

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого»

Кафедра «Электроснабжение»

**А. Г. Ус, В. Д. Елкин**

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к дипломному проекту для студентов  
специальностей 1-43 01 03 «Электроснабжение»  
и 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация  
энергооборудования организаций»  
дневной и заочной форм обучения**

**Электронный аналог печатного издания**

**Гомель 2008**

УДК 628.9(075.8)  
ББК 31.294я73  
У74

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом  
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого  
(протокол № 4 от 20.12.2006 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Автоматизированный электропривод»  
ГГТУ им. П. О. Сухого *В. В. Тодарев*

**Ус, А. Г.**  
У74 Электрическое освещение : метод. указания к диплом. проекту для студентов специальностей 1-43 01 03 «Электроснабжение» и 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» днев. и заоч. форм обучения / А. Г. Ус, В. Д. Елкин. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2008. – 37 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Мб RAM ; свободное место на HDD 16 Мб ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://gstu.local/lib>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-420-733-9.

Представлены методические рекомендации к дипломному проекту по расчету наружного освещения, проектированию осветительных установок и управлению электрическим освещением.

Для студентов специальностей 1-43 01 03 «Электроснабжение» и 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» дневной и заочной форм обучения.

**УДК 628.9(075.8)  
ББК 31.294я73**

**ISBN 978-985-420-733-9**

© Ус А. Г., Елкин В. Д., 2008  
© Учреждение образования «Гомельский  
государственный технический университет  
имени П. О. Сухого», 2008

# 1. НАРУЖНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ

## 1.1. Общие положения

Электрическое освещение территорий промышленных предприятий, проездов, проходов, скверов, дорог, улиц выполняется различными способами в зависимости от типов применяемых источников света и светильников, геометрического размещения их относительно освещаемой территории и высоты установки, интенсивности движения автотранспорта и людей, светотехнических характеристик дорожных покрытий.

Светильники наружного освещения закрепляются на опорах, которые устанавливаются вдоль проездов, пешеходных проходов, по периметру территории предприятий, площадей, вдоль улиц.

В зависимости от ширины проезжей части улицы могут применяться различные схемы расположения светильников (рис. 1.1): *а* – однорядная, рекомендуемая при ширине проезжей части до 12 м; *б* – двухрядная – свыше 12 м; *в* – двухрядная по оси улицы (применяется при ширине проезжей части до 12 м в каждом направлении); *г* – осевая – до 18 м.

В большинстве случаев дорожное покрытие выполнено из асфальтобетона, которое характеризуется светоотражением, и подразделяются на гладкие и шероховатые. Гладкие – покрытия с пониженным содержанием щебня, имеющие среднюю высоту выступающих частей меньше 0,5 мм, а шероховатые поверхности – более 0,5 мм.

Асфальтобетонные покрытия, особенно мокрые, характеризуются зеркальным типом светоотражения, поэтому электрическое освещение для таких покрытий нормируется не уровнем средней освещенности, а величиной средней яркости [1].

## 1.2. Расчет наружного освещения

Расчет наружного освещения заключается в определении расстояния между светильниками (шага светильников). Светотехнический расчет выполняется по методу коэффициента использования светового потока по формуле

$$\Phi = LK_3 \cdot \pi / \eta_L, \quad (1.1)$$

где  $L$  – нормируемая яркость покрытия, кд/м<sup>2</sup>;  $L_3$  – коэффициент запаса (принимается 1,3 – для ламп накаливания и 1,5 – для разрядных ламп);  $\eta_L$  – коэффициент использования светового потока (определя-

ется по таблице 1.1 в зависимости от типа ламп, угла наклона светильника, характеристики покрытия, отношения ширины дороги к высоте к высоте установки светильников).

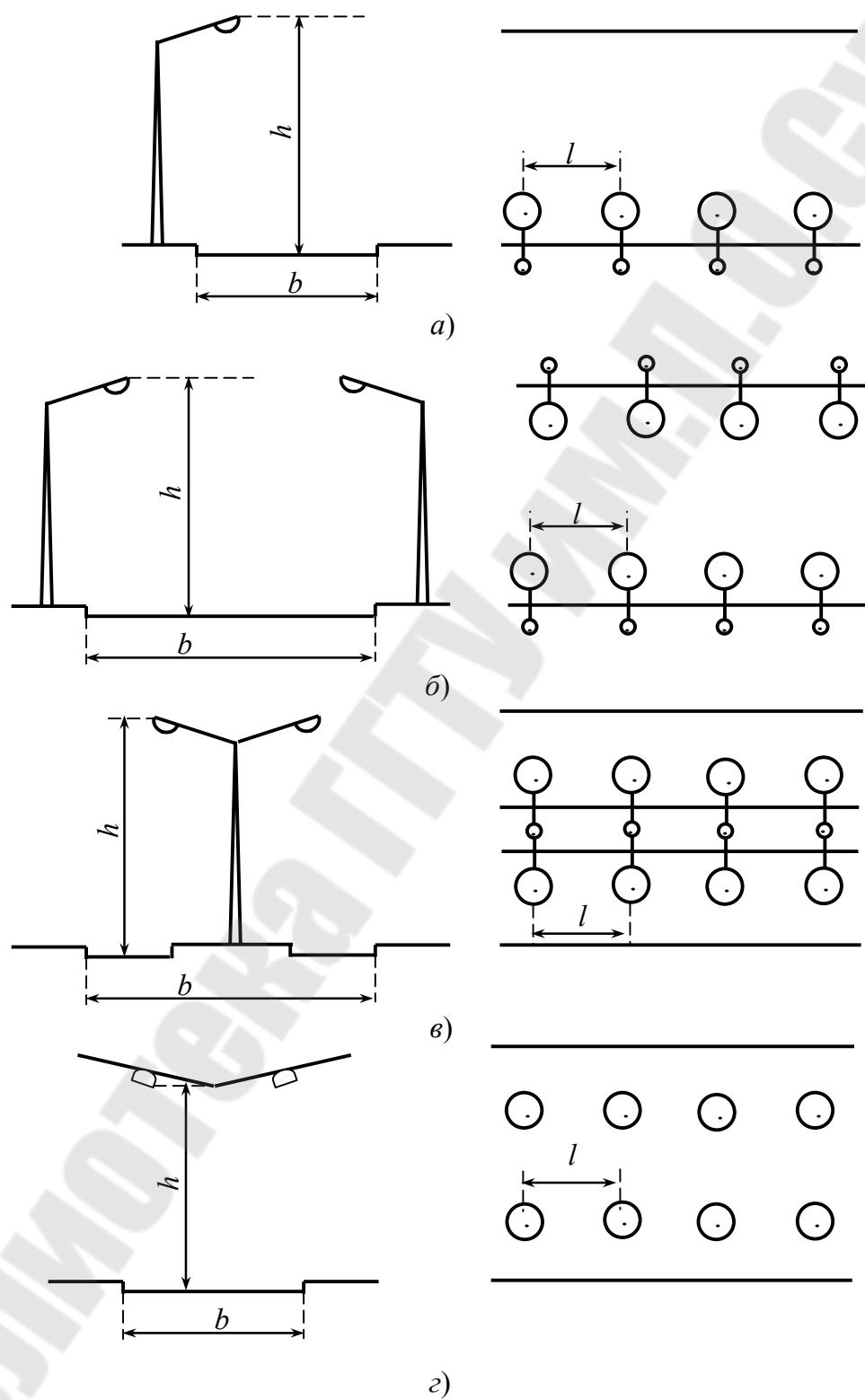


Рис. 1.1. Схема размещения светильников наружного освещения

## Значение коэффициента использования светильников

Тип светильника	Покрытие	Угол наклона светильника, град	Коэффициент использования светильников по яркости $\eta_L$ при отношении ширины дороги к высоте установки светильника, $b/h$					
			0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
НКУ 01-200	Гладкое	15	0,034	0,049	0,056	0,061	0,065	0,066
РТУ01-125	Гладкое	0	0,023	0,038	0,043	0,045	0,048	0,049
РТУ01-125	Шероховатое	0	0,018	0,028	0,032	0,035	0,037	0,039
РТУ02-250	Гладкое	0	0,017	0,029	0,033	0,034	0,036	0,037
РТУ02-250	Шероховатое	0	0,012	0,018	0,022	0,024	0,026	0,027
РКУ01-125	Гладкое	15	0,041	0,063	0,075	0,082	0,085	0,086
РКУ01-250	Гладкое	15	0,046	0,070	0,078	0,083	0,086	0,087
РКУ01-250	Шероховатое	15	0,044	0,065	0,073	0,077	0,080	0,081
РКУ01-400	Гладкое	15	0,046	0,072	0,081	0,086	0,089	0,091
РКУ01-400	Шероховатое	15	0,041	0,062	0,070	0,075	0,078	0,079
ГКУ02-250	Гладкое	15	0,065	0,099	0,109	0,115	0,117	0,119
ГКУ02-250	Шероховатое	15	0,054	0,079	0,087	0,092	0,094	0,095
ГКУ02-400	Гладкое	15	0,060	0,093	0,105	0,111	0,115	0,117
ГКУ02-400	Шероховатое	15	0,051	0,074	0,083	0,088	0,091	0,093
ЖКУ02-250	Гладкое	15	0,064	0,098	0,109	0,114	0,118	0,120
ЖКУ02-250	Шероховатое	15	0,053	0,076	0,085	0,090	0,092	0,094
ЖКУ02-400	Гладкое	15	0,056	0,086	0,096	0,102	0,105	0,107
ЖКУ02-400	Шероховатое	15	0,045	0,070	0,079	0,084	0,086	0,88

По рассчитанному световому потоку  $\Phi$  и световому потоку предварительно выбранных ламп, определяется расстояние между светильниками

$$l = S/b, \quad (1.2)$$

где  $S$  – площадь, которую могут осветить лампы,  $m^2$ ;  $b$  – ширина проезда (улицы), м.

**Пример 1.** Выполнить расчет электрического освещения проезжей части территории промышленного предприятия с шероховатым покрытием. Определить шаг светильников типа РКУ01-250 с лампой ДРЛ-250.

*Исходные данные:* ширина проезжей части – 6 м; высота установки светильников 9 м; нормируемая яркость покрытия – 0,4 кд/м<sup>2</sup>.

*Решение.* Отношение ширины проезжей части к высоте установки светильников

$$b/h = 6/9 = 0,66.$$

Определим коэффициент использования светового потока по таблице 1.1

$$\eta_L = 0,044.$$

Определим световой поток по формуле (1.1)

$$\Phi = 0,4 \cdot 1,5 \cdot 3,14 / 0,044 = 42,8 \text{ лм}.$$

При двухрядном расположении светильников площадь, которую могут осветить лампы, равна

$$S = 2 \cdot 5900 / 42,8 = 275 \text{ м}^2.$$

Тогда шаг светильников равен

$$l = 275 / 6 = 45 \text{ м}.$$

Для наружного освещения проездов, проходов промышленных предприятий, улиц и площадей при средней яркости покрытия 0,4, ..., 1,6 кд/м<sup>2</sup>, рекомендуется применять высокоэкономичные рядные источники света высокого давления: ртутные лампы ДРЛ; натриевые лампы ДНаТ.

### **1.3. Расчет прожекторного освещения**

Прожектор является осветительным прибором дальнего действия, предназначенным для наружного освещения открытых пространств, например, территорий заводов, складов, железнодорожных станций, строительных площадок, площадей, стадионов, а также фасадов зданий, памятников и других сооружений.

Основные части каждого прожектора – источник света и оптическое устройство, размещенные внутри металлического кожуха. Для их защиты от механических повреждений, загрязнений и воздействия внешней среды корпус с лицевой стороны закрывается плоским стеклом.

Принцип прожектора заключается в том, что световой поток, излучаемый источником света с помощью оптического устройства, перераспределяется и концентрируется в направленный пучок света.

Этим достигается большая сила света в данном направлении при небольшой мощности источника света.

Основными источниками, применяемыми в прожекторах, являются лампы накаливания, галогенные лампы, лампы ДРЛ, ДНаТ. В прожекторах общего назначения (заливного света) для получения более широкого пучка света применяют обычные лампы накаливания общего назначения, а при необходимости получения сконцентрированного пучка света – специальные прожекторные лампы накаливания.

В осветительной технике наиболее распространены прожекторы заливного света серии ПЗС (рис. 1.2). Эти прожекторы имеют стеклянные серебряные параболические отражатели. Прожекторы серии ПЗС комплектуются патронами с цоколем Е27 или Е40. В прожекторах устанавливаются лампы накаливания ЛОН500, ЛОН1000, а также лампы типа ДРВ 160/250 Вт, ДРЛ 150/250 Вт, ДНаТ 150/250 Вт.

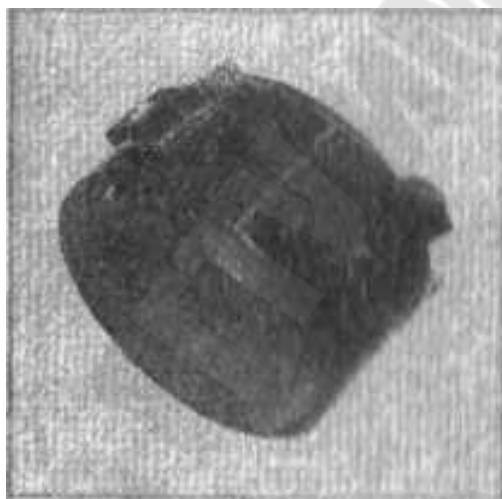


Рис. 1.2. Прожектор серии ПЗС

Прожекторы с галогенными лампами серии ИО (рис 1.3). Применяются для освещения фасадов зданий, архитектурных сооружений, территорий промышленных предприятий, строительных и спортивных площадок и других открытых пространств. Комплектуются трубчатыми галогенными лампами мощность, 150, 500, 1000, 1500 Вт. Корпус и отражатель изготовлены из алюминия. Отражатель может иметь гладкую полированную поверхность, микрорельеф, обеспечивающие разную ширину светового пучка.

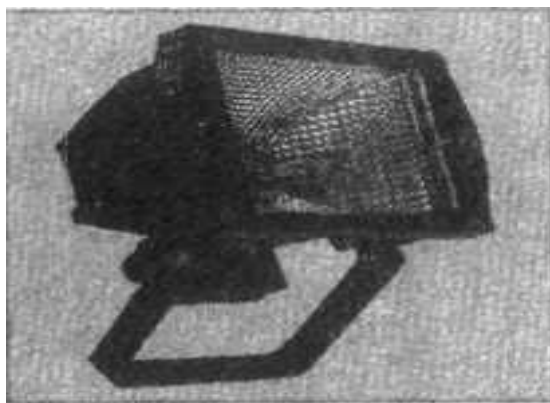


Рис. 1.3. Проектор серии ИО

В зависимости от типа применяемых ламп прожекторы имеют обозначение:

ИО – с галогенной лампой;

РО – с ртутной лампой ДРЛ;

ЖО – с натриевой лампой ДНаТ;

ГО – с металлогалогенной лампой ДРИ.

Освещение открытых пространств производится прожекторами, устанавливаемыми на кровле высоких зданий, на порталах открытых высоковольтных распределительных устройств, на опорах и мачтах.

Как правило, прожекторы устанавливаются на мачтах сосредоточенными группами. Размещение мачт выбирается в процессе расчета, причем расстояние между мачтами выбирается в пределах от 6 до 15-кратной их высоты. При выборе расположения мачт учитывается наличие затеняющих сооружений и предметов и, по возможности, преобладающее направление осей зрения.

Расположение прожекторов на мачте задается наклоном их осей к горизонту  $\theta$  и углами  $\beta$  между проекциями их осей и условным направлением начала отсчетов углов (рис. 1.8).

Для предварительного приближенного определения необходимой мощности прожекторной установки можно по формуле:

$$P_{уд} = mEk,$$

где  $P_{уд}$  – удельная мощность, Вт/м<sup>2</sup>;  $E$  – нормированная освещенность, лк;  $k$  – коэффициент запаса;  $m$  – коэффициент, который для прожекторов с лампами накаливания принимается равный 0,2...0,25, а с лампами ДРЛ и галогенными лампами накаливания – равный 0,12...0,16.

Расчет прожекторного освещения производится на горизонтальную освещенность, кроме случаев, когда требуется освещение только



вертикальных поверхностей. Для расчета прожекторного освещения пользуются заранее построенными изолюксами.

Рабочей характеристикой прожектора являются изолюксы на условной плоскости, перпендикулярной оси и удаленной от прожектора на 1 м, т. е. по существу те же условные изолюксы (рис. 1.4–1.7).

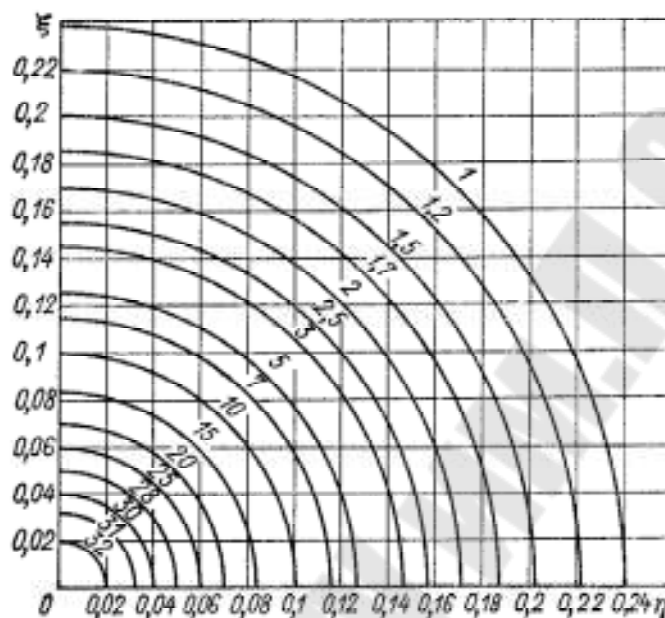


Рис. 1.4. Изолюксы на условной плоскости (килолюксы).  
Пржектор ПЗС с лампой накаливания 200 Вт

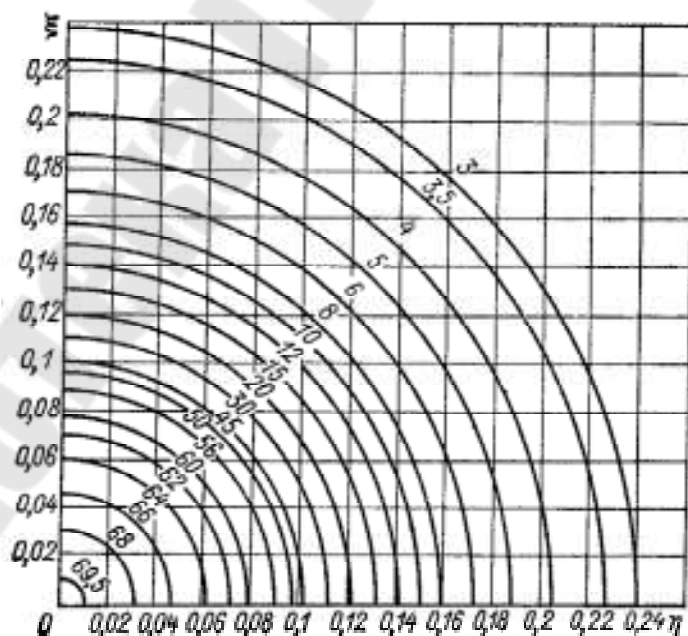


Рис. 1.5. Изолюксы на условной поверхности (килолюксы).  
Пржектор ПЗС с лампой накаливания 500 Вт

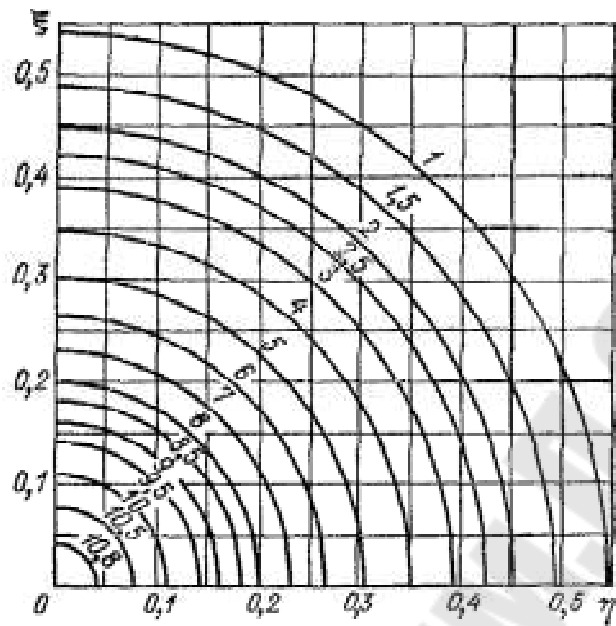


Рис. 1.6. Изолюксы на условной поверхности (килолюксы).  
Пржектор с лампой ДРЛ 250 Вт

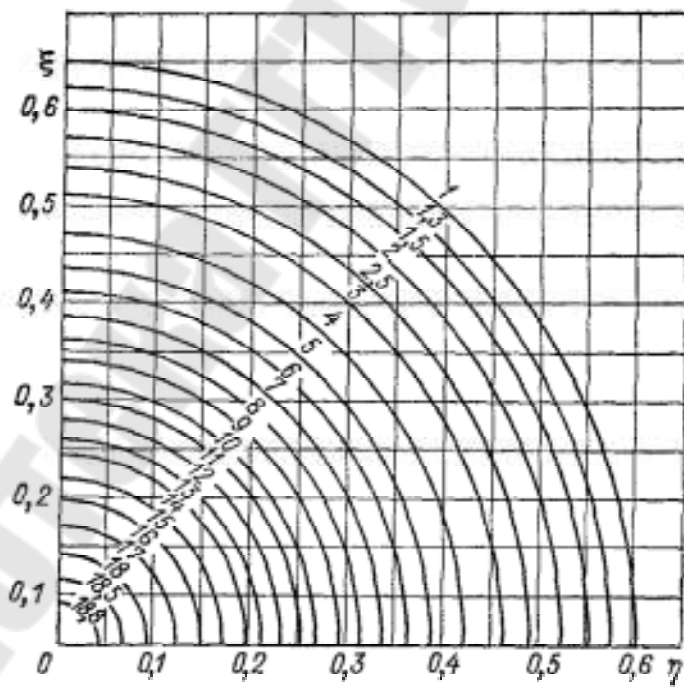


Рис. 1.7. Изолюксы на условной поверхности (килолюксы).  
Пржектор с лампой ДРЛ 400 Вт

Пусть прожектор установлен на высоте  $h$ , и его ось наклонена на угол  $\theta$  (рис. 1.8) [3].

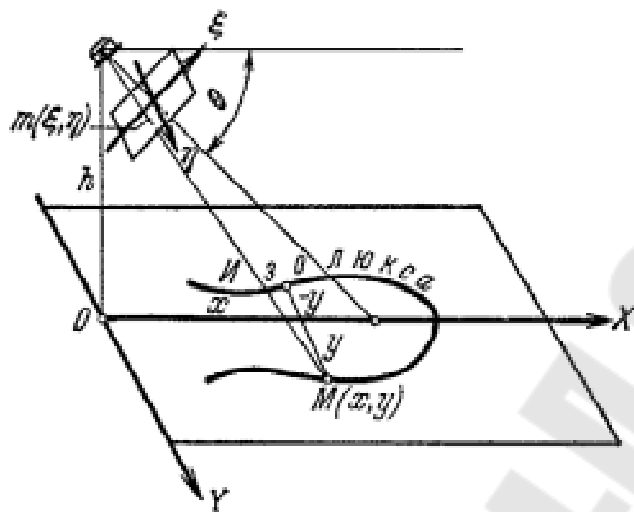


Рис. 1.8. Схема к построению изолукс

Координаты точек  $M$  (на горизонтальной поверхности) и  $m$  (на условной плоскости) и их освещенности  $e$  и  $\varepsilon$  связаны соотношениями:

$$y = \eta \rho h; \quad (1.3)$$

$$\varepsilon = e \rho^3 h^2. \quad (1.4)$$

Координаты  $\xi$ , так же как и входящие в формулы значения  $\rho$  и  $\rho^3$ , определяются по (табл. 9.7, [4]) в функции отношения  $x/h$  и угла  $\theta$ . Если изолуксы на условной плоскости даны для двух квадрантов, то для сочетаний параметров, слева от жирной линии [4], следует пользоваться нижним квадрантом.

Построение изолукс горизонтальной освещенности  $e$  при заданных  $\theta$  и  $h$  производится в следующем порядке.

Значения  $x$  кратное  $h:2$ , и находится  $x:h$ . Выписываются из таблицы 9.7, [4] значения  $\xi$ ,  $\rho$ ,  $\rho^3$ . Находится  $\varepsilon$  по формуле (1.4). По графику изолукс на условной плоскости находится  $\eta$  как абсцисса точки, ордината которой равна  $\xi$ , а освещенность  $\varepsilon$ . Вычисляется  $y$  по формуле (1.3), что дает пару точек изолуксы. Последовательно повторяется операция до значения  $x$ , при котором необходимая освещенность  $\varepsilon$  больше ее максимального значения на графике.

Строится изолукса в масштабе плана освещаемой территории.

## 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Проектирование осветительных установок заключается в разработке светотехнической и электрической частей проекта.

В светотехнической части рабочего проекта производится выбор значений освещенности, систем и видов освещения, типов источников света и осветительных приборов, выполняются светотехнические расчеты, в результате которых определяются тип, мощность и расположение светильников.

В электрической части рабочего проекта выбираются источники питания, решаются (при необходимости) вопросы компенсации реактивной мощности для установок с ртутными лампами, намечаются способы управления освещением, выбираются типы магистральных и групповых щитков и другого электрооборудования.

Исходными данными для проектирования осветительной установки являются: перечень объектов строительства с указанием их основного назначения; архитектурно-строительные планы и разрезы помещений; краткая строительная характеристика здания (количество этажей, длина, ширина и высота помещений); сведения о характере среды в помещениях; данные об особенностях технологического процесса и знание других требований, влияющих на устройство освещения.

В рабочем проекте разрабатываются рабочие чертежи освещения, состав и правила оформления которых регламентируются стандартами «Системы проектной документации для строительства» [7].

В состав основного комплекта рабочих чертежей марки ЭО включают:

- общие данные к рабочим чертежам;
- планы расположения электрического оборудования и прокладки электрических сетей;
- принципиальные схемы питающей сети;
- принципиальные схемы дистанционного управления освещением;
- схемы подключения комплектных распределительных устройств на напряжение до 1 кВ;
- кабельный журнал для питающей сети.

### Планы расположения

Планы расположения выполняют с учетом требований [7].

В качестве подосновы для планов расположения, как правило, следует принимать планы помещений, выполненные в основных ком-

плектах рабочих чертежей других марок. Масштаб этих планов должен обеспечивать четкое графическое изображение электрических сетей и электрического оборудования.

На планах расположения наносят и указывают:

- строительные конструкции и технологическое оборудование в виде упрощенных контурных очертаний сплошными тонкими линиями;
- наименования помещений (допускается наименования помещений приводить в экспликации помещений по форме 1 (рис. 2.1);

### Форма 1

Экспликация помещений

20	Номер по плану	Наименование
min 8	10	80

Рис 2.1. Форма таблицы «Экспликация помещений»

- классы взрывоопасных и пожароопасных зон, категорию и группу взрывоопасных смесей для взрывоопасных зон по действующим Правилам устройства электроустановок;
- нормируемую освещенность от общего освещения; количество, тип светильников;
- количество и мощность ламп в светильнике;
- высоту установки светильников;
- привязочные размеры для светильников или рядов светильников к элементам строительных конструкций или координационным осям здания;
- комплектные распределительные устройства на напряжение до 1 кВ, относящиеся к питающей сети (распределительные щиты, щиты станций управления, распределительные пункты, ящики и шкафы управления, вводно-распределительные устройства) и их обозначения;
- групповые щитки и их обозначения;
- понижающие трансформаторы;

- выключатели, штепсельные розетки;
- линии питающей и групповой сети и сети управления освещением, их обозначения, сечение и, при необходимости, марку и способ прокладки;
- другое электрическое оборудование, относящееся к внутреннему освещению.

При большом числе линий питающей сети, групповой сети и сети управления освещением, указанные сети и относящееся к ним электрическое оборудование допускается изображать на отдельных листах и в разных масштабах.

На листах планов расположения приводят данные о групповых щитках по форме 2 (рис. 2.2).

### **Форма 2**

Данные о групповых щитках с автоматическими выключателями

Номер щитка	Тип	Установленная мощность	Номера автоматических выключателей				Ток расцепителя, А	
			Однополюсные		Трёхполюсные		на вводе	на линиях
			занятые	резервные	занятые	резервные		
15	40	20	15	15	15	15	15	15

Рис. 2.2. Форма таблицы «Данные о групповых щитках»

Пример оформления плана расположения электрооборудования приведен на рис. 2.3.

Условные графические обозначения на планах расположения электрического оборудования внутреннего освещения и рекомендуемые размеры условных графических обозначений приведены в таблице 2.1.

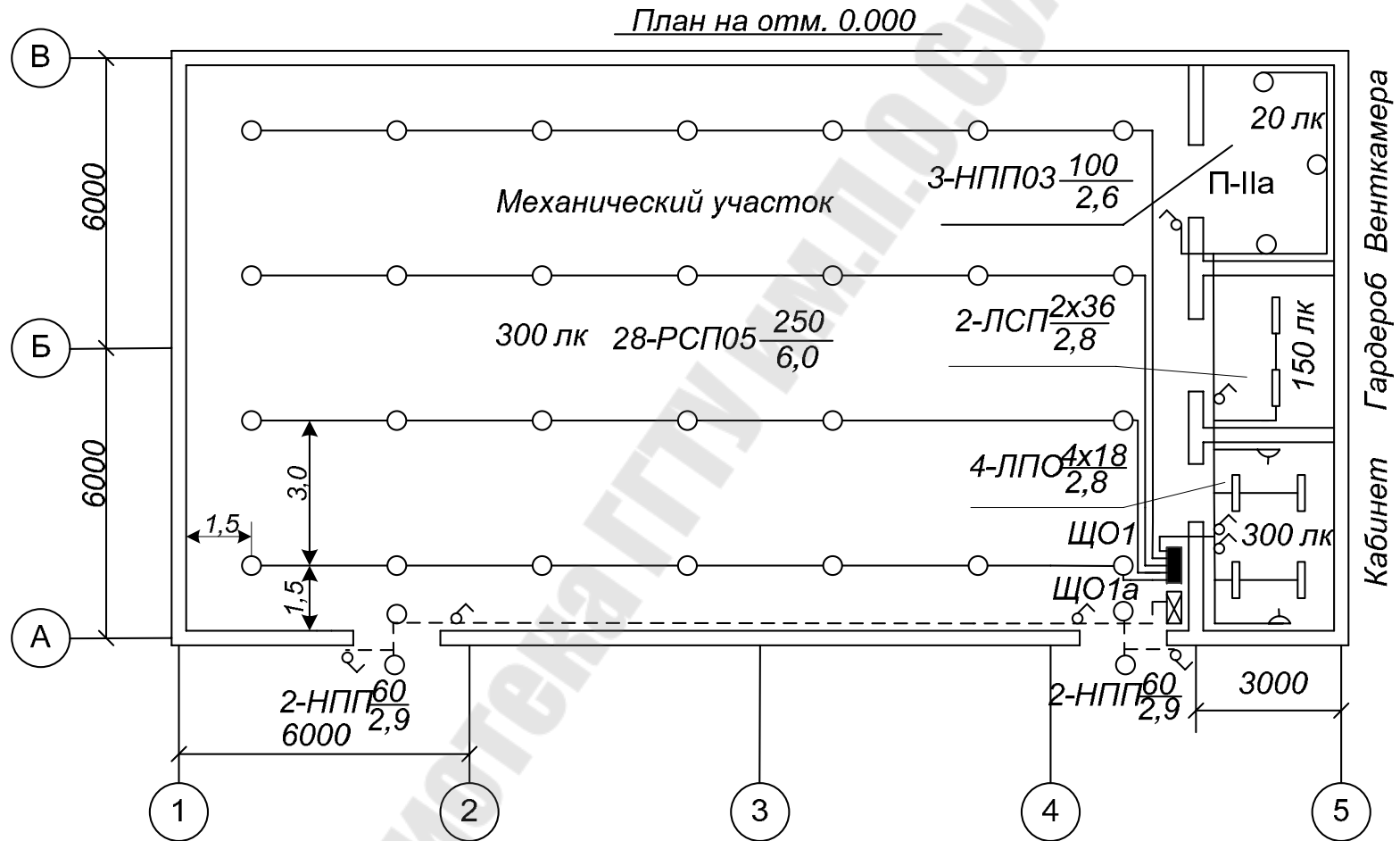
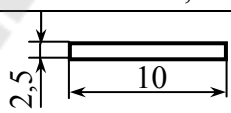
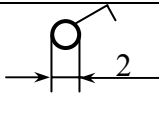


Рис. 2.3. План расположения электрооборудования и прокладки электрических сетей электроосвещения

**Порядок записи условных обозначений на планах  
расположения оборудования внутреннего освещения**

Наименование	Обозначение
1. Нормируемая освещенность	300 лк
2. Обозначение классов взрыво- и пожароопасных зон по ПУЭ	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 0 auto;">В-Ia</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 2px auto;">П-IIa</div>
3. Сведения о светильниках: – для одноламповых светильников – для двух- и многоламповых светильников	$28 - РСП\ 05 \frac{250}{6,0}$ $6 - ЛПО\ 02 \frac{2 \times 36}{2,8}$
4. Светильник с люминесцентной лампой	
5. Светильник с лампой накаливания ДРЛ, ДРИ, ДнаТ	
6. Выключатель однополюсный	
7. Розетка штепсельная двухполюсная	
8. Ящик с понижающим трансформатором	
9. Количество проводов в линии (например, три) <i>Примечание.</i> На двухпроводных линиях черточки не показываются	
10. Трос и концевое крепление троса	
11. Надписи на линиях групповой сети <i>a</i> – номер группы; <i>б</i> – марка, количество и сечение проводов; <i>в</i> – способ прокладки	$a - б - в$



Форма 3. Пример выполнения схемы питающей сети

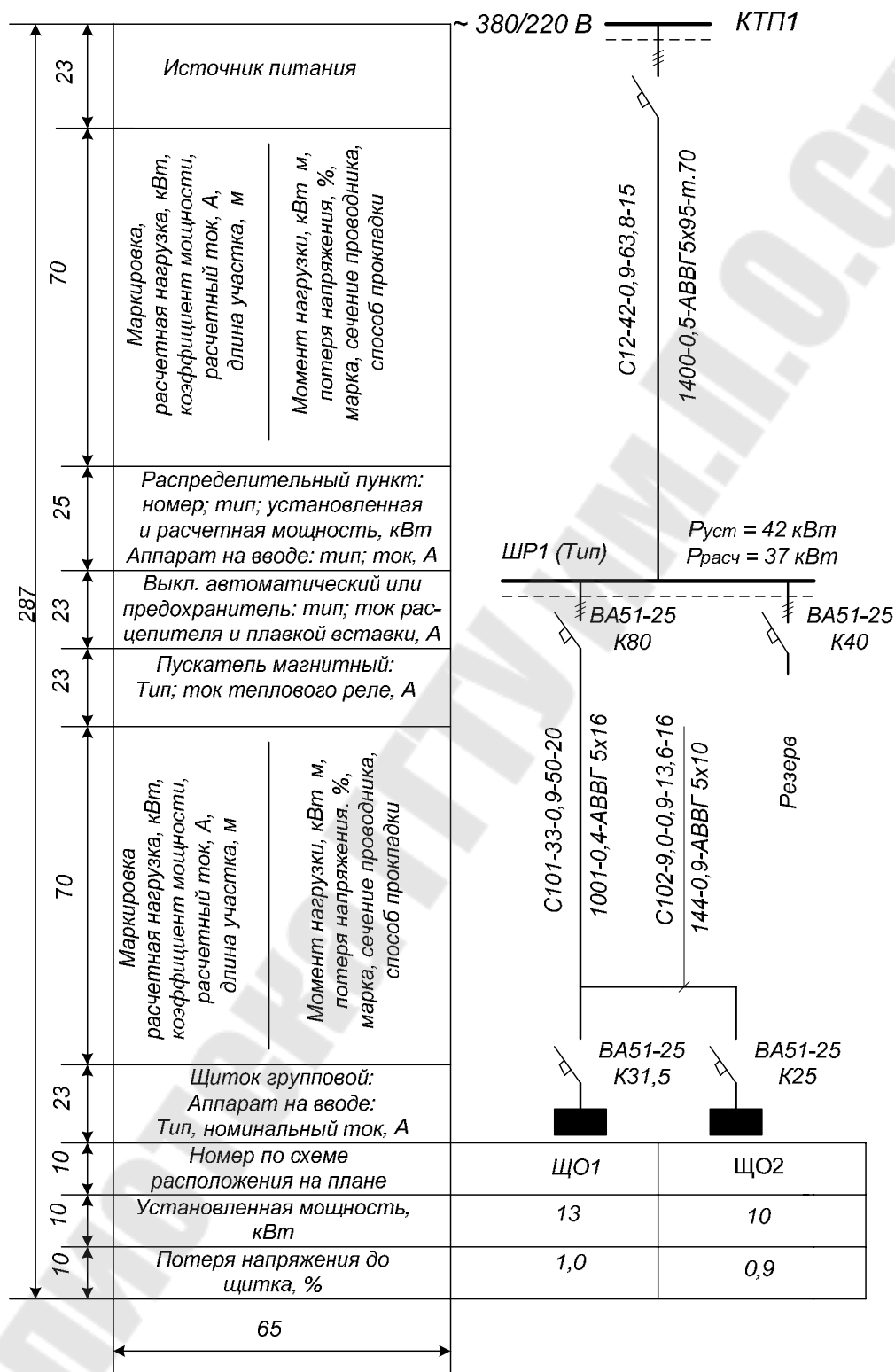


Рис. 2.4. Пример выполнения схемы питающей сети

## **Принципиальные схемы питающей сети**

Принципиальные схемы питающей сети выполняют в однолинейном изображении в соответствии с требованиями стандартов ЕСКД на правила выполнения электрических схем.

Форма, размеры таблицы и пример оформления принципиальной схемы питающей сети приведен на рис. 2.4.

## **3. УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ОСВЕЩЕНИЕМ**

### **3.1. Управление освещением производственных помещений**

#### *Дистанционное управление освещением*

Научно-внедренческое общество «ИНОСАТ» предлагает пульты ПУ-Ин1, предназначенные для дистанционного управления, т. е. включения и отключения групповых линий электрического освещения производственных цехов и участков, имеющих большие пролеты.

Пульты ПУ-Ин1 могут применяться совместно с осветительными щитками и могут управлять шестью трехфазными или однофазными линиями.

#### *Напряжение питания пульта управления 220 В переменного тока*

Пульт имеет изолированную нулевую (N) и связанную с корпусом защитную (PE) шины, что позволяет применять их в трехпроводной системе электроснабжения. Габаритные размеры пульта 165 × 155 × 68 мм.

Пульт состоит из вводного автоматического выключателя QF1, шести выключателей с фиксированным положением типа «ТУМБЛЕР» и семи комплектов с сигнальной арматурой на светодиодных излучателях.

Для дистанционного включения и выключения групповых линий освещения требуется дополнительно к пульту управления применить электромагнитные пускатели, которые своими главными контактами и будут производить включение или отключение групповых линий. Пульт управления может быть установлен в помещении диспетчера или в другом помещении с дежурным персоналом цеха или участка, а электромагнитные пускатели непосредственно у осветительного группового щитка.

Работает схема следующим образом.

Включением автоматического выключателя QF1 (рис. 3.1) подается напряжение на цепи управления и сигнализации. При этом получает питание светодиодный излучатель VD8, сигнализируя о подаче напряжения «Напряжение ВКЛЮЧЕНО». При необходимости включения групповых линий – включаются в ручном режиме выключатели SB1, ..., SB6 дежурным персоналом цеха. После чего включаются электромагнитные пускатели, которые включают групповые линии освещения. Катушки электромагнитных пускателей подключаются к выводам XT11, ..., XT16 пульта дистанционного управления. Отключение производится этими же выключателями SB1...SB6. Включенное состояние групповых линий освещения сигнализируют светодиодные излучатели VD9, ..., VD14.

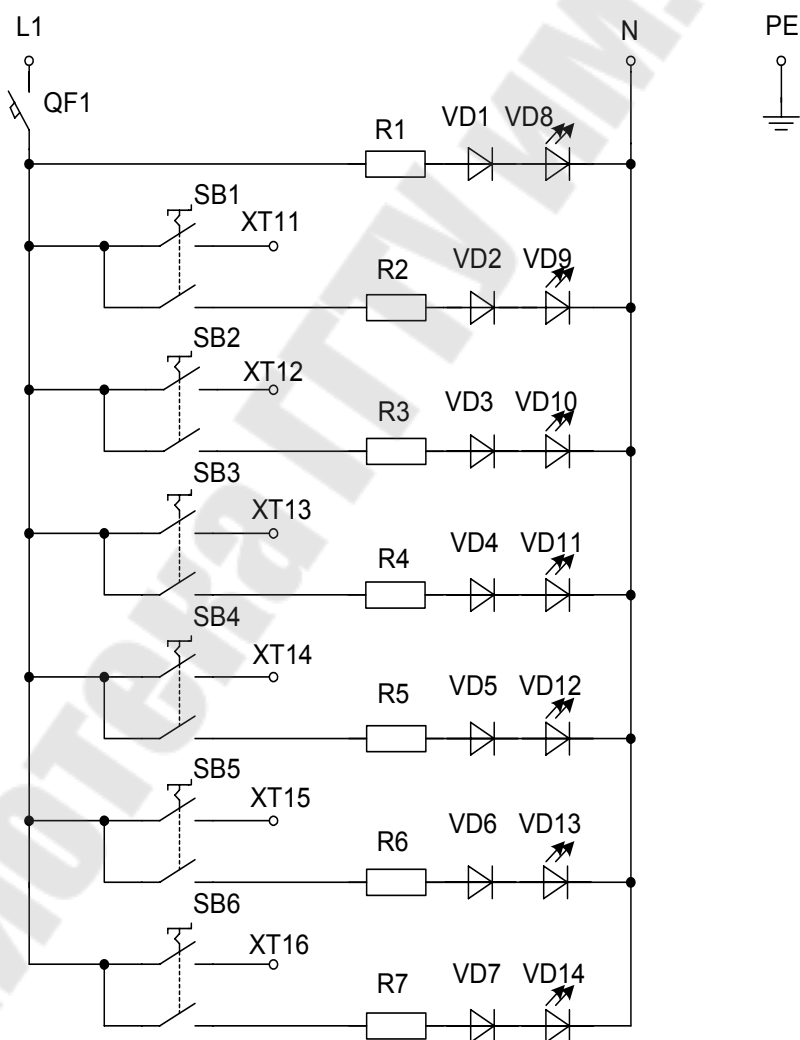


Рис. 3.1. Схема электрическая принципиальная пульта дистанционного управления ПУ-Ин1

При освещении производственных цехов и участков светильниками с мощными источниками света с лампами ДРЛ, ДРИ, ДНаТ мощностью 250, 400, 700, 1000 Вт, то питание групповых линий осуществляется по трехфазной системе напряжения с чередованием подключения светильников по фазам L1, L2, L3. В этом случае целесообразно будет применить предлагаемую схему (рис. 3.2) включения двух пускателей на одну трехфазную групповую линию. Тогда электромагнитным пускателем КМ1 производится управление светильниками, подключенными к фазам L1 и L2, а пускателем КМ2 – светильниками, подключенными к фазе L3. При одновременном включении пускателей КМ1 и КМ2 включаются все светильники групповой линии. Это позволит более гибко управлять групповыми линиями освещения.

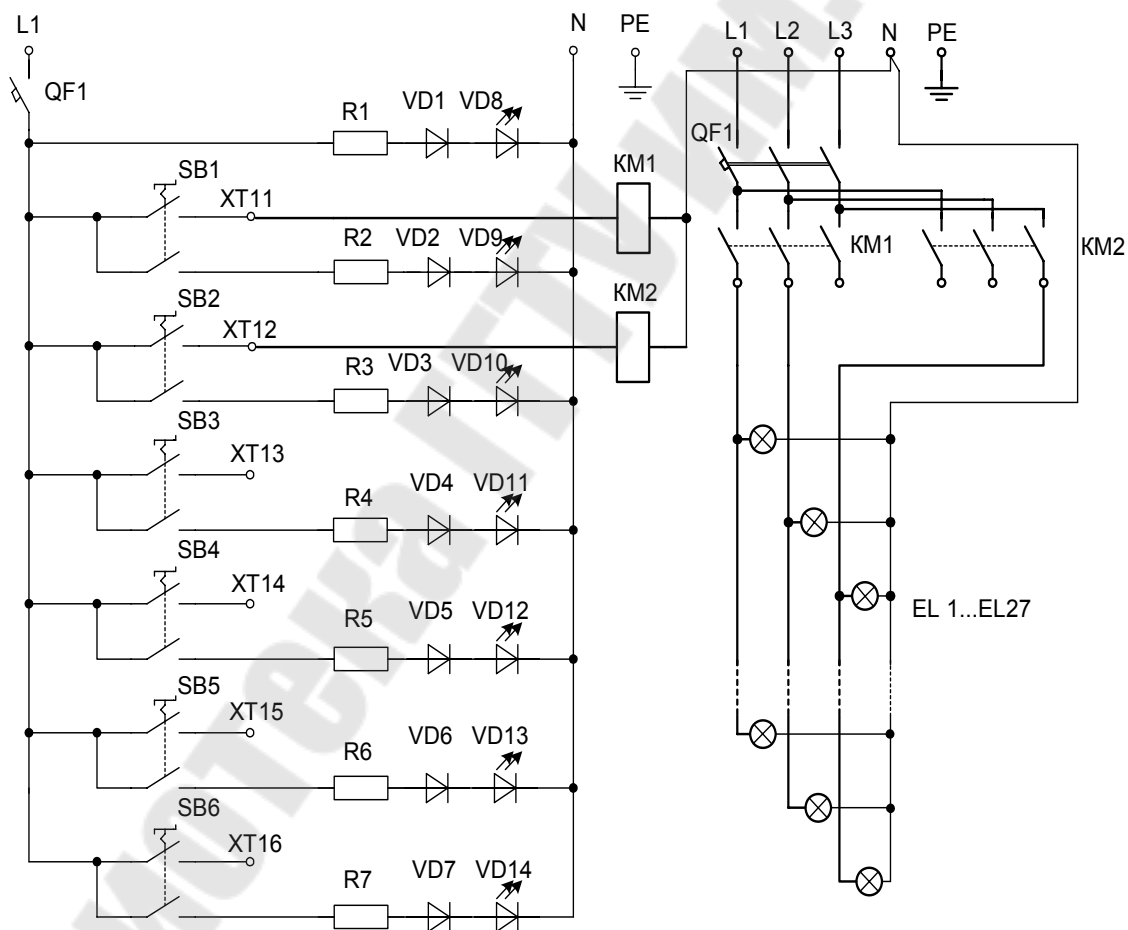


Рис. 3.2. Фрагмент схемы электрической принципиальной дистанционного управления с помощью электромагнитных пускателей

Комбинация «включения – отключения» групповых линий в зависимости от уровня освещенности в помещении позволит существенно снизить электропотребление на электрическое освещение помещений производственных и других зданий.

### *Автоматическое управление*

При включении пульта дистанционного управления ПУ-Ин1 совместно со светочувствительным автоматом (рис. 3.3) можно осуществить и автоматическое управление некоторыми групповыми линиями внутреннего освещения в зависимости от уровня естественного и искусственного освещения производственных помещений.

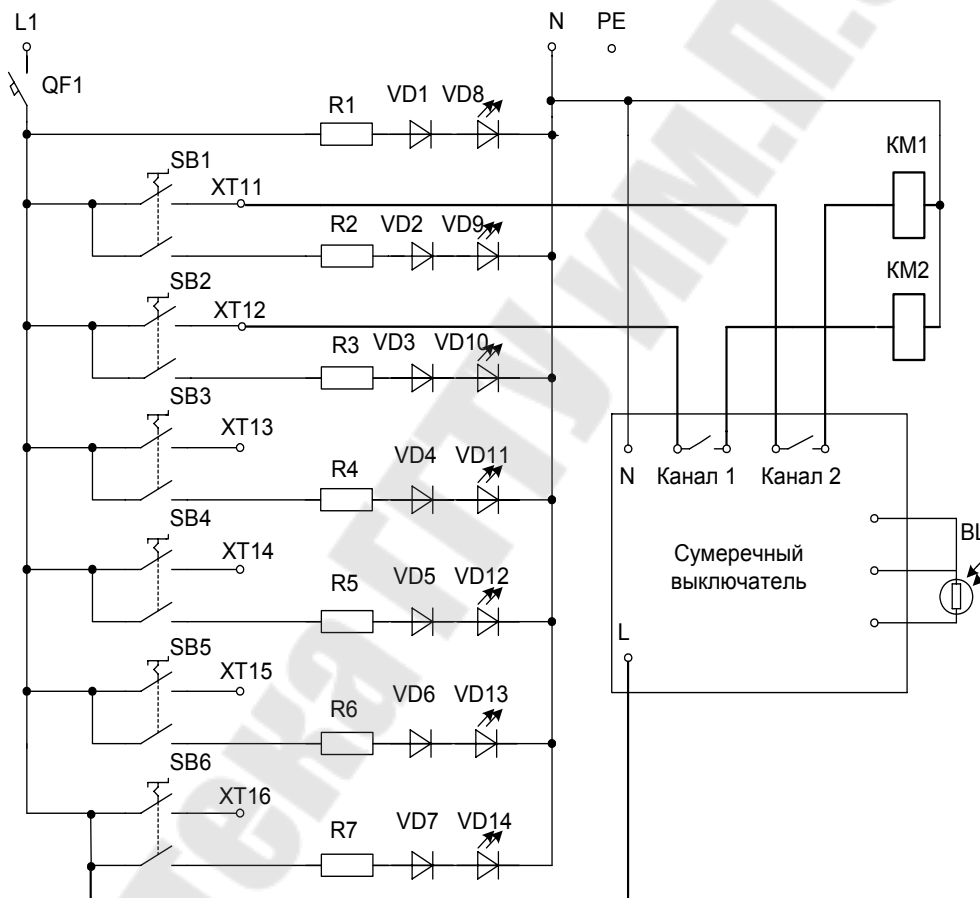


Рис. 3.3. Схема автоматического управления осветительной установкой внутреннего освещения

Светочувствительный сумеречный выключатель фирмы «ИНОСАТ-ЭНЕРГО» имеет два независимых канала с двумя нормами регулируемой освещенности. Используется для подачи команд на включение – отключение освещения двух групп светильников, когда освещенность датчика достигает заданного порога.

- Технические данные сумеречного выключателя:
- напряжение 230 В переменного тока 50 Гц;
  - пределы регулирования по каналу 1 – (2...150) лк, по каналу 2 – (150...7500) лк;
  - номинальный ток контактов – 10 А;
  - присоединение датчика кабелем  $2 \times 0,25$  мм<sup>2</sup> длиной до 100 м.

Для осветительных установок большой мощности с большим количеством групповых линий фирмой «ИНОСАТ» предлагается шестиканальный цифровой блок, предназначенный для построения компактных систем управления освещением.

### **3.2. Освещение мест общего пользования**

Освещение мест общего пользования жилых домов, т. е. подъездов и лестничных площадок этажных домов, общественных зданий выполнено по традиционной схеме. В домах до пяти этажей устанавливались светильники типа ПСХ-60 с лампами накаливания на каждой лестничной площадке по одному светильнику. В жилых домах выше пяти этажей устанавливались светильники с лампами накаливания по три светильника на каждой лестничной площадке или светильниками с люминесцентными лампами мощностью  $1 \times 18$  Вт. Управление освещением, т. е. включение и отключение этих светильников производится выключателями общего пользования, которые устанавливаются на лестничной площадке при входе в подъезд и включают или отключают светильники одновременно на всех лестничных площадках. Даже если допустить, что человеческий фактор жильцов дома срабатывает четко и экономно – включение производится с наступлением сумерек, а отключение утром, то в летнее время рассвет наступает после трех часов утра и до движения жильцов освещение работает несколько часов при достаточном естественном свете, расходуя электрическую энергию не рационально.

Для улучшения рационального использования электрической энергии по освещению мест общего пользования жилых домов, общественных зданий можно применить лестничные автоматы, выпускаемые совместным польско-белорусским предприятием СООО «Евроавтоматика Ф и Ф» г. Лида.

Лестничный автомат, схема которого представлена на рис. 3.4, приспособлен для установки в щите освещения, предназначен для поддержания включенным освещение лестничной площадки в течение заданного промежутка времени (в диапазоне от 0,5 до 10 мин). По истечении заданной уставки времени освещение автоматически

выключается, т. е. включение освещения производится вручную, а отключение – автоматически с регулируемой выдержкой времени, которая позволяет подняться на свой этаж и открыть дверь квартиры.

Технические данные устройства:

- напряжение питания – 220 В;
- максимальный ток нагрузки – 10 А;
- задержка выключения, регулируемая – 0,5–10 мин;
- потребляемая мощность – 0,85 Вт;
- степень защиты – IP65.

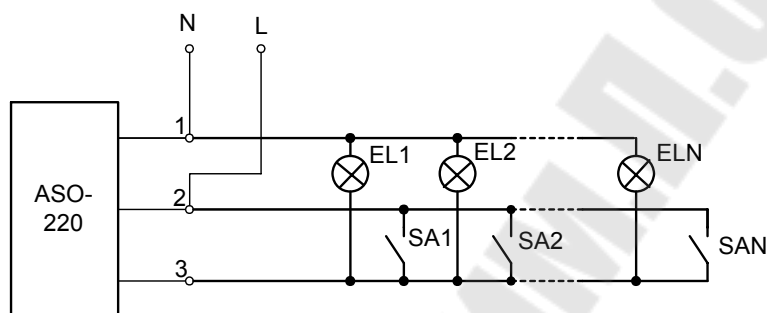


Рис. 3.4. Схема электрическая лестничного автомата управления освещением

Для установки лестничного автомата потребуется дополнительно установить на каждой лестничной площадке выключатели.

### 3.3. Управление наружным освещением

Для управления наружным освещением территории промышленных предприятий применяется, как правило, дистанционное неавтоматическое (ручное) или автоматическое включение и отключение из диспетчерских пунктов предприятия. Диспетчер по индивидуальным линиям осуществляет включение или отключение того или иного участка сети наружного освещения.

Управление наружным освещением населенных пунктов, города выполняется централизованным дистанционным или телемеханическим. В отличие от дистанционного управления, при телемеханическом управлении все команды в виде закодированных электрических сигналов от диспетчера, или управляющей ЭВМ передаются по одному каналу телефонной связи. На объектах управления эти сигналы с помощью специальной аппаратуры преобразуются в команды управления, контроля, измерения, сигнализации.

Включение наружного освещения улиц, дорог, площадей производится при снижении уровня естественной освещенности до 20 лк,

а отключение – при повышении освещенности до 10 лк. Нормирование уровня освещенности позволяет автоматизировать управление наружным освещением с помощью фотореле, схема которого приведена на рис. 3.5. Схема блока автоматического управления состоит из фотореле А1, фотодатчика BL1, переключателя, магнитного пускателя сигнальной лампы и групповых автоматических выключателей. При достижении заданного уровня освещенности срабатывает фотореле и производит включение магнитного пускателя К1, который своими контактами включает групповые линии сети освещения.

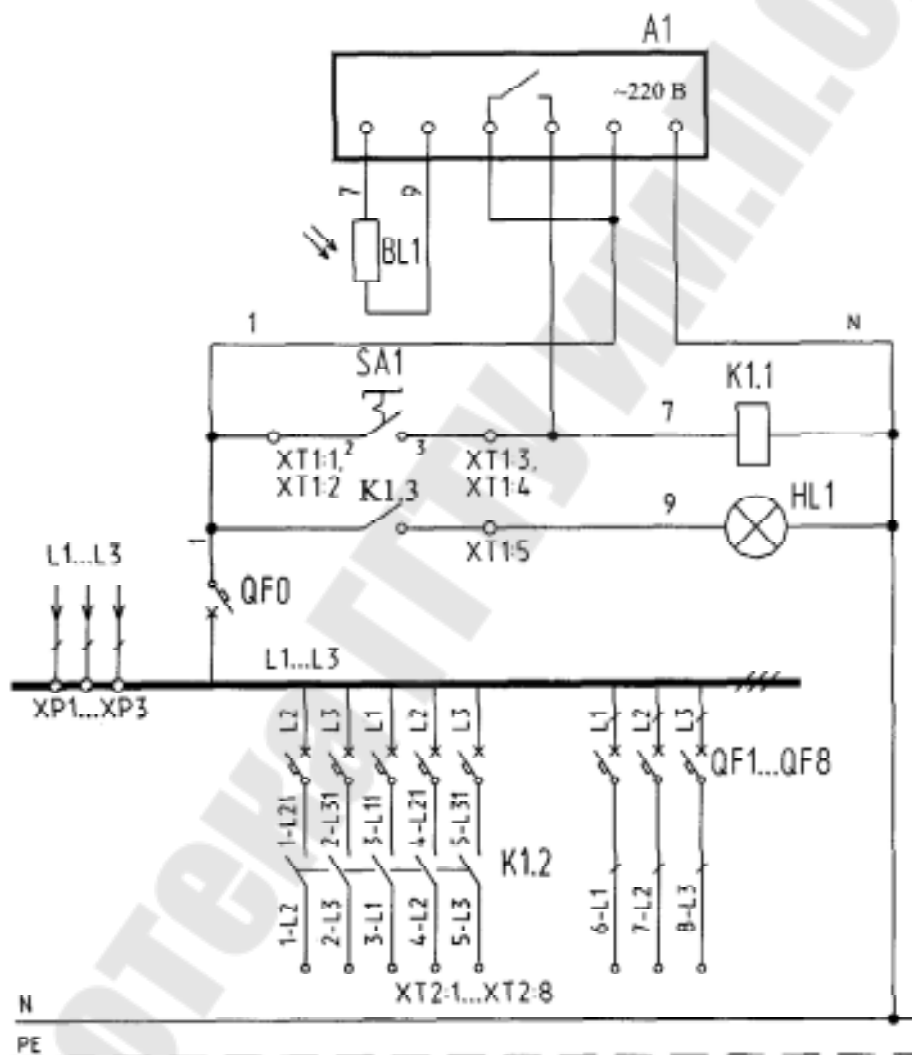


Рис. 3.5. Схема электрическая принципиальная управления наружным освещением с помощью фотореле

Схема предусматривает также ручное управление с помощью переключателя SA1.

Для размещения аппаратуры управления наружным освещением электротехнической промышленностью производятся специальные



шкафы наружного освещения (ШНО). Шкафы наружного освещения предназначены для приема, учета и распределения электрической энергии, а также защиты электрических установок при перегрузках и коротких замыканиях в осветительных сетях переменного тока частотой 50 Гц напряжением 380/220 В с глухозаземленной нейтралью.

Схемы шкафа ШНО предусматривают ручное и автоматическое управление электрическим освещением.

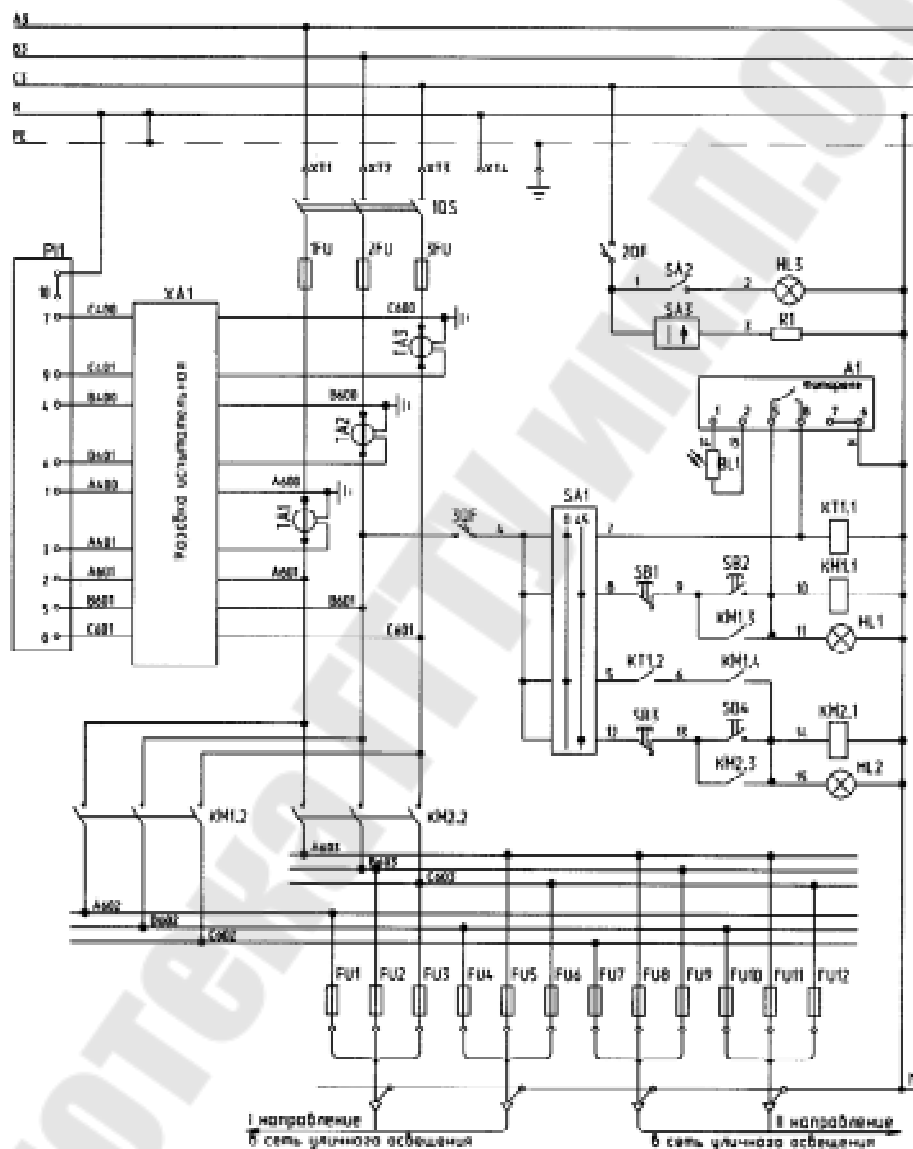


Рис. 3.6. Схема шкафа ШНО с фотореле и реле времени

Ручное управление возможно при управлении кнопками, установленными на панели управления шкафа.

Автоматическое управление предусматривает два варианта управления наружным освещением:

– по освещенности и по временной программе – осуществляется автоматическое управление с помощью фотодатчика BL1 и фотореле A1, срабатывающего при достижении заданного уровня освещенности, и программируемого реле времени КТ1, включающего и отключающего осветительную установку в заданные периоды времени (рис. 3.6);

– каскадное управление (с аппаратурой управления от предыдущего участка) – автоматическое управление осуществляется подачей сигнала от предыдущего участка осветительной сети на реле KV1, KV2, управляющие в вечернем и ночном режиме освещения (рис. 3.7).

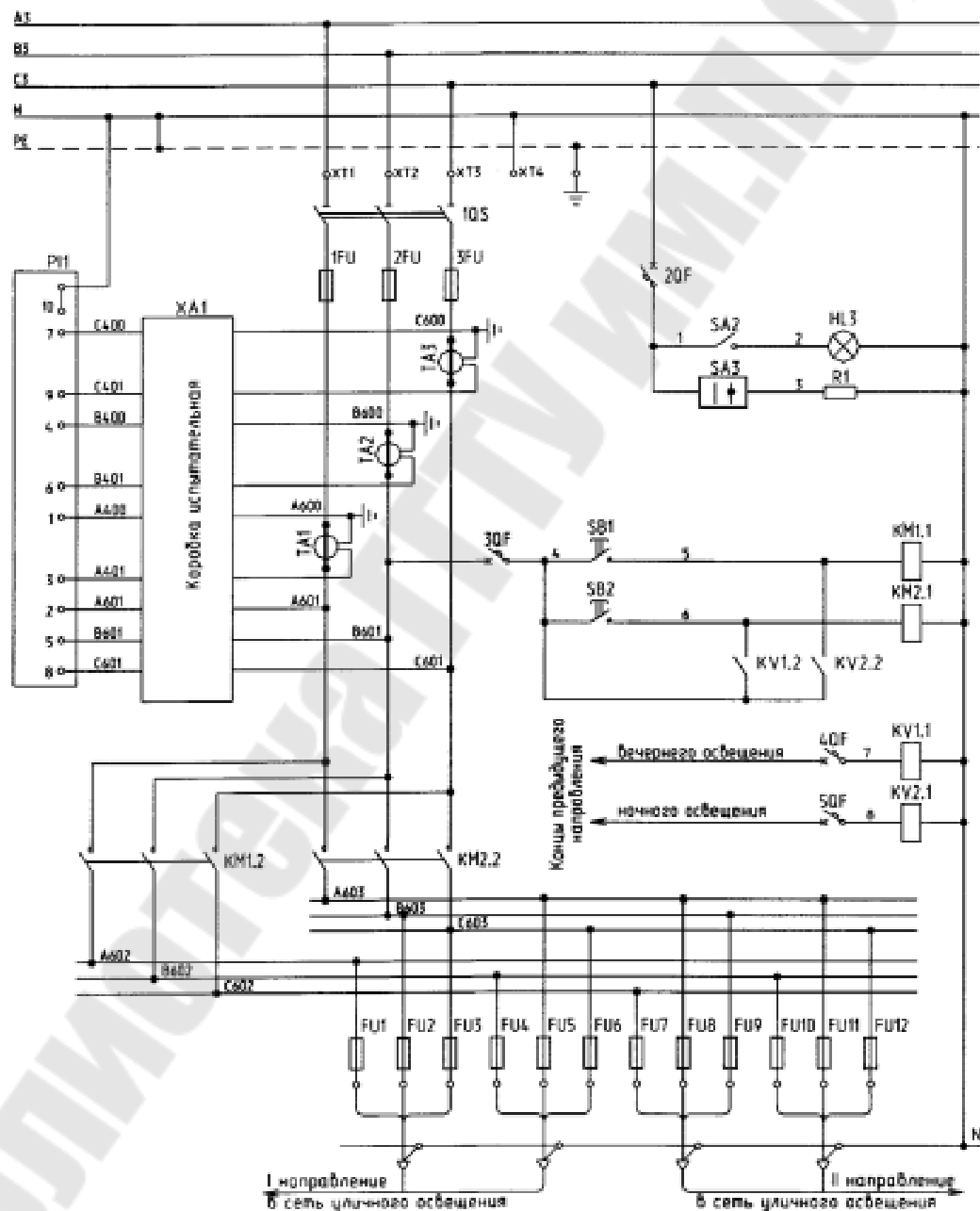


Рис. 3.7. Схема электрическая принципиальная каскадного управления наружным освещением

Включение вечернего освещения производится включением реле KV1, KV2 и магнитных пускателей KM1, KM2. При ночном режиме управления – вечернее освещение отключается магнитным пускателем KM2 и в работе остаются светильники наружного освещения, включенные, например в фазу А, т. е. каждый третий светильник.

Шкафы имеют изолированную нулевую (N) и, связанную с корпусом, защитную (PE) шины, укомплектованные контактными зажимами.

### *Двухступенчатое управление с помощью фотореле и реле времени*

Схема предусматривает ручное или автоматическое включение групповых линий светильников, осуществляемое переключателем SA1 (рис. 3.8).

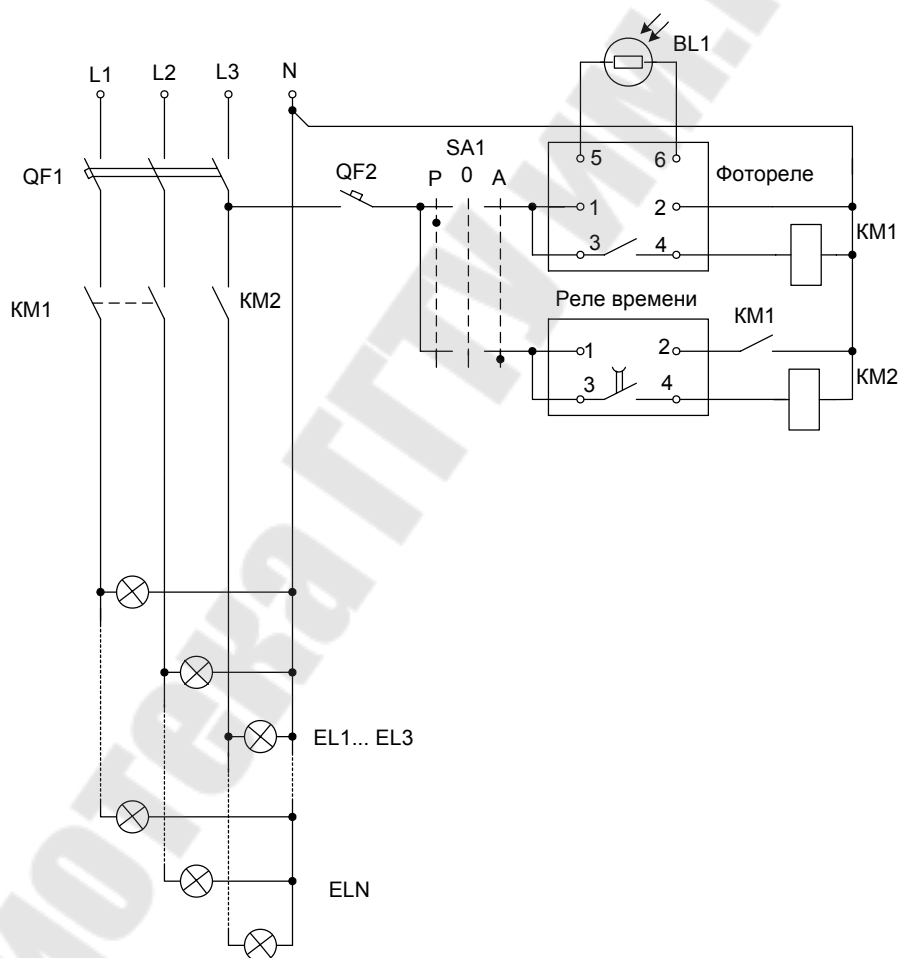


Рис. 3.8. Схема двухступенчатого управления наружным освещением

С наступлением сумерек срабатывает фотореле и реле времени, при этом включаются электромагнитные пускатели KM1 и KM2, включая освещение.

При истечении уставки реле времени, которая может быть настроена от 0,1 с до 24 часов, отключается пускатель КМ2 и отключает напряжение «фазы С». С наступлением светлого времени суток фотореле отключит все светильники.

Экономия электроэнергии достигается за счет отключения 1/3 светильников по программе ночного режима работы осветительной установки.

#### **4. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ОСВЕЩЕНИИ**

Экономия электроэнергии в осветительных установках может быть достигнута за счет:

- применения источников света с более высокой световой отдачей (энергоэффективных);
- применения светильников с электронными ПРА (ЭПРА);
- эффективного управления освещением, обеспечивающего уменьшение времени использования осветительных установок.

В общем случае экономия электроэнергии появляется в результате:

- снижения потребляемой мощности осветительных установок

$$\Delta W = T \cdot (P_1 - P_2); \quad (4.1)$$

- уменьшения времени работы осветительных установок

$$\Delta W = P \cdot (T_1 - T_2). \quad (4.2)$$

##### ***Применение источников света с более высокой световой отдачей***

Световая отдача характеризует экономичность источников и в конечном счете определяет величину потребляемой мощности осветительной установки.

Экономия электроэнергии при этом может быть достигнута, например:

- заменой трубчатых люминесцентных ламп галофосфатным люминофором и диаметром колбы 40 мм (40, 60, 80 Вт) на лампы с трехкомпонентным люминофором и диаметром колбы 26 мм (36, 58 Вт), которые имеют примерно на 10 % большую световую отдачу;
- применением натриевых ламп ДНаТ, имеющих световую отдачу значительно большую, чем лампы ДРЛ и ДРИ.

Годовая экономия электроэнергии от применения энергоэффективных источников света может быть определена по формуле:

$$\Delta \mathcal{E}^{\text{ПРА}} = K_{\text{со}} \cdot K_{\text{а}} \cdot T_{\text{но}} \cdot (n_1 \cdot P_{\text{уст}}^{\text{сущ}} - n_2 \cdot P_{\text{уст}}^{\text{зам}}), \quad (4.3)$$

где  $P_{\text{уст}}^{\text{сущ}}$ ,  $P_{\text{уст}}^{\text{зам}}$  – установленные мощности осветительных установок с учетом потерь мощности в ПРА соответственно существующих и предлагаемых для замены, кВт;  $n_1$  и  $n_2$  – количество установленных осветительных приборов соответственно до и после замены;  $K_{\text{со}}$  – коэффициент спроса осветительной установки;  $K_{\text{а}}$  – коэффициент, учитывающий автоматизацию управления освещением; при существующем управлении принимается равным 1;

$T_{\text{но}}$  – годовое время использования осветительной нагрузки, ч.

#### **Пример 4.1.** Реконструкция внутреннего освещения

Электрическое освещение коридора выполнено светильниками НПП в количестве 10 штук с лампами накаливания мощностью 100 Вт. Предлагается выполнить реконструкцию электрического освещения коридора с заменой светильников. Вместо светильников с лампами накаливания установить энергосберегающие светильники с люминесцентными лампами и электронными пускорегулирующими аппаратами (ЭПРА) серии ЛПП 02.

Светильники серии ЛПП 02-1x36 предназначены для освещения внутренних помещений. В светильниках используется электронный пускорегулирующий аппарат (ЭПРА), который исключает стробоскопический эффект, акустические шумы, увеличивает в 2 раза срок службы люминесцентных ламп и снижает потребление электроэнергии по сравнению с электромагнитными ПРА до 30 %.

Произведем расчет потребления электроэнергии существующей системой освещения помещений с лампами накаливания до реконструкции.

$$P_{\text{у.лн}} = P_{\text{лн}} \cdot n. \quad (4.4)$$

$$W_{\text{лн}} = P_{\text{у.лн}} \cdot T \cdot K_{\text{со}}. \quad (4.5)$$

В помещении установлены 10 светильников.

Количество часов использования осветительной нагрузки – 2880 ч.

Таблица 4.1

## Расчет потребления электроэнергии до реконструкции

Помещение	$P_{уст}$ , кВт	$T$ , ч	$K_{со}$	$W_{лн}$ , кВт·ч	$B_{лн}$ , т у. т.	В денежном выражении, у. е.
Коридор	1,0	2880	1,0	2880	0,8	48

Произведем расчет потребления электроэнергии системой освещения коридора с люминесцентными лампами после реконструкции.

$$P_{у.лл} = P_{л} \cdot 1,08 \cdot n. \quad (4.6)$$

$$W_{лл} = P_{у.лл} \cdot T \cdot K_{со}. \quad (4.7)$$

Таблица 4.2

## Расчет потребления электроэнергии после реконструкции

Помещение	Количество светильников	Количество и мощность ламп	$P_{уст}$ , с ЭПРА, кВт	$T$ , ч	$K_{со}$	$W_{лн}$ , кВт·ч	$B_{лн}$ , т у. т.	В денежном выражении, у. е.
Коридор	10	1×36	0,432	2880	1,0	1244	0,348	21

Экономия топливно-энергетических ресурсов составляет:

$$\Delta W_{ос} = W_1 - W_2. \quad (4.8)$$

$$\Delta W_{ос} = 2880 - 1244 = 1636 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

В тоннах условного топлива  $1,636 \cdot 0,28 = 0,458$  т у. т., где 0,28 – переводной коэффициент кВт·ч в т у. т.

В денежном выражении –  $0,458 \cdot 60 = 28$  у. е.

Стоимость одного светильника с люминесцентными лампами составляет – 26100 руб., или 12 у. е.

Всего по расчету требуется 10 светильников, тогда капитальные вложения на замену светильников составят

$$K_{осв} = 10 \cdot 12 = 120 \text{ у. е.}$$

Срок окупаемости

$$C_{oc} = K_{осв} / \Delta C_T = 120 / 28 = 4,2 \text{ года.}$$

**Пример 4.2. Реконструкция электрического освещения фойе**

Освещение фойе выполнено тремя светильниками типа «Люстра» с лампами накаливания 5×60 Вт.

Предлагаем замену светильников типа «Люстра» с лампами накаливания на светильники с люминесцентными лампами в фойе – ЛПО 12 4×18 Вт (рис. 4.1).

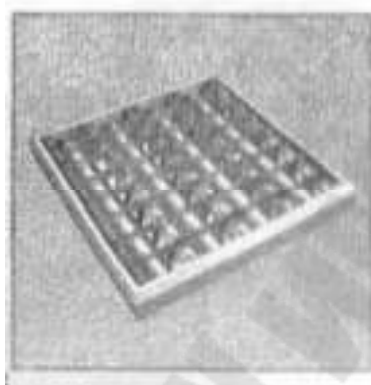


Рис 4.1. Внешний вид светильника с люминесцентными лампами ЛПО 12 4×18 Вт

Таблица 4.3

**Расчет потребления электроэнергии до реконструкции**

Помещение	$P_{уст}, \text{Вт}$	$T_T, \text{ч}$	$K_{со}$	$W_{лн}, \text{кВт} \cdot \text{ч}$	$B_{лн}, \text{т у. т.}$	В денежном выражении, у. е.
Фойе	15×60	1800	1,0	1620	0,454	27,2
<b>ИТОГО</b>		–		<b>1621</b>	<b>0,454</b>	<b>27,2</b>

Таблица 4.4

**Расчет потребления электроэнергии после реконструкции**

Помещение	Количество светильников	Количество и мощность ламп	$P_{уст}, \text{с ЭПРА}, \text{кВт}$	$T, \text{ч}$	$K_{со}$	$W_{лн}, \text{кВт} \cdot \text{ч}$	$B_{лн}, \text{т у. т.}$	В денежном выражении, у. е.
Фойе	3	4×18	0,086	1800	1,0	154,8	0,043	2,52
<b>ИТОГО</b>	–	–	<b>0,086</b>	–	–	<b>154,8</b>	<b>0,043</b>	<b>2,52</b>

Экономия топливно-энергетических ресурсов составит

$$\Delta W_{\text{ос}} = W_1 - W_2.$$

$$\Delta W_{\text{ос}} = 1620 - 154,8 = 1465,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

В тоннах условного топлива  $1,465,2 \cdot 0,28 = 0,4103$  т у. т.

В денежном выражении –  $0,4103 \cdot 60 = 25,8$  у. е.

Стоимость трех светильников с люминесцентными лампами типа ЛПО 12 (4×18) для установки в фойе составляет –  $3 \times 60000 = 120000$  руб., или 55,8 у. е.

Капиталовложение в мероприятие составят

$$K_{\text{осв}} = 55,8 \text{ у. е.}$$

Срок окупаемости

$$C_{\text{ос}} = K / \Delta C_{\text{T}} = 67,8 / 25,8 = 2,6 \text{ года}.$$

**Пример 3.** Реконструкция наружного освещения территории предприятия

На предприятии освещение территории выполнено разрядными лампами типа ДРЛ мощностью 250 Вт.

Значительную экономию электроэнергии можно получить за счет замены светильников с разрядными лампами ДРЛ 250 на светильники с натриевыми лампами ДНаТ мощностью 100 Вт.

Таблица 4.5

Технические данные освещения территории до замены

Наименование	Тип светильников (ламп)	Мощность ламп, Вт	Количество, шт.	Установленная мощность, кВт
Участок территории	ДРЛ250	250	30	7,5

Годовое потребление электроэнергии осветительными установками рассчитываются по формуле:

$$W = n \cdot (P \cdot K_{\text{пра}}) \cdot K_{\text{спр}} \cdot K_{\text{ау}} \cdot T_{\text{пр}}, \quad (4.9)$$

где  $n$  – количество осветительных приборов;  $P$  – номинальная мощность одного осветительного прибора;  $K_{\text{пра}}$  – коэффициент, учитывающий потери мощности в электромагнитной пускорегулирующей



аппаратуре. Для ламп ДНаТ –  $K_{пра} = 1,1$ ;  $K_{спр}$  – коэффициент спроса осветительной установки, применяемой для освещения наружной территории, принимаем  $K_{спр} = 1$ ;  $K_{ау}$  – коэффициент, учитывающий автоматизацию управления освещением, в данном случае ручное включение –  $K_{ау} = 0,6$ ;  $T_{пр}$  – годовое время использования охранного освещения,  $T_{пр} = 3500$  ч.

Параметры ламп и расчёт расхода электроэнергии на освещение наружной территории приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6

#### Параметры ламп ДнаТ

Тип лампы	Мощность лампы, Вт	Световой поток, лм	Срок службы, ч	Тип цоколя
ДНаТ70	70	6000	12000	Е40/45
ДНаТ100	100	10000		
ДРЛ250	250	13500	10000	

Предлагаемая реконструкция заключается в замене тридцати светильников с мощными лампами ДРЛ на светильники ЖКУ 12-100 с лампами ДНаТ мощностью 100 Вт (рис. 4.2).

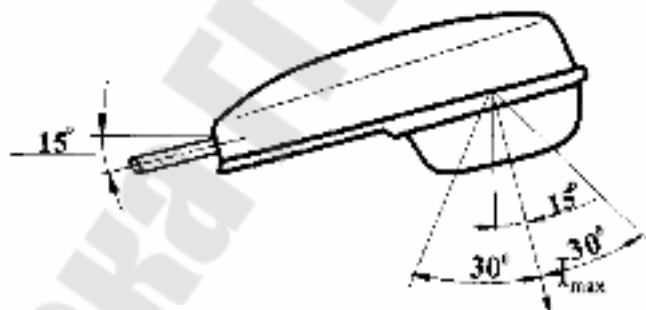


Рис. 4.2. Основные размеры светильника ЖКУ 12-100

Таблица 4.7

#### Расход электроэнергии на освещение наружной территории до и после реконструкции

Тип лампы	Количество	$P_{л},$ Вт	$P_{р},$ с ПРА кВт	$T,$ ч	$K_{ау}$	$W,$ кВт · ч	$B,$ т у. т.	$B,$ у. е.
ДНаТ 100	30	100	3,15	3600	1,0	11340	3,2	192
<b>Экономия</b>			–			<b>18360</b>	<b>5,1</b>	<b>304</b>

Стоимость одного светильника с лампами ДНаТ100 составляет – 107500 руб., или 50 у. е.

Капиталовложения составляют:

$$K = 50 \times 30 = 1500 \text{ у. е.}$$

Срок окупаемости:

$$C_{\text{осв}} = K / \Delta C_{\text{т}} ;$$

$$C_{\text{осв}} = 1500 / 304 = 4,9 \text{ года .}$$

**Пример 4.** Автоматическое управление наружным освещением  
Двухступенчатое управление наружным освещением территории и предприятия.

Двухступенчатое управление по программе вечернего и ночного режима реализуется с помощью предлагаемой схемы, разработанной на базе промышленных блоков с фотореле и реле времени, выпускаемых СООО «Евроавтоматика Ф и Ф» г. Лида.

Экономия электроэнергии достигается за счет отключения 1/3 светильников по программе ночного режима работы осветительной установки.

Расчет экономии электроэнергии выполним в виде таблицы 4.8.

Таблица 4.8

Расчет экономии электроэнергии после внедрения мероприятия

Наружное освещение	Тип и мощность лампы	$K_{\text{ПРА}}$	Количество светильников	$P_{\text{уст}}, \text{кВт}$	$K_{\text{с}}$	Время работы в год, $T_{\text{р}}, \text{ч}$	Потребление ТЭР		$B, \text{у. е.}$
							кВт · ч	т у. т.	
До реконструкции	ДНаТ100	1,05	30	3,15	1,0	3600	11340	3,2	192
После реконструкции	ДНаТ100	1,05	20	2,1	1,0	3600	7560	2,2	132
	ДНаТ100	1,05	10	1,05	1,0	1800	1890	0,53	32
<i>Всего</i>	–	–	–	3,15	–	–	9450	2,73	164
<b>Экономия</b>			–				<b>1890</b>	<b>0,47</b>	<b>28</b>

Капиталовложения в мероприятие составят:

– стоимость фотореле AZH-C – 25425 руб.;

– реле времени PCU – 66532 руб.;

– электромагнитный пускатель ПМ12 – 9390 руб.

Для реализации мероприятия потребуется фотореле, реле времени, два электромагнитных пускателя, следовательно,

$$K = 25425 + 66352 + 9390 + 9390 = 110557 \text{ руб. или } 51,4 \text{ у. е.}$$

Срок окупаемости составит:

$$C_{\text{осв}} = K / \Delta W_{\text{осв}} ;$$

$$C_{\text{осв}} = 51,4 / 28 = 1,8 \text{ года.}$$

## Литература

1. Кузнецов, В. С. Электроснабжение и электроосвещение городов : учеб. пособие / В. С. Кузнецов. – Минск : Высш. шк., 1989.
2. Методические рекомендации технико-экономических обоснований по энергосберегающим мероприятиям. – Минск, 2000.
3. Кнорринг, Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг, И. М. Фадин, В. Н. Сидоров. – Санкт-Петербург : Энергоатомиздат, 1992. – 448 с.
4. Технический каталог. Светильники. «КРЕЗИСЕРВИС». – Минск, 2004.
5. Научно-внедренческое общество «ИНОСАТ». Каталог. – Минск, 2002.
6. Автоматика промышленного и бытового назначения. «ФиФ» ЕВРОАВТОМАТИКА. Каталог. – Минск, 2004.
7. ГОСТ 21.608-84. Внутреннее электрическое освещение. Рабочие чертежи. – Москва : ГК СССР по делам строительства, 1984.
8. ГОСТ 21.607-82. Электрическое освещение территории промышленных предприятий. Рабочие чертежи. – Москва : ГК СССР по делам строительства, 1982.

## Содержание

1. Наружное освещение .....	3
1.1. Общие положения .....	3
1.2. Расчет наружного освещения.....	3
1.3. Расчет прожекторного освещения .....	6
2. Проектирование электрического освещения .....	12
3. Управление электрическим освещением .....	18
3.1. Управление освещением производственных помещений .....	18
3.2. Освещение мест общего пользования.....	22
3.3. Управление наружным освещением .....	23
4. Разработка мероприятий по энергосбережению в электрическом освещении .....	28
Литература .....	36

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

**Ус Анатолий Георгиевич  
Елкин Валерий Дмитриевич**

## **ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ**

**Методические указания  
к дипломному проекту для студентов  
специальностей 1-43 01 03 «Электроснабжение»  
и 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация  
энергооборудования организаций»  
дневной и заочной форм обучения**

**Электронный аналог печатного издания**

Редактор *Н. И. Жукова*  
Компьютерная верстка *Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 06.10.08.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Цифровая печать. Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,07.

Изд. № 11.

E-mail: [ic@gstu.gomel.by](mailto:ic@gstu.gomel.by)

<http://www.gstu.gomel.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Издательский центр учреждения образования  
«Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0131916 от 30.04.2004 г.

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.