

УДК 622.012.2

*Истомин Анатолий Михайлович  
генеральный директор*

*ООО "Производственное предприятие Шахтной электроаппаратуры"  
г. Киреевск, Тульская обл.*

*Петров Геннадий Михайлович  
проф., к.т.н.*

*Кутенов Антон Григорьевич  
горный инженер, аспирант*

*кафедра "Электрификация и энергоэффективность горных предприятий"  
Московский государственный горный университет*

## **К УСТРОЙСТВУ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ**

### **TO THE DEVICE OF LIGHT-EMITTING DIODE ILLUMINATION IN THE UNDERGROUND MOUNTAIN WORKINGS**

1. Технические характеристики светильников, применяемых в подземных горных выработках.

В настоящее время при освещении в подземных горных выработках все большее применение находят светильники со светодиодными лампами за счет следующих своих достоинств:

- срок службы светодиодных светильников значительно превышает существующие аналоги ( непрерывная работа светодиодного светильника составляет около 100 тыс. часов, у ламп накаливания – 1 тыс. час., у КЛЛ – 12 тыс. часов);

- с течением времени основные характеристики светодиодного светильника: световой поток и сила света светильника не претерпевают изменений, у других же светильников к окончанию срока эксплуатации они значительно падают;

- все элементы светодиодного светильника долговечны в отличие о других типов светильников;

- на 75 – 80 % у светодиодных светильников снижено энергопотребление;

- полная экологическая безопасность у светодиодных светильников позволяет сохранять окружающую среду, не требуя специальных условий по утилизации (не содержит ртути, ее производных и других ядовитых, вредных или опасных составляющих материалов и веществ);

- светодиодные светильники характеризуются высокой надежностью, механической прочностью и виброустойчивостью;

- светильники на светодиодах обладают спектром излучения близким к солнечному, они могут иметь цветовую температуру от "холодного белого" до "тёплого белого" цвета;

- отсутствие вредного эффекта низкочастотных пульсаций в светодиодных светильниках (нет так называемого стробоскопического эффекта, который наблюдается у люминесцентных и газоразрядных ламп);

- отсутствует опасность перегрузки электрических сетей в момент включения светодиодных светильников.

В табл. 1 приведены сравнительные данные светильников со светодиодными лампами, с дуговыми ртутными лампами типа ДРЛ и с газоразрядными лампами типа ДНаТ.

Таблица 1.

Функциональные характеристики светильников с разными типами ламп.

Параметры	Светодиодный светильник, $P_n = 100$ Вт	Светильник с лампой ДРЛ-400, $P_n = 400$ Вт	Светильник с лампой ДНаТ-250, $P_n = 250$ Вт
Энергопотребление, Вт	130	450	330
Освещенность, лк	23	18 – 20, через месяц существенно снижается	30 (желтого света)
Использование светового потока, %	более 98	30 – 50	65
Срок службы светоизлучающего элемента, час	до 100000	до 3000	до 6000
Выход на рабочий режим	менее 1 сек	10 – 15 мин	15 мин
Устойчивость к колебаниям сетевого напряжения	устойчив в диапазоне 120-280 В	не устойчив	не устойчив
Эксплуатационные расходы	отсутствуют	высокие	средние
Перегрузки в сети	---	при пуске	при пуске
Тепловыделение	низкое	высокое	высокое
Мерцание	отсутствует	присутствует	присутствует
Пусковой ток, А	---	4,5	4,5
Потребляемый ток, А	0,7 – 1,1	2,1 – 2,2	2,1 – 2,2
Специальные условия утилизации источников света	не требуются	требуются	требуются
Устойчивость к перепадам напряжения	не чувствителен	слабая	слабая
Виброустойчивость в процессе эксплуатации	высокая	слабая	слабая

В последнее время наибольшее распространение для освещения подземных горных выработок получили следующие серии светильников:

1. Серия ЛСР – светильники рудничные сетевые предназначены для общего освещения подземных выработок шахт опасных по газу и пыли, а также для производственных помещений обогатительных фабрик, мукомольной и цементно-производящей промышленности. Выпускается следующих типов:

1.1. Серия ЛСР с люминесцентной лампой:

- светильник ЛСР(К)-1 – шахтный люминесцентный рудничный взрывозащищенный, взрывозащита РВ ExdI, напряжение питания 127 В или 220 В, 1 лампа люминесцентная энергосберегающая с цоколем E27, мощность 25 Вт, световой поток 1280 лм, размеры 380x260x100 мм, масса 3,5 кг;

- светильник ЛСР(К)-2 – шахтный люминесцентный рудничный взрывозащищенный, взрывозащита РВ ExdI, напряжение питания 127 В или 220 В, 2 лампы люминесцентные энергосберегающие с цоколем E27, мощность 50 Вт, световой поток 2560 лм, размеры 690x260x100 мм, масса 7,0 кг;

- светильник ЛСР 1-01 – шахтный люминесцентный рудничный взрывозащищенный, имеет электронный высокочастотный ПРА, взрывозащита РВ ExdI, напряжение питания 127 В или 220 В, 1 лампа люминесцентная энергосберегающая ЛБ 18 с цоколем G13, мощность 20 Вт, световой поток 1000 лм, размеры 800x260x110 мм, масса 6,5 кг;

1.2. Серия ЛСР со светодиодами:

- светильник ЛСР(К)-1С – рудничный светодиодный взрывозащищенный, взрывозащита РВ ExdI/1ExdIIВТ4, напряжение питания 127 В, мощность 12 Вт, световой поток 1000 лм, размеры 380x260x100 мм, масса 3,5 кг;

- светильник ЛСР(К)-2С – рудничный светодиодный взрывозащищенный, взрывозащита РВ ExdI/1ExdIIВТ4, напряжение питания 127 В, мощность 24 Вт, световой поток 2000 лм, размеры 690x260x100 мм, масса 6,5 кг;

- светильник ЛСР 1-02 – шахтный светодиодный рудничный взрывозащищенный, взрывозащита РВ ExdI, напряжение питания 127 В или 220 В, мощность 9 Вт, световой поток 900 лм, размеры 800x260x110 мм, масса 6,5 кг.

2. Серия СШЛ – светильники серии СШЛ предназначены для общего освещения подземных выработок шахт опасных по газу и пыли, а также для производственных помещений обогатительных фабрик, мукомольной и цементно-производящей промышленности. Выпускается следующих типов:

- светильник СШЛ-1 шахтный люминесцентный взрывозащищенный (имеет установочные размеры светильника СЗВ 1,2М), взрывозащита

РВ1В, напряжение питания 127 В или 220 В, 1 компактная лампа со встроенным ПРА, мощность 15 Вт, масса 7 кг;

- светильник СШЛ-2 шахтный люминесцентный взрывозащищенный, взрывозащита РВ 1В, напряжение питания 127 В или 220 В, 2 компактные лампы со встроенным ПРА, мощность 30 Вт, масса 9 кг.

3. Серия СЗВ – светильники серии СЗВ применяются в угольных шахтах, опасных по газу и пыли и предназначены для освещения в забоях, оборудованных механизированными комплексами. Выпускается следующих типов:

- светильник СЗВ-1.2М.С забойный взрывобезопасный со светодиодным модулем, взрывозащита РВ 1В, напряжение 36-127 В, мощность 15 Вт, световой поток 1200 лм, размеры 265x260x120 мм, масса 6 кг;

- светильник СЗВ-1.2М.С-01 забойный взрывобезопасный со светодиодным модулем, взрывозащита РВ 1В – 1ExdIIAT3, напряжение 90-260 В, мощность 24 Вт, световой поток 2650 лм, размеры 265x260x120 мм, масса 6 кг;

- светильник СЗВ-1.2М.С-02 забойный взрывобезопасный со светодиодным модулем и светопротускающим колпаком красного либо желтого цвета, взрывозащита РВ 1В – 1ExdIIAT3, напряжение 36-127 В, мощность 15 Вт, размеры 265x260x120 мм, масса 6 кг;

4. Серия СШС – светильники серии СШС применяются для стационарного сетевого освещения в подземных выработках шахт; для бытовых нужд (освещение подвалов, сараев, гаражей, бань, улиц и дворов); для нужд морского и речного флота (освещение трюмных помещений, кубриков, палубных надстроек). Выпускается следующих типов:

- светильник СШС 1.1М шахтный стационарный, взрывозащита РП 1В, степень защиты IP54, напряжение 127-220 В, мощность лампы 100 Вт, лампа Б125-135-100, размер 301x200x195 мм, масса 5 кг;

- светильник СШС 2.1М шахтный стационарный, взрывозащита РП 1В, степень защиты IP54, напряжение 127-220 В, мощность лампы 200 Вт, лампа Г125-135-100, размер 350x209x233 мм, масса 6,5 кг.

5. Серия "Проходка-2" – светильники серии "Проходка-2" предназначены для освещения забоев вертикальных горных выработок при строительстве шахт, опасных по газу и пыли, а также может быть использован для освещения полков, пройденной части ствола и околоствольных выработок. Взрывобезопасный, взрывозащита РП 1В, степень защиты IP56, напряжение 220 В, мощность 125 Вт, лампа ДРЛ-125(6), размер 524x472x330 мм, масса 38 кг.

6. Серия "Фотон" – светильники серии "Фотон" предназначены для освещения промышленных и производственных зданий, помещений сельскохозяйственного и бытового назначения, а также для различных

горнодобывающих и перерабатывающих комплексов и механизмов. Выпускается следующих типов:

- светильник "Фотон" светодиодный взрывобезопасный, взрывозащита РВ Exd[i<sub>a</sub>]IX/1Exd[i<sub>a</sub>]ПВТ5Х, исполнение IP54, напряжение 127-220 В, мощность лампы 40 Вт, световой поток 4000 лм, габаритные размеры 279x267x271 мм, масса 12 кг;

- светильник "Фотон" светодиодный общепромышленный, исполнение IP54, напряжение 127-220 В, мощность лампы 40 Вт, световой поток 4000 лм, габаритные размеры 279x267x271 мм, масса 12 кг.

7. Серия "Луч" – светильники серии "Луч" предназначены для освещения промышленных и производственных зданий, помещений сельскохозяйственного и бытового назначения, а также различных горнодобывающих и перерабатывающих комплексов и механизмов. Светильники серии "Луч" выпускаются четырех видов:

- светильник "Луч" светодиодный общепромышленный, исполнение IP65, напряжение 220-250 В, мощность лампы 15 Вт, световой поток 1200 лм, габаритные размеры Ø = 165x153 мм, масса 2,1 кг;

- прожектор "Луч" светодиодный общепромышленный, исполнение IP65, напряжение 220-250 В, мощность лампы 15 Вт, световой поток 1200 лм, габаритные размеры Ø = 165x153 мм, масса 2,1 кг;

- светильник "Луч" светодиодный общепромышленный, исполнение IP65, напряжение 220-250 В, мощность лампы 24 Вт, световой поток 1800 лм, габаритные размеры Ø = 165x153 мм, масса 2,1 кг;

- прожектор "Луч" светодиодный общепромышленный, исполнение IP65, напряжение 220-250 В, мощность лампы 24 Вт, световой поток 1800 лм, габаритные размеры Ø = 165x153 мм, масса 2,1 кг.

8. Серия "Факел" – светильники серии "Факел" предназначены для освещения промышленных и производственных зданий, помещений сельскохозяйственного и бытового назначения, а также различных горнодобывающих и перерабатывающих комплексов и механизмов. Светильники серии "Факел" выпускаются пяти видов: 3 вида с компактной люминесцентной лампой (для всех видов: IP65, номинальное напряжение 220-250 В, габаритные размеры Ø = 170x330 мм, масса 1 кг) и 2 вида со светодиодами (для всех видов: IP65, номинальное напряжение 90-264 В, габаритные размеры Ø = 170x330 мм, масса 1 кг):

- с лампой P<sub>н</sub> = 26 Вт, световой поток 1800 лм;

- с лампой P<sub>н</sub> = 36 Вт, световой поток 2200 лм;

- с лампой P<sub>н</sub> = 42 Вт, световой поток 2500 лм;

- со светодиодами P<sub>н</sub> = 15 Вт, световой поток 1000 лм;

- со светодиодами P<sub>н</sub> = 21 Вт, световой поток 1600 лм.

Для питания цепей освещения используются осветительные трансформаторы, аппараты и пусковые агрегаты. Осветительные трансформаторы выпускает ООО "Прокопьевский Завод Светотехника"

(бывший ПЗША – Прокопьевский завод шахтной автоматики), а осветительные аппараты и пусковые агрегаты – российские производители ООО "Прокопьевский Завод Светотехника", ООО "ПП ШЭЛА" (Производственное предприятие Шахтной электроаппаратуры) и украинский Торезский электромеханический завод. Торезский электромеханический завод и Прокопьевский завод "Светотехника" выпускают пусковые агрегаты и осветительные аппараты во взрывобезопасном исполнении, а ООО "ПП ШЭЛА" – в исполнении РН1, для условий не опасных по взрыву газа и пыли

Данные агрегаты и аппараты осуществляют защиту: от токов двухфазных и трехфазных КЗ осветительной сети; от токов утечки на землю при снижении сопротивления изоляции отходящих линий ниже критической величины; от замыкания и обрыва цепи дистанционного управления, а также блокировку от подачи напряжения на поврежденную осветительную сеть[3].

## 2. Расчет осветительной сети в подземных горных выработках

В подземных горных выработках для расчета осветительной сети применяют точечный метод [2], который не учитывает показатели освещаемого помещения (отражение стен и потолка). Исходными данными для применения данного метода служит кривая распределения силы света светильника и расстояние от светильника до заданной точки освещаемой поверхности.

На рис. 1 представлен график к расчету освещенности.

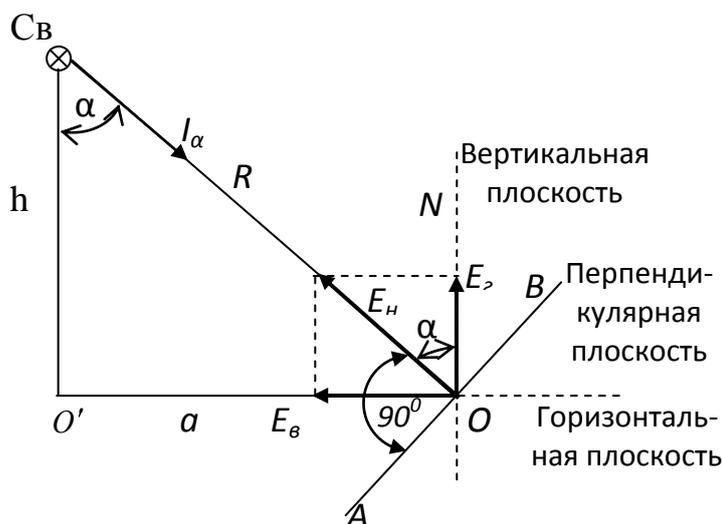


Рис. 1. График к расчету освещенности

На рис. 1 представлены:  $S_v$  – светильник;  $h$  – высота подвеса светильника (расстояние от почвы выработки до центра нити);  $a$  – расстояние по горизонтали между светильником и заданной точкой

освещаемой поверхности (полурасстояние между двумя светильниками);  $R$  – расстояние между светильником и заданной точкой освещаемой поверхности;  $\alpha$  – угол наклона светильника;  $I_\alpha$  – сила света светильника;  $E_n$ ,  $E_g$ ,  $E_v$  – соответственно нормальная, горизонтальная и вертикальная освещенности.

Методика расчета электрического освещения в подземных выработках заключается в следующем:

1. В зависимости от условий эксплуатации и условий окружающей среды выбирается тип светильника.

2. На основании размеров освещаемой выработки принимается высота подвеса светильника и расстояние между светильниками.

3. По формулам определяется освещенность в заданной точке освещаемой поверхности.

4. Результат расчета сопоставляется с нормами освещенности.

Горизонтальная и вертикальная освещенности определяется по выражениям:

$$E_g = \frac{\kappa_n * I_\alpha * \cos^3 \alpha}{\kappa_3 * h^2}, \text{ ЛК}$$

$$E_v = \frac{\kappa_n * I_\alpha * \cos^2 \alpha * \sin \alpha}{\kappa_3 * h^2}, \text{ ЛК,}$$

где  $E_g$ ,  $E_v$  – соответственно горизонтальная и вертикальная освещенности, лк;  $\kappa_n = F_\lambda / 1000$  – поправочный коэффициент;  $I_\alpha$  – сила света лампы под углом  $\alpha$ , определяемая из кривой светораспределения светильника, кд;  $F_\lambda$  – световой поток применяемой лампы, лм;  $\kappa_3 = 1,2 \div 2,0$  – коэффициент запаса, учитывающий запыление и загрязнение светильников (чем больше загрязненность светильника, тем больше принимается  $\kappa_3$ );  $h$  – высота подвеса светильника (от почвы выработки до центра нити), м.

Расстояние между светильниками, расположенными в подземных горных выработках при строительстве городских подземных сооружений, принимается от 6 до 12 м. Данное расстояние можно принять по соотношению

$$2a = (1,5 \div 2,0) * h, \text{ м,}$$

где  $2a$  – расстояние между светильниками, м;  $h$  – высота подвеса светильника, м.

Результат расчета сопоставляется с нормами освещенности, приведенными в отраслевых нормативных документах [1]. Если результат расчета меньше минимальной нормативной освещенности, то принимают светильник с большей силой света и повторяют расчет или уменьшают расстояние между светильниками, добиваясь результата, равного или превышающего норму минимальной освещенности.

Необходимое количество светильников для освещения проходимых выработок можно определить по выражению

$$n = \frac{L}{2a}, \text{ шт.},$$

где  $L$  – протяженность проходимой выработки, м;  $2a$  – расстояние между светильниками, м.

Суммарная мощность светильников определяется из выражения

$$\Sigma P_{св} = P_{св} * n * 10^{-3}, \text{ кВт},$$

где  $P_{св}$  – мощность одного светильника, Вт.

Расчетная мощность трансформатора для питания осветительной сети выбирается по выражению

$$S_{тр.осв.расч} = \frac{\Sigma P_{св}}{1000 * \eta_c * \eta_{св} * \cos \varphi_{св}}, \text{ кВ*А},$$

где  $\eta_c$  – КПД сети,  $\eta_{св}$  – КПД светильника,  $\cos \varphi_{св}$  – коэффициент мощности светильника.

Сечение основной токонесущей жилы кабеля питания осветительной сети находится из выражения

$$s = \frac{M}{c * \Delta U'}$$

где  $M$  – момент нагрузки, приходящий на данный кабель, кВт\*м;  $c$  – конструктивный коэффициент, зависящий от типа осветительного кабеля ( $c = 8,5$  – для гибких кабелей с медными жилами);  $\Delta U = 4\%$  – нормируемая величина потери напряжения в кабельной осветительной сети.

Момент нагрузки на кабель, питающий осветительную сеть, определяется из выражения

$$M = \frac{\Sigma P_{св}}{n_{л} * n_{тр}} * \frac{L}{n_{л} * n_{тр}},$$

где  $\Sigma P_{св}$  – суммарная мощность светильников, кВт;  $L$  – протяженность осветительной сети, м;  $n_{л}$  – количество отходящих линий от осветительного трансформатора, шт.;  $n_{тр}$  – количество осветительных трансформаторов, шт.

Определим параметры осветительной сети для трех светильников:

- НСР 01 – с лампой накаливания мощностью 100 Вт;
- ЛСП-1-01 – с люминесцентной лампой мощностью 26 Вт;
- НСР 01-03-LED – со светодиодной лампой мощностью 13 Вт.

Расчеты выполнены для случая расположения светильников в подземной горной выработке с нормируемой освещенностью  $E_r = 10$  лк (согласно [1] – в местах прохода людей). Светильники получают питание от осветительной сети напряжением 220 В. Результаты расчетов сведены в табл. 2.

Таблица 2.

**Расчет параметров осветительной сети при работе различных типов светильников.**

Технические характеристики	Тип светильников		
	НСП-01 (с лампой накаливания)	ЛСП-1-01 (с люминесцентной лампой)	НСП-01-03-LED (со светодиодной лампой)
Расстояние между светильниками, м	5,5	6,0	5,0
Высота подвеса светильника, м	3,0	3,0	3,0
Номинальная мощность лампы, Вт	100	26	13
Световой поток, лм	1400	1600	1100
КПД светильника, %	62	70	100
Коэффициент мощности светильника	1	0,85	0,95
Непрерывное число работы, час	1400	10 000	100 000
Вес светильника, кг	2,5	3,5	3,0
Стоимость, руб.	1389	1353	2700
<b>Расчетные параметры</b>			
$K_p$ – поправочный коэффициент	1,4	1,6	1,1
$I_{\alpha}$ – сила света, кд	132	128	135
$n_{св}$ – количество светильников, шт.	182	167	200
$\Sigma P_{св}$ – суммарная мощность, кВт	18,2	4,34	2,6
$S_{тр.расч}$ – расчетная мощность осветительного тр-ра, кВ*А	39,1	9,7	3,6
$n_{тр}$ – расчетное кол-во тр-ров (АОШ-2,5)	16	4	2
$M$ – момент нагрузки на кабель, кВт*м	71,09	271,25	650
$s$ – сечение жилы, мм <sup>2</sup>	2,09	7,08	19,12
$I_{св.расч}$ – расчетный ток светильника, А	0,454	0,139	0,062
$n_{св.каб}$ – кол-во светильников на один отходящий кабель	11,4	41,7	100
$I_{осв.расч}$ – расчетный ток кабеля, А	5,18	5,8	6,2

Выполненные расчеты позволяют сделать следующие выводы:

- для осветительной сети со светодиодными лампами расчетная величина потери напряжения в осветительном кабеле составляет 4,29 %, что больше нормируемой величины;

- для получения нормируемой величины потери напряжения (4%) следует подключать к осветительному трансформатору кабель сечением токонесущей жилы не более 6 мм<sup>2</sup> длиной не более:

а) 212 м – при питании напряжением 220 В;

б) 122 м – при питании напряжением 127 В.

В соответствии с чем, расчетная мощность на один трансформатор при нормируемой длине определится

$$S_{\text{тр.норм}} = \frac{S_{\text{тр.расч}}}{(L/L_{\text{норм}})},$$

где  $S_{\text{тр.расч}}$  – расчетная мощность осветительного трансформатора, кВ\*А;  $L$  – протяженность осветительной сети, м;  $L_{\text{норм}}$  – нормированная длина осветительного кабеля отходящей линии при соответствующем напряжении, м.

В нашем случае мощность осветительного трансформатора при одной отходящей осветительной линии

$$S_{\text{тр.норм}} = \frac{S_{\text{тр.расч}}}{(L/L_{\text{норм}})} = \frac{3,6}{1000/212} = 0,76 \text{ кВ} * \text{А}.$$

При двух отходящих линиях

$$S_{\text{тр}} = 0,76 * 2 = 1,52 \text{ кВ} * \text{А}.$$

### 3. Расчет электропотребления осветительной сети

Расчет электропотребления осветительной сети в подземных горных выработках с различными типами ламп выполним в виде табл. 3.

Результаты расчетов показывают, что годовые суммарные затраты на устройство осветительной сети в подземных горных выработках на основе светильников с лампами накаливания в 1,63 раза больше, чем на устройство осветительной сети на основе светодиодных ламп и в 2,47 раза больше, чем на устройство осветительной сети на основе компактных люминесцентных энергосберегающих ламп. Выполненные расчеты показывают также, что суммарные затраты на устройство осветительной сети с люминесцентными лампами через 3,5 года превысит суммарные затраты на устройство осветительной сети со светодиодными лампами. В дальнейшем эта разница будет только увеличиваться.

Таблица 3.

**Расчет электропотребления осветительной сети в подземных горных выработках.**

Технические характеристики	Тип светильников		
	НСП-01 (с лампой накаливания)	ЛСП-1-01 (с люминесцентной лампой)	НСП-01-03-LED (со светодиодной лампой)
Номинальная мощность лампы, Вт	100	26	13
Стоимость одного светильника, руб.	1389	1353	2700
Срок службы, ч	1400	10 000	100 000
Число часов работы в сутки, ч	24	24	24
Число часов работы в месяц, ч	720	720	720
Число часов работы в год, ч	8760	8760	8760
Расход эл. энергии одной лампой за один час, кВт*ч	0,1	0,026	0,013
Количество светильников, шт.	182	167	200
Затраты на оплату светильников, руб	252 798	225 951	540 000
Расход эл. энергии за сутки, кВт*ч	436,8	104,208	62,4
Расход эл. энергии за месяц, кВт*ч	13104	3126,24	1872
Расход эл. энергии за год, кВт*ч	159432	38035,92	22776
Затраты на оплату эл. энергии в месяц, руб.	52 416	12 504,96	7 488
Затраты на оплату эл. энергии в год, руб.	637 728	152 143,68	91 104
Замена ламп в течение года	6,26 раза	0,876 раза	0,0876 раза
Стоимость одной лампы, руб	150	350	1125
Стоимость замены ламп, руб.	170 898	51 202,2	19 710
Суммарные затраты за первый год, руб.	1 061 424	429 296,88	650 814
Суммарные затраты за второй и следующие годы, руб.	808 626	203 345,88	110 814
Суммарные затраты за три года, руб.	2 678 676	835 988,64	872 442

**Выводы:**

1. Для питания осветительной сети со светодиодными лампами изготовителям следует выпускать осветительные трансформаторы или агрегаты с номинальной мощностью 0,8 кВ\*А при одной отходящей осветительной линии и с номинальной мощностью 1,6 кВ\*А – при двух отходящих осветительных линиях.

2. Максимальная длина отходящей осветительной линии должна составлять не более 212 м при питании от сети напряжением 220 В и не более 122 м – при питании от сети 127 В.

3. Годовые суммарные затраты на устройство осветительной сети в подземных горных выработках на основе светильников с лампами накаливания в 1,63 раза больше, чем на устройство осветительной сети на основе светодиодных ламп и в 2,47 раза больше, чем на устройство осветительной сети на основе компактных люминесцентных энергосберегающих ламп.

4. Суммарные затраты на устройство осветительной сети в подземных горных выработках на основе светодиодных светильников по сравнению с люминесцентными светильниками уменьшаются через 3,5 года.

### **Литература.**

1. ПБ 03-428-02. Правила безопасности при строительстве подземных сооружений, 2001.

2. Петров Г.М. Электрификация строительства городских подземных сооружений: Учебное пособие. – М.: Горная книга, 2008. – 210 с.

3. Аппараты осветительные шахтные типа АОШ-2,5; АОШ-5,0. Руководство по эксплуатации. – Тула, издательство ООО "ПП ШЭЛА", 2010. – 22 с.

### **Аннотация**

Рассмотрены возможности различных светодиодных источников света при освещении подземных горных выработок. Приведены технические характеристики и достоинства светодиодных светильников. Выполнены расчеты параметров осветительной сети в подземных горных выработках с учетом применения разного типа светильников и выполнен расчет окупаемости светодиодного светильника.

Technical characteristics and merits of light-emitting diode lamps are given. The calculations of the parameters of lighting system in the underground mountain workings taking into account application of different type of lamps are executed and the calculation of the return on light-emitting diode lamp is executed.

**Ключевые слова.**

освещение, светодиодные светильники, осветительные  
трансформаторы, подземные горные выработки  
illumination, light-emitting diode lamps, lighting transformers,  
underground mountain workings