

# Проектирование освещения. Стадии проекта

- Одностадийное проектирование
  - Рабочий проект
- Двухстадийное проектирование
  - Технический проект
  - Рабочая документация

# Проектирование освещения

- Светотехническая часть проекта
  - выбор системы освещения
  - выбор нормируемой освещенности
  - выбор источников света
  - выбор светильников и их размещение
  - расчет электрического освещения
  - оценка качества освещения
- Электротехническая часть проекта
  - выбор напряжения и источника питания осветительной установки
  - выбор схемы питания осветительной установки
  - выбор марки проводов и способа прокладки
  - расчет сечений проводов по нагреву и потере напряжения



# Исходные данные


- Архитектурно-строительные планы и разрезы зданий с указанием назначения отдельных помещений
- Чертежи металлических конструкций
- Технологические планы и разрезы
- Чертежи санитарно-технических коммуникаций
- Сведения о характере среды в помещениях
- Данные об особенностях технологического процесса

# Проектная документация

- СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»
- Приказом Минрегиона России от 27 декабря 2010 г. № 783 утверждена и введена в действие с 20 мая 2011 г. актуализированная редакция настоящего документа с шифром СП 52.13330.2011
- Приказом Минрегиона России от 27 декабря 2010 г. № 783 утверждена и введена в действие с 20 мая 2011 г. актуализированная редакция настоящего документа с шифром СП 52.13330.2011

# Проектная документация

- Согласно части 4 ст. 6 Федерального закона от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ части настоящих СНиП, указанные в Перечне национальных стандартов и сводов правил, утвержденном распоряжением Правительства РФ от 21 июня 2010 г. № 1047-р, являются обязательными для применения
- В развитие настоящих норм разработан СП 23-102-2003 "Естественное освещение жилых и общественных зданий", одобренный постановлением Госстроя РФ от 18 июня 2003 г. № 63

- 
- СанПин 2.2.1/2.1.1.1278-03  
"Гигиенические требования к  
естественному, искусственному и  
совмещенному освещению жилых и  
общественных зданий."

# СанПин 2.2.1/2.1.1.1278-03

- 2.1.1. Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь естественное освещение.
- 2.1.2. Естественное освещение подразделяется на следующие типы: боковое, верхнее и комбинированное (верхнее и боковое).
- в жилых зданиях непосредственное естественное освещение должны иметь жилые комнаты и кухни. Согласно данным требованиям КЕО в жилых комнатах и кухнях должен быть не менее 0,5% в середине помещения.



Коэффициент естественной освещённости  $e_m$  в какой-либо точке помещения  $M$  представляет отношение освещённости в этой точке  $E_e^m$  к одновременной наружной освещённости горизонтальной плоскости  $E_H$ , находящейся на открытом месте и освещаемой диффузным светом всего небосвода.

КЕО измеряется в относительных единицах и показывает, какую долю в процентах в данной точке помещения составляет освещённость от одновременной горизонтальной освещённости под открытым небом, т.е.:

$$e_m = (E_e^m / E_H) \times 100\%$$

## 3.1. Общие требования

3.1.1. Искусственное освещение подразделяется на рабочее и аварийное.

3.1.2. Искусственное освещение помещений подразделяется на общее и комбинированное.

3.1.3. Рабочее освещение следует предусматривать для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

3.1.4. Нормируемые значения освещенности в настоящих нормах установлены в точках ее минимального значения на рабочей поверхности внутри помещений для разрядных источников света.

3.1.5. Для общего освещения помещений следует использовать разрядные лампы и/или лампы накаливания.

Для местного освещения, кроме разрядных источников света, допускается использование ламп накаливания, преимущественно галогенных.

Применение ксеноновых ламп внутри помещений не допускается.

3.1.6. Нормированные значения освещенности в люксах, отличающиеся на одну ступень, следует принимать по шкале: 0,2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 10; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 4500; 5000.

- ПУЭ, глава 6 «Освещение»
- ГОСТ 21.101-97 «Система проектной документации для строительства. Основные требования к проектной и рабочей документации»
  - Требования к составу документации
  - Правила выполнения документации
    - Формат А4
    - Маркировка комплектов документации:  
ЭО – электрическое освещение,  
ЭМ – силовое электрооборудование


- ГОСТ 21.608-84 «Система проектной документации для строительства. Внутреннее электрическое освещение. Рабочие чертежи»
  - общие данные по рабочим чертежам
    - Освещаемая площадь, напряжение сети, требуемая освещенность, удельная мощность, коэффициент спроса,  $\cos\varphi$ , количество светильников
  - планы расположения электрооборудования и прокладки электрических сетей
    - Строительные конструкции, наименование помещений, освещенность, количество и типы светильников, линии сети, выключатели и другое электрооборудование
  - принципиальные схемы питающей сети

# Проектная документация

- принципиальные схемы дистанционного управления освещением;
  - схемы подключения комплектных распределительных устройств на напряжение до 1000 В;
  - кабельный журнал для питающей сети;
  - чертежи установки электрооборудования (при отсутствии типовых).
- ГОСТ 21.614-88 «Система проектной документации для строительства. Изображения условные графические электрооборудования и проводок на плане»


# Согласно СП52.13330.2011

- - нормируемые уровни освещенности на рабочей поверхности (для функциональных помещений – от 300 до 500 лк, в зависимости от разряда зрительных работ);
- - цилиндрическую освещенность (50-150 лк);
- - объединенный показатель дискомфорта UGR (18-24);
- - коэффициент пульсации освещенности (10-15%).



4.2 Требования к освещению помещений промышленных предприятий (КЕО, нормируемая освещенность, допустимые сочетания показателей ослепленности и коэффициента пульсации освещенности) следует принимать по табл.1 с учетом требований пп.7.5 и 7.6.

Требования к освещению помещений жилых, общественных и административно-бытовых зданий (КЕО, нормируемая освещенность, цилиндрическая освещенность, показатель дискомфорта и коэффициент пульсации освещенности) следует принимать по табл.2 и приложению К.



Согласно п 7.23 СП 52.13330.2011 в помещениях общественных зданий, как правило, следует применять систему общего освещения.

Допускается применять систему комбинированного освещения, где выполняются зрительная работа А-В разряда, при этом освещенность от общего освещения должна составлять не менее 70% от нормируемых значений.



При проектировании электрического освещения необходимо особое внимание уделять:

- выбору эффективных световых приборов (СП), обладающих необходимым светораспределением и нужным конструктивным исполнением;
- применению высокоэффективных источников света (ИС) (люминесцентные лампы (ЛЛ) Т5, светодиодные источники света);
- применению эффективной пускорегулирующей аппаратуры (ПРА);
- повышению оптических характеристик ОУ;
- системам, сокращающим бесполезное использование искусственного освещения.

# Световые величины

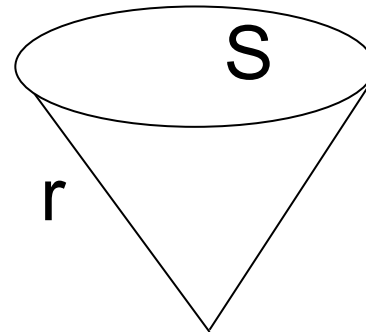
- Световой поток  $\Phi$  (лм) - часть лучистого потока, которая воспринимается зрением человека как свет
- Сила света  $I$  (кд) - отношение светового потока к телесному углу, в пределах которого он распространяется

$$I = \frac{\Phi}{\omega}$$

# Световые величины

- Телесный угол  $\omega$  (ср) - отношение площади, которую он вырезает на поверхности сферы, описанной из его вершины, к квадрату радиуса этой сферы

$$\omega = \frac{S}{r^2}$$



# Световые величины

- Освещенность  $E$  (лк) - отношение светового потока, падающего на поверхность, к площади этой поверхности

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

- Светимость  $M$  (лм/м<sup>2</sup>) - отношение светового потока, отражаемого или пропускаемого поверхностью, к ее площади

$$M = \frac{\Phi}{S}$$

# Световые величины

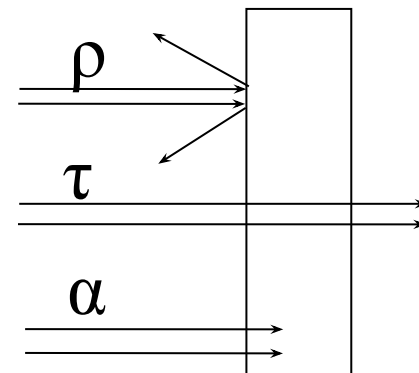
- Яркость  $L$  ( $\text{кд}/\text{м}^2$ ) - отношение силы света, излучаемого поверхностью в данном направлении к величине этой поверхности

$$L = \frac{I}{S}$$

- Коэффициенты состояния поверхности

- отражения  $\rho$ ,
- пропускания  $\tau$
- поглощения  $\alpha$

$$\rho + \tau + \alpha = 1$$



# Виды освещения

- Естественное – освещение помещений светом неба, проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях
  - боковое
    - одностороннее – световые проемы в одной из стен помещения
    - двустороннее – световые проемы в двух противоположных стенах помещения
  - верхнее – фонари и световые проемы в покрытии, а также световые проемы в стенах в местах перепада высот здания
  - комбинированное – световые проемы, указанные для бокового и верхнего освещения

**Коэффициент естественной освещенности**

$$e = 100 \frac{E_v}{E_n}$$

# Виды освещения

- Искусственное – освещение помещений искусственным светом с помощью электрических ламп
- Совмещенное – освещение, при котором недостаточное естественное освещение дополняется искусственным

# Системы освещения

- Система общего освещения – это освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения
  - Равномерное освещение  
(расстояния между светильниками в каждом ряду и расстояния между рядами выдерживаются неизменными)
  - Локализованное освещение  
(положение каждого светильника определяется расположением оборудования)



# Системы освещения

- Система комбинированного освещения – освещение, при котором к общему освещению добавляется местное
  - Местное освещение – освещение, включающее в себя светильники, расположенные у рабочего места и предназначенные для освещения только рабочей поверхности

# Области применения систем освещения

- **Общее равномерное освещение**
  - Оборудование размещается равномерно и не создает теней на рабочих поверхностях
  - На предприятии выполняются одностипные работы
  - Работа не требует большого и длительного напряжения зрения (разряд V по СНиП и ниже)
  - Вспомогательные и складских помещения

# Области применения систем освещения

- **Общее локализованное освещение**
  - Рабочие места располагаются отдельными группами
  - Выполняются работы различной точности, требующие разных уровней освещенности;
  - Выполняемая работа, относится по СНиП к разрядам IV и ниже

# Области применения систем освещения

- Комбинированное освещение
  - Оборудование создает резкие тени на рабочих поверхностях
  - Рабочие поверхности оборудования располагаются вертикально или наклонно
  - Выполняются точные зрительные работы, относящиеся к разрядам I-IV по СНиП

# Разряды зрительной работы по СНиП

Разряд зрительной работы	Минимальный размер объекта различения, мм	Характеристика зрительной работы
I	менее 0,15	наивысшая точность
II	0,15-0,3	очень высокая точность
III	0,3-0,5	высокая точность
IV	0,5-1,0	средняя точность
V	1,0-5,0	малая точность
VI	более 5,0	очень малая точность
VII	-	светящиеся материалы и изделия
VIII	-	общее наблюдение за процессом

# Виды искусственного освещения

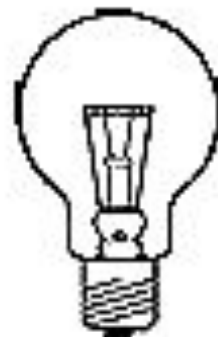
- Рабочее освещение – освещение, обеспечивающее нормируемую освещенность в помещениях
- Аварийное освещение – освещение, обеспечивающее минимальную допустимую освещенность при отключении рабочего освещения
  - освещение безопасности (для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения)
  - эвакуационное освещение (для эвакуации при аварийном отключении рабочего освещения)
- Охранное освещение – освещение вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время
- Дежурное освещение – освещение в нерабочее время

# Виды источников света

- Лампы накаливания
  - Обычные лампы накаливания
  - Галогенные лампы накаливания
- Газоразрядные лампы
  - Люминесцентные лампы
  - Дуговые ртутные лампы высокого давления
  - Металлогалогенные лампы
  - Натриевые лампы
  - Ксеноновые лампы

# Лампы накаливания (Б, БК, Г)

- Принцип действия
  - Нагрев до температуры свечения нити в инертной среде
- Световая отдача
  - 10-15 лм/Вт
- Срок службы
  - 1000-2000 часов
- Мощность
  - 25-200 Вт





# Лампы накаливания.

## Особенности

- Простота изготовления и удобство эксплуатации
- Мгновенное зажигание
- Малая световая отдача
- Низкий КПД (10-15%)
- Короткий срок службы
- Спектр, отличается от спектра дневного света
- Область применения - бытовые, промышленные, общественные помещения, аварийное освещение

# Галогенные лампы (КГ, КГВ)

- Принцип действия
  - Нагрев до температуры свечения нити в среде, содержащей пары галогенов
- Световая отдача
  - 20-30 лм/Вт
- Срок службы
  - До 3000 часов
- Мощность
  - 75-10000 Вт



# Галогенные лампы.

## Особенности

- Удобство эксплуатации (не требуют дополнительных устройств для включения в сеть)
- Более высокая световая отдача
- Более продолжительный срок службы
- Стабильность светового потока
- Нечувствительной к перепадам температур
- Область применения – внутреннее освещение, специальные установки

# Люминесцентные лампы (ЛБ, ЛД, ЛДЦ, ЛТБ)

- Принцип действия

- Электрический разряд в газе с последующим его преобразованием с помощью люминофора в видимое излучение.

- Световая отдача

- 60-80 лм/Вт

- Срок службы

- До 20000 часов

- Мощность

- 4-80 Вт



# Люминесцентные лампы.

## Особенности

- Большой срок службы
- Высокая световая отдача
- Более высокая пожаробезопасность
- Пульсации светового потока,
- Сложная схема включения (наличие ПРА)
- Чувствительность к колебаниям температуры окружающей среды
- Область применения – жилые и общественные здания

# Компактные люминесцентные лампы (КЛ, КЛЭ, КЛУ)

- Особенности
  - Мощность 7-40 Вт
  - Применение вместо обычных ламп накаливания
  - Продолжительный срок службы
  - Высокая энергоэффективность
  - Встроенная ПРА
  - Область применения – жилые, общественные здания



# Дуговые ртутные лампы с люминофором (ДРЛ)

- Принцип действия
  - Электрический разряд в парах ртути с последующим его преобразованием с помощью люминофора в видимое излучение.
- Световая отдача
  - 40-60 лм/Вт
- Срок службы
  - До 20000 часов
- Мощность
  - 50-1000 Вт



# Дуговые ртутные лампы.

## Особенности

- Высокая светоотдача при небольших габаритах
- Большой срок службы
- Включение в сеть с помощью ПРА
- Устойчивости к температуре внешней среды
- Длительное разгорание при включении (5-7 мин)
- Плохая цветопередача
- Область применения – производственные помещения, наружное освещение



# Металлогалогенные лампы (ДРИ)

- Принцип действия
  - Электрический разряд в парах иодидов металлов
- Световая отдача
  - 70-90 лм/Вт
- Срок службы
  - До 10000 часов
- Мощность
  - 175-3500 Вт



# Металлогалогенные лампы.

## Особенности

- Высокая светоотдача
- Продолжительный срок службы
- Улучшенная цветопередача
- Включение в сеть с помощью ПРА
- Область применения –  
производственные помещения,  
наружное освещение

# Натриевые лампы (ДНаТ)

- Принцип действия
  - Электрический разряд в парах натрия
- Световая отдача
  - 90-120 лм/Вт
- Срок службы
  - До 12000 часов
- Мощность
  - 35-400 Вт



# Натриевые лампы.

## Особенности

- Наиболее высокая световая отдача
- Длительный срок службы
- Высокая экономичность
- Включение в сеть с помощью ПРА
- Плохая цветопередача
- Область применения – наружное освещение

# Сравнительная таблица ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, Лм	Срок службы, часов
Б	150	1600	2000
КГ	150	2500	2000
ЛЛ (ЛБ)	40	3000	12000
ДРЛ	125	6500	12000
ДРИ	175	12000	4000
ДНаТ	150	14000	6000

# Осветительные приборы

- Совокупность осветительной арматуры и источника света
- Осветительные приборы
  - Светильник – для освещения близкорасположенных объектов
  - Прожектор – для освещения удаленных объектов

# Классификация светильников

## ■ Светильники прямого света (П)

- > 80% светового потока в нижнюю полусферу

## ■ Светильники преимущественно прямого света (Н)

- 60-80% светового потока в нижнюю полусферу

## ■ Светильники рассеянного света (Р)

- 40-60% светового потока в каждую полусферу

## ■ Светильники преимущественно отраженного света (В)

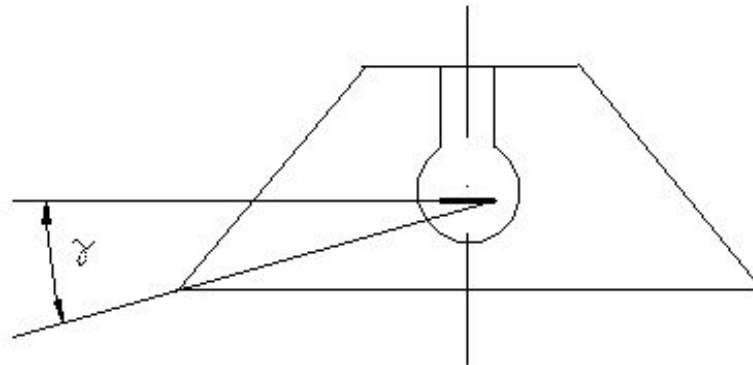
- 60-80% светового потока в верхнюю полусферу

## ■ Светильники отраженного света (О)

- > 80% светового потока в верхнюю полусферу

# Параметры светильников

- Защитный угол ( $\gamma$ )



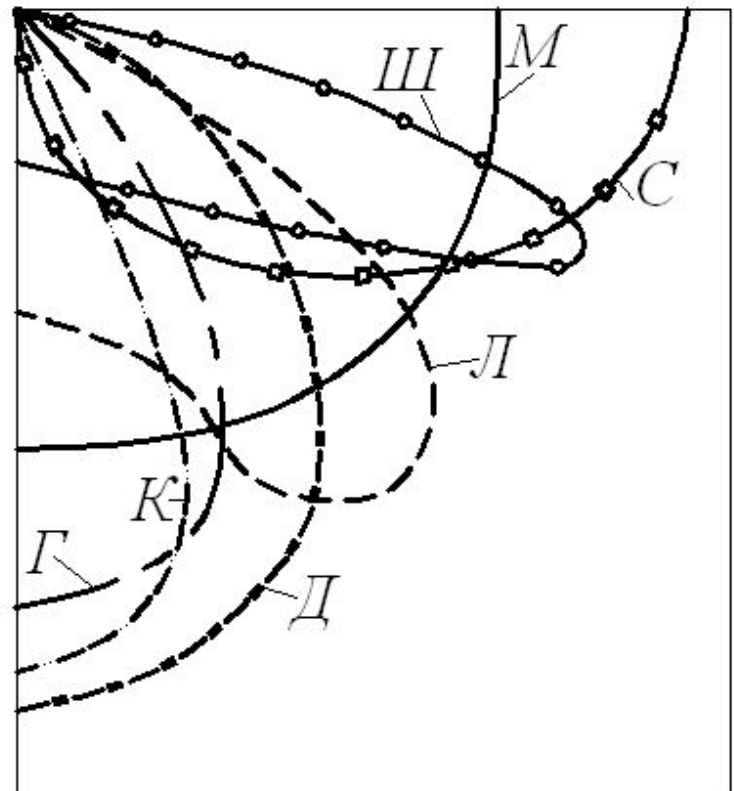
- КПД

$$\eta = \frac{\Phi_{св}}{\Phi_{л}}$$



# Параметры светильников

- Кривая силы света
  - К – концентрированная
  - Г – глубокая
  - Д – косинусная
  - С – синусная
  - Л – полуширокая
  - Ш – широкая
  - М – равномерная



# Параметры светильников

## ■ Защита светильников

- показывает возможности защиты от проникновения инородных тел и воды
- IP XX (Ingress Protection)
- первая цифра - степень защиты от твердых тел и пыли, вторая - степень защиты от влаги.

# Параметры светильников

0	Защита отсутствует	Защита отсутствует
1	Защита от твердых тел > 50 мм	Защита от капель воды
2	Защита от твердых тел > 12 мм	Защита от капель воды под углом до 15°
3	Защита от твердых тел > 2,5 мм	Защита от дождя
4	Защита от твердых тел > 1 мм	Защита от капель и брызг
5	Частичная защита от пыли	Защита от струи воды
6	Полная защита от пыли	Защита волн воды

# Типы светильников

- Светильники с люминесцентными лампами
- Подвесные светильники-глубокоизлучатели
- Уличные светильники
- Встраиваемые светильники
- Светильники для местного освещения
- Специальные светильники

# Светильники с люминесцентными лампами

- Источник света
  - Люминесцентная лампа (ЛПО, ЛСП)
- Исполнение
  - Открытые
  - С защитной решеткой
  - С защитной трубой
- Область применения
  - Производственные помещения
  - Общественные здания



# Подвесные светильники- глубокоизлучатели

- Источник света
  - Лампа накаливания (НСП)
  - Лампа ДРЛ (РСР)
  - Лампа ДРИ (ГСР)
- Исполнение
  - Открытые
  - С защитной сеткой
  - С защитным стеклом
- Область применения
  - Высокие производственные помещения
  - Наружное освещение



# Уличные светильники

- **Источник света**
  - Лампы накаливания (НТУ)
  - Лампы ДРЛ (РКУ, РТУ)
  - Лампы ДРИ (ГКУ)
  - Лампы ДНаТ (ЖКУ, ЖТУ)
- **Исполнение**
  - Консольные
  - Торшерные
- **Область применения**
  - Освещение улиц, дорог, площадей
  - Декоративное освещение парков, скверов
  - Высокие помещения



# Встраиваемые светильники

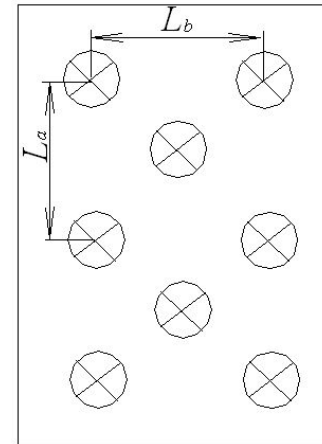
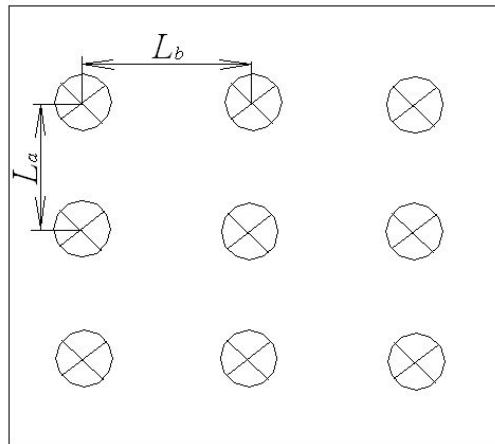
- Источник света
  - Лампы накаливания (НВО)
  - Компактные люминесцентные лампы (ЛВО)
  - Лампы ДРИ (СВО)
- Исполнение
  - Потолочные
- Область применения
  - Общественные помещения
  - Административные помещения





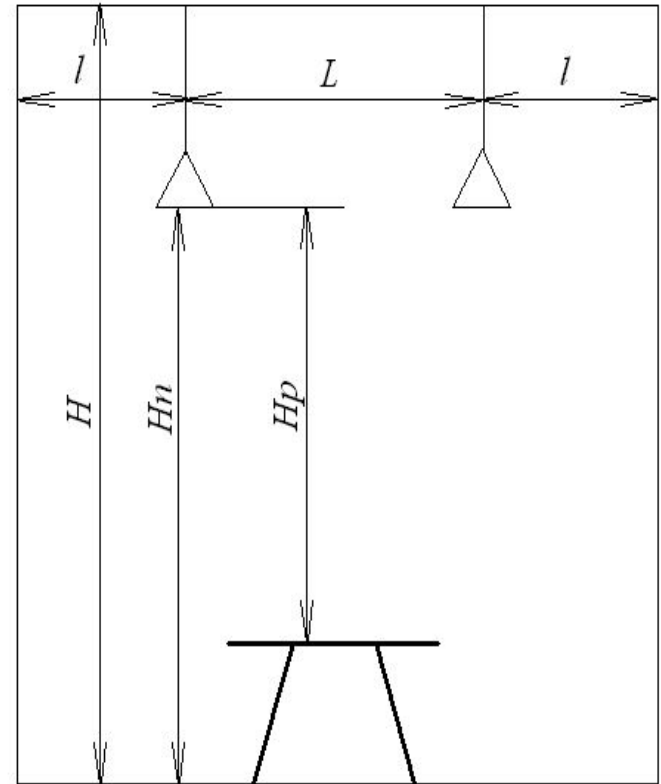
# Размещение светильников

- Варианты размещения
  - По углам прямоугольника
  - В шахматном порядке



# Расположение светильников по высоте

- $H$  – высота помещения
- $H_n$  – высоте подвеса светильника
- $H_p$  – высоте подвеса светильника над рабочей поверхностью
- $L$  – расстояние между светильниками
- $l$  – расстояние между светильником и стеной



# Выбор оптимальных расстояний

- Относительное расстояние между светильниками

$$\frac{L}{H_p} = \frac{\sqrt{L_a L_b}}{H_p} \quad L_b = \sqrt{3} L_a$$

- Расстояние от стен до светильников

- когда рабочие места расположены у стен

$$l = (0,25 \div 0,3)L$$

- когда у стены располагаются только проходы и проезды

$$l = (0,4 \div 0,5)L$$

# Расчет электрического освещения

## ■ Методы расчета

- Метод удельной мощности
- Метод коэффициента использования
- Точечный метод

# Метод удельной мощности

- Удельная мощность

$$P_{уд} = \frac{nP_l}{S}$$

$P_{уд}$  – удельная мощность

$n$  – число ламп

$P_l$  – мощность одной лампы

$S$  – площадь помещения

- Область применения

- Общее равномерное освещение
- Проверочные расчеты

# Метод удельной мощности

## ■ Порядок расчета

- выбирают тип светильника
- намечают высоту его подвеса и наивыгоднейшее число светильников
- находят по соответствующим таблицам удельную мощность  $p_{y\partial}$
- определяют установленную мощность ламп по формуле

$$P_y = p_{y\partial} S$$

- определяют мощность одной лампы

$$P_l = \frac{P_y}{n}$$

# Метод коэффициента использования

- Коэффициент использования - отношение светового потока, подающего на поверхность, к суммарному световому потоку всех источников света

$$\eta = \frac{\Phi_p}{n\Phi_{\text{л}}} \quad \eta \leq 1, \text{ т.к. } \Phi_p < n\Phi_{\text{л}}$$

$\eta_{\text{с}}$  – КПД светильника  $\eta = \eta_{\text{с}}\eta_{\text{п}}$

$\eta_{\text{п}}$  – коэффициент использования помещения

$$i = \frac{ab}{H_p(a+b)}$$

$a$  и  $b$  – длина и ширина помещения

# Метод коэффициента использования

- Средняя освещенность поверхности

$$E_{cp} = \frac{\Phi_p}{S} = \frac{\eta n \Phi_l}{S}$$

- Поправочный коэффициент

$$\text{для ЛН и ДРЛ} \quad K_{cp} = 1,15$$
$$\text{ЛЛ} \quad K_{cp} = 1$$

- Коэффициент запаса  $K_3$

- для компенсации снижения освещенности с течением времени
- равен 1,3-2,0 в зависимости от среды в помещении



# Метод коэффициента использования

- Минимальная освещенность поверхности

$$E_{\min} = \frac{n \cdot \Phi \cdot \eta}{S \cdot z \cdot k_3}$$

- Световой поток лампы

$$\Phi_l = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot z \cdot k_3}{n \cdot \eta}$$

- Область применения
  - общее равномерное освещение

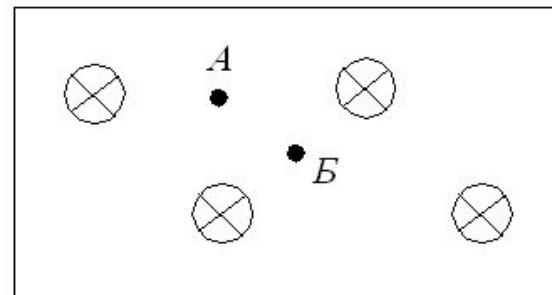
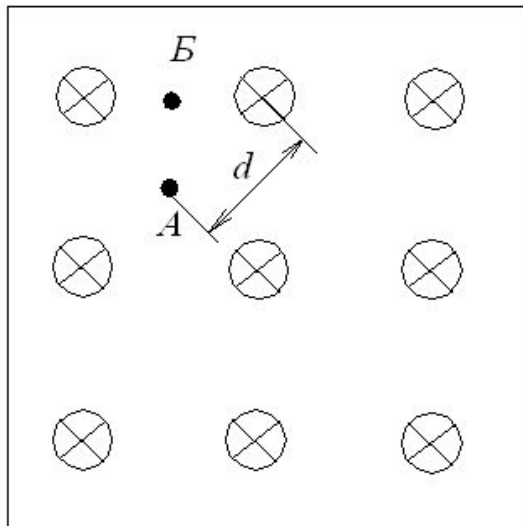
# Метод коэффициента использования

## ■ Порядок расчета

- выбирают тип светильника
- намечают высоту его подвеса и наивыгоднейшее число светильников
- устанавливают минимальный нормируемый уровень освещенности
- определяют коэффициент использования
- определяют по справочным данным значения поправочного коэффициента и коэффициента запаса
- рассчитывается световой поток лампы
- по расчетному потоку подбирается ближайшая стандартная лампа, поток которой не должен отличаться от требуемого расчетом более, чем на -10 и +20%

# Точечный метод

- Расчет ведется для наименее освещенной точки в пределах поверхности
- Контрольные (характерные точки)



# Точечный метод

- Световой поток лампы

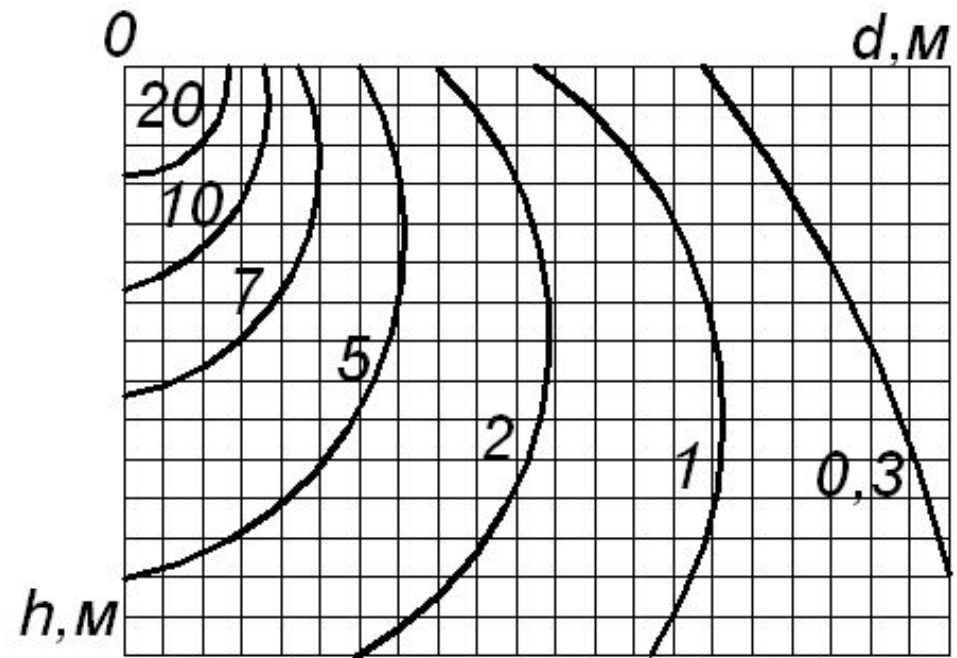
$$\Phi_l = \frac{1000 \cdot E_{\min} \cdot k_3}{\mu \cdot \Sigma e}$$

- Коэффициент дополнительной освещенности  $\mu$

- Учитывает отраженный световой поток
  - 1,0 – для темных поверхностей
  - 1,2 – для светлых поверхностей

# Точечный метод

- Условная освещенность  $e$ 
  - Освещенность, рассчитанная при условном потоке 1000 лм
  - определяют по графикам пространственных изолюкс
  - определяется в зависимости от расстояния  $d$  и высоты подвеса светильника  $h_n$



# Точечный метод

## ■ Порядок расчета

- выбирают тип светильника
- намечают высоту его подвеса и наивыгоднейшее число светильников
- устанавливают минимальный нормируемый уровень освещенности
- определяют значения коэффициента дополнительной освещенности и коэффициента запаса
- определяют, измерив по плану, расстояния  $d$  от заданной точки до проекции каждого из ближайших светильников

# Точечный метод

## ■ Порядок расчета

- находят по графикам пространственных изолюкс значения условной освещенности –  $e$ , суммируя их, получают  $\Sigma e$
- рассчитывается световой поток лампы
- по расчетному потоку подбирается ближайшая стандартная лампа

## ■ Область применения

- общее локализованное освещение

**Пример 8.4.** В помещении, план которого показан на рис. 8.2, требуется обеспечить  $E_n = 50$  лк. Светильники НСП-17 с лампами накаливания имеют кривую силы света типа Г-1 и расположены на расчетной высоте  $H_p = 5,5$  м. Расстояние между рядами светильников 8 м, между светильниками в ряду – 6 м. Коэффициент запаса принять равным  $K_z = 1,4$ .

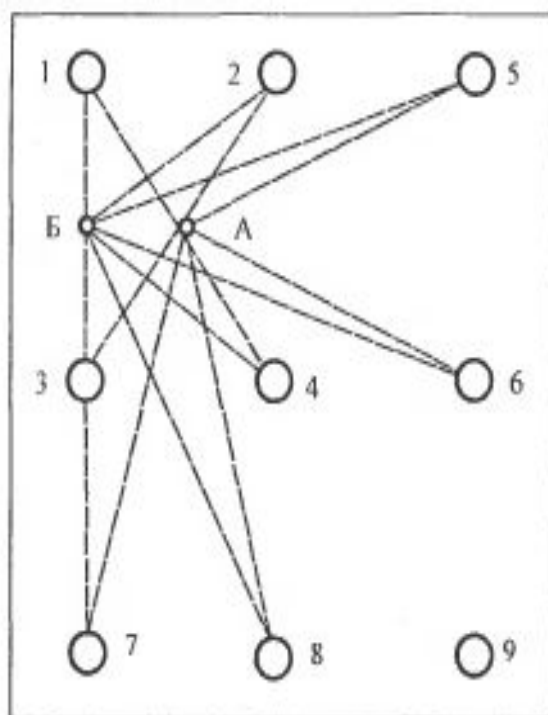


Рис. 8.2. План помещения (к примеру 8.4) с расположением светильников и контрольных точек А и Б

**Пример 8.5.** Для помещения примера 8.4 и для тех же исходных условий требуется определить световой поток ламп и выбрать их мощность, используя метод пространственных изолюкс.

**Решение.** Расстояние  $d$  определяется обмером по плану помещения. Например, расстояние от проекции светильника 1 на горизонтальную плоскость до точки А:  $d_{A-1} = \frac{1}{2}\sqrt{8^2 + 6^2} = 5,0$  м. Определив расстояние  $d_{A-1}$  и зная расчетную высоту  $H_p$  по графикам пространственных изолюкс условной горизонтальной освещенности для светильников с КСС типа Г-1 (рис. П.3) определяем величину условной горизонтальной освещенности  $e$  в точке А от светильника 1, как изолюксу, проходящую через точку с координатами  $d_{A-1}$  и  $H_p$ . Полученная точка на рис. П.3 попадает между изолюксами условной освещенности  $e = 3$  лк и  $e = 4$  лк. Интерполируя их, получаем результирующую освещенность в точке А от светильника 1, равной 3,6 лк. Светильники 2, 3 и 4 находятся на таком же расстоянии от точки А, как и светильник 1, поэтому они будут иметь такие же координаты  $d$  и  $H_p$  и, соответственно, создавать в точке А такую же



освещенность, как и светильник 1, а полная условная освещенность в точке А от светильников 1, 2, 3 и 4 будет равна их сумме, т. е. 14,4 лк. Аналогично рассчитывается освещенность в точке А от светильников 5, 6, 7, 8 и в точке Б от этих же светильников. Полученные результаты сводим в табл. 8.13 и определяем суммарную освещенность в точках А и Б от всех светильников.

Таблица 8.13

Результаты расчета освещенности к примеру 8.5

Точка	№ светильника	d, м	Условная освещенность, e	
			от одного светильника	от всех светильников
А	1, 2, 3, 4	5	3,6	14,4
	5, 6	9,8	0,40	0,80
	7, 8	12,4	0,20	0,40
	$\Sigma e = 15,6$			
Б	1, 3	4	5,7	11,4
	2, 4	7	1,5	3,0
	5, 6	12,6	0,22	0,44
	7	12,0	0,26	0,26
	8	13,4	—	—
$\Sigma e = 15,10$				

Наихудшей по освещенности оказывается точка Б, для которой по формуле (8.14) определяем необходимый поток лампы, принимая  $\mu = 1,1$ :

$$\Phi_{\text{лр}} = \frac{50 \cdot 1,4 \cdot 1000}{1,1 \cdot 15,1} = 4214 \text{ лм.}$$

По табл. 5.1 по данному  $\Phi_{\text{лр}}$  выбирается лампа мощностью 300 Вт типа Г220-230-300 ( $\Phi_{\text{л}} = 4850$  лм), которая подходит для данного светильника по максимально допустимой мощности (табл. 6.4) и световой поток которой больше  $\Phi_{\text{лр}}$  на 15,1 %, что укладывается в требуемый диапазон  $-10 \% \dots +20 \%$ .

# Напряжение осветительных сетей

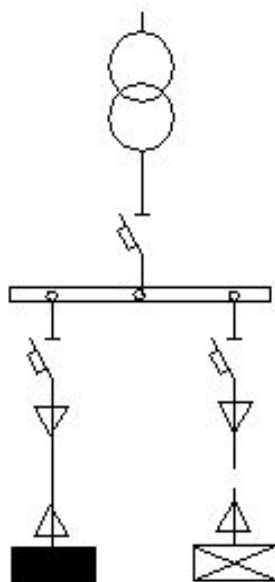
- **Общее освещение**
  - 380/220 В переменного тока – при заземленной нейтрали
  - 220 В – при изолированной нейтрали
- **Местное освещение**
  - Без повышенной опасности не выше 220 В
  - С повышенной опасностью не выше 50 В
- **Ручные переносные светильники**
  - С повышенной опасностью не выше 50 В
  - В особо неблагоприятных условиях не выше 12 В

# Источники питания

- Принципы выполнения
  - Раздельное выполнение силовых и осветительных сетей
  - Питание от общих трансформаторов
    - Типовая схема питания
  - Питание от отдельных трансформаторов
    - Для обеспечения требуемого качества напряжения
    - При напряжении силовых сетей 660/380 В

# Варианты питания рабочего и аварийного освещения

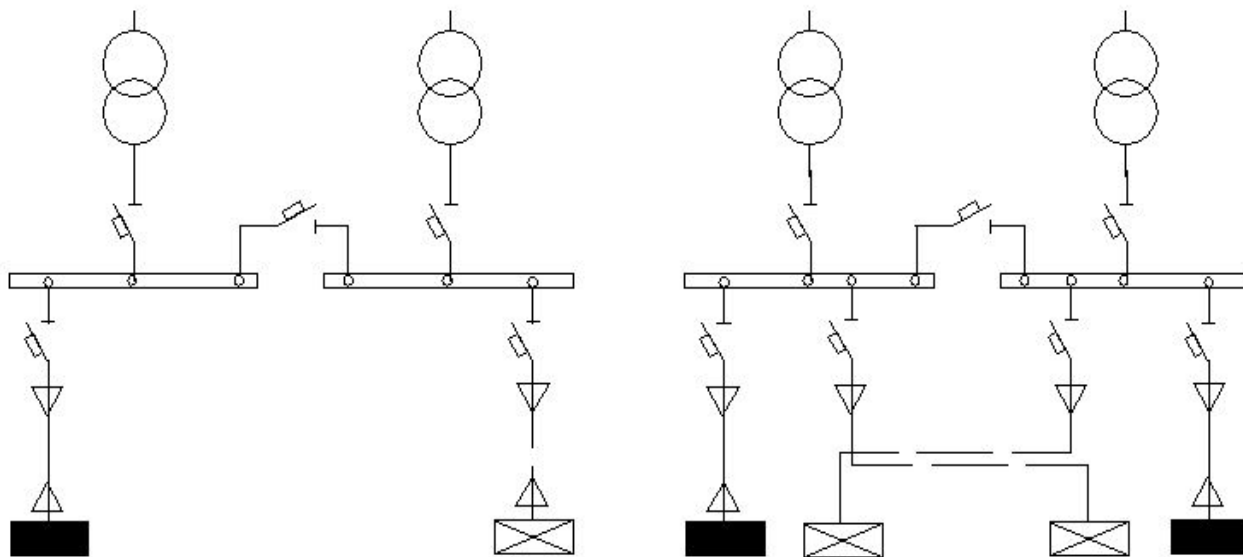
- Питание от одной секции РУ
  - Эвакуационное освещение в помещениях с естественным светом



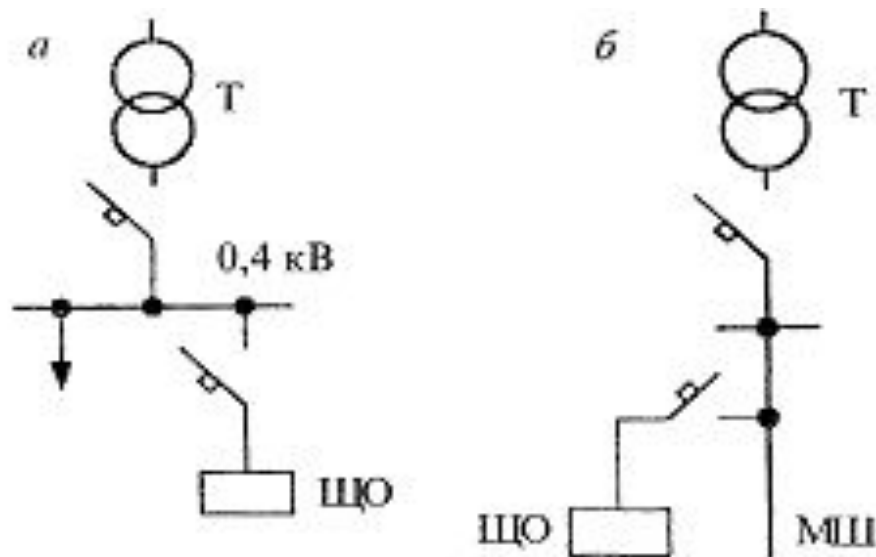
Сети аварийного и общего освещения выполняются **раздельно!**

# Варианты питания рабочего и аварийного освещения

- Питание от разных секций РУ (независимые источники)
  - Аварийное освещение безопасности
  - Эвакуационное освещение в помещениях без естественного света

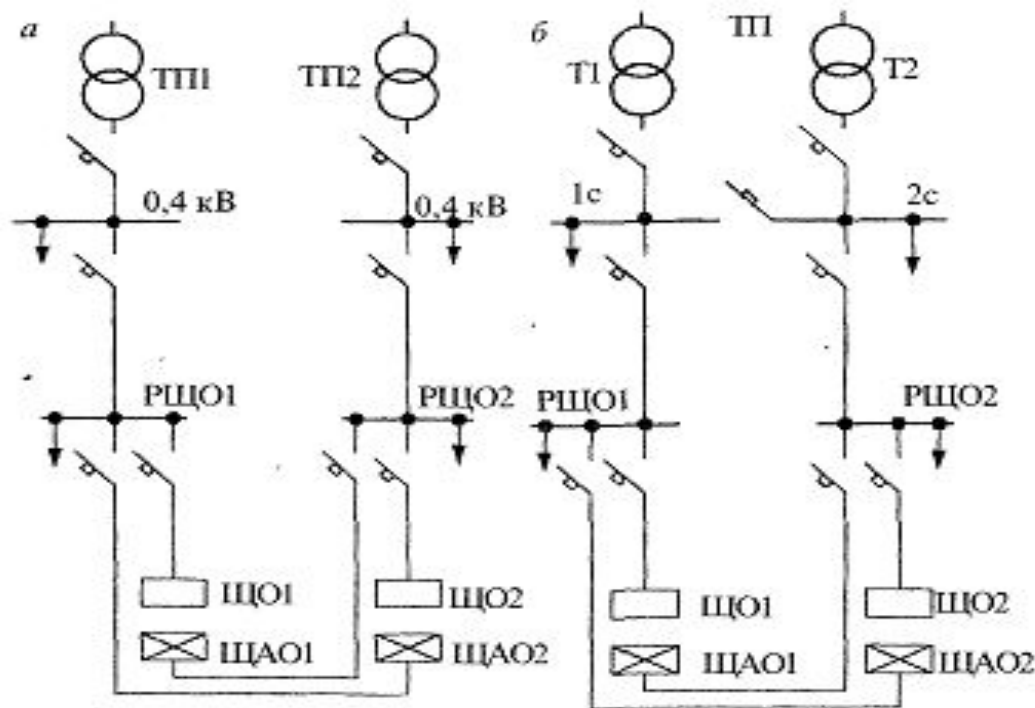


# Схемы присоединения осветительных установок:



*а* — к шинам РУ ТП; *б* — к магистральному шинопроводу;  
**ЩО** — щиток рабочего освещения

# Двухступенчатые схемы питания рабочего и аварийного освещения:

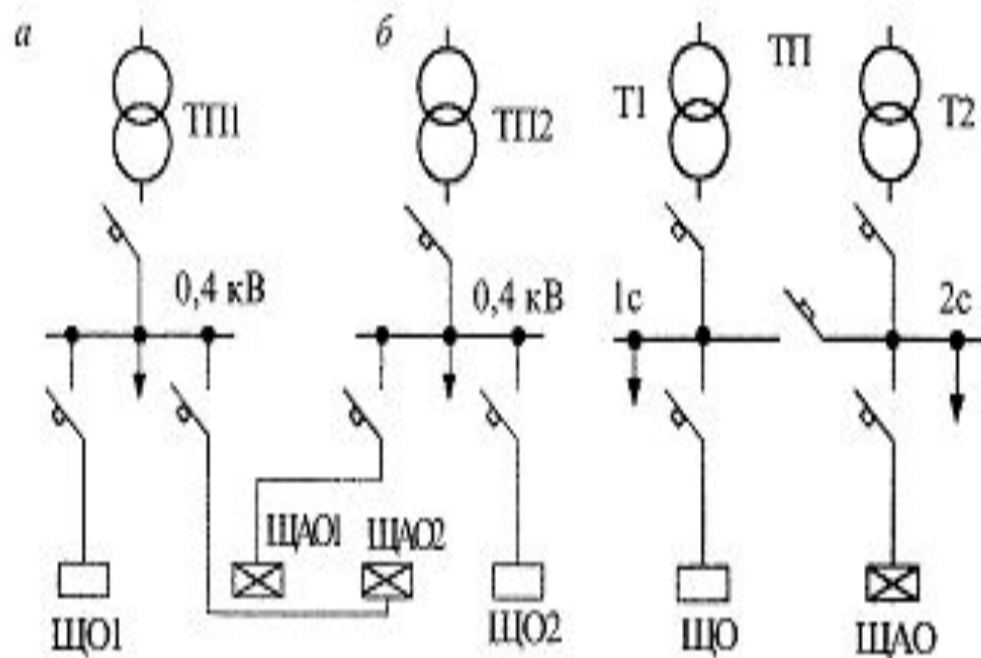


*a* — от двух однитрансформаторных подстанций;

*б* — от одной двухтрансформаторной подстанции;

ЩО и ЩАО — групповые щитки рабочего и аварийного освещения

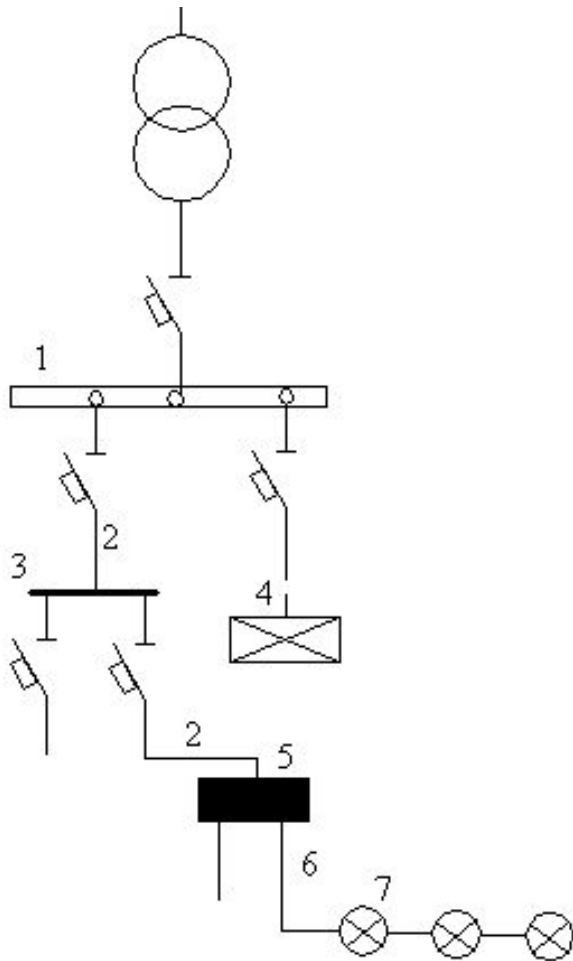
# Одноступенчатые схемы питания рабочего и аварийного освещения



*a* — от двух однитрансформаторных подстанций;  
*б* — от одной двухтрансформаторной подстанции



# Структура осветительной сети



1. РУ ТП
2. Питающая сеть
3. Магистральный щиток
4. Щиток аварийного освещения
5. Групповой щиток (щиток рабочего освещения)
6. Групповая сеть
7. Источники света

# Структура осветительной сети

- Питающая сеть
  - Линии от ТП или других точек питания до групповых щитков
- Групповая сеть
  - Линии от групповых щитков до светильников
- Магистральный щит
  - Распределение эл/энергии между групповыми щитками
  - Обеспечение гибкости сети
  - Уменьшение стоимости РУ

# Структура осветительной сети

## ■ Групповые щитки

### □ Назначение

- Питание осветительных приборов
- Размещение аппаратов защиты и управления

### □ Размещение в помещении

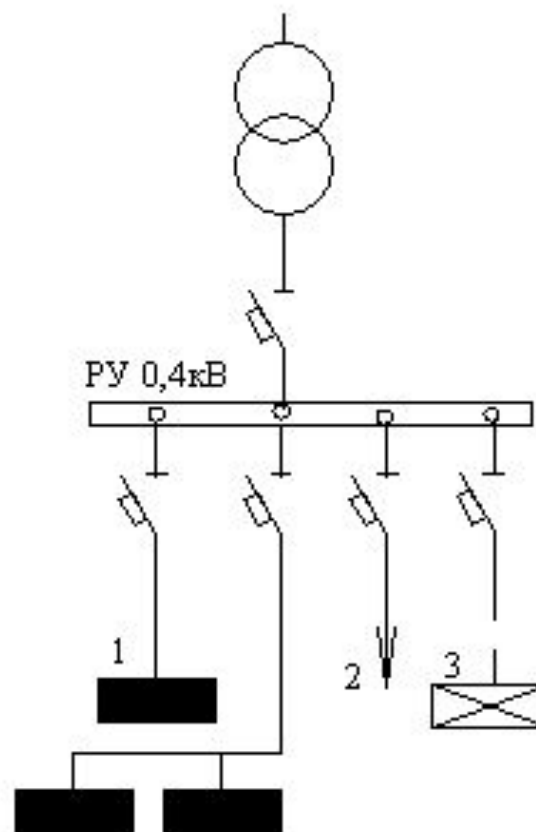
- в центре нагрузки для уменьшения протяженности групповой сети
- в местах, легкодоступных для обслуживающего персонала

# Схемы осветительных сетей. Питающие сети

- Принципы выполнения
  - Использование радиальных и магистральных схем
  - Учет компоновки помещения
  - Учет требований по надежности питания, качеству напряжения и удобству эксплуатации

# Схемы осветительных сетей. Питающие сети

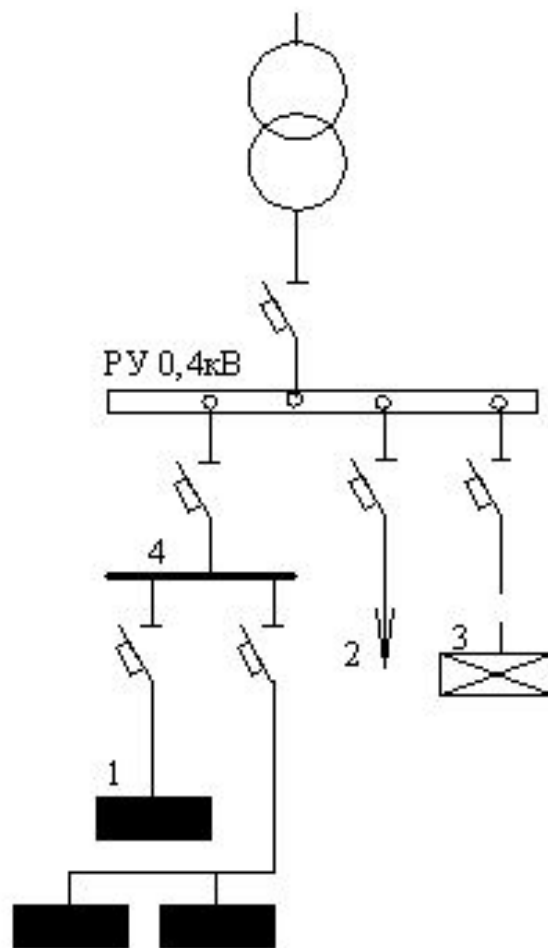
- Питание от РУ подстанции
  1. Групповой щиток
  2. Силовые ЭП
  3. Щиток аварийного освещения



# Схемы осветительных сетей.

## Питающие сети

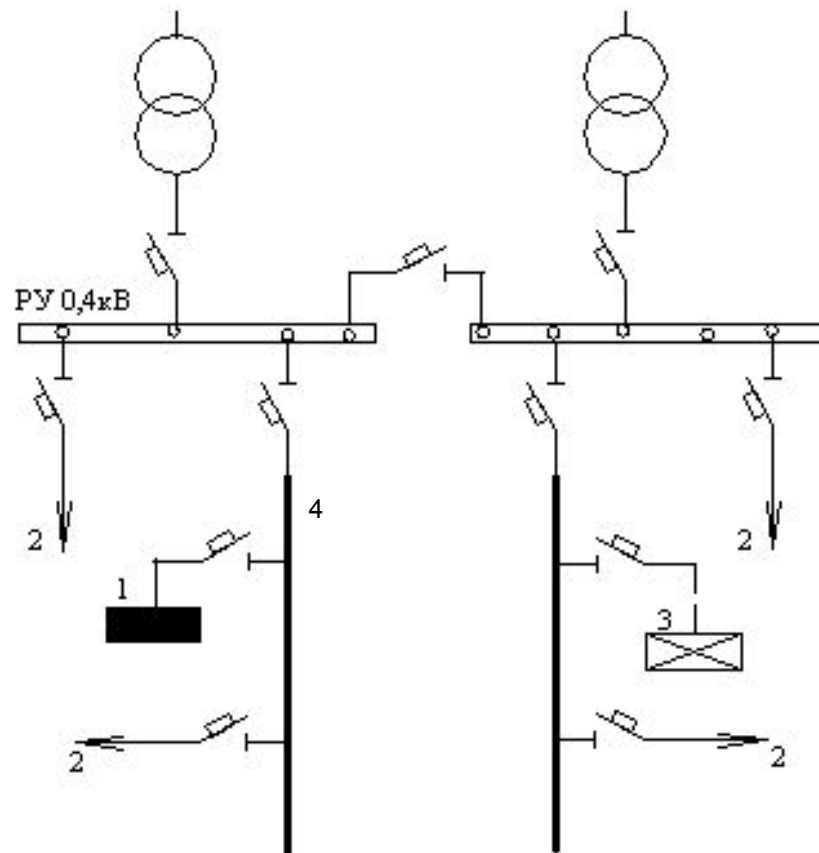
- Питание через магистральный щиток
  1. Групповой щиток
  2. Силовые ЭП
  3. Щиток аварийного освещения
  4. Магистральный щит



# Схемы осветительных сетей. Питающие сети

## ■ Питание при схеме блок трансформатор- магистраль

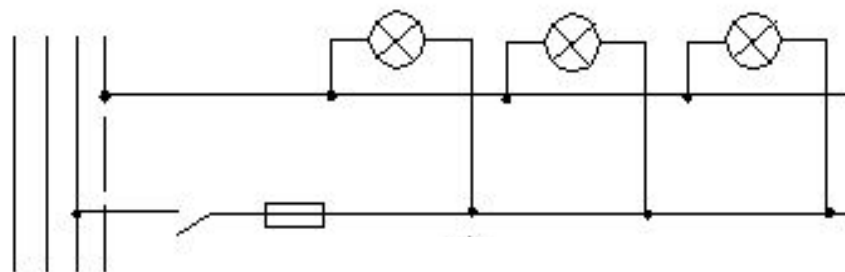
1. Групповой щиток
2. Силовые ЭП
3. Щиток аварийного освещения
4. Шинные магистрали



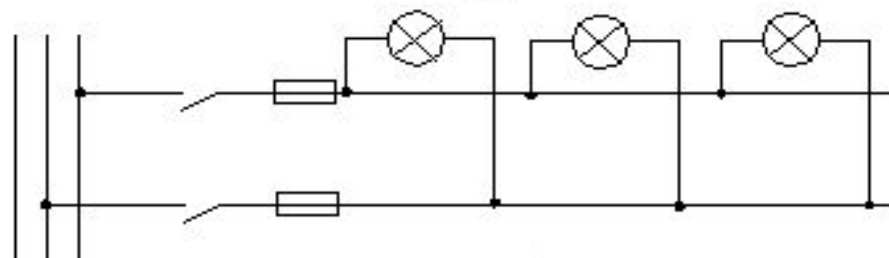
# Схемы осветительных сетей.

## Групповые сети

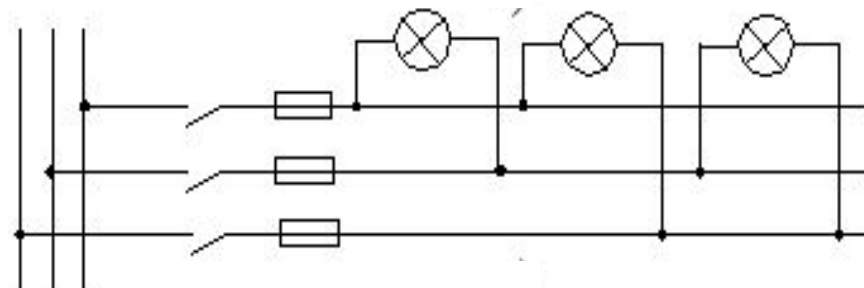
- Двухпроводная однофазная



- Двухпроводная двухфазная



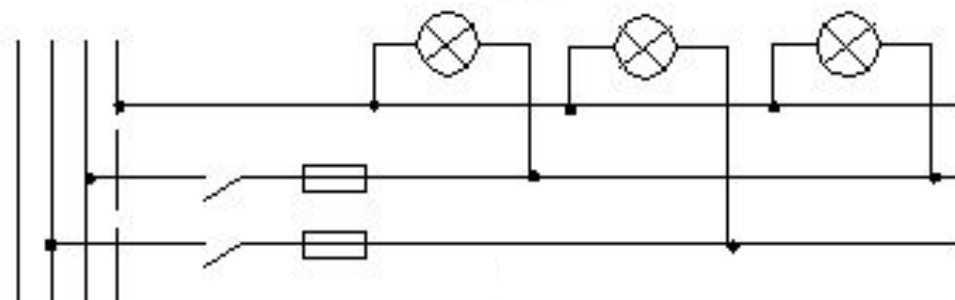
- Трехпроводная трехфазная



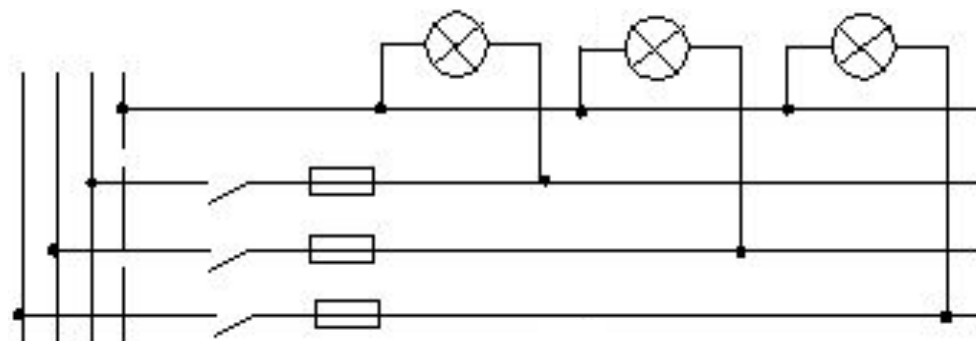


# Схемы осветительных сетей. Групповые сети

- Трехпроводная двухфазная с нулевым проводом



- Четырехпроводная трехфазная с нулевым проводом



# Особенности групповых сетей

- Распределение светильников по группам
  - Не более 20 для ламп накаливания, ДРЛ, ДНаТ, ДРИ
  - 60-100 для люминесцентных ламп
- Распределение светильников по фазам
  - А-В-С-А-В-С (наиболее распространенная схема)
  - А-В-С-С-В-А
  - А-А-В-В-С-С

# Материал проводников

## ■ Медь

- Меньшее удельное сопротивление
- Высокая механическая прочность
- Лучшая стойкость к воздействиям среды
- Высокая стоимость
- Область применения
  - Помещения с агрессивными средами
  - Взрывоопасные помещения
  - В условиях вибрации
  - Жилые здания

# Материал проводников

## ■ Алюминий

- Большое удельное сопротивление
- Подверженность воздействию среды
- Меньшая стоимость
- Область применения
  - Все виды помещений, за исключением случаев, в которых предусмотрено применение медных проводников

# Виды проводников

- Незащищенные изолированные провода
  - АПВ (АПР) – 1-жильный провод с поливинилхлоридной (резиновой) изоляцией, универсальный. АПР с хлопчатобумажной оплеткой
  - АПРТО – аналогичен АПР, с усиленной изоляцией для прокладки в стальных трубах
  - АРТВ – 2-4-жильный с несущим тросом
  - АППВ – 2-3-жильный, плоский
- Защищенные провода
  - АПРФ – 1-3-жильный в металлической оболочке для открытой прокладки

# Виды проводников

## ■ Кабели

- АВВГ, АВРГ, АНРГ - 2-5-жильные небронированные кабели с поливинилхлоридной, резиновой и найритовой изоляцией

## ■ Осветительные шинопроводы

- ШОС – жесткая конструкция с 4-мя медными или алюминиевыми жилами, состоящая из отдельных секций

# Способы прокладки сетей

## ■ Условия выбора

- Среда в помещении
- Особенности строительной части
- Архитектурно-художественные требования
- Экономичность

## ■ Виды прокладки

- Открытая
- Скрытая

# Открытая прокладка

## ■ Выполнение

- По поверхностям стен и потолка (АПРФ, АНРГ, АВВГ, АВРГ)
- В винипластовых и стальных трубах (АПВ, АПРТО). Стальные – для взрывоопасных помещений
- Тросовые проводки (АНРГ, АВВГ, АВРГ на струне)
- Осветительные шинопроводы (ШОС)

## ■ Область применения

- Производственные помещения
- Вспомогательные помещения (чердаки, подвалы)



# Скрытая прокладка

## ■ Выполнение

- В каналах и пустотах строительных конструкций
- В штукатурке
- В специальных бороздах (АПВ, АППВ)
- Плинтусная

## ■ Область применения

- Общественные здания
- Административно-бытовые здания
- Жилые здания

# Расчет нагрузки электроосвещения

- Расчет производится методом коэффициента спроса

$$P_p = nPK_c\alpha \quad Q_p = P_p \operatorname{tg}\varphi$$

$n$  – количество ламп

$P$  – мощность одной лампы

$K_c$  – коэффициент спроса

$\alpha$  – коэффициент, учитывающий потери в ПРА  
(ДРЛ - 1,1, ЛЛ - 1,2-1,3)

$\operatorname{tg}\varphi$  – коэффициент реактивной мощности  
(ЛН – 0, ДРЛ – 0,33)

# Коэффициент спроса

Наименование	$K_c$
Групповые сети	1
Аварийное освещение, наружное освещение	1
Небольшие производственные здания	0,95
Административные здания	0,9
Крупные производственные здания	0,8
Склады	0,6

# Выбор сечений проводников по нагреву

$$I_p \leq I_{\partial\partial}$$

- для однофазной сети

$$I_p = \frac{P_p}{U_\phi \cos \varphi}$$

- для двухфазной сети

$$I_p = \frac{P_p}{2U_\phi \cos \varphi}$$

- для трехфазной сети

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3}U_l \cos \varphi}$$

где  $I_{\partial\partial}$  – длительно допустимый ток проводника

$P_p$  – мощность нагрузки одной, двух или трех фаз

$\cos \varphi$  – коэффициент мощности нагрузки,

$U_l, U_\phi$  – линейное и фазное напряжения сети

# Выбор сечения нулевых рабочих проводников

- Равное сечению фазных проводников
  - Участки сети с газоразрядными лампами с компенсированными ПРА
  - При защите трехфазных сетей предохранителями или однополюсными автоматами
- Не менее половины сечения фазных проводников
  - (не менее  $16 \text{ мм}^2$  для медных проводов)
  - (не менее  $25 \text{ мм}^2$  для алюминиевых проводов)
  - Участки сети с газоразрядными лампами с некомпенсированными ПРА

# Нормирование потерь в осветительных сетях

- В соответствии с первым абзацем пункта 7.23 Свода правил по проектированию и строительству [СП 31-110-2003](#) для общественных и жилых зданий отклонения напряжения не должны превышать в нормальном режиме  $\pm 5\%$ , а предельно допустимые в послеаварийном режиме при наибольших расчетных нагрузках -  $\pm 10\%$ .
- В сетях напряжением 12-50 В (считая от источника питания, например понижающего трансформатора) отклонения напряжения разрешается принимать до 10%.

# Нормирование потерь в осветительных сетях

Для осветительных сетей промышленных предприятий отклонения напряжения не должны превышать  $\pm 5\%$  в нормальном режиме и  $\pm 10\%$  в послеаварийном от номинального значения. Данные требования - в нормах технологического проектирования (НТП) «Проектирование осветительных электроустановок промышленных предприятий. Внутреннее освещение. 1996. ВНИПИ «Тяжпромэлектропроект»».

# Нормирование потерь в осветительных сетях

- С 1 января 2013 года введен в действие [ГОСТ Р 50571.5.52-2011](#) «Электроустановки низковольтные. Часть 5-52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки», который является аутентичным переводом международного стандарта IEC 60364-5-52:2009. В нем в справочном приложении G «Падение напряжения в установках потребителей. Максимальное значение падения напряжения» приведены нормы падения напряжения между источником питания и любой точкой нагрузки.



# Нормирование потерь в осветительных сетях

- «Для установок низкого напряжения, питающихся непосредственно от общей системы электроснабжения низкого напряжения, допускаются потери 3% для освещения и 5% для других пользователей». При этом «когда длина электропроводки более чем 100 м, эти падения напряжения могут быть увеличены на 0,005% на метр электропроводки вне 100 м, но не более, чем на 0,5%» (Потери от ВРУ до наиболее удаленного светильника).

# Нормирование потерь в осветительных сетях

- В СП 31-110-2003, требования которого учитывают и проектировщики, и инспекторы Ростехнадзора, в третьем абзаце пункта 7.23 установлена норма: «С учетом регламентированных отклонений от номинального значения суммарные потери напряжения от шин 0,4 кВ ТП до наиболее удаленной лампы общего освещения в жилых и общественных зданиях не должны, как правило, превышать 7,5%».

# Нормирование потерь в осветительных сетях

- Исходя из рассмотренных в статье требований к нормированию потерь в электрических сетях, можно сделать вывод: для установок внутреннего освещения следует нормировать потери от ВРУ здания до наиболее удаленного светильника не более 2,5-3%, если потери от шин 0,4 кВ ТП до ВРУ менее 4,5%.

# Выбор сечений проводников по потере напряжения

- Потеря напряжения до самого удаленного светильника

$$\Delta U_{\partial} = U_{xx} - U_{\min} - \Delta U_T$$

$\Delta U_{\partial}$  – располагаемая потеря напряжения


$U_{xx}$  – номинальное напряжение при холостом ходе трансформатора (105%)


$U_{\min}$  – допустимая величина напряжения у самого удаленного светильника (97,5%)


$\Delta U_T$  – потеря напряжения в трансформаторе

# *Допустимое отклонение напряжения*

- В соответствии с ГОСТ 13109-87:

 в электрических осветительных сетях рабочего освещения, прокладываемых внутри производственных и общественных зданий, а также в сетях, питающих прожекторные установки наружного освещения, на наиболее удаленных лампах должно гарантироваться напряжение не ниже 97,5 % номинального.

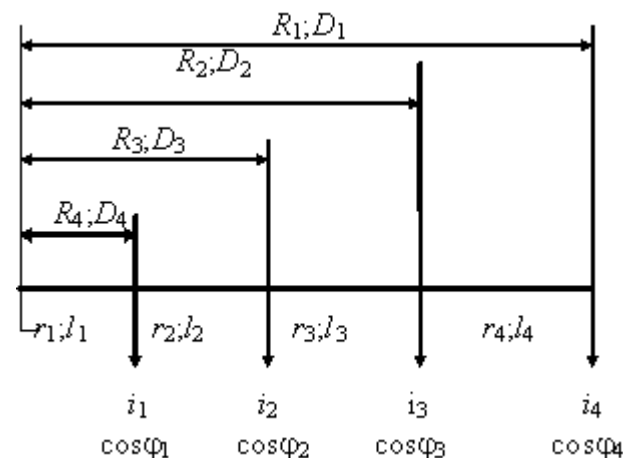
 В сетях наружного освещения, выполненного светильниками, в сетях жилых зданий, а также в сетях аварийного освещения допускается снижение напряжения на наиболее удаленных лампах до 95 %.

 Наибольшее напряжение на лампах не должно превышать 105 % их номинального напряжения.

# РАСЧЕТ ДВУХПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

- Нагрузки вдоль линии заданы значениями нагрузочных токов в амперах ( $i$ ) и коэффициентом мощности ( $\cos\phi$ ); длины отдельных участков в метрах и их сопротивления в омах обозначены через  $l$  и  $r$  с индексами, соответствующими номеру участка. Токи, протекающие по участкам линии, обозначим через  $I$ , а длины отрезков линии и их сопротивления, считая от источников питания до точки приложения нагрузок, через  $D$  и  $R$ .

- Схема двухпроводной сети переменного тока



Обозначив через  $U_1$  и  $U_2$  напряжения в начале и конце линии в вольтах и считая коэффициенты мощности нагрузок одинаковыми, выразим *потерю напряжения* в обоих проводах рассматриваемой линии:

$$\Delta U = U_1 - U_2 = 2 (I_1 r_1 + I_2 r_2 + I_3 r_3 + I_4 r_4) \cos \phi .$$

Для линии с  $n$  нагрузками, очевидно, будем иметь:

$\Delta U = 2 \cos \phi \Sigma (I r)$ . токи на участках линии и нагрузочные токи, а также сопротивления связаны между собой соотношениями:

$$I_1 = i_1 + i_2 + i_3 + i_4; \quad I_2 = i_2 + i_3 + i_4; \quad I_3 = i_3 + i_4; \quad I_4 = i_4;$$
$$R_1 = r_1; \quad R_2 = r_1 + r_2; \quad R_3 = r_1 + r_2 + r_3; \quad R_4 = r_1 + r_2 + r_3 + r_4.$$

Заменяя токи, протекающие через отдельные участки сети, через нагрузочные токи и сопротивления участков - через сопротивления отрезков линии от источников питания до места приложения соответствующей нагрузки, получаем потерю напряжения в одной фазе:

$$\Delta U_{\phi} = 2 \cos \phi \sum (i R).$$

Для линии, однородной по всей длине, уравнение можно переписать в виде:

$$\Delta U_{\phi} = \frac{2}{\gamma S U_{\phi}} \cdot \sum (PD).$$

- где  $\gamma$  - удельная проводимость, м/(Ом · мм<sup>2</sup>);  $S$  – сечение провода, мм<sup>2</sup>;  $D$  – длина отрезков линии от источника питания до места приложения нагрузки, м.

$$\Delta U \cdot \% = \frac{2 \cdot 10^5}{\gamma S U_{\phi}^2} \cdot \sum (PD)$$

$$\Delta U \cdot \% = \frac{\Sigma M}{c S}$$

где  $c = \gamma / 2 \cdot 10^5$



# Выбор сечений проводников по потере напряжения

$$S = \frac{M}{C \Delta U_{\delta}}$$

$M$  – момент нагрузки  $\sum_{i=1}^n P_i L_i$

$C$  – коэффициент, зависящий от  
напряжения и материала проводника

# Потеря напряжения в трансформаторе

Потери напряжения в трансформаторе рассчитываются по формуле:

$$\Delta U_{\tau} = \beta_m \cdot (U_a \cdot \cos \varphi_{\tau} + U_p \cdot \sin \varphi_{\tau}),$$

$$\Delta U_{\tau} = 0,61 \cdot (1,2 \cdot 0,99 + 5,63 \cdot 0,14) = 1,97\%$$

где:  $U_a$  и  $U_p$  — активная и реактивная составляющие напряжения короткого замыкания;

$\cos \varphi_{\tau}$  — коэффициент мощности трансформатора равный 0,99.

Значения  $U_a$  и  $U_p$  определяются по формулам:

$$U_a = \frac{\Delta P_{\text{кз}}}{S_{\tau}} \cdot 100\%$$

$$U_p = \sqrt{U_{\text{кз}}^2 - U_a^2}$$

$$U_a = \frac{7,6}{630} \cdot 100\% = 1,2\%$$

$$U_p = \sqrt{5,5^2 + 1,2^2} = 5,63\%$$

$\beta_m$  - коэффициент загрузки трансформатора

# Потеря напряжения в трансформаторе

Потери напряжения в трансформаторах  $\Delta U_{\%}$

Мощность трансформатора, кВА	Потери напряжения в трансформаторах $\Delta U_{\%}$ , при различных коэффициентах мощности и коэффициенте загрузки $\beta = 1$					
	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
160	1,7	3,3	3,8	4,1	4,3	4,4
250	1,5	3,2	3,7	4,1	4,3	4,4
400	1,4	3,1	3,7	4,0	4,2	4,4
630	1,2	3,4	4,1	4,6	4,9	5,2
1000	1,1	3,3	4,1	4,6	5,0	5,2
1600,2500	1,0	3,3	4,1	4,5	4,9	5,2

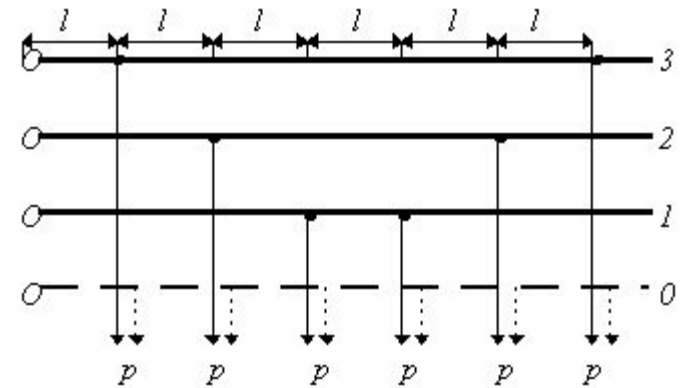
Для определения фактического значения, найденное по таблице, следует умножить на фактическое значение коэффициента загрузки.

# Равномерно нагруженные цепи

подсчитаем моменты нагрузки каждой фазы:

- $\Sigma M_1 = pl + p6l = 7pl$ ;
- $\Sigma M_2 = p2l + p5l = 7pl$ ;
- $\Sigma M_3 = p3l + p4l = 7pl$ .

Отсюда  $\Sigma M_1 = \Sigma M_2 = \Sigma M_3$ , что является неизменным и достаточным условием равномерной нагрузки фаз



В равномерно нагруженной трехфазной сети по нулевому проводу ток не протекает и обратным проводом в каждой из фаз является один из проводов двух других. Потеря напряжения в фазе определяется как

$$\Delta U_{\phi} = \frac{\cos \phi}{\gamma S} \Sigma (i D).$$

Выражая ток через суммарную мощность нагрузки всех трех фаз

$$i = \frac{P}{3U_{\phi} \cos \phi},$$

получаем полную потерю напряжения в трехфазной линии:

$$\Delta U = \frac{0,33}{U_{\phi} \gamma S} \Sigma (P D).$$

Выражая нагрузку в киловаттах и потерю напряжения в пром. номинального напряжения, окончательно получаем:

$$\Delta U \% = \frac{0,33 \cdot 10^5}{U_{\phi}^2 \gamma S} \Sigma (P D),$$

или

$$\Delta U \% = \frac{\Sigma M}{cS},$$

- В трехфазных групповых линиях моменты нагрузки определяются пофазно. Если моменты нагрузки фаз одинаковы, то такая линия считается равномерно нагруженной. Если моменты нагрузки различны, то определяется неравномерность нагрузки фаз ( $\Delta M$ ):

- $$\Delta M = \frac{M_{\max} - M_{\min}}{M_{\min}} 100, \%$$

- Если  $\Delta M \leq 15 \%$ , то линия считается условно равномерно нагруженной, если  $\Delta M > 15 \%$  – неравномерно нагруженной. Степень неравномерности загрузки фаз определяет величину уравнивающих токов, которые протекают по фазным проводникам наряду с токами нагрузки, создавая в линии дополнительные потери напряжения. Для равномерно и условно равномерно нагруженных линий потери напряжения для всех фаз одинаковы и определяются по формуле:

- $$\Delta U_{\text{гр.л}} = \frac{\Sigma M}{CS} \%$$

- Для неравномерно нагруженных линий потери напряжения определяются пофазно с учетом потерь напряжения от уравнительных токов по формулам:
- $\Delta U_A = \Delta U_{\text{фА}} + \Delta U_{\text{ОА}} - 0,5 (\Delta U_{\text{ОВ}} + \Delta U_{\text{ОС}}), \%$
- $\Delta U_B = \Delta U_{\text{фВ}} + \Delta U_{\text{ОВ}} - 0,5 (\Delta U_{\text{ОА}} + \Delta U_{\text{ОС}}), \%$
- $\Delta U_C = \Delta U_{\text{фС}} + \Delta U_{\text{ОС}} - 0,5 (\Delta U_{\text{ОА}} + \Delta U_{\text{ОВ}}), \%$
- где  $\Delta U_{\text{фА}}, \Delta U_{\text{фВ}}, \Delta U_{\text{фС}}$  – потери напряжения в фазах от токов нагрузки;  $\Delta U_{\text{ОА}}, \Delta U_{\text{ОВ}}, \Delta U_{\text{ОС}}$  – потери напряжения в фазах от уравнительных токов.

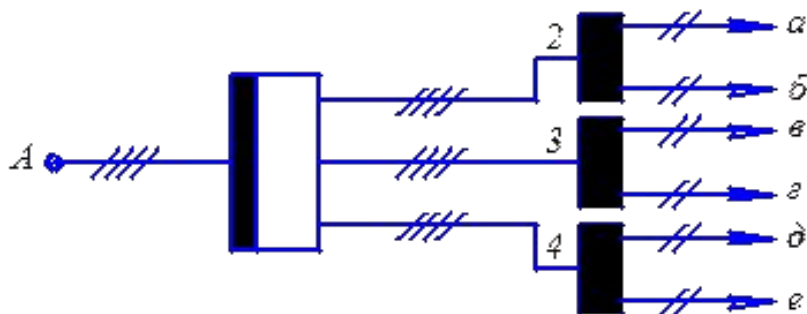


- Если условие по величине допустимой потери напряжения не выполняется, то необходимо увеличить сечения групповой и питающей (распределительной) линии и пересчитать потери напряжения. При этом следует учесть, что сечение групповой линии не следует увеличивать более  $6 \text{ мм}^2$  из-за ее разветвленности и большого числа соединений.

# *Расчет на минимум проводникового материала.*

- Основная проблема расчета осветительной сети, имеющей разветвление – это распределение между участками допустимых или располагаемых потерь напряжения так, чтобы получилась оптимальная сеть.

# Разветвленная осветительная сеть



На практике приняли, что распределение потерь напряжения по звеньям сети обеспечивающее минимальное значение приведенных затрат будет в сети, где расход проводникового материала минимален.

# Расчет на минимум проводникового материала.

Для расчета сети на наименьший расход проводникового материала используется формула:

$$S = \frac{\Sigma M + \Sigma \alpha m}{C \Delta U_{\delta}}$$

где

$S$  - сечение рассматриваемого участка

$\Sigma M$  - сумма моментов данного участка и всех последующих участков (по направлению потока энергии с тем же числом проводников в линии, что и на данном участке)

$\Sigma \alpha m$  - это сумма моментов всех ответвлений, питаемых данным участком и имеющих иное число проводов в линии.

$\alpha$  - это коэффициент приведения моментов, зависит от числа проводов на питающем участке и на ответвлении

$C$  – коэффициент зависящий от системы сети и от металла проводов.

$\Delta U_{\delta}$  величина располагаемой или допустимой потери напряжения в % к .

# Защита осветительных сетей

## ■ Средства защиты

- Плавкие предохранители
- Автоматические выключатели

## ■ Выполнение

- Все сети защищаются от токов КЗ
- Сети, защищаемые от перегрузки
  - Внутри помещений при открыто проложенных проводниках с горючей изоляцией
  - Сети в жилых, общественных и бытовых помещениях
  - Сети во взрыво- и пожароопасных зонах

# Выбор защитных аппаратов

## ■ Условия выбора

- Отстройка от токов в нормальном режиме
- Отстройка от пусковых токов

$$I_{з.ап.} = KI_p$$

где  $I_{з.ап.}$  – ток защитного аппарата

$K$  – коэффициент, учитывающий пусковой ток источника света (1,0-1,4)

$I_p$  – расчетный ток линии.

# Выбор защитных аппаратов

- Проверка соотношения

$$\frac{I_{з.ап.}}{I_{\partial\partial}} \leq K$$

где  $K$  – кратность, зависящая от типа аппарата защиты, вида сети, а также изоляции проводника

# Кратность для сетей, защищаемых только от токов КЗ

- 300% для плавкой вставки предохранителя
- 450% для автомата только с максимальным расцепителем (отсечкой)
- 100% (125%) для автомата с нерегулируемым (регулируемым) зависимым расцепителем (независимо, есть отсечка или нет)



# Кратность для сетей, защищаемых от перегрузки

- 80% (100%) для предохранителя или автомата с отсечкой – для проводников с поливинилхлоридной, резиновой изоляцией (с бумажной изоляцией)
- 100% для автомата с нерегулируемым зависимым расцепителем – для проводников всех марок
- 100% (125%) для автомата с регулируемым зависимым расцепителем – для проводников с поливинилхлоридной, резиновой изоляцией (с бумажной изоляцией)

# Проверка на действие токов однофазного КЗ

- Рассчитывается ток однофазного КЗ для наиболее удаленной точки сети

$$I_{отс} \leq I_{кз}^{(1)}$$

где  $I_{отс}$  – ток срабатывания максимального расцепителя автомата

$$I_{кз}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T}{3} + Z_{\Pi}}$$

где  $U_{\phi}$  – фазное напряжение сети

$Z_T$  – сопротивление трансформатора

$Z_{\Pi}$  – сопротивление пели фаза-нуль