочков сердца и предсердий. Поэтому при малом времени воздействие тока может не совпасть с фазой полного расслабления. Если же длительность прохождения тока равна или превышает время кардиоцикла (0,75 – 1 с), то ток «встречается» со всеми фазами работы сердца, что весьма опасно для организма.

Влияние длительности прохождения тока через тело человека на исход поражения можно оценить эмпирической формулой

*,* (16)

где – ток, проходящий через тело человека, мА; – продолжительность прохождения тока, с.

Эту формулу используют для определения предельно допустимых токов, проходящих через человека, необходимых для расчета защитных устройств.

ПЕТЛЯ («ПУТЬ») ТОКА ЧЕРЕЗ ТЕЛО ЧЕЛОВЕКА. Путь прохождения тока через тело человека играет существенную роль в исходе поражения, так как ток может пройти через жизненно важные органы: сердце, легкие, головной мозг и другие. При расследовании несчастных случаев, связанных с воздействием электрического тока, прежде всего выясняется, по какому пути протекал ток. Возможных путей тока в теле человека, которые называются также петлями тока, достаточно много. Наиболее часто встречающиеся петли тока: рука – рука, рука – ноги, нога – нога (табл. 19). Наиболее опасны петли: голова – руки и голова – ноги.

Таблица 19

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ПУТЬ ТОКА | Частота возникновения пути тока, % | Доля терявших сознание при прохождении тока, % |
| Рука – рука  Правая рука – ноги  Левая рука – ноги  Нога – нога  Голова – ноги  Голова – руки  Прочие | 40  20  17  6  5  4  8 | 83  87  80  15  88  92  65 |

Все петли, кроме «нога – нога» называются большими или полными, поскольку ток захватывает область сердца. В этих случаях через сердце протекает 8–12 процентов от полного значения тока. Петля «нога-нога» называется малой, через сердце протекает всего 0,4 процента от полного тока. Эта петля малоопасна, однако вследствие «подкашивающего» действия тока человек может упасть в потенциальном поле и тогда эта малоопасная петля превращается в любую опасную.

РОД И ЧАСТОТА ТОКА. Влияние этого фактора на вероятность поражения проще всего пояснить с помощью графической зависимости, показанной на рис. 13. По оси ординат отложены относительные значения пороговых «поражающих» токов, по оси абсцисс – значения частоты в Гц. Из рисунка видно, что наиболее опасная частота для человека – от 20 до 100 Гц (физиологически из-за резонансных явлений внутренних биополей с внешними электромагнитными полями). При дальнейшем повышении частоты опасность поражения уменьшается и полностью исчезает при частоте 45–50 кГц (физиологически это объяснимо тем, что диполи человека не успевают «переориентироваться» и в итоге организм не реагирует на такие воздействия). Снижение опасности поражения током с ростом частоты становится практически заметным при 1–2 кГц.

|  |
| --- |
| Ι,мА  20  10  0 50 1000 Гц  *Рис. 13. Зависимость пороговых токов от частоты* |

Постоянный ток примерно в 4–5 раз безопасней переменного. Это вытекает из сопоставления пороговых ощутимых, а также неотпускающих токов для постоянного и переменного токов. Значительно меньшая опасность поражения постоянным током подтверждается и практикой эксплуатации электроустановок: случаев смертельного поражения людей током в установках постоянного тока в несколько раз меньше, чем в аналогичных установках переменного тока. Это положение справедливо лишь для напряжения 250–300 В. При более высоких напряжениях постоянный ток более опасен, чем переменный с частотой 50 Гц.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА. Попытки определить численное значение электрического сопротивления тела человека начались ещё в конце прошлого века. Уже первые исследования показали, что общее электрическое сопротивление между двумя электродами, наложенными на тело одного и того же человека, следует разделить на две части: сопротивление кожи и кровеносных сосудов и сопротивление нервов. Внутреннее сопротивление у всех людей примерно одинаково и составляет 600–800 Ом. Из этого можно сделать вывод, что сопротивление тела человека определяется в основном величиной наружного сопротивления, а конкретно – сопротивлением кожи, в первую очередь её верхним слоем – эпидермисом толщиной лишь 0,2 мм. Если сопротивление кожи принять за 1, то сопротивление внутренних тканей, костей, лимфы крови составит 0,15–0,20, а сопротивление нервных волокон – всего лишь 0,025 («нервы» – отличные проводники электрического тока!). Именно поэтому опасно приложение электродов к акупунктурным точкам. Сопротивление тела человека не является постоянной величиной: в условиях повышенной влажности оно снижается в 12 раз, в воде – в 25 раз, резко его снижает принятие алкоголя. Зато во время сна оно возрастает в 15–17 раз. В качестве минимального сопротивления тела человека принимают величину 1000 Ом, но вообще эта величина может колебаться от нескольких сотен Ом до нескольких МОм. Таким сопротивлением обладает сухая, неповрежденная, чистая кожа.

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ЧЕЛОВЕКА. Многие патологические (болезненные) состояния человека вызывают сдвиги в тепловой и биоэлектрохимической напряженности организма, что сказывается на исходе электротравмы. Приведем основные физиологические факторы, наличие которых усугубляет тяжесть поражения человека электрическим током:

1. Утомление в конце рабочего дня.
2. Алкогольное опьянение.
3. Фармакологический фон.
4. Нарушение функции щитовидной железы.
5. Стенокардия.
6. Заболевания нервной системы.
7. Болезнь легких (пневмония).
8. Болезни кожи.

ФАКТОР ВНИМАНИЯ. Фактор внимания играет в исходе поражения человека электрическим током большую роль. С тем, кто находится в состоянии сосредоточенного внимания, обыкновенно ничего не случается. Здесь имеется в виду не так называемое непроизвольное внимание, которое вызывается каким-нибудь неожиданным событием, а то внимание, которое усилием воли направляется нами на ожидаемые явления, события и раздражения. Англичане говорят: «Человек, ум которого подготовлен, стоит двух».

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА. Многолетние эксперименты и наблюдения патофизиологов показали, что повышение температуры окружающей среды, снижение атмосферного давления резко повышают чувствительность к току. Кроме того, такие факторы производственной среды, как сырость, токопроводящая пыль, едкие пары и газы также увеличивают опасность поражения человека электрическим током. Неблагоприятное влияние факторов окружающей среды на опасность поражения людей электрическим током нашло отражение в нормативных материалах. Производственные помещения по степени опасности поражения людей электрическим током в соответствии с ПУЭ подразделяются на три категории.

1. ***Помещения без повышенной опасности*** характеризуются отсутствием условий, создающих «повышенную опасность» и «особую опасность».
2. ***Помещения с повышенной опасностью,*** характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

сырость (относительная влажность воздуха длительное время превышает 75%); токопроводящей пыли и токопроводящих полов (металлических, земляных, железобетонных, кирпичных); высокой температуры (температура воздуха длительно превышает 35С независимо от времени года и различных тепловых излучений); возможность прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям здания, технологическим аппаратам, механизмам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования – с другой.

*3*. ***Особо опасные помещения*** характеризуются наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

особой сырости (относительная влажность близка к 100%, потолок, стены, пол и предметы в помещении покрыты влагой); химически активной среды (помещения, в которых постоянно или длительно содержатся пары или образуются отложения, действующие разрушающе на изоляцию и токоведущие части электрооборудования); одновременное наличие двух и более условий повышенной опасности.

**Распределение электротравм по напряжениям электроустановок**

Установок напряжением выше 1000 В неизмеримо меньше, чем ниже 1000 В, но статистика показывает, что в действительности поражений малым напряжением значительно больше. Распределение по профессиям лиц, пораженных малым напряжением, следующее (в процентах):

Электросварщики………………………………………. 30,6

Электромонтеры…………………………………………20,6

Рабочие других специальностей………………….. 13,5

Ученики и подсобные рабочие……………………. 26,2

Инженерно-технические работники………………. 9,1

Итого………. 100,0

Пострадавшие на установках всех напряжений и разного рода тока в период 1988–1997 гг. Распределялись (в процентах) по профессиям следующим образом:

Лица электропрофессий………………………………………………. 48,0

Лица неэлектропрофессий……………………………………………52,0

Итого…………………100,0

Причем в последние годы сохраняется тенденция к увеличению пострадавших от электрического тока лиц, не связанных с обслуживанием электроустановок.

Причинами поражения электрическим током можно назвать следующие:

1. Случайное прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением в результате:

1. ошибочных действий при проведении работ;
2. неисправности защитных средств, которыми пострадавший касался токоведущих частей;

2. Появление напряжения на металлических конструктивных частях электрооборудования в результате:

1. повреждение изоляции токоведущих частей;
2. замыкание фазы сети на землю;
3. падение провода, находящегося под напряжением, на конструктивные части электрооборудования.

3. Появление напряжения на отключенных токоведущих частях в результате:

1. ошибочного включения отключенной установки;
2. замыкания между отключенными и находящимися под напряжением токоведущими частями;
3. разряда молнии на электроустановку.

4. Возникновение напряжения шага на участке земли, где находится человек, в результате:

1. замыкания фазы на землю;
2. выноса потенциала протяженным токопроводящим предметом (трубопроводом, железнодорожными рельсами);
3. неисправностей в устройстве защитного заземления.

Обеспечение электробезопасности

Электробезопасность на производстве обеспечивается соответствующей конструкцией электроустановок; применением технических способов и средств защиты; организационными и техническими мероприятиями (ГОСТ 12.1.019 – 79 и ГОСТ 12.1.030 – 81).

Основными техническими способами и средствами защиты от поражения электрическим током, используемыми отдельно или в сочетании друг с другом, являются:

***Защитное заземление*** – преднамеренное электрическое соединение с землей или её эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. Защитному заземлению подлежат металлические части электроустановок, доступные для соприкосновения человека и не имеющие других видов защиты, обеспечивающих электробезопасность. Областью применения защитного заземления являются трехфазные трехпроводные сети напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и сети напряжением выше 1000 В с любым режимом нейтрали.

***Защитное зануление*** – преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением. В сети с занулением нужно различать нулевой защитный проводник и нулевой рабочий проводник. Нулевым защитным проводником называется проводник, соединяющий зануляемые части с заземленной нейтральной точкой обмотки источника тока. Нулевой рабочий проводник используют для питания током электроприемников и тоже соединяют с заземленной нейтралью трансформатора или генератора. Защита человека от поражения электрическим током в сетях с занулением осуществляется тем, что при замыкании одной из фаз на зануленный корпус в цепи этой фазы возникает ток короткого замыкания, который воздействует на токовую защиту (плавкий предохранитель, автомат), в результате чего происходит отключение аварийного участка от цепи.

***Защитное отключение*** – быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения током. Принцип защиты человека в этом случае заключается в ограничении времени протекания через тело человека опасного тока. Устройство защитного отключения (УЗО) постоянно контролирует сеть и при изменении её параметров, вызванном подключением человека в сеть, отключает сеть или её участок.

***Применение малого напряжения***. Малое напряжение – это номинальное напряжение не более 42 В, применяемое для уменьшения опасности поражения током при работах в помещениях с повышенной опасностью и в особо опасных. Однако электроустановки и с таким напряжением представляют опасность при двухфазном прикосновении. Малое напряжение используют для питания электроинструмента, светильников стационарного освещения, переносных ламп в помещениях с повышенной опасностью или особо опасных. Источниками малого напряжения могут быть специальные понижающие трансформаторы с вторичным напряжением 12 – 42 В.

***Электрическое разделение сети –*** это разделение электрической сети на отдельные электрически не связанные между собой участки с помощью специальных разделяющих трансформаторов. В результате изолированные участки сети обладают большим сопротивлением изоляции и малой емкостью проводов относительно земли, за счет чего значительно улучшаются условия безопасности.

***Двойная изоляция –*** это электрическая изоляция, состоящая из рабочей и дополнительной изоляции. Рабочую изоляцию используют для изоляции токоведущих частей электроустановки, обеспечивая её нормальную работу и защиту от поражения электрическим током. Дополнительная изоляция предусматривается дополнительно к рабочей для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения рабочей изоляции. Двойную изоляцию широко применяют при создании ручных электрических машин.

***Оградительные устройства*** применяются для того, чтобы исключить даже случайные прикосновения к токоведущим частям электроустановок. К ним относятся временные переносные ограждения: щиты, клетки, изолирующие накладки, изолирующие колпаки.

***Предупредительная сигнализация*** бывает световая и звуковая. Световая сигнализация предупреждает о наличии или отсутствии напряжения, штатном режиме автоматических линий. К сигнализирующим устройствам относятся приборы-указатели: вольтметры, амперметры.

***Блокировка –*** это совокупность методов и средств, обеспечивающих закрепление рабочих органов аппаратов, машин или элементов электрических схем в определенном состоянии, которое сохраняется и после снятия блокирующего воздействия. Широко используется электрическая блокировка, осуществляемая с помощью электрических связей цепей управления, контроля и сигнализации блокируемого оборудования. Электрическая блокировка сравнительно просто решается установкой конечных выключателей.

***Знаки безопасности.*** Человек хорошо воспринимает и запоминает зрительные образы и различные цвета. На этом основано широкое применение на предприятиях цвета в качестве закодированного носителя информации об опасности. Цвета сигнальные и знаки безопасности регламентированы ГОСТ 12.4.026 – 76.

Наиболее распространенными техническими средствами защиты являются защитное заземление и зануление. Рассмотрим способы организации и проектирования защитного заземления.

**Защитное заземление**

Защитному заземлению подлежат металлические части электроустановок, доступные для прикосновения человека и не имеющие других видов защиты, обеспечивающих электробезопасность. Защитное заземление выполняют во всех случаях при переменном напряжении 380 В и выше, при постоянном напряжении 440 В и выше, в помещениях с повышенной опасностью, в особо опасных и в наружных установках при переменном напряжении от 42 до 380 В и постоянном – 110…440 В. Областью применения защитного заземления являются трехфазные трехпроводные сети напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью и сети напряжением выше 1000 В с любым режимом нейтрали.

Заземляющее устройство состоит из заземлителя (одного или нескольких металлических элементов, погруженных на определенную глубину в грунт) и заземляющих проводников, соединяющих заземляемое оборудование с заземлителем. В зависимости от расположения заземлителей относительно заземляемого оборудования заземляющие устройства делят на выносные и контурные. Заземлители ***выносного заземляющего устройства***располагаются на некотором удалении от заземляемого оборудования. ***Контурное заземляющее устройство***, заземлители которого располагаются по контуру вокруг заземляемого оборудования на небольшом расстоянии друг от друга (несколько метров), обеспечивает лучшую степень защиты.

Различают заземлители искусственные, предназначенные исключительно для целей заземления, и естественные – находящиеся в земле металлические предметы для иных целей.

Для искусственных заземлителей применяют обычно вертикальные и горизонтальные электроды. В качестве вертикальных электродов используют стальные трубы диаметром 3–5 см и стальные уголки размером от 40х40 до 60х60 мм длиной 2,5–3 м. В последние годы находят применение стальные прутки диаметром 10–12 мм и длиной до 10 см. Для связи вертикальных электродов и в качестве самостоятельного горизонтального электрода используют полосовую сталь сечением не менее 4х12 мм и сталь круглого сечения диаметром не менее 6 мм.

В качестве естественных заземлителей можно использовать: проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубопроводы, за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывных газов, а также трубопроводов, покрытых изоляцией для защиты от коррозии.

Согласно Правилам устройства электроустановок сопротивление заземляющего устройства в электроустановках напряжением до 1000 В с изолированной нейтралью должно быть не более 4 Ом; в электроустановках с изолированной нейтралью напряжением выше 1000 В сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 10 Ом

**Расчет защитного заземления**

**Цель расчета** – определение количества и размеров заземлителей и составление плана размещения заземлителей и заземляющих проводников.

Исходными данными для расчета заземляющих устройств являются:

1. напряжение заземляемой установки;
2. режим нейтрали установки;
3. величина тока замыкания на землю (для установок с напряжением выше 1000 В);
4. удельное сопротивление грунта;
5. план размещения заземляемого оборудования;
6. характеристика естественных заземлителей (сопротивление растеканию тока, количество и размеры).

Таблица 20. Наибольшие допустимые значения сопротивления защитных заземлений в электрических установка

|  |  |
| --- | --- |
| ХАРАКТЕРИСТИКА УСТАНОВОК | Наибольшее допустимое сопротивление заземления, Ом |
| *Установки напряжением выше 1000 В*  Защитное заземление в установках с большими токами замыкания на землю (з А)  Защитное заземление с малыми токами замыкания на землю (500 А)  Защитное заземление всех установок | 0,5  10 |

Таблица 21. Допустимые для человека величины тока

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Время протекания тока через человека, с | Допустимая величина тока, мА | Напряжение на человека, В |
| 0,2  0,5  0.7  1  30  Более 30 | 250  100  75  65  6  1 | 175  100  80  75  18  6 |

2. Определяется расчетное удельное сопротивление грунта ρ, в котором предлагается размещать электроды заземления (табл. 22).

# Таблица 22. Удельные электрические сопротивления грунтов

|  |  |
| --- | --- |
| Грунт, вода | Удельное сопротивление, рекомендуемое для расчетов, Ом \* м |
| Торф  Чернозем  Садовая земля  Глина  Суглинок  Супесок  Песок  Гравий, щебень  Каменистый грунт  Вода морская  Вода речная  Вода грунтовая | 20  30  50  60  100  300  500  2 000  4 000  0,2–1  10–100  20–70 |

3. Предварительно определяется конфигурация заземлителя (в ряд, по контуру и т.д.) с учетом возможности размещения его на отведенной территории (рис. 14 и 15).

Рис. 14 Рис. 15

1. Выбираются тип и размеры заземлителей – вертикальных электродов и соединительной полосы.
2. Определяется сопротивление растеканию тока с одного заземлителя по соответствующим формулам табл. 23.

# Таблица 23. Определение сопротивления одиночных заземлителей растеканию тока

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип заземлителя | Эскиз заземлителя | Формула для определения , Ом | |
| Полушаровой у поверхности грунта |  | ρ  –  π\* | |
| Шаровой в грунте |  | ρ  – \* –;  π | |
| Трубчатый или стержневой у поверхности грунта |  | ρ 4  – –;  π | |
| Трубчатый или стержневой в грунте |  | ρ  – ( –  π    ––); | |
| Протяженный на поверхности земли (стержень, труба, полоса) |  | ρ  – –;  2π | |
| Протяженный в грунте (стержень, труба, полоса) |  | ρ  ––;  π | |
| Кольцевой на поверхности земли |  | ρ  ––;  π |
| Кольцевой в земле |  | ρ  ≈––;  π |
| Кольцевой прямоугольного сечения в грунте |  | ρ  ≈ – –;  π |

6. Определяется необходимое количество параллельно соединенных заземлителей:

–, (18)

7. Для связи вертикальных электродов применяются горизонтальные электроды – стальная полоса или пруток.

Длина горизонтального электрода при расположении заземлителей по контуру определяется по формуле

,

где длина соединительного проводника;

расстояние между заземлителями;

количество заземлителей.

Длина соединительного электрода (проводника) при расположении заземлителей в ряд определяется по формуле

( ).

8. Определяется сопротивление растеканию тока горизонтального электрода по соответствующей формуле табл. 23.

9. Определяется сопротивление растеканию тока искусственных заземлителей

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (19)

η η

где **ηг –** коэффициент использования горизонтального электрода с учетом вертикальных электродов, определяется по табл. 24.

**ηв-**коэффициент использования вертикальных электродов, учитывающий их взаимное экранирование; определяется по таблице 25.

Полученное сопротивление искусственных электродов не должно превышать требуемое сопротивление **д**.

# Таблица 24. Коэффициент использования ηв вертикальных электродов группового заземлителя

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Число заземлителей | Электроды размещены в ряд | Электроды размещены  по контуру |
| Отношение расстояния между электродами к их длине | Отношение расстояния между электродами к их длине |
|  | 1 2 3 | 1 2 3 |
| 2  4  6  10  20  40  60  100 | 0,85 0,91 0,94  0,73 0,83 0,89  0,65 0,77 0,85  0,59 0,74 0,81  0,48 0,67 0,76  – – –  – – –  – – – | – – –  0,69 0,78 0,85  0,61 0,73 0,80  0,56 0,68 0,76  0,47 0,63 0,71  0,41 0,58 0,66  0,39 0,55 0,64  0,36 0,52 0,62 |

Таблица 25. Коэффициенты использования η горизонтального полосового электрода, соединяющего вертикальные электроды

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Отношение расстояния между вертикальными электродами к их длине | | Число вертикальных электродов | | | | |
|  | | 2 4 6 10 20 40 60 100 | | | | |
| 1  2  3  1  2  3 | | Вертикальные электроды размещены в ряд (рис. 2)  0,85 0,77 0,72 0,62 0,42 – – –  0,94 0,80 0,84 0,75 0,56 – – –  0,96 0,92 0,88 0,82 0,68 – – –  Вертикальные электроды размещены по контуру (рис. 3)  – 0,45 0,40 0,34 0,27 0,22 0,20 0,19  – 0,55 0,48 0,40 0,32 0,29 0,27 0,23  – 0,70 0,64 0,56 0,45 0,39 0,36 0,33 | | | | |
|  | Водные | | Воздушно- пенные | Порошко-вые | Углекис- лотные | Хладоновые |
| А В  С  D | +++  -  -  - | | ++  +  -  - | ++  +++  +++  +++ | +  +  -  - | +  ++  +  - |

*Примечание:* Знаком +++ отмечены огнетушители, наиболее эффективные при тушении пожара данного класса; ++ огнетушители, пригодные для тушения пожара данного класса; + огнетушители, недостаточно эффективные при тушении пожара данного класса; – огнетушители, непригодные для тушения пожара данного класса.