ВВЕДЕНИЕ

Высокая регулярность движения и надежность работы метрополитена достигается благодаря работе коллектива, а также применению современных технологий и новой техники, которые внедряются, в том числе и с использованием передового международного опыта крупнейших транспортных компаний мира.

Перевод освещения на энергосберегающие светильники со светодиодной лампой является в настоящее время очень эффективным, несмотря на большие затраты, т.к. стоимость светотехнической продукции достаточно высокая.

Новые энергоэффективные осветительные приборы позволяют значительно сократить затраты электрической энергии на освещение.

В результате замены ламп накаливания на более экономичные светодиодные источники света с той же светоотдачей, но меньшей мощностью в несколько раз снижается потребление электроэнергии.

Несмотря на стоимость светодиодной продукции, перевод системы освещения с ламп накаливания на светильники со светодиодной лампой является очень эффективным мероприятием в настоящее время.

Экономическая эффективность установки энергосберегающих источников света заключается в сокращении потребления электрической энергии и сокращении расходов на обслуживание системы освещения.

Актуальность темы дипломного проекта заключается в том, что создание экономичных, надежных систем освещения объектов метрополитена позволяют технически и экономически грамотно организовать технологический процесс и обеспечить безопасность движения поездов.

Целью дипломного проекта является – разработка энергоэффективной системы освещения тоннелей участка Бибирево - Отрадное, с использованием энергосберегающих технологий.

Объект исследования – система освещения тоннелей участка Бибирево - Отрадное.

Предмет исследования – энергоэффективные источники освещения.

Для достижения этой цели следует решить следующие задачи:

1. Произвести расчет системы освещения и выбор источника света.
2. Рассчитать значения электрических нагрузок; произвести выбор осветительных приборов, питающих линий и коммутационной аппаратуры; рассчитать и выбрать сечение кабелей и проводов.
3. Разработать схему питания осветительной сети.
4. Произвести выбор и расчет защитных устройств по условиям отключающей способности.
5. Произвести технико-экономический расчет показателей предложенного проекта.

Практическая значимость темы состоит в анализе проблем, существующих в системе освещения тоннелей участка Бибирево - Отрадное и разработке основных мер безопасности при обслуживании осветительной сети тоннеля.

1. ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ СВЕТА ДЛЯ РАБОЧЕГО И АВАРИЙНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Осветительные установки промышленных предприятий предназначаются для обеспечения нормальных и безопасных условий освещения производственных помещений.

Важнейшим требованием, предъявляемым к осветительной установке, является хорошая видимость освещаемых предметов. Качество освещения зависит от того, насколько правильно запроектирована и выполнена осветительная установка.

Различают два вида освещения:

1) рабочее, которое применяется во всех без исключения помещениях и обеспечивает нормируемые освещенности на рабочих местах.

2) аварийное, обеспечивающее в случае погасания светильников рабочего освещения минимальную освещенность, необходимую для временного продления деятельности персонала и обеспечения безопасности выхода людей из помещения.

В свою очередь различают следующие системы рабочего освещения:

1) система общего освещения, предназначенного для освещения рабочих поверхностей и всего помещения в целом. В связи с этим светильники общего освещения размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение) или применительно к расположению оборудования (общее локализованное освещение).

2) система местного освещения, предназначенного для дополнительного освещения рабочих мест, в стационарном и переносном исполнении.

3) система комбинированного освещения, предусматривающая совместное применение общего и местного освещения.

В данном пункте стоит задача выбора источников света для системы общего равномерного освещения.

В тоннеле имеются следующие помещения, приведенные в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Помещения в тоннеле

№	Помещение	Окружающая среда	Высота, м	Размер, м (длина/ширина)	Площадь, $м^2$
1	1 путь Бибирево Отрадное	Нормальная	3	942/4.5	4239
2	2путь Бибирево Отрадное	Нормальная	3	942/4.5	4239

Выбор того или иного ИС определяется требованиями к освещению (цветность излучения, зрительный комфорт, показатель блескости и др.). При этом предпочтение необходимо отдавать светодиодным источникам света как наиболее экономичным, имеющим световую отдачу от 75лм/Вт и выше, и в связи с этим обеспечивающие минимальное потребление электроэнергии.

В соответствии с [1], общее (независимо от принятой системы освещения) искусственное освещение производственных помещений, предназначенных для постоянного пребывания людей, должно обеспечиваться светодиодными источниками света.

По вышесказанному производим выбор источника света, результаты которого сводим в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Выбор источника света

Наименование помещения	Источник света	Обоснование
1	2	3
1 путь Бибирево Отрадное	LED	Значительная световая эффективность (от 60 лм/Вт и выше), существенная экономия электрической энергии
2 путь Бибирево Отрадное	LED	Значительная световая эффективность (от 60 лм/Вт и выше), существенная экономия электрической энергии

В данном пункте, мы произвели выбор источника света, а результаты выбора свели в табл. 1.2.

2. СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОБЩЕГО РАВНОМЕРНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

2.1. Выбор нормированной освещенности помещений и коэффициентов запаса

Выбор нормируемой освещенности выполняемой работы, рабочих мест является одним из важнейших этапов проектирования осветительных установок. При завышенных значениях освещенности возрастают приведенные затраты на осветительную установку, увеличивается расход электроэнергии на освещение. Заниженное освещение может являться причиной утомляемости и появления брака в работе, снижения производительности труда. Поэтому правильное определение нормируемой освещенности в значительной степени обуславливает эффективность осветительной установки.

Под нормируемой освещенностью понимается минимальная освещенность, которая должна иметь место в "наихудших" точках освещаемой поверхности. Установлена следующая шкала нормируемых значений освещенности: 0.2; 0,3; 0,5; 1; 2; 3; 5; 10; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 500; 600; 750; 1000; 1250; 1500; 2000; 3000; 4000; 5000; 6000; 7500 лк.

Нормируемая освещенность регламентируется строительными нормами (СНБ), где количественная величина освещенности указана в зависимости от объектов (и их размеров), контраста объектов, фона и отражения фона. Основным нормативным документом, первоисточником для выбора норм освещенности является СНБ 2.04.05-98, [2].СНИП

Нормированные значения освещенности должны быть обеспечены в течение всего времени эксплуатации осветительной установки. Однако, в связи с тем, что период эксплуатации имеет место постоянное уменьшение освещенности, начальная освещенность должна быть принята больше нормированной, а именно, равна последней, умноженной на коэффициент запаса, значения которого регламентированы нормами. Этот коэффициент учитывает снижение светового потока источников света к концу срока службы, запыление светильников, старение последних, т.е. ухудшение характеристик, не

восстанавливаемых очисткой, и снижение коэффициентов отражения стен и потолка помещения. Необходимый коэффициент запаса зависит от количества и характера пыли в воздухе, степени старения данного типа источников света (в связи с чем для светодиодных ламп коэффициент запаса повышается), типа светильников, и, конечно периодичности очистки последних.

Произведем выбор нормированной освещенности и коэффициентов запаса для всех имеющихся помещений по [1] и [2], а результаты выбора сведем в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Выбор нормированной освещенности и коэффициентов запаса

№	Наименование помещения	Нормированная освещенность, лк	Плоскость нормирования освещенности	Коэффициент запаса (Кз)
1	Тоннель перегонный ,тупиковый, соеденительный	20	Уровень головок рельсов	1,5
2	Участок тоннеля длинной 25м перед платформой станции и после нее	60	Уровень головок рельсов	1,5

2.2. Расчет основного помещения методом коэффициента использования

Для светотехнического расчета основного помещения будем применять метод коэффициента использования светового потока.

Световой поток:

$$Ф = \frac{E_{MIN} \cdot K_З \cdot S \cdot \mu}{n \cdot U}, \quad (2.2)$$

где μ – коэффициент неравномерности светового потока, 1,1-1,15;

U – коэффициент использования светового потока, значение которого определяют по справочнику, исходя из значения параметра "*i*",

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)}, \quad (2.3)$$

где S — площадь освещаемой поверхности, $м^2$;

$K_з$ – коэффициент запаса;

n – количество ламп в помещении;

E_{min} – освещенность, лк.

Расчетный световой поток должен лежать в пределах (-10%.., +20%).

E_{min} = 20 лк; $K_з$ = 1,5.

Таблица 2.2

Основное помещение

№	Помещение	Высота, м	Размер, м (длина/ширина)	Площадь, $м^2$
1	1 путь Бибирево Отрадное	3	917/4.5	4126.5
2	2путь Бибирево Отрадное	3	917/4.5	4126.5
3	Адаптационная зона тоннеля	3	25/4.5	112.5
4	Адаптационная зона тоннеля	3	25/4.5	112.5

Тогда индекс помещения:

$$i12=\frac{917 \cdot 4,5}{3 \cdot (917+4,5)}=1.49;$$

$$i34=\frac{25 \cdot 4,5}{3 \cdot (25+4,5)}=1.27.$$

В данном помещении светильники типа НСП17-100-106«М», тогда при *i* = 1.5 и коэффициентах отражения (ρп = 0%, ρс = 0%, ρр=0%) по [20] определяем значение коэффициента использования светового потока :

U12 = 0,21; U3-4 = 0,18.

Количество светильников равно: N12 = 245; N3-4 =24.

Требуемый световой поток равен по формуле (3.2).

$$Фтр12=\frac{20 \cdot 1,5 \cdot 4126.5 \cdot 1,15}{245 \cdot 0,21}=2767 лм.$$

$$Фтр3\text{-}4=\frac{60 \cdot 1,5 \cdot 112.5 \cdot 1,15}{22 \cdot 0,18}=2985,5 лм.$$

По [3] выбираем светодиодные лампы типа Ecola GX53 LED Premium 12.0W 220V 4200K. Световой поток лампы равен:

Фл = 2800 лм.

Определяем погрешность:

$$\Delta 12 = \frac{Ф_л - Ф_{тр}}{Ф_{тр}} \cdot 100 = \frac{2800 - 2776}{2776} \cdot 100 = +0{,}86\%$$

$$\Delta 3\text{-}4 = \frac{Ф_л - Ф_{тр}}{Ф_{тр}} \cdot 100 = \frac{2800 - 2985{,}5}{2985{,}5} \cdot 100 = -6{,}21\%.$$

условие – 10% < Δ12 = +0,86 % < +20 % выполняется.

условие – 10% < Δ 3-4= -6,21 % < +20 % выполняется.

2.3. Расчет аварийного освещения точечным методом

В соответствии со СНИПом, совместно с общим освещением должно устанавливаться и аварийное освещение. Причем аварийное освещение может быть двух видов:

- для продолжения работы - устанавливается тогда, когда необходимо продолжать технологический процесс или завершить его до определенной стадии. Для этого освещения Emin = 5 % от общего рабочего освещения (возможно и более);
- аварийное эвакуационное освещение - для эвакуации, организуется для того, чтобы обеспечить нормальный проход (без травматизма) при погасании основного рабочего освещения. Минимальная освещенность в местах проходов в основном помещении не менее 0,5 лк, вне помещения - не менее 0,2 лк.

Эвакуационное освещение организовывается:

- в производственных помещениях, с количеством работающих не менее 50 человек или в обычных помещениях, в которых не менее 100 человек;
- в помещениях без естественного света;

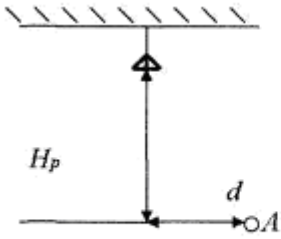
- в помещениях, где затруднен проход.

В качестве источников света для эвакуационного освещения применяем LED.

Для эвакуационного освещения могут быть использованы источники света со светильниками общего рабочего освещения или установлены дополнительные источники света со светильниками. Максимальная мощность для источников света аварийного освещения для: LED — до 30 Вт.

Для расчета аварийного освещения воспользуемся точечным методом расчета, служащим для расчета освещения как угодно расположенных поверхностей и при любом распределении освещенности. При расчете по этому методу учитывается как прямой, так и отраженный свет.

Точечный метод расчета использует пространственные изолюксы [т.е. кривые равных значений освещенностей, построенные при условной лампе со световым потоком в 1000 лм в координатах e(d, Hp)].



Где: d – это расстояние от характерной рассматриваемой точки до проекции источника света на эту плоскость.

Рис. 2.3. К расчёту аварийного освещения

При расчете на плане помещения с расположением светильников намечают одну (две) характерные точки с предполагаемой минимальной освещенностью. Для этой характерной точки определяют расстояние (di). Затем по графику условных освещенностей определяют изолюксы:

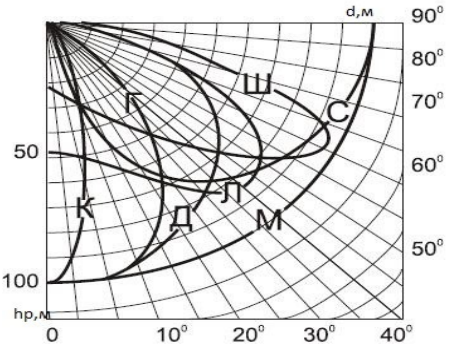


Рис 2.4. Пространственные изолюксы условной горизонтальной освещенности от светильников с КСС типа С

Ei = K (di , Hp).

А затем по выражению:

$$\Phi_p = \frac{1000 \cdot E_{\min} \cdot K_3}{\mu \cdot \sum E_i} \qquad (2.4)$$

определяют световой поток источника света, принимая μ = 1,1-1,2.

Помимо точечного метода с использованием линейных изолюкс существует еще и метод линейных изолюкс (применяется для расчета освещения от светящихся линий).

В данном дипломном проекте мы проектируем аварийное эвакуационное освещение только для тоннеля. В качестве светильников для аварийного освещения принимаем светильники типа НСП17-100-106«М», со светодиодными лампами Ecola GX53 LED Premium 12.0W 220V 4200K. Режим работы аварийного освещения при погасании основного освещения. Расстояние от ближайших светильников до точки "А" равно: d1= d2 = 8,66 м. Высота подвеса равна: Hp = 3м. По [1] получаем: Ed1 = Ed2 = 0,7. Тогда:

$$E_{\min} = \frac{2800 \cdot 1{,}15 \cdot (0{,}7 + 0{,}7)}{1000 \cdot 1{,}3} = 3{,}467 > 1 лк .$$

Результаты расчета сводим в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Результаты расчета освещенности в контрольных точках для основного участка

Контрольная точка	Расстояние до контрольной точки	Изолюксы Ei	Минимальная освещенность Emin
A	d1 = 8.66	0,7	3,46 лк
	d2 = 8.66	0,7	

В данном пункте был произведен расчет системы общего равномерного освещения, тем самым окончательно определили количество светильников в тоннеле, а также определили типы и мощности устанавливаемых в эти светильники ламп. Также был произведен выбор источников света, типов светильников их размещения для системы аварийного освещения и расчет системы аварийного освещения.

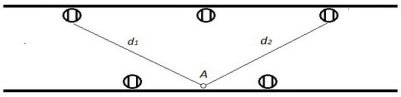


Рис. 2.5. Аварийное освещение основного участка

3. ВЫБОР ТИПА СВЕТИЛЬНИКОВ, ВЫСОТЫ ИХ ПОДВЕСА И РАЗМЕЩЕНИЯ В ТОННЕЛЕ

Светильники являются осветительными приборами ближнего действия и предназначены они для рационального перераспределения светового потока ламп, а также для защиты глаз от чрезмерной яркости, предохраняют источники света от загрязнения и механических повреждений. Конструктивно они состоят из корпуса-отражателя и (или) рассеивателя, патрона и крепящего устройства.

Каждый из светильников может характеризоваться одной из семи типовых кривых силы света: концентрированной (К), глубокой (Г), косинусной (Д), полуширокой (Л), широкой (Ш), равномерной (М) и синусной (С).

Основными факторами, определяющими выбор светильников, являются:

а) условия окружающей среды (наличие пыли, влаги, химической агрессивности, пожароопасных и взрывоопасных зон);

б) строительная характеристика помещения (размеры помещения, в том числе его высота, наличие ферм, технологических мостиков, размеры строительного модуля, отражающие свойства стен, потолка, пола и рабочих поверхностей);

в) требования к качеству освещения.

Выбор конкретного типа светильника осуществляется по конструктивному исполнению, светораспределению и ограничению слепящего действия, экономическим соображениям.

Конструктивное исполнение светильника в значительной степени определяется уровнем защиты его от воздействия окружающей среды.

От конструктивного исполнения светильников зависит их надежность и долговечность в данных условиях среды помещения, безопасность в отношении пожара, взрыва и поражения электрическим током, а также удобство обслуживания.

В нормальных сухих и влажных помещениях допускается применения всех типов незащищенных (IP20) светильников.

В сырых помещениях также допускается применение незащищенных (IP20) светильников, но при условии выполнения корпуса патрона из изоляционных и влагостойких материалов.

В особо сырых помещениях и в помещениях с химически активной средой рекомендуется применение светильников со степенью защиты не ниже ЕР22, в пыльных помещениях - не ниже IP44.

В жарких помещениях - не ниже IP20, причем в светильниках с люминесцентными лампами рекомендуется применение амальгамных ламп.

В пожароопасных зонах применяются светильники с минимальными допустимыми степенями защиты, указанными в [3].

Правильный выбор светильника по светораспределению обуславливает экономичное использование светового потока источника света, приводит к снижению установленной мощности осветительной установки. При равных условиях предпочтительнее выбирать светильники с более высоким КПД, несмотря на их более высокую стоимость. Эти дополнительные затраты окупаются за счет экономии электроэнергии.

В производственных помещениях с низкими коэффициентами отражения стен, потолков целесообразно применение светильников прямого света класса П со светораспределением типа К (концентрированная) при высоких потолках (более 6-8 м), с меньшей высотой потолков - со светораспределением типа Д (косинусная), реже Г (глубокая). С увеличением высоты помещения применяемый светильник должен иметь большую степень концентрации светового потока (К, Г) и наоборот, в низких помещениях рекомендуется использовать светильники с более широким светораспределением (Д, Г).

При высоких отражающих свойствах стен и потолков производственных помещений (светлые потолки и стены) целесообразно применение светильников преимущественно прямого света класса Н.

При высоких отражающих свойствах пола или рабочих поверхностей преимущество получают светильники класса П, поскольку в этом случае за счет отражения в верхнюю полусферу попадает достаточно светового потока для создания приемлемого зрительного комфорта.

Светильники преимущественно прямого света класс П и рассеянного света класса Р с кривыми светораспределения Д (косинусная) и Л (полуширокая) целесообразно применять для освещения административных, учебных помещений, лабораторий и т.п.

Светильники классов В (преимущественно отраженного света) и О (отраженного света) применяют для создания архитектурного освещения производственных помещений, гражданских зданий. Для наружного освещения -светильники с кривой силы света Ш (широкая).

Поскольку основное помещение имеет значительные габаритные размеры (в том числе его высота составляет 3 м) и относится к помещениям с нормальной средой, то для него по [2] принимаем светильники типа НСП17-100-106«М», со степенью защиты IP50 и кривой силы света С.

Результаты выбора типов светильников сведем в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Выбор типов светильников

№	Наименование помещения	Тип светильника	Кривая силы света
1	1 путь Бибирево Отрадное	НСП17-100-106«М»,	С
2	2путь Бибирево Отрадное	НСП17-100-106«М»,	С
3	1 путь Бибирево Алтуфьево	НСП17-100-106«М»,	С
4	2 путь Бибирево Алтуфьево	НСП17-100-106«М»,	С

Размещение светильников в плане и разрезе помещения определяется следующими размерами (см. рис. 3.1 и рис. 3.2):

Н – высота помещения;

h_c – расстояние светильников от перекрытия (свес), h_c = 0…0,5м (при высоте помещения 10 м допускается увеличивать высоту свеса до 1 м);

$h_n = H – h_c$ – высота светильников над полом;

h_P – высота расчетной поверхности над полом ($h_p = 0,8$м);

$H_p = h_n – h_P$ – расчетная высота;

l_a , l_b – расстояния от стен до первого ряда; L_a , L_b – расстояния между соседними рядами.

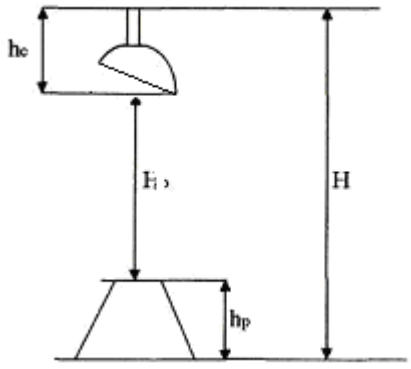


Рис. 3.1. Подвес светильника над рабочей поверхностью

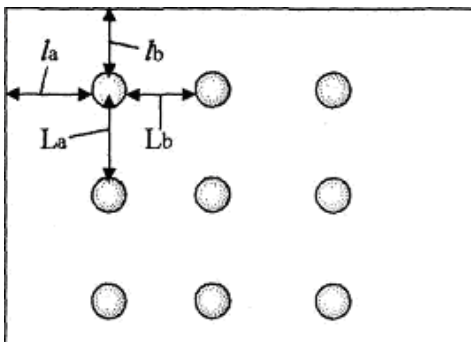


Рис. 3.2. Расстояния до стен и между рядами светильников

Расположение светильников в основном помещении производится из соображения выполнения условия:

$$\lambda = L / Hp,$$

где $L = \sqrt{L_a \cdot L_b}$, причем рекомендуется:

$l_a = l_b = (0,05…0,3) \cdot L$ – если у стен есть рабочие места;

$l_a = l_b = (0,3…0,5) \cdot L$ – если у стен нет рабочих мест;

Производим расчет места расположения светильников для основного помещения.

Основное помещение: размер тоннеля 942м х 4,5м; высота 4 м.

1) $l_a = l_b = (0,1…0,3) \cdot L = (0,3…0,5) \cdot 5,47 = 0,27…1,64$ м;

по скольку светильники крепятся на стене принимаем l_a =0,25 м.

2) L / Hр = 1,8 (для светильников с кривой силы света С по [2]);

$H_Р = 4 – (0,9 + 0,1) = 3$ м, тогда $L = 1,8 \cdot 3 = 5,47$ м;

3) $L = \sqrt{L_a \cdot L_b} = \sqrt{7,5 \cdot 4} = 5,47$ м;

тогда имеем: $L_a = 7,5$; $L_b = 4$ м.

Таким образом, мы в данной главе произвели выбор типа светильников (результаты выбора свели в табл. 3.1.), а затем произвели их расположение для основного помещения.

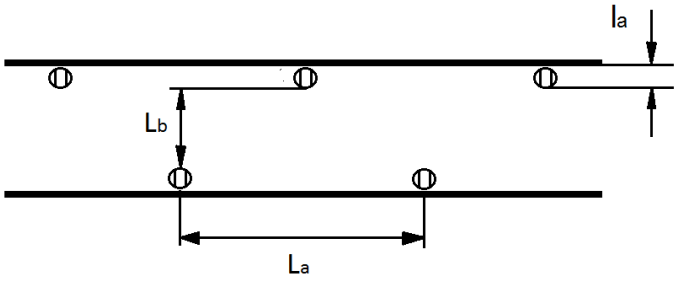


Рис.3.3. Расположение светильников в тоннеле

Выбор типа светильников и размещение их в тоннеле

См. Приложение 1-2.

4. РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ПИТАНИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Питание электрического освещения осуществляется, как правило, совместно с силовыми электроприемниками от общих трехфазных силовых трансформаторов с глухозаземленной нейтралью и номинальным напряжением на низкой стороне равным 400/230 В. Номинальное напряжение в таких сетях составляет 380/220 В.

Сети электрического освещения подразделяются на питающие, распределительные и групповые.

Питающая осветительная сеть - сеть от распределительного устройства подстанции или ответвления от воздушных линий электропередачи до вводного устройства (ВУ), вводно-распределительного устройства (ВРУ), главного распределительного щита (ГРЩ).

Распределительная сеть - сеть от ВУ, ВРУ, ГРЩ до распределительных пунктов, щитков и пунктов питания освещения.

Групповая сеть - сеть от щитков до светильников, штепсельных розеток и других электроприемников.

Электрические осветительные сети оцениваются в соответствии со следующими характеристиками:

- типами систем токоведущих проводников;
- типами систем заземления;
- способами и устройствами защиты от пожара (взрыва).

Типы систем токоведущих проводников переменного тока: однофазные двухпроводные; однофазные трехпроводные; двухфазные трехпроводные; двухфазные четырехпроводные; трехфазные четырехпроводные; трехфазные пятипроводные.

Питание электроприемников должно выполняться от сети 380/220В с системой заземления TN-S или TN-C-S. Буквенные обозначения имеют следующий смысл.

Первая буква - характер заземления источника питания:

T - непосредственное присоединение одной точки токоведущих частей источника питания к земле;

N - непосредственная связь открытых проводящих частей с точкой заземления источника питания (обычно заземляется нейтраль в системах переменного тока).

Последующие буквы определяют устройство нулевого рабочего и нулевого защитного проводников:

S - функции нулевого защитного (PE) и нулевого рабочего (N) обеспечиваются раздельными проводниками;

C - функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников объединены в одном проводнике (PEN-проводник).

Светильники рабочего освещения и светильники освещения безопасности в производственных и общественных зданиях и на открытых пространствах должны питаться от независимых источников.

Светильники и световые указатели эвакуационного освещения в производственных зданиях с естественным освещением, в общественных и жилых зданиях могут быть присоединены к сети, не связанной с сетью рабочего освещения, начиная от щита подстанций (распределительного пункта освещения) или, при наличии только одного ввода, начиная от вводного распределительного устройства.

Питающие сети для осветительной установки и силового электрооборудования рекомендуется выполнять раздельными линиями. В начале каждой питающей линии устанавливаются аппараты защиты и отключения. В начале групповой линии обязательно устанавливается аппарат защиты, а отключающий аппарат может не устанавливаться при наличии таких аппаратов по длине линии.

При питании внутреннего освещения от КТП нецелесообразно использовать мощные линейные автоматические выключатели для защиты линий питающей сети, так как их номинальные данные могут быть значительно

выше мощности линий. Поэтому вблизи КТП устанавливаются магистральные щитки с автоматическими выключателями, от которых питаются групповые щитки.

Схемы питания электрического освещения должны обеспечивать: необходимую степень надежности электроснабжения; безопасность, простоту, удобство эксплуатации и управления; экономичность осветительной установки.

Источники света, выбранные для каждого помещения, должны быть объединены в группы для последующего питания их от групповых щитков освещения.

Групповые линии должны формироваться параллельно оконным проемам, а в больших помещениях в качестве групповых линий могут быть ряды светильников.

Групповые линии осветительной сети объединяются групповыми щитками освещения.

Каждая линия, отходящая от ИП, может обеспечивать питание не более пяти групповых щитков освещения

При формировании светильников в группы необходимо учитывать следующее.

Каждая фаза должна быть загружена в пределах до 25А, допускается увеличивать нагрузку фаз до 50(63) А.

Обычно объединяют в группы 2-4 помещения.

Количество ламп на фазу - до 70 (LED).

Питающие линии в основном 5-ти проводные (реже 3-х и 4-х проводные), групповые линии могут выполняться 3-х, 4-х и 5-ти проводными. Источники света должны быть равномерно распределены по всем трем фазам (допускается неравномерность распределения до 20 %).

В тоннеле принимаем осветительную сеть переменного тока напряжением 380/220 В с системой заземления TN-S. Проводку выполняем кабелем марки MI-FRHF в трубах по фермам и поверхностям стен.

В качестве источника питания выступает ВРУ, которое в свою очередь запитано от ТП 6-10/0,4-0,23 кВ, расположенной на расстоянии 100 м от проектируемого участка тоннеля. См. Приложение 3-6.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЩИТКОВ ОСВЕЩЕНИЯ И ТРАССЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ. ВЫБОР ТИПА ЩИТКОВ И СПОСОБ ПРОКЛАДКИ КАБЕЛЕЙ И ПРОВОДОВ

При выборе типа щитков освещения учитываются условия среды в помещениях, способ установки щитка, количество и тип установленных в них аппаратов защиты.

По степени защиты от внешних воздействий щитки имеют следующие конструктивные исполнения: защищенное, закрытое, брызгонепроницаемое, пыленепроницаемое, взрывозащищенное и химически стойкое.

Конструктивно щитки изготавливаются для открытой установки на стенах (колоннах, строительных конструкциях) и для утопленной установки в нишах стен. При размещении их следует выбирать помещения с более благоприятными условиями среды.

Магистральные и групповые щитки комплектуются аппаратами защиты плавкими предохранителями или автоматическими выключателями в однополюсном или в трехполюсном исполнении.

Наиболее совершенными являются щитки с автоматическими выключателями. Выпускаются они с вводным автоматом или без него, с количеством линейных автоматов от 3 до 30. В щитках могут быть однофазные, трехфазные или совместно одно и трехфазные линейные автоматические выключатели.

Щитки освещения должны располагаться:

а) по возможности ближе к центру питаемых ими нагрузок (это уменьшает протяженность групповой сети, а следовательно и расход проводникового материала);

б) таким образом, чтобы обеспечивалось удобство управления освещением (у входов; в проходах и т.п.);

в) чтобы в осветительной сети отсутствовали или имели место минимальные обратные потоки электроэнергии, вызывающие дополнительные потери мощности и энергии, потери напряжения.

Места расположения щитков освещения должны определяться одновременно с разработкой схемы питания осветительной установки, что в совокупности в свою очередь определяет трассу электрической сети.

Трасса электрической сети должна проходить таким образом, чтобы она охватывала значительное число щитков освещения, и при этом обеспечивался бы минимум обратных потоков электроэнергии.

Основными факторами, определяющими выбор, способов прокладки кабелей и проводов являются: условия окружающей среды, наличие соответствующих строительных конструкций (плит перекрытия, ферм и т.д.), возможность применения индустриальных способов монтажа (способы, обеспечивающие скоростной монтаж), технико-экономические и эстетические соображения. Для нашего участка тоннеля расположение групповых щитков (РО) и щитка аварийного освещения (АО) и магистрального щитка (МЩ) целесообразно выполнить, как показано на плане тоннеля см. Приложение 2. Данное расположение щитков способствует уменьшению протяженности групповой сети, расхода проводникового материала. Находятся в местах удобных для управления и обслуживания. Трассы прохождения сети имеют минимальные обратные потоки электроэнергии в электрической сети от источника питания до светильника (это обеспечивает минимальные потери напряжения в осветительной сети). Для проектируемого участка щитки рабочего освещения запитываем от магистрального щитка, который в свою очередь питается от ВРУ. Щиток аварийного освещения запитываем отдельно.

Щитки запитываем пятижильными кабелями марки ВБВнг(А)-LS, проложенными по стенам в коробах либо в каналах строительных конструкций. Места расположения щитков освещения См. Приложение. 7.

6. ВЫБОР СЕЧЕНИЯ КАБЕЛЕЙ И ПРОВОДОВ. РАСЧЕТ ЗАЩИТЫ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ И ВЫБОР АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ

6.1. Выбор сечения кабелей и проводов

Выбор сечения осветительной сети производится исходя из допустимой потери напряжения с последующей проверкой выбранного сечения на нагрев.

Сечение проводов (S, мм^2) для разветвленной сети:

$$S = \frac{\sum M + \alpha \sum m}{C \Delta U}, \qquad (6.1)$$

где ∑ M - сумма моментов рассчитываемого и последующих участков с тем же числом проводов, что и на рассчитываемом участке. *кВт*м.*

∑m - Сумма моментов ответвлений, питаемых через рассчитываемый участок и имеющих иное число поводов в линии, чем на рассчитываемом, поэтому вводится коэффициент α.

ΔU - допустимые потери напряжения в сети, %.

С - коэффициент, зависящий от напряжения, схемы питания и материала проводника.

α - коэффициент приведения моментов, учитывающий количество проводов на рассчитываемом участке и в ответвлении.

Определим потери напряжения в трансформаторе:

$$\Delta U_T = \beta \cdot (U_a \cdot \cos\varphi + U_p \cdot \sin\varphi), \qquad (6.2)$$

где β – коэффициент загрузки трансформатора, равный 0,75;

cosφ – коэффициент загрузки трансформатора, равный 0,91;

U_a и U_p – активная и реактивная составляющие напряжения короткого замыкания трансформатора, которые определяем по следующим формулам:

$$U_a = \frac{\Delta P_k}{S_{ном}} \cdot 100; \qquad (6.3) \qquad (7.3)$$

$$U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2}, \qquad (6.4)$$

где $\Delta P_к$- потери короткого замыкания, кВт; $S_{ном}$- номинальная мощность трансформатора , кВ·А; $U_к$- напряжение короткого замыкания, %.

Для трансформатора 2*400 значения $\Delta P_к$ и $U_к$ определяем по [4] и они равны $\Delta P_к$ =5,5 кВт , $U_к$ =4,5%.

$$U_a = \frac{5,5}{400} \cdot 100 = 1,38\ \%$$

$$U_р = \sqrt{4,5^2 - 1,38^2} = 4,28\ \%$$

$$\Delta U_Т = 0,75 \cdot (1,38 \cdot 0,91 + 4,28 \cdot 0,41) / 2 = 1,13\ \%.$$

Определяем допустимую потерю напряжения ($\Delta U_{доп}$) от ТП до самого удаленного источника света осветительной сети:

$$\Delta U_{доп} = U_Х - U_Л - \Delta U_Т, \qquad (6.5)$$

где $U_х$– напряжение холостого хода на шинах низкого напряжения трансформатора, $U_х$=105%; $U_л$ – минимально допустимое напряжение у наиболее удаленной лампы, $U_л$=95%.

$$\Delta U_{доп} = 105 - 95 - 1,13 = 8,87\ \%$$

Определяем допустимую потерю напряжения только для осветительной сети ($\Delta U'_{доп}$).

Коэффициент С, зависящий от напряжения, схемы питания и материала проводника принимаем С = 72 (для трехпроводных проводников с медными жилами).

Расчет моментов нагрузки выполняем в соответствие с расчетной схемой сети. Длину участков принимаем с учетом спусков и подъемов. Определяем моменты для всех участков сети:

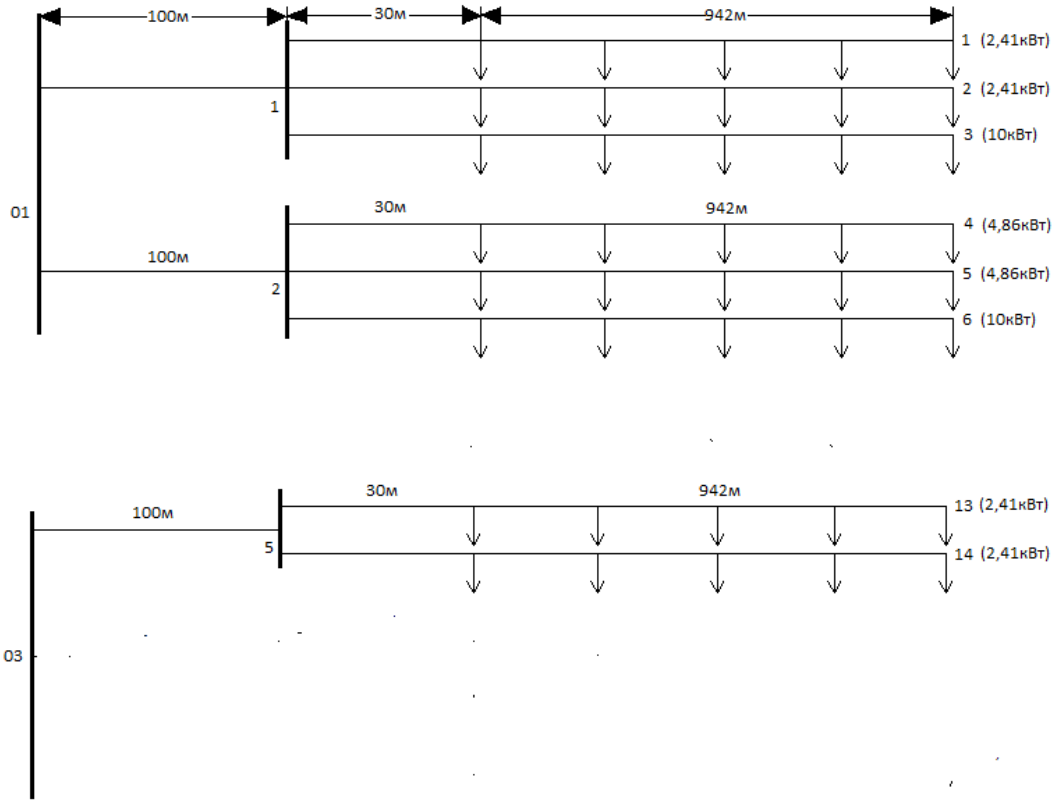


Рис.6.1. Длина участков расчетной схемы сети

Участок n-n:

(6.6)

$$P_{n\text{-}n} = N \cdot P_n \ ,$$

где N - число светильников в линии;

P_n - мощность лампы в светильнике

$$M_{n\text{-}n} = P_{n-n} \cdot \left(l_0 + \frac{l}{2}\right), \quad (6.7)$$

где

P - мощность ламп в линии n-n. l_0 - длина участка 2-n, м; l - длина линии.

Участок 1-1:

$$M_{1\text{-}1} = P_{1-1} \cdot \left(l_0 + \frac{l}{2}\right) = 2{,}41 \cdot \left(30 + \frac{942}{2}\right) = 1207 \text{ кВт} * \text{м}.$$

Участок 1-2:

$$M_{1\text{-}2} = P_{1-2} \cdot \left(l_0 + \frac{l}{2}\right) = 2{,}41 \cdot \left(30 + \frac{942}{2}\right) = 1207 \text{ кВт} * \text{м}.$$

Участок 1-3:

$$M_{1\text{-}3} = P_{1-3} \cdot \left(l_0 + \frac{l}{2}\right) = 10 \cdot \left(30 + \frac{942}{2}\right) = 5010 \text{ кВт} * \text{м}.$$

Участок 2-4:

$$M_{2\text{-}4} = P_{2-4} \cdot \left(l_0 + \frac{l}{2}\right) = 4{,}86 \cdot \left(30 + \frac{942}{2}\right) = 2434{,}8 \text{ кВт} * \text{м}.$$

Участок 2-5:

$$M_{2\text{-}5} = P_{2-5} \cdot \left(l_0 + \frac{l}{2}\right) = 4{,}86 \cdot \left(30 + \frac{942}{2}\right) = 2434{,}8 \text{ кВт} * \text{м}.$$

Участок 2-6:

$$M_{2\text{-}6} = P_{2-6} \cdot \left(l_0 + \frac{l}{2}\right) = 10 \cdot \left(30 + \frac{942}{2}\right) = 5010 \text{ кВт} * \text{м}.$$

Участок 5-13:

$$M_{5\text{-}13} = P_{5-13} \cdot \left(l_0 + \frac{l}{2}\right) = 2{,}41 \cdot \left(30 + \frac{942}{2}\right) = 1207 \text{ кВт} * \text{м}.$$

Участок 5-14:

$$M_{5\text{-}14} = P_{5-14} \cdot \left(l_0 + \frac{l}{2}\right) = 2{,}41 \cdot \left(30 + \frac{942}{2}\right) = 1207 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Участок 01-1:

$$M_{01\text{-}1} = P_{123} \cdot l_{01-1} = 14{,}82 \cdot 100 = 1482 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

∑M = 8906 кВт ˙м.

Участок 01-2:

$$M_{01\text{-}2} = P_{456} \cdot l_{01-2} = 19{,}72 \cdot 100 = 1972 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

∑M = 11851 кВт ˙м.

Участок 03-5:

$M_{03\text{-}5} = P_{1314} \cdot l_{03-5} = 4{,}41 \cdot 220 = 970$ кВт ·м.

∑M = 3384 кВт ·м.

Произведем выбор сечения проводов:

Сечение проводов на участке 01-1:

$$S_{01-1} = \frac{\sum M}{C \cdot \Delta U} = \frac{8906}{72 \cdot 8{,}87} = 13{,}94 \text{ мм}^2.$$

Принимаем стандартное сечение проводника $S^{ст}_{01-1} = 35$

Для питания распределительного щита освещения принимаю кабель с медными жилами сечением: S = 35 мм^2. Кабель ВВГнг-LS 5х35

Действительные потери напряжения на участке 01-1 составляют:

Участок 01-1, неразветвленная сеть

$$\Delta U_{01-1} = \frac{M_{01-1}}{C\, S^{01-1}} = \frac{8906}{72 \cdot 35} = 3{,}53\%.$$

Тогда потери в линиях будут составлять:

$$\Delta U - \Delta U_{01-1} = 8{,}87 - 3{,}53 = 5{,}34\%.$$

Определяем сечения на остальных участках:

$$S_{1-1} = \frac{M_{1-1}}{C \cdot \Delta U} = \frac{1207}{72 \cdot 5{,}34} = 3{,}13 \text{ мм}^2$$

выбираем кабель MI-FRHF, стандартного сечения 10 мм^2

MI-FRHF 4x1x10

Определяю действительные потери напряжения на данном участке:

$$\Delta U_{1-1} = \frac{M_{1-1}}{C\, S^{1-1}} = \frac{1207}{72 \cdot 10} = 1{,}67\%$$

Для остальных участков:

$$S_{1-2} = \frac{M_{1-2}}{C \cdot \Delta U} = \frac{1207}{72 \cdot 5{,}34} = 3{,}13 \text{ мм}^2$$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{M_{1-2}}{C\, S^{1-2}} = \frac{1207}{72 \cdot 10} = 1{,}67\%$$

MI-FRHF 4x1x10

$$S_{1-3} = \frac{M_{1-3}}{C \cdot \Delta U} = \frac{5010}{72 \cdot 5{,}34} = 13{,}03 \text{ мм}^2$$

$$\Delta U_{1-3} = \frac{M_{1-3}}{C\, S^{1-3}} = \frac{5010}{72 \cdot 25} = 2{,}78\%$$

ПвБПнг(А)-HF 4х25

Сечение проводов на участке 01-2:

$$S_{01-2} = \frac{\sum M}{C \cdot \Delta U} = \frac{11851}{72 \cdot 8{,}87} = 18{,}5 \text{ мм}^2$$

Принимаем стандартное сечение проводника $S^{ст}_{01-1} = 35$

Для питания распределительного щита освещения принимаю кабель с медными жилами сечением: S = 35 мм^2. Кабель ВВГнг-LS 5х35

Действительные потери напряжения на участке 01-1 составляют:

Участок 01-2, неразветвленная сеть

$$\Delta U_{01-2} = \frac{M_{01-2}}{C\,S^{01-2}} = \frac{11851}{72 \cdot 35} = 4{,}7\%$$

Тогда потери в линиях будут составлять:

$$_{\Delta}U - \Delta U_{01-2} = 8{,}87 - 4{,}7 = 4{,}17\%.$$

Определяем сечения на остальных участках:

$$S_{2-4} = \frac{M_{2-4}}{C \cdot \Delta U} = \frac{2434{,}8}{72 \cdot 4{,}17} = 8{,}1\ \text{мм}^2$$

выбираем кабель MI-FRHF, стандартного сечения 10 мм^2

MI-FRHF 4x1x0

Определяю действительные потери напряжения на данном участке:

$$\Delta U_{2-4} = \frac{M_{2-4}}{C\,S^{2-4}} = \frac{2434{,}8}{72 \cdot 10} = 3{,}38\%$$

Для остальных участков:

$$S_{2-5} = \frac{M_{2-5}}{C \cdot \Delta U} = \frac{2434{,}8}{72 \cdot 4{,}17} = 8{,}1\ \text{мм}^2$$

$$\Delta U_{2-5} = \frac{M_{2-5}}{C\,S^{2-5}} = \frac{2434{,}8}{72 \cdot 10} = 3{,}38\%$$

MI-FRHF 4x1x10

$$S_{2-6} = \frac{M_{2-6}}{C \cdot \Delta U} = \frac{5010}{72 \cdot 4{,}17} = 16{,}68\ \text{мм}^2$$

$$\Delta U_{2-6} = \frac{M_{2-6}}{C\,S^{2-6}} = \frac{5010}{72 \cdot 25} = 2{,}78\%$$

ПвБПнг(А)-HF 4х25

Действительные потери напряжения на участке 01-1 составляют:

Участок 01-2, неразветвленная сеть

$$\Delta U_{02-4} = \frac{M_{02-4}}{C\,S^{02-4}} = \frac{14426}{72 \cdot 35} = 5{,}72\%$$

Тогда потери в линиях будут составлять:

$$_{\Delta}U - \Delta U_{02-4} = 8{,}87 - 5{,}72 = 3{,}15\%.$$

Определяем сечения на остальных участках:

$$S_{4-10} = \frac{M_{4-10}}{C \cdot \Delta U} = \frac{2521}{72 \cdot 3{,}15} = 11{,}11 \text{ мм}^2$$

выбираем кабель MI-FRHF, стандартного сечения 25 мм^2

MI-FRHF 4х1х25

Определяю действительные потери напряжения на данном участке:

$$\Delta U_{4-10} = \frac{M_{4-10}}{C\,S^{4-10}} = \frac{2521}{72 \cdot 25} = 1{,}4\%$$

Для остальных участков:

$$S_{4-11} = \frac{M_{4-11}}{C \cdot \Delta U} = \frac{2521}{72 \cdot 3{,}15} = 11{,}11 \text{ мм}^2$$

$$\Delta U_{4-11} = \frac{M_{4-11}}{C\,S^{4-11}} = \frac{2521}{72 \cdot 25} = 1{,}4\%$$

MI-FRHF 4x1x25

$$S_{4-12} = \frac{M_{4-12}}{C \cdot \Delta U} = \frac{5015}{72 \cdot 3{,}15} = 22{,}11 \text{ мм}^2$$

$$\Delta U_{4-12} = \frac{M_{4-12}}{C\,S^{4-12}} = \frac{5010}{72 \cdot 25} = 2{,}78\%$$

ПвБПнг(А)-HF 4х25

Сечение проводов на участке 03-5:

$$S_{03-5} = \frac{\sum M}{C \cdot \Delta U} = \frac{3384}{72 \cdot 8{,}87} = 5{,}29 \text{ мм}^2$$

Принимаем стандартное сечение проводника $S^{ст}_{01-1} = 25$

Для питания распределительного щита освещения принимаю кабель с медными жилами сечением: S = 25 мм^2. Кабель ВВГнг-LS 5х25

Действительные потери напряжения на участке 01-1 составляют:

Участок 03-5, неразветвленная сеть

$$\Delta U_{03-5} = \frac{M_{03-5}}{C\,S^{03-5}} = \frac{3384}{72 \cdot 25} = 1{,}88\%$$

Тогда потери в линиях будут составлять:

$$_{\Delta}U - \Delta U_{03-5} = 8{,}87 - 1{,}88 = 6{,}99\%.$$

Определяем сечения на остальных участках:

$$S_{5-13} = \frac{M_{5-13}}{C \cdot \Delta U} = \frac{1207}{72 \cdot 6{,}99} = 2{,}39 \text{ мм}^2$$

выбираем кабель MI-FRHF, стандартного сечения 10 мм^2

MI-FRHF 4x1x10

Определяю действительные потери напряжения на данном участке:

$$\Delta U_{5-13} = \frac{M_{5-13}}{C\, S^{5-13}} = \frac{1207}{72 \cdot 10} = 1{,}67\%$$

Для остальных участков:

$$S_{5-14} = \frac{M_{5-14}}{C \cdot \Delta U} = \frac{1207}{72 \cdot 6{,}99} = 2{,}39 \text{ мм}^2$$

$$\Delta U_{5-14} = \frac{M_{5-14}}{C\, S^{5-14}} = \frac{1207}{72 \cdot 10} = 1{,}67\%$$

MI-FRHF 4x1x10

Принятые к исполнению провода проверяем на нагрев по условию:

$I_{ро} \leq I_{доп}$,

где $I_{ро}$ - расчетный ток провода, А;

$I_{доп}$ – длительно - допустимый ток, А.

Участок 01 - 1:

Кабель ВВГнг-LS 5х35

Расчетная нагрузка:

$$P_{01-1} = P_{уст} \cdot K_{с} \cdot K_{пот} = 2{,}41 \cdot 0{,}85 \cdot 1{,}2 + 2{,}41 \cdot 0{,}85 \cdot 1{,}2 + 10 \cdot 0{,}85 = 13{,}41 \text{кВт}$$

где $P_{УСТ}$ - установленная мощность ламп, кВт;

K_C - коэффициент спроса, K_C=0,85;

$K_{ПОТ}$ - коэффициент, учитывающий потери в светодиодной лампе;

$K_{ПОТ}$ =1,2.

Расчетный ток для трехфазной (питающей) сети:

$$I_{01-1} = \frac{P_{01-1}}{3 \cdot 0{,}22 \cdot cos\varphi} = \frac{13{,}41}{3 \cdot 0{,}22 \cdot 0{,}9} = 22{,}72 \text{ А}$$

где $P_{ро}$ - расчетная нагрузка;

$U_Ф$ - фазное напряжение сети;

$\cos\varphi$ - коэффициент мощности.

Допустимый ток при прокладке в помещении, для кабеля с медными жилами сечением S = 35 мм^2 равен $I_{доп}$ = 108 А.

$I_{доп} > I_р$

108 А > 22,72 А - условие выполняется.

<u>Участок 1-1, 1-2:</u>

Кабель MI-FRHF 4х1х10 мм^2

Расчетная нагрузка:

$$P_{01-1,1-2} = P_{уст} \cdot K_с \cdot K_{пот} = 2{,}41 \cdot 0{,}85 \cdot 1{,}2 = 2{,}45 \text{ кВт}$$

Расчетный ток для трехфазной линии:

$$I_{1-1,1-2} = \frac{P_{1-1,1-2}}{3 \cdot 0{,}22 \cdot cos\varphi} = \frac{2{,}45}{3 \cdot 0{,}22 \cdot 0{,}9} = 4{,}16 \text{ А}$$

Для кабеля MI-FRHF 4х1х10 мм^2 допустимый ток $I_{доп}$ = 50 А.

$I_{доп} > I_р$

50 А > 4,16 А - условие выполняется.

Участок 1-3:

Кабель MI-FRHF 4х1х25 мм^2

Расчетная нагрузка:

$$P_{01-3} = P_{уст} \cdot K_с = 10 \cdot 0{,}85 \cdot = 8{,}5 \text{ кВт}$$

Расчетный ток для трехфазной линии:

$$I_{1-3} = \frac{P_{1-3}}{3 \cdot 0{,}22 \cdot cos\varphi} = \frac{8{,}5}{3 \cdot \ 0{,}22 \cdot 0{,}9} = 14{,}4 \text{ А}$$

Для кабеля MI-FRHF 4х1х25 мм^2 допустимый ток $I_{доп}$ = 85 А.

$I_{доп} > I_р$

85 А > 14,4 А - условие выполняется.

Участок 01 - 2:

Кабель ВВГнг-LS 5х35

Расчетная нагрузка:

$$P_{01-2} = P_{уст} \cdot K_с \cdot K_{пот} = 4{,}86 \cdot 0{,}85 \cdot 1{,}2 + 4{,}86 \cdot 0{,}85 \cdot 1{,}2 + 10 \cdot 0{,}85 = 18{,}41 \text{кВт}$$

где $P_{УСТ}$ - установленная мощность ламп, кВт;

K_C - коэффициент спроса, K_C=0,85;

$K_{ПОТ}$ – коэффициент, учитывающий потери в светодиодной лампе;

$K_{ПОТ}$ =1,2.

Расчетный ток для трехфазной (питающей) сети:

$$I_{01-2} = \frac{P_{01-2}}{3 \cdot 0{,}22 \cdot cos\varphi} = \frac{18{,}41}{3 \cdot \ 0{,}22 \cdot 0{,}9} = 31{,}2 \text{ А}$$

где $P_{ро}$ - расчетная нагрузка;

$U_Ф$ - фазное напряжение сети;

$\cos\varphi$ - коэффициент мощности.

Допустимый ток при прокладке в помещении, для кабеля с медными жилами сечением S = 35 мм^2 равен $I_{доп}$ = 108 А.

$I_{доп} > I_р$

108 А > 31,2 А - условие выполняется.

Участок 2-4, 2-5:

Кабель MI-FRHF 4х1х10 мм^2

Расчетная нагрузка:

$$P_{2-4,2-5} = P_{уст} \cdot K_с \cdot K_{пот} = 4{,}86 \cdot 0{,}85 \cdot 1{,}2 = 4{,}95 \text{ кВт}$$

Расчетный ток для трехфазной линии:

$$I_{2-4,2-5} = \frac{P_{2-4,2-5}}{3 \cdot 0{,}22 \cdot cos\varphi} = \frac{4{,}95}{3 \cdot\ 0{,}22 \cdot 0{,}9} = 8{,}4 \text{ А}$$

Для кабеля MI-FRHF 4х1х10 мм^2 допустимый ток $I_{доп}$ = 50 А.

$I_{доп} > I_р$

50 А > 8,4 А - условие выполняется.

Участок 2-6:

Кабель MI-FRHF 4х1х25 мм^2

Расчетная нагрузка:

$$P_{2-6} = P_{уст} \cdot K_с = 10 \cdot 0{,}85 \cdot = 8{,}5 \text{ кВт}$$

Расчетный ток для трехфазной линии:

$$I_{2-6} = \frac{P_{2-6}}{3 \cdot 0{,}22 \cdot cos\varphi} = \frac{8{,}5}{3 \cdot 0{,}22 \cdot 0{,}9} = 14{,}4\ А$$

Для кабеля MI-FRHF 4х1х25 мм^2 допустимый ток $I_{доп}$ = 85 А.

$I_{доп} > I_р$

85 А > 14,4 А - условие выполняется.

Участок 03 – 5:

Кабель ВВГнг-LS 5х35

Расчетная нагрузка:

$$P_{03-5} = P_{уст} \cdot K_с \cdot K_{пот} = 2{,}41 \cdot 0{,}85 \cdot 1{,}2 + 2{,}41 \cdot 0{,}85 \cdot 1{,}2 = 4{,}91 кВт$$

где $P_{УСТ}$ - установленная мощность ламп, кВт;

$K_С$ - коэффициент спроса, $K_С$=0,85;

$K_{ПОТ}$ - коэффициент, учитывающий потери в светодиодной лампе;

$K_{ПОТ}$ =1,2.

Расчетный ток для трехфазной (питающей) сети:

$$I_{03-5} = \frac{P_{03-5}}{3 \cdot 0{,}22 \cdot cos\varphi} = \frac{4{,}91}{3 \cdot 0{,}22 \cdot 0{,}9} = 8{,}33\ А,$$

где $P_{ро}$ - расчетная нагрузка;

$U_Ф$ - фазное напряжение сети;

$\cos\varphi$ - коэффициент мощности.

Допустимый ток при прокладке в помещении, для кабеля с медными жилами сечением S = 25 мм^2 равен $I_{доп}$ = 50 А.

$I_{доп} > I_р$

85 А > 8,33 А - условие выполняется.

Участок 5-13, 5-14:

Кабель MI-FRHF 4х1х10 мм^2

Расчетная нагрузка:

$$P_{5-13,5-14} = P_{\text{уст}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{пот}} = 2,41 \cdot 0,85 \cdot 1,2 = 2,45 \text{ кВт}$$

Расчетный ток для трехфазной линии:

$$I_{5-13,5-14} = \frac{P_{5-13,5-14}}{3 \cdot 0,22 \cdot cos\varphi} = \frac{2,45}{3 \cdot 0,22 \cdot 0,9} = 4,16 \text{ А}$$

Для кабеля MI-FRHF 4х1х10 мм^2 допустимый ток $I_{доп}$ = 50 А.

$I_{доп} > I_р$

50 А > 4,16 А - условие выполняется.

Участок		Момент участка		Доп. потеря Напряжения, ΔUуч, %	Сечение по потере напряжения, мм2	Принятый кабель, провод		Фактическая потеря напряжения, ΔU , %
Начало	Конец	М, кВт·м	Мпр, кВт·м			Марка	Сечение	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
01	РО1	1482	8906	8,87	13,94	ВВГнг-LS	(5Ⅹ35)	3,53
РО 1	1	1207	1207	5,34	3,13	MI-FRHF	(4Ⅹ10)	1,67
РО 1	2	1207	1207	5,34	3,13	MI-FRHF	(4Ⅹ10)	1,67
ЯИ1	3	5010	5010	5,34	13,03	ПвБПнг(А)-HF	(4Ⅹ25)	2,78
01	РО2	1972	11851	8,87	18,5	ВВГнг-LS	(5Ⅹ2,5)	4,7
РО2	4	2434,8	2434,8	4,17	8,1	MI-FRHF	(4Ⅹ10)	3,38
РО2	5	2434,8	2434,8	4,17	8,1	MI-FRHF	(4Ⅹ10)	3,38
ЯИ2	6	5010	5010	4,17	16,68	ПвБПнг(А)-HF	(4Ⅹ25)	2,78
03	АО1	970	3384	8,87	5,29	ВВГнг-LS	(5Ⅹ25)	1,88
АО1	13	1207	1207	6,99	2,39	MI-FRHF	(4Ⅹ10)	1,67
АО1	14	1207	1207	6,99	3,39	MI-FRHF	(4Ⅹ10)	1,67

Таблица 6.1

Выбор кабелей и проводов осветительной установки

6.2. Расчет защиты осветительной сети и выбор аппаратов защиты

Все осветительные установки должны быть защищены от коротких замыканий. Аппарат защиты должен обеспечить отключение сети в случае К.З.

и длительной перегрузки. Выбор аппаратов защиты для осветительных сетей со светодиодными лампами - на основании условия $I_Р \geq I_{расч}$. Защиту выполняем автоматическими выключателями с тепловыми или комбинированными расцепителями. В групповых осветительных сетях используют автоматы с тепловыми расцепителями, а в питающих сетях с комбинированными.

Участок 01-1 :

Выбор аппаратов защиты производится на основании условия $I_Р \geq I_{расч}$.

$I_Р$ - номинальный комбинированного расцепителя, А.

Расчетный ток для трехфазной линии: Iрасч =$22,72$ А.

Автоматический выключатель на вводе в групповой щиток

ВА47-29 УХЛ3 25 А.

Число полюсов: 3

Расцепитель: комбинированный;

Номинальный ток расцепителя $I_{ном.\ р.}$ = 25 А.

$$I_{доп} = 25 \geq \frac{I_{з.а} \cdot К_з}{К_п} = \frac{25 \cdot 1}{1} = 25А$$

где $K_З$ - кратность допустимого тока проводника по отношению к соответствующему току защитного аппарата ($K_З$ =1).

$I_{З.А.}$ - номинальный ток защитного аппарата.

$K_П$ - поправочный коэффициент на температуру окружающей среды ($K_П$=*1*).

25А>22,72А - выключатель выбран верно.

Участок 1-1,1-2 :

Выбор аппаратов защиты производится на основании условия $I_Р \geq I_{расч}$.

$I_Р$ - номинальный комбинированного расцепителя, А.

Расчетный ток для трехфазной линии: Iрасч = $4,16$ А.

Автоматический выключатель на вводе в групповой щиток

ВА47-29 УХЛ3 10А.

Число полюсов: 3

Расцепитель: комбинированный;

Номинальный ток расцепителя $I_{ном.\,р.} = 10$ А.

$$I_{доп} = 10 \geq \frac{I_{з.а} \cdot К_з}{К_п} = \frac{10 \cdot 1}{1} = 10А$$

где $K_з$ - кратность допустимого тока проводника по отношению к соответствующему току защитного аппарата ($K_з = 1$).

$I_{З.А.}$ - номинальный ток защитного аппарата.

$K_П$ - поправочный коэффициент на температуру окружающей среды ($K_П = 1$).

10А > $4{,}16$ - выключатель выбран верно.

Участок 1-3 :

Выбор аппаратов защиты производится на основании условия $I_Р \geq I_{расч}$.

$I_Р$ - номинальный комбинированного расцепителя, А.

Расчетный ток для трехфазной линии: Iрасч = $14{,}4$ А.

Автоматический выключатель на вводе в групповой щиток

ВА47-29 УХЛ3 20А.

Число полюсов: 3

Расцепитель: комбинированный;

Номинальный ток расцепителя $I_{ном.\,р.} = 25$ А.

$$I_{доп} = 20 \geq \frac{I_{з.а} \cdot К_з}{К_п} = \frac{20 \cdot 1}{1} = 20А$$

где $K_з$ - кратность допустимого тока проводника по отношению к соответствующему току защитного аппарата ($K_з = 1$).

$I_{З.А.}$ - номинальный ток защитного аппарата.

$K_П$ - поправочный коэффициент на температуру окружающей среды ($K_П=1$).

20А > 14,4 А - выключатель выбран верно.

Участок 01-2 :

Выбор аппаратов защиты производится на основании условия $I_Р \geq I_{расч}$.

$I_Р$ - номинальный комбинированного расцепителя, А.

Расчетный ток для трехфазной линии: Iрасч =$31,2$ А.

Автоматический выключатель на вводе в групповой щиток

ВА47-29 УХЛ3 50А.

Число полюсов: 3

Расцепитель: комбинированный;

Номинальный ток расцепителя $I_{ном.\ р.}$ = 50 А.

$$I_{доп} = 50 \geq \frac{I_{з.а} \cdot К_з}{К_п} = \frac{50 \cdot 1}{1} = 50А$$

где $K_З$ - кратность допустимого тока проводника по отношению к соответствующему току защитного аппарата ($K_З$ =1).

$I_{З.А.}$ - номинальный ток защитного аппарата.

$K_П$ - поправочный коэффициент на температуру окружающей среды ($K_П=1$).

50А > 31,2 А - выключатель выбран верно.

Участок 2-4,2-5 :

Выбор аппаратов защиты производится на основании условия $I_Р \geq I_{расч}$.

$I_Р$ - номинальный комбинированного расцепителя, А.

Расчетный ток для трехфазной линии: Iрасч =$8,4$ А.

Автоматический выключатель на вводе в групповой щиток

ВА47-29 УХЛ3 10А.

Число полюсов: 3

Расцепитель: комбинированный;

Номинальный ток расцепителя $I_{ном.\,р.} = 10$ А.

$$I_{доп} = 10 \geq \frac{I_{з.а} \cdot К_з}{К_п} = \frac{10 \cdot 1}{1} = 10А$$

где $K_з$ - кратность допустимого тока проводника по отношению к соответствующему току защитного аппарата ($K_з = 1$).

$I_{З.А.}$ - номинальный ток защитного аппарата.

$K_П$ - поправочный коэффициент на температуру окружающей среды ($K_П = 1$).

10А > 8,4 А - выключатель выбран верно.

Участок 2-6 :

Выбор аппаратов защиты производится на основании условия $I_Р \geq I_{расч}$.

$I_Р$ - номинальный комбинированного расцепителя, А.

Расчетный ток для трехфазной линии: Iрасч $= 14,4$ А.

Автоматический выключатель на вводе в групповой щиток

ВА47-29 УХЛ3 20А.

Число полюсов: 3

Расцепитель: комбинированный;

Номинальный ток расцепителя $I_{ном.\,р.} = 20$ А.

$$I_{доп} = 20 \geq \frac{I_{з.а} \cdot К_з}{К_п} = \frac{20 \cdot 1}{1} = 20А$$

где $K_з$ - кратность допустимого тока проводника по отношению к соответствующему току защитного аппарата ($K_з = 1$).

$I_{З.А.}$ - номинальный ток защитного аппарата.

$K_П$ - поправочный коэффициент на температуру окружающей среды ($K_П = 1$).

20А > 14,4 А - выключатель выбран верно.

Участок 03-5 :

Выбор аппаратов защиты производится на основании условия $I_Р \geq I_{расч}$.

$I_Р$ - номинальный комбинированного расцепителя, А.

Расчетный ток для трехфазной линии: Iрасч = $8{,}33$ А.

Автоматический выключатель на вводе в групповой щиток

ВА47-29 УХЛ3 10 А.

Число полюсов: 3

Расцепитель: комбинированный;

Номинальный ток расцепителя $I_{ном.\ р.} = 10$ А.

$$I_{доп} = 10 \geq \frac{I_{з.а} \cdot К_з}{К_п} = \frac{10 \cdot 1}{1} = 10А$$

где $K_з$ - кратность допустимого тока проводника по отношению к соответствующему току защитного аппарата ($K_з = 1$).

$I_{З.А.}$ - номинальный ток защитного аппарата.

$K_П$ - поправочный коэффициент на температуру окружающей среды ($K_П = 1$).

10А > 8,33А - выключатель выбран верно.

Участок 5-13,5-14 :

Выбор аппаратов защиты производится на основании условия $I_Р \geq I_{расч}$.

$I_Р$ - номинальный комбинированного расцепителя, А.

Расчетный ток для трехфазной линии: Iрасч = $4{,}16$ А.

Автоматический выключатель на вводе в групповой щиток

ВА47-29 УХЛ3 5А.

Число полюсов: 3

Расцепитель: комбинированный;

Номинальный ток расцепителя $I_{ном.\ р.} = 5$ А.

$$I_{доп} = 10 \geq \frac{I_{з.а} \cdot К_з}{К_п} = \frac{5 \cdot 1}{1} = 5А$$

где $K_з$ - кратность допустимого тока проводника по отношению к соответствующему току защитного аппарата ($K_з$ =1).

$I_{З.А.}$ - номинальный ток защитного аппарата.

$K_П$ - поправочный коэффициент на температуру окружающей среды ($K_П$=*1*).

5А > $4,16$ - выключатель выбран верно.

Таблица 6.2

Выбор защитной аппаратуры в осветительной сети

Участок		Расчётная нагрузка		Защитный аппарат (автомат)		
Начало	Конец	Рр, кВт	Iр,А	Тип	Iн, А	Iрц.н, А
01	РО1	13,41	22,72	ВА47-29 УХЛ3	25	31,5
РО 1	1	2,45	4,16	ВА47-29 УХЛ3	6	8
РО 1	2	2,45	4,16	ВА47-29 УХЛ3	6	8
ЯИ1	3	8,5	14,4	ВА47-29 УХЛ3	16	20
01	РО2	18,41	31,2	ВА47-29 УХЛ3	32	40
РО2	4	4,95	8,4	ВА47-29 УХЛ3	8	10
РО2	5	4,95	8,4	ВА47-29 УХЛ3	8	10
ЯИ2	6	8,5	14,4	ВА47-29 УХЛ3	16	20
03	АО1	4,91	8,33	ВА47-29 УХЛ3	10	15
АО1	13	2,45	4,16	ВА47-29 УХЛ3	6	8
АО1	14	2,45	4,16	ВА47-29 УХЛ3	6	8

В тоннеле мы размещаем ящики ЯТП-2 для защиты рабочего освещения от к.з**.** См. Приложение. 8.

7. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

7.1. Резюме проекта

В рамках модернизации освещения тоннелей участка Бибирево-Отрадное предусматривается разработка энергоэффективной системы освещения.

Основной целью экономической части является обоснование экономической необходимости и целесообразности описанных в дипломе технических решений.

Для достижения этой цели определены следующие задачи:

– выбор источников света и типов светильников, размещения светильников;

- расчет сметной стоимости и основных показателей капитальных затрат;

- расчёт эксплуатационных расходов;

- определение экономического эффекта от модернизации освещения;

- проведение экспертной оценки возможных рисковых ситуаций и прогноз их развития;

- расчёт дисконтированных показателей экономической эффективности предлагаемых мероприятий.

Как показывает практика, переход к энергоэффективным источникам освещения, позволяет снизить затраты на электричесекую энергию на цели освещения не менее, чем на 20%.

Сроки реализации проекта: 27.04.2018 - 27.04.2019 г.

Для реализации проекта предполагается сформировать команду в следующем составе:

- три электромонтера 4-го разряда, электромеханик тех.надзора, электромеханик;

- приемка проекта – Служба электроснабжения – Дирекции инфраструктуры – ГУП «Московский метрополитен»;

- допускающий персонал – Дистанция освещения - 2.

7.2. Формирование сметной стоимости работ по разработке проекта

7.2.1. Расчет инвестиционных издержек

В рамках данного проекта будут осуществлены инвестиции (капитальные вложения), включающие в себя стоимость оборудования, инвентаря и приспособлений, необходимых для выполнения работ, а также затраты на транспортировку и монтаж оборудования, на подготовку оборудования к эксплуатации.

Инвестиционные издержки рассчитываются по формуле:

$$FC_о = FC_{об.} + FC_{осн.} + FC_{тр.} + FC_{монт.} + FC_{проч.} \text{ (руб.)}, \quad (7.1)$$

где $FC_о$ – общие инвестиционные издержки, руб.;

$FC_{об.}$ – стоимость оборудования, руб.;

$FC_{осн.}$ – стоимость организационной и технологической оснастки, руб.;

$FC_{тр.}$ – затраты на транспортировку оборудования, руб.;

$FC_{монт.}$ – затраты на установку и монтаж оборудования, руб.;

$FC_{проч.}$ - прочие инвестиционные издержки, руб.

Стоимость и перечень технологического оборудования, необходимого для организации проектируемых работ можно представить в табл. 7.1.

Таблица 7.1

Оборудование, необходимое для организации работ, и его стоимость

Наименование оборудования, приборов и инструмента	Количество единиц оборудования, приборов и инструмента, ед.	Цена единицы с учетом НДС, руб.	Общие затраты с учетом НДС, руб.
1.Светильник НСП17-100-106	1104	907,12	1 001 460,48
2.Лампа Ecola GX53 LED Premium 12W 220V 4200K	1104	143	157 872
3.Патрон Ecola base GX53	1104	17,84	19 695,36
4.Авт. Выкл. ВА47-29 3Р	32	114	3 648
5.Ящик управления двухфидерный Я5115-3274-УХЛ4	7	4 750	33 250
6.Ящик распределительный Я8508-29	4	950	3 800
7.Ящик с понижающим трансформатором и розеткой ЯТП	72	1 460	105 120
8.Ящик вводного рубильника ЯРВ	6	2 436	14 616
9.Трансформатор 380/230В,50Гц 16 кВА ТС3М-16-74.ОМ5	4	80 000	320 000
10. Кабель ВВГнг-LS 5х35	1060	762	807 720
11. Кабель ПвБПнг(А)-HF 4х25	2025	684	1 385 100
12. Кабель MI-FRHF 4х1х10	8318	334	2 778 212
13.Кабель MI-FRHF 4х1х25	1986	436	865 896
Итого затрат ($ФС_{об.}$):			7 496 389,84
Организационная и технологическая оснастка			
Набор инструмента для электромонтажника	6	6 939	41 634
Итого затрат (ФСосн.):			41 634

Затраты на доставку оборудования рекомендуется принять в размере 5-7% от его стоимости.

$$FC_{тр.} = 0,07 * (FC_{об.} + FC_{осн.}), \quad (7.2)$$

где 7% - процент затрат на транспортировку и монтаж оборудования.

$$FC_{тр.} = 0,07 * (FC_{об.} + FC_{осн.}) = 0,07 * (7\ 496\ 389,84 + 41\ 634) = 527661,67 \text{ (руб.)}.$$

Затраты на установку и монтаж оборудования рекомендуется принять в размере 3-5% от его стоимости.

$$FC_{монт.} = 0,05 * (FC_{об.} + FC_{осн.}), \quad (7.3)$$

где 5% - процент затрат на установку и монтаж оборудования.

$$FC_{монт.} = 0,05 * (FC_{об.} + FC_{осн.}) = 0,05 * (7\ 496\ 389,84 + 41\ 634) = 376901,2 \text{ (руб.)}.$$

Прочие инвестиционные издержки рекомендуется принять в размере 15% от стоимости оборудования.

$$FC_{проч} = 0,15 * FC_{об,.} \quad (7.4)$$

где 15% - процент прочих инвестиционных издержек.

$$FC_{проч} = 0,15 * 7\ 496\ 389,84 = 1124458 \text{ (руб.)}.$$

Структура инвестиционных издержек представлена в виде секторной диаграммы на рисунке 7.1.

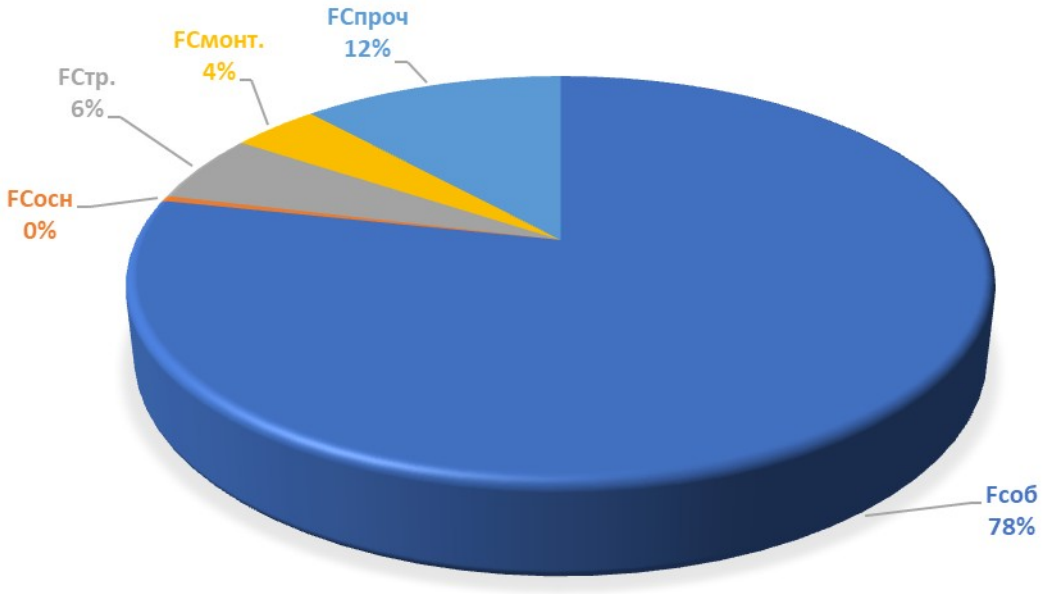


Рис. 7.1. Секторная диаграмма инвестиционных издержек

Инвестиционные издержки в таком случае составят:

$$FC_o = 7496389,84+41634+527661,67+376901,2+1124458=9567045 \text{ (руб.)}.$$

7.2.2. Расчет эксплуатационных расходов

Расчет эксплуатационных расходов осуществляется по видам работ.

$$Р_{эксп} = З_1 + З_2 + З_3, \quad (7.5)$$

Где $З_1$ – затраты на оплату труда персонала с учетом страховых взносов (руб.);

$З_2$ – затраты на эксплуатацию и содержание оборудования (руб.);

$З_3$ – накладные расходы (руб.).

Расчет затрат на оплату труда персонала с учетом страховых взносов

Расходы на оплату труда работников за отработанное время

рассчитываются по следующей формуле:

$$ФОТ_{отр.\ вр.} = С_{час} * Т_{раб} * N_{р,} \quad (7.6)$$

где $С_{час}$ – часовая тарифная ставка рабочего, установленная с учетом разряда, руб.;

$Т_{раб}$ – трудоѐмкость работ, чел*ч.;

$N_р$ – объем выполняемых работ.

Страховые взносы:

$$СВ = С_{СВ} * (ФОТ_{отр.\ вр.} + Пр + ФОТ_{доп.}) / 100 \text{ (руб.)}, \quad (7.7)$$

где $С_{СВ}$ – ставка страховых взносов, установленная законодательством РФ (30%).

Для удобства и наглядности полученные результаты сведены в табл. 7.2.

Таблица 7.2

Затраты на оплату труда персонала с учетом страховых взносов

Наименование показателей	Единицы	Значения
Часовая тарифная ставка	руб.	173,24
Трудоемкость работ	чел*ч	200 (5 чел. по 40 ч.)
Фонд оплаты труда работников за отработанное время	руб.	41578
Премия	руб.	12473
Дополнительный фонд оплаты труда работников	руб.	49893
Страховые взносы	руб.	312
Фонд оплаты труда работников с учетом страховых взносов	**руб.**	104256

Перечень затрат на эксплуатацию и содержание оборудования представлен в табл. 7.3.

Затраты на амортизацию оборудования

$$А_{об} = Н_{ам} * Ц_{бал} / 100, \quad (7.8)$$

где $Н_{ам}$ – норма амортизации оборудования, %

$Ц_{бал}$ – балансовая стоимость оборудования, включает затраты на приобретение оборудования без НДС, затраты на его доставку, установку и монтаж, руб.

Таблица 7.3

Затраты на эксплуатацию и содержание оборудования

Наименование показателей	Единицы измерения	Значения
Затраты на амортизацию оборудования	руб.	313799
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	**руб.**	313799

Расчет накладных расходов

В составе накладных расходов выделяются затраты на оплату труда персонала (кроме основных рабочих) с учетом страховых взносов, затраты на освещение, вентиляцию, отопление, аренду помещения и прочие накладные расходы.

$$З_З = З_{осв.\ и\ вент.} + З_{пр.\ накл.}, \quad (7.9)$$

где

$З_{осв.\ и\ вент.}$ – затраты на освещение и вентиляцию помещения, руб.;

$З_{пр.\ накл.}$ – прочие накладные расходы, руб.

$$З_З = З_{осв.\ и\ вент.} + З_{пр.\ накл.} = 1508629+52128=1560757 \text{ (руб.)}.$$

Затраты на электроэнергию для служебных помещений определяют:

$$C_{эл}^{пом} = \sum_{I=1}^{m} N_i \cdot t_i \cdot k_з \cdot Ц_э = 123,6 \cdot 2100 \cdot 1,4 \cdot 4,15 = 1508629\, руб.$$

Расчет прочих накладных расходов

Прочие накладные расходы включают затраты на исследовательские работы, затраты на мероприятия по охране труда, командировочные и

канцелярские расходы и т.д. При укрупненных расчетах можно принять суммарную величину накладных расходов в пределах 50% от расходов на оплату труда работников за отработанное время (без премиальных выплат).

$$З_{проч} = 0,5 * ФОТ; \quad (7.10)$$

$$З_{проч} = 0,5 * ФОТ = 0,5 * 104256=52128 \text{ (руб.)}.$$

Суммарные эксплуатационные расходы составят.

$$Р_{эксп} = З_1 + З_2 + З_3 =104256+313799+1560757=1978812 \text{ (руб.)}.$$

Структура эксплуатационных расходов представлена в виде секторной диаграммы на рис.7.2.

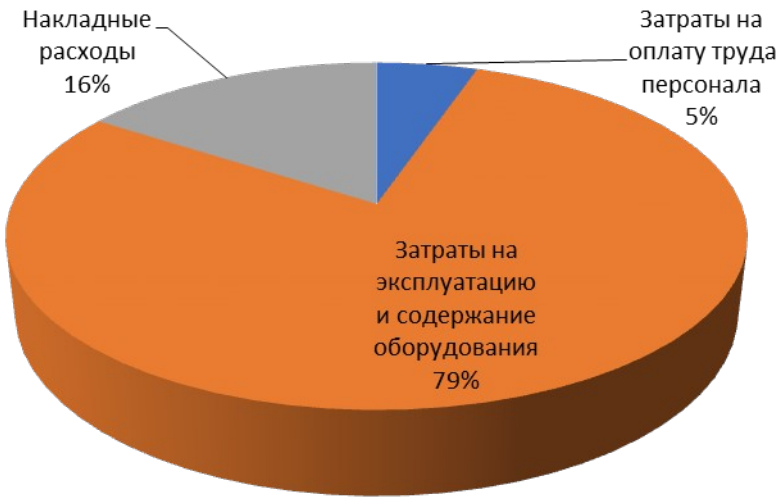


Рис. 7.2. Секторная диаграмма эксплуатационных расходов

В итоге на модернизацию освещения тоннелей участка Бибирево – Отрадное необходимо:

$$I0 = FC_O + Р_{эксп} = 9\ 567\ 045 + 1\ 978\ 812 = 11\ 545\ 857 \text{ (руб.)}.$$

7.3. Оценка экономической целесообразности и рисков проекта

Основными экономическими преимуществами станут изменение ряда показателей до и после реализации мероприятий (табл.7.4).

Таблица 7.4

Показатели экономического эффекта до и после реализации мероприятий

№ п/п	Показатели	До реализации	После реализации
1	Потребление электрической энергии системой освещения (в год), кВт*ч	945500	261100
2	Количество замененных ламп в течение года, шт.	4	1

Отдельное внимание стоит уделить расчету экономию текущих расходов по следующим элементам:

- экономия затрат на потребляемую электроэнергию;
- экономия затрат на оплату потребляемых материалов;

Величина экономии эксплуатационных расходов рассчитывается по формуле:

$$\Delta Э = \Delta Э_{ТЭР} + \Delta Э_{мат} \quad (7.11)$$

где

$\Delta Э_{ТЭР}$ –экономия годовых затрат на оплату электроэнергии, тыс. руб.;

$\Delta Э_{мат}$ –экономия годовых затрат на оплату материалов, тыс. руб.

Экономия эксплуатационных расходов от сокращения расхода электроэнергии

$$\Delta Э_{ТЭР} = (945500 - 261100) \cdot 4{,}15 = 2840260\, руб.$$

Экономия эксплуатационных расходов от сокращения потребления материалов

$$\Delta Э_{мат} = Э_{мат1} - Э_{мат2}, \quad (7.12)$$

$Э_{мат1}$ – затраты на замену ламп до реализации проекта;

$Э_{мат2}$ – затраты на замену ламп после реализации проекта.

$$\Delta Э_{мат} = Э_{мат1} - Э_{мат2} = (4 \cdot 1104 \cdot 80) - (1 \cdot 1104 \cdot 143) = 195408\,руб.$$

Суммарная экономия текущих расходов:

$$\Delta Э = \Delta Э_{ТЭР} + \Delta Э_{мат} = 2840260 + 195408 = 3035668\,руб.$$

Основными показателями эффективности предлагаемых мероприятий являются:

— чистый дисконтированный доход (ЧДД) ;

— внутренняя норма рентабельности ($E_{вн}$);

— срок окупаемости ($T_{ок}$).

Для определения чистой приведенной стоимости проекта нужно воспользоваться следующей формулой.

$$NPV = \sum_{i=1}^{n} \frac{NCFi}{(1+r)^i} - Inv \quad (7.13)$$

Данная формула позволяет инвестору решить, стоит ли вкладывать в проект деньги или нет.

Рассчитайте NPV при r=3%.

Для более точной оценки сумму денег, которую предположительно можно получить при реализации предлагаемых мероприятий, необходимо учитывать рисковые ситуации. Обычно рассматривают три сценария: оптимистический, пессимистический и наиболее вероятный.

Возможные рисковые ситуации и экспертная оценка ставок премий за риск представлены в табл. 7.5.

Таблица 7.5

Ставки премии за риск

Рисковые ситуации	Ставка премии за риск, %		
	Оптимистический сценарий развития	Пессимистический сценарий развития	Реальный сценарий развития
Несоблюдение графика проекта	2	3	2,5
Отказы оборудования	2,5	3	2,5
Недостаточная квалификация и профессионализм работников	2	2	2
Прочие	3	3	3
Итого	9,5	11	10

При расчете ставки дисконтирования суммируется безрисковая ставка доходности и итоговая ставка премий за риски (табл. 7.6).

Таблица 7.6

Ставки дисконтирования для различных вариантов сценария, %

Вид ставки	**Сценарий развития**		
	оптимистический	**пессимистический**	**реальный**
Безрисковая ставка доходности	3	3	3
Итоговая ставка премии за риск	9,5	11	10
Ставка дисконтирования	12,5	14	13

В зависимости от значения данного показателя оценивается привлекательность проекта. В случае если:

1. NPV > 0, то проект выгоден, предполагается получение прибыли;

2. NPV = 0, то проект не принесет ни прибыли, ни убытка;

3. NPV < 0, проект невыгоден и принесет убытки.

Результаты расчета экономических показателей в зависимости от сценария (оптимистический, пессимистический или реальный) по внедрению проекта представлены в табл. 7.7 и 7.8.

Таблица 7.7

Расчет показателей экономической эффективности проекта в зависимости от сценария

№ п/п	Наименование мероприятия	Первоначальные инвестиции, I0, тыс. руб	Экономия в денежном выражении, тыс. руб	Простой срок окупаемости, лет	Ставка дисконтирования	Поправка на риск	Коэффициент дисконтирования	Сумма дисконтированного денежного потока, CF	Чистая приведенная прибыль, NPV	Внутренняя норма доходности, IRR	Индекс рентабельности, PI	Дисконтированный период окупаемости, DPP, лет
1	Оптимистический сценарий	11 545 857	3 035 668	3,8	0,030	0,095	0,125	1497404,51	760250,89	42,7	1,066	1,2
2	Пессимистический сценарий				0,030	0,11	0,140	1383009,5	258846,543	42,9	1,022	1,5
3	Реальный сценарий				0,030	0,1	0,130	1458087,58	589376,973	42,83	1,051	1,4

Таблица 7.8

Эффективность проекта в зависимости от сценария

Сценарий	Вероятность реализации сценария, %	Фактор	Значение, % от плана	Ставка дисконтиро-вания, %	ЧДД, тыс. рублей	Срок, окупаемости лет
Пессимистический	20	Выполнение графика проекта/ Выполнение сроков поставки оборудования	95	14	258846,543	1,5
		Эффективность работы нового оборудования	98			
		Качество монтажных работ	90			
Оптимистический	30	Выполнение графика проекта	105	12,5	760250,89	1,2
		Эффективность работы нового оборудования	110			
		Качество монтажных работ	105			
Наиболее вероятный	50	Выполнение графика проекта	100	13	589376,973	1,4
		Эффективность работы нового оборудования	100			
		Качество монтажных работ	100			

Ожидаемое значение ЧДД (NPV) в данном случае будет равно 574533,1 (258846,543* 0,2 + 760250,89* 0,3 + 589376,973* 0,5) > 0. Следовательно, проект может быть принят. Тем не менее, стоит подготовить план мероприятий по снижению риска в случае необходимости.

8. ОСНОВНЫЕ МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ТОННЕЛЯ

При модернизации освещения тоннелей в осветительной сети применяем светодиодные светильники, которые позволяют многократно уменьшить эксплуатационные расходы и стоимость услуг по обслуживанию не тяговых устройств электроснабжения. Это происходит за счёт низкого потребления и длительного срока службы светодиодных ламп. Другие достоинства светодиодных источников – бесшумность, высокий коэффициент цветопередачи (как в «холодном», так и в «тёплом» диапазоне), стабильность света, отсутствие мерцания, устойчивость к перепаду температур.

Ещё одно преимущество светодиодной продукции – её не требуется утилизировать. Она абсолютно экологична и безвредна для окружающей среды, что успешно используется во многих странах.

Спецодежда для обеспечения безопасности должна состоять из хлопчатобумажного плотного комбинезона или костюма (брюк, куртки), перчаток из диэлектрического материала. При работах на открытом воздухе и/или условии повышенной влажности электрик должен быть дополнительно оснащён поликарбонатной каской с защитным пластиковым козырьком, очками, резиновой обувью с толстой цельной подошвой (рис. 8.1).



Рис 8.1. Спецодежда для монтажа светодиодных светильников

Весь инструмент должен быть с изолированными ручками, которые выдерживают напряжение до 1000В

Организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ.

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в электроустановках, являются следующие:

-оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;

-допуск к работе; надзор во время работы;

-оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончания работы.

Ответственными за безопасное ведение работ являются:

-выдающий наряд, отдающий распоряжение, утверждающий перечень работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;

-ответственный руководитель работ;

-допускающий;

-производитель работ;

-наблюдающий;

-член бригады.

Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ со снятием напряжения

При подготовке рабочего места со снятием напряжения должны быть в указанном порядке выполнены следующие технические мероприятия:

1. Произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы в следствии ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;

2. На приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты;

3. Проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые

должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;

4. Установлено заземление (включены заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, установлены переносные заземления);

5. Вывешены указательные плакаты "Заземлено", ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты.

Рабочее и аварийное освещение во всех помещениях, на рабочих местах, открытых пространствах и улицах должно обеспечивать освещенность в соответствии с установленными требованиями.

Применяемые при эксплуатации электроустановок светильники рабочего и аварийного освещения должны быть только заводского изготовления и соответствовать требованиям государственных стандартов и технических условий.

Светильники аварийного освещения должны отличаться от светильников рабочего освещения знаками или окраской.

При отключении рабочего освещения переключение на аварийное должно происходить автоматически или вручную, согласно проектным решениям.

Питание сети аварийного освещения по схемам, отличным от проектных, не допускается.

Присоединение к сети аварийного освещения переносных трансформаторов и других видов нагрузок, не относящихся к этому освещению, не допускается.

Сеть аварийного освещения должна быть выполнена без штепсельных розеток.

На лицевой стороне щитов и сборок сети освещения должны быть надписи с указанием наименования, номера, соответствующего диспетчерскому наименованию. С внутренней стороны должны быть однолинейная схема, надписи с указанием значения тока плавкой вставки на предохранителях или номинального тока автоматических выключателей и наименование

электроприемников через них получающих питание. Автоматические выключатели должны обеспечивать селективность отключающих потребителей, получающих от них питание.

Установка в светильники сети рабочего и аварийного освещения ламп, мощность или цветность излучения которых не соответствует проектной, а также снятие рассеивателей, экранирующих и защитных решеток светильников не допускается.

Сеть освещения должна получать питание от источников, обеспечивающих возможность поддержания напряжения в необходимых пределах. Напряжение на лампах должно быть не выше номинального значения. Понижение напряжения у наиболее удаленных ламп сети внутреннего рабочего освещения должно быть не более 5% номинального напряжения; у наиболее удаленных ламп сети аварийного освещения - не более 10%.

У оперативного персонала, обслуживающего сети электрического освещения, должны быть схемы этой сети, запас калиброванных вставок, соответствующих светильников и ламп всех напряжений данной сети освещения.

Очистку светильников, осмотр и ремонт сети эл. освещения должен выполнять по графику (плану ППР) квалифицированный персонал.

Смена перегоревших ламп может производиться групповым или индивидуальным способом, который устанавливается конкретно для каждого потребителя в зависимости от доступности ламп и мощности осветительной установки. При групповом способе сроки очередной чистки арматуры должны быть приурочены к срокам групповой замены ламп.

При высоте подвеса светильников до 5 м допускается их обслуживание с приставных лестниц и стремянок. В случае расположения светильников на большей высоте разрешается их обслуживание с мостовых кранов, стационарных мостиков и передвижных устройств, при соблюдении мер безопасности при эксплуатации электроустановок и местными инструкциями.



Рис 8.2. Лестница-приставка

Длина лестницы составляет 3.5м, вес 9кг изготовлена из стеклопластика

Осмотр и проверка сети освещения должны проводиться в следующие сроки:

проверка исправности аварийного освещения при отключении рабочего освещения - 2 раза в год;

измерение освещенности внутри помещений - при вводе сети в эксплуатацию в соответствии с нормами освещенности, а также при изменении функционального назначения помещения.

Проверка состояния стационарного оборудования и электропроводки аварийного и рабочего освещения, испытание и измерение сопротивления изоляции проводов, кабелей и заземляющих устройств должны проводиться при вводе сети Эл. освещения в эксплуатацию, а в дальнейшем - по графику, утвержденному ответственным за электрохозяйство потребителя, но не реже 1 раза в 3 года. Результаты замеров оформляются протоколом в соответствии с нормами испытания электрооборудования.

Основные меры для обеспечения безопасности заключаются в том, чтобы изолировать человека, с одной стороны, от частей, могущих оказаться под напряжением (защитные рукавицы, инструмент с изолирующими рукоятками и т.д.), с другой стороны, от того, что в электротехнике называется "землей" и принимается имеющим неограниченно большую проводимость. Непроводящие полы, изолирующие скамейки, резиновые коврики, надежная обувь - вот эффективные средства обеспечения безопасности людей, по крайней мере при работе с электроустановками напряжения до 1000 В. В тех случаях, когда эти средства не могут быть использованы, приходится учитывать возможность

одновременного соприкосновения человека с "землей" и с частями электроустановки. Непосредственное соприкосновение с нормально токоведущими частями - относительно маловероятный случай.

Для практически мгновенного срабатывании аппаратов защиты в сетях, где осуществляется зануление, ток короткого замыкания должен в определенное число раз превышать номинальный ток аппарата защиты: в 3 раза - в общем случае и в 4-6 раз, в зависимости от типа аппаратов защиты, - во взрывоопасных помещениях и установках. В некоторых случаях это потребовать увеличения нулевого провода, в протяженных же воздушных линиях требуется даже повторное заземление нулевого провода, что имеет значение также с точки зрения молниезащиты. ПУЭ требуют устройства зануления при напряжении переменного тока во всех помещениях с повышенной опасностью и особо опасных, а также в наружных установках. Во взрывоопасных зонах зануление обязательно при любом напряжении. Перечень предметов, подлежащих занулению, определяется тем, что соединены с нулевым проводом должны быть все токопроводящие предметы, нормально не находящиеся под напряжением, но могущие оказаться под таковым при замыкании на них фазных проводов: корпуса светильников и распределительных устройств, трубы и тросы, металлические оболочки проводов и т.д. Занулению подлежат также предметы, расположенные в зоне над подвесными и подшивными потолками, и один из выводов низшего напряжения или средняя точка обмотки трансформаторов 12-36 В.

Не требуют зануления части, установленные на заземленных и зануленных металлических конструкциях и имеющих с последними надежное металлическое соединение, а также отражатели светильников, конструктивно связанные только с изолирующими корпусами последних.

Для зануления, как правило, используются рабочие нулевые провода той же сети, за исключением:

а) Во взрывоопасных помещениях класса В-1, где в двухпроводных линиях должны одновременно выключаться фазный и нулевой провода, для зануления должен прокладываться отдельный провод от группового щитка.

б) Для зануления переносных светильников и переносных трансформаторов должны применяться дополнительные жилы гибкого кабеля, присоединяемые к дополнительному контакту разъемных двухполюсных соединений. Последний может быть соединен с рабочим нулевым проводом в контактном разъемном соединении, кроме соединений, предназначенных для включения электромедицинских приборов в медпунктах и электробытовых приборов в кухнях квартир, гостиниц и общежитий, а также питаемых открыто проложенными проводами на изолирующих опорах. В этих случаях дополнительный контакт разъемного соединения должен быть присоединен к нулевому проводу сети на ближайшей опоре или в ответвительной коробке. В линиях, переключаемых на питание от сети постоянного тока, зануление корпусов светильников производится от нулевого провода сети переменного тока.

Зануление корпусов светильников общего освещения в сетях с заземленной нейтралью должно осуществляться следующим образом:

- при вводе в светильник открытых незащищенных проводов - гибким изолированным проводом, присоединенных к заземляющему винту корпуса светильника и к рабочему нулевому проводу сети у ближайшей опоры или коробки;

- при вводе в светильник кабеля, проводов в трубе или металлорукаве, а также при скрытой проводке без труб с ответвлением от рабочего нулевого провода внутри светильника.

Таким образом, зарядка зануляемых светильников тремя проводами требуется лишь в относительно редких случаях. Некоторые дополнительные требования к устройству зануления или заземления можно найти непосредственно в нормативных документах.

В двухпроводных однофазных линиях нулевые провода являются обычными рабочими проводами и нагружены таким же током, как фазные провода. В двух - и трехфазных линиях они обеспечивают возможность включения ламп на фазное напряжение, а при их обрыве резко нарушается распределение напряжения между лампами различных фаз, причем в двухфазных линиях с равномерной нагрузкой они нагружены таким же током, как фазные провода. При питании газоразрядных ламп или в установках с полупроводниковыми приборами, например с ограничителями напряжения ТОН, по ним протекают токи высших гармоник, которые хотя и не учитываются при расчете потери напряжения, но в равной степени с током основной частоты нагревают провода. В линиях с неравномерной нагрузкой фаз или с распределенными однофазными нагрузками в нулевых проводах могут иметь место значительные, причем разные по знаку, потери напряжения, а значение токов, проходящих по отдельным участкам проводов, может быть достаточно большим.

Естественно, что нормативные документы предъявляют к нулевым проводам ряд требований:

- В питающих и групповых линиях на заземленных нулевых проводах запрещается установка аппаратов защиты и управления, кроме уже отмеченных двухпроводных линий взрывоопасных помещений класса В-1, где нулевые провода должны защищаться и отключаться наравне с фазными проводами.

- Сечения нулевых проводов должны обеспечивать значение токов короткого замыкания, достаточное для срабатывания защиты при однофазных замыканиях.

Как общее требование в трехфазных линиях нулевые провода должны иметь проводимость (т.е. сечение) не менее 50% проводимости фазных проводов.

Кроме того, должны учитываться следующие требования:

а) в одно - и двухфазных линиях сечения нулевых и фазных проводов должны быть одинаковыми;

б) в трехфазных групповых линиях с раздельным выключением фаз пропускная способность нулевых проводов должна соответствовать току наиболее нагруженной фазы.

в) в обоих вышеуказанных случаях, если эти линии по потере напряжения рассчитываются по формуле Цейтлина, сечение нулевых проводов определяется расчетом и может даже быть большим, чем сечение отдельных фазовых проводов;

г) объединенные нулевые провода нескольких групп, прокладываемых по общей трассе и имеющих местные выключатели, должны иметь пропускную способность, соответствующую суммарному току проводов наиболее нагруженной фазы;

д) нулевые провода линий, по которым протекает ток газоразрядных ламп с компенсированными ПРА или с групповой компенсацией реактивной мощности, а также линий, питающих тиристорные ограничители напряжения или отходящих от этих ограничителей, должны иметь пропускную способность, соответствующую току наиболее нагруженной фазы.

Обращается особое внимание на этот последний случай. Во-первых, к нему не относятся линии с некомпенсированной реактивной нагрузкой, в частности линии, отходящие от щитков к лампам ДРЛ и ДРИ. Во-вторых, во всех случаях речь идет не о сечении, а о пропускной способности. Если, скажем, линия защищена на ток 25 А, но по условиям потери напряжения фазные провода имеют сечение 50 мм^2, то от нулевого провода требуется лишь, чтобы его сечение длительно выдерживало ток 25 А.

Схема подключения светильников в тоннеле приведена на рисунке ниже.

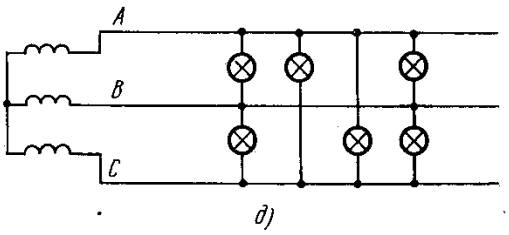


Рис 8.3. Схема подключения светильников в тоннеле

Таблица 8.1

Перечень мероприятий по обслуживанию проектируемой осветительной сети

Операция	Периодичность проверки	Пояснение
1. Осмотр и чистка оборудования и сетей	Не реже 1 раза в 3 месяца	Проводят в сроки в зависимости от местных условий
2. Проверка		
Автоматов и системы аварийного освещения	Не реже 1 раза в 3 месяца в дневное время	При отключении общего освещения от питающей сети автомат должен включить аварийное освещение от независимого источника питания
Стационарного оборудования и электропроводки рабочего и аварийного освещения	1 раз в год	Проверяют соответствие номинальных токов расцепителей и плавких вставок расчетным
Изоляции проводов и кабелей	1 раз в 3 года	Производят измерение нагрузок и напряжений в узловых и конечных точках. Проводят испытание и измеряют сопротивление изоляции
3. Чистка ламп и осветительной арматуры	Сроки определяют в зависимости от местных условий	Одновременно проверяют наличие в светильниках стекол, решеток, сеток, состояние уплотнений в светильниках специального исполнения и т.д.
4. Чистка стекол световых проемов помещений	Не реже 2 раз в год Не реже 4 раз в год	Чистку проводят: В помещениях с незначительным выделением пыли, дыма и копоти В помещениях со значительным выделением пыли, дыма и копоти
5. Испытание изоляции стационарных трансформаторов со вторичным напряжением 12-42 В	Не реже 1 раза в год	Испытание изоляции переносных трансформаторов производят 1 раз в месяц
6. Контроль уровня освещенности	Не реже 1 раза в год	Проверяют общую освещенность помещения и освещенность в контрольных точках

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте спроектирована энергоэффективная система освещения тоннелей участка Бибирево - Отрадное, с использованием энергосберегающих технологий.

Для достижения этой цели были решены следующие задачи: дана характеристика проектируемого проекта, произведен электротехнический расчет, расчет системы освещения, разработана схема питания проекта. Также рассчитаны значения электрических нагрузок, произведен выбор осветительных приборов, питающих линий, коммутационной аппаратуры, рассчитаны сечения кабелей и проводов. Произведен расчет и выбор защитных устройств по условиям отключающей способности. Произведен технико-экономический расчет показателей предложенного проекта.

В результате приведения расчета экономических показателей было установлено, что срок окупаемости предложенного проекта 1,2-1,5 года, к тому же, ЧДД больше 0, то есть проект экономически эффективен.

Все параметры системы освещения, полученные в процессе расчета, полностью удовлетворяют нормированным требованиям.

На основании сказанного выше, можно сделать вывод, что спроектированная система освещения может считаться пригодной для практического применения в тоннелях метрополитена.

Проведен анализ существующих проблем в системе освещения тоннелей участка Бибирево – Отрадное и разработаны основные меры безопасности при обслуживании осветительной сети тоннеля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ус А.Г., Елкин В.Д. "Электрическое освещение "Практическое пособие для курсового и дипломного проектирования по одноименному курсу для студентов специальности 1-43 01 03 "Электроснабжение"1-43 01 07 "Техническая эксплуатация энерго-оборудования организаций" Гомель, 2004.

2. СНБ 2.04.05-98 Естественное и искусственное освещение. –Минск: Министерство архитектуры и строительства, 1998. –59 с.

3. Правила устройства электросустановок / Министерство топлива и энергетики РФ – 6-е издание перераб. и дополн. – М.: Главгосэнергоиздат России, 1998. –608 с.

4. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. Пособие для ВУЗов. – 4-е изд., переработанное и дополн. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.: ил.

5. СниП 1.02.01-85 Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверж-дения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений.

6. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга.–2-е изд. перераб. и дополн. –М.: Энергоатомиздат, 1995. –528 с.

7. Кнорринг Г.М. Светотехнические расчеты в установках искусственного освещения. Л.: Энергия, 1973. –200 с

8. Инструкция по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий: СН 357-М.: Стройиздат, 1977. –96 с

9. Кнорринг Г.М., Фадин И.М., Сидоров В.Н. Справочная книга для проектирования электрического освещения – СПб.: Энергоатомиздат, 1992. – 448 с.

10. Свод правил СП 52.13330.2016.Естественное и искуственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*

11. Экономика железнодорожного транспорта: учебник / Под ред. Н.П. Терёшиной, Л.П. Левицкой, Л.В. Шкуриной. — М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. — 536 с.URL: http://www.studfiles.ru/preview/6318677/

12. Трудовой кодекс Российской Федерации: (по сост. на 20 октября 2016 г.) М.: Омега-Л, 2016. – 224 с.

13. Единый тарифно-квалификационный справочник // URL: http://base.garant.ru/180422/

14. Вылегжанина А. О. Организационный инструментарий управления проектом. М.: Директ-Медиа, 2015. 312 с.

15. Забродин А.Ю. Управление инвестиционными программами и портфелями проектов /. Авторский коллектив/Забродин Ю.Н., Михайличенко А.М., Саруханов А.М., Шапиро В.Д. Ольдерогге Н.Г. и др. –М.:, ДЕЛО, 2014. – С. 120

16. Рогалев Н.Д. Экономика энергетики: Учебное пособие / Н.Д. Рогалев, А.Г. Зубкова, И.В. Мастерова. – М.: «МЭИ», 2005. 288 с.

17. Александров К.К., Кузьмина Е.Г. Электрические чертежи и схемы. – М.: Изд-во МЭИ, 2004. – 300 с.

18. Варфоломеев, Л.П. Элементарная светотехника/Под ред. Ю.Б. Айзенберга. — М.: Знак, 2008. — 220 с.

19. Щепина, Н.С. Основы светотехники: Учебник для техникумов /Н.С. Щепина. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 344 с.

20. Справочная книга по светотехнике/Под ред. Ю.Б. Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. — М.: Знак, 2006. — 972 с.

21. МОТ-СУОТ 2001 «Руководство по системам управления безопасностью и охраной труда».

22. 9 МУ ОТ РМ 02-99 «Оценка травмобезопасности рабочих мест для целей их аттестации по условиям труда. Методические указания».

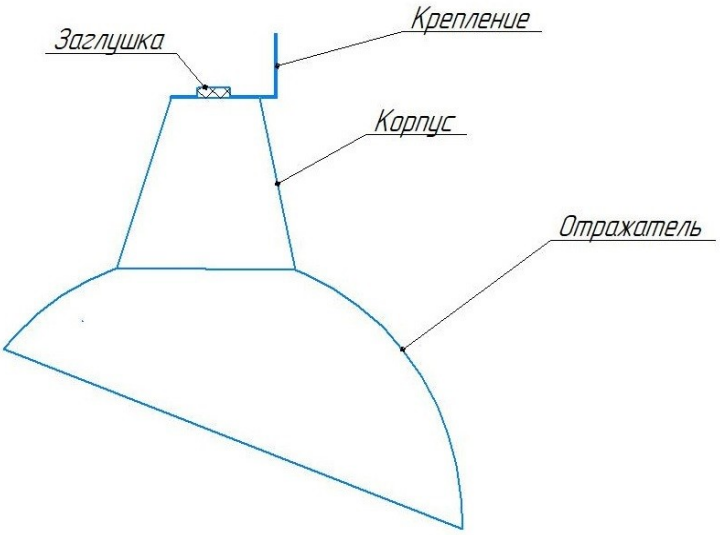
23. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок 2014г.

24. Акимова А.Н., Костеленец Н.Ф., Сентюрихин И.И. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования. Учебник для СПО – М: Мастерство, 2005 – 296 с.

25. Инструкция по охране труда при обслуживании электроустановок ИОТ-ЭМС-002. - М.: ГУП «Московский метрополитен», 2007.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

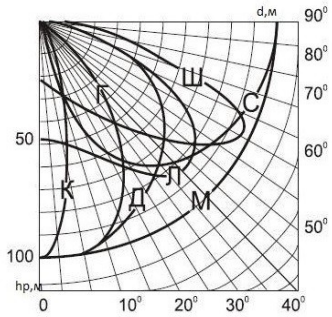
ВЫБОР ТИПА СВЕТИЛЬНИКОВ



1. Установка. Крепится на поверхность стены в помещении или под навесом на монтажный профиль.
2. Конструкция. Корпус изготовлен из полиамида методом литья под давлением, отражатель светильника изготовлен из алюминиевого листа методом вытяжки окрашен порошковой краской, уплотнительная прокладка для светильника со степенью защиты IP50 из силиконовой резины, патрон керамический E27.

НСП17-100-106 ("М")

КПД 85%



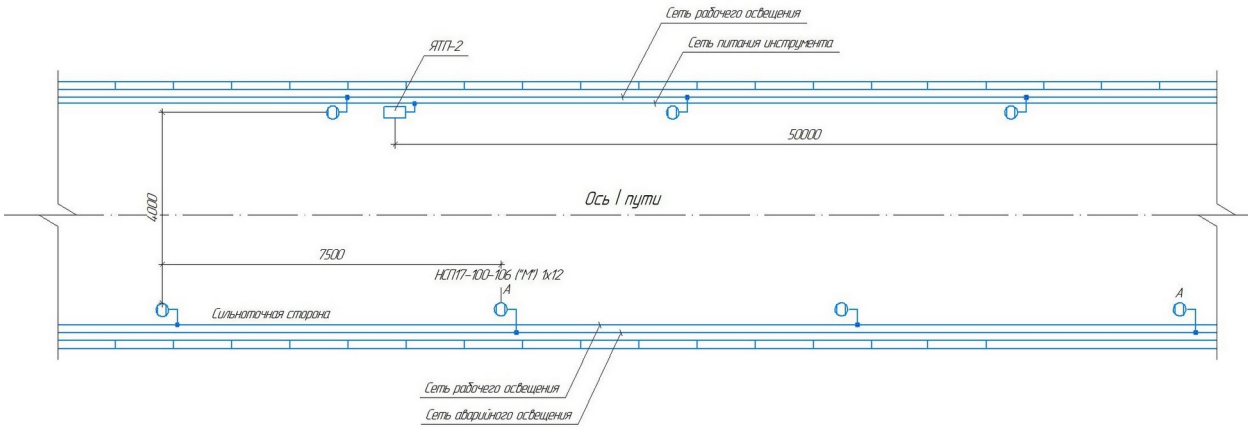
Артикул	Мощность, Вт	Масса, кг	НСП17-100-106	
			Код светильника	cosφ
НСП17-100-106 ("М")	1х12	1,0	1017100106	≥0,84

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

РАЗМЕЩЕНИЕ СВЕТИЛЬНИКОВ В ТОННЕЛЕ



Схема размещения светильников в тоннеле



ПРИЛОЖЕНИЕ 3

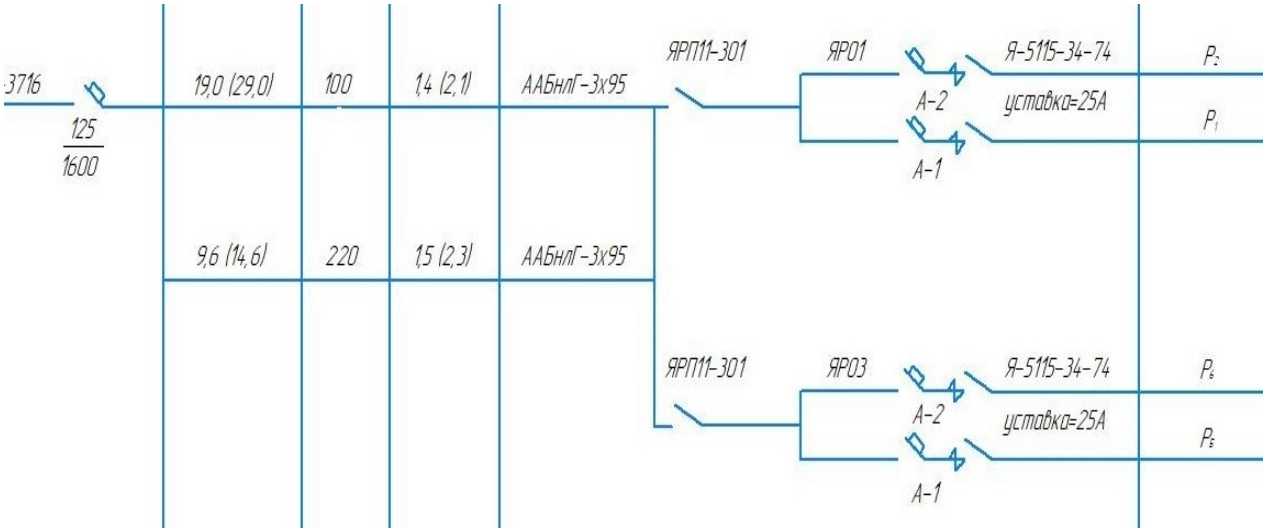
ОСВЕТИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ УЧАСТКА ТОННЕЛЯ ДО МОДЕРНИЗАЦИИ

Схема электрическая однолинейная ст. Бибирево

Стп-812 щит освещения 2208		Питающая линия				Вводной рубильник	Ящик управления ЯУ		Маркировка группы Р-рабочее освещение А-аварийное освещение	Кол-во свет. шт	Мощность Квт	Длина линии м	Потеря напряж. %	Кабель	Направление, путь, пикет конца линии	Примечание
Секция	Тип и установка автомата	Мощность, Квт	Длина линии м	Потеря напряж. %	Кабель		Номер ЯУ	Тип ЯУ / Установка автомата								
А-3716	125 / 1600	19,0 (29,0)	100	1,4 (2,1)	ААБнлГ-3х95	ЯРП11-301	ЯР01	Я-5115-34-74	P_1		4,7 (7,2)	942	6,0 (9,0)	АВВГнг-3х25	II путь к ст. Отрадное ПК-0140+50	сильноточная сторона тоннеля
							А-2	уставка=25А	P_1		4,7 (7,2)	942	6,0 (9,0)	АВВГнг-3х25	I путь к ст. Отрадное ПК-0140+50	
							А-1									
		9,6 (14,6)	220	1,5 (2,3)	ААБнлГ-3х95											*Линия освещения прокладывается до ПК-0155+58 конца I очереди строительства)
						ЯРП11-301	ЯР03	Я-5115-34-74	P_2		4,8 (7,3)	963/500*	6,2 (9,6)	АВВГнг-3х25	II путь к ст. Алтуфьево ПК-0160+17 (тонкораздел)	сильноточная сторона тоннеля
							А-2	уставка=25А	P_2		4,8 (7,3)	963/500*	6,2 (9,6)	АВВГнг-3х25	I путь к ст. Алтуфьево ПК-0160+17 (тонкораздел)	
							А-1									
А-3716	125 / 1600	19,0 (29,0)	100	1,4 (2,1)	ААБнлГ-3х95	ЯРП11-301	ЯР02	Я-5115-34-74	P_3		4,7 (7,2)	942	6,0 (9,0)	АВВГнг-3х25	II путь к ст. Отрадное ПК-0140+50	*Линия освещения прокладывается до ПК-0155+58 конца I очереди строительства) слаботочная сторона тоннеля
							А-2	уставка=25А	P_3		4,7 (7,2)	942	6,0 (9,0)	АВВГнг-3х25	I путь к ст. Отрадное ПК-0140+50	
							А-1									
		9,6 (14,6)	220	1,5 (2,3)	ААБнлГ-3х95											
						ЯРП11-301	ЯР04	Я-5115-34-74	P_4		4,8 (7,3)	963/500*	6,2 (9,6)	АВВГнг-3х25	II путь к ст. Алтуфьево ПК-0160+17 (тонкораздел)	слаботочная сторона тоннеля
							А-2	уставка=25А	P_4		4,8 (7,3)	963/500*	6,2 (9,6)	АВВГнг-3х25	I путь к ст. Алтуфьево ПК-0160+17 (тонкораздел)	
							А-1									
А-3716	80 / 650	10,4	100	0,57	ААБнлГ-3х95	ЯРП11-301	ЯА01	Я-5115-35-74	A_2		5,2	942	8,0	ВВГнг-3х16	II путь к ст. Отрадное ПК-0140+50	сильноточная сторона тоннеля
							А-2	уставка=32А	A_1		5,2	942	8,0	ВВГнг-3х16	I путь к ст. Отрадное ПК-0140+50	
							А-1									
А-3716	80 / 650	12,8	320	1,4	ААБнлГ-3х120	ЯРП11-301	ЯА02	Я-5115-35-74	A_2		5,3	963/500*	8,0	ВВГнг-3х16	II путь к ст. Отрадное ПК-0160+50	*Линия освещения прокладывается до ПК-0155+58 конца I очереди строительства) сильноточная сторона тоннеля
							А-2	уставка=32А	A_2		5,3	963/500*	8,0	ВВГнг-3х16	I путь к ст. Отрадное ПК-0160+50	
							А-1									
							ЯА0 съезд	Я-5115-35-74	A_2 съезд		1,1	180	0,47	ВВГнг-3х16	II путь ЦСП. ПК-0152+0,8	
							А-2	уставка=25А	A_1 съезд		1,1	260	0,47	ВВГнг-3х16	I путь ЦСП. ПК-0152+97,11	
							А-1									

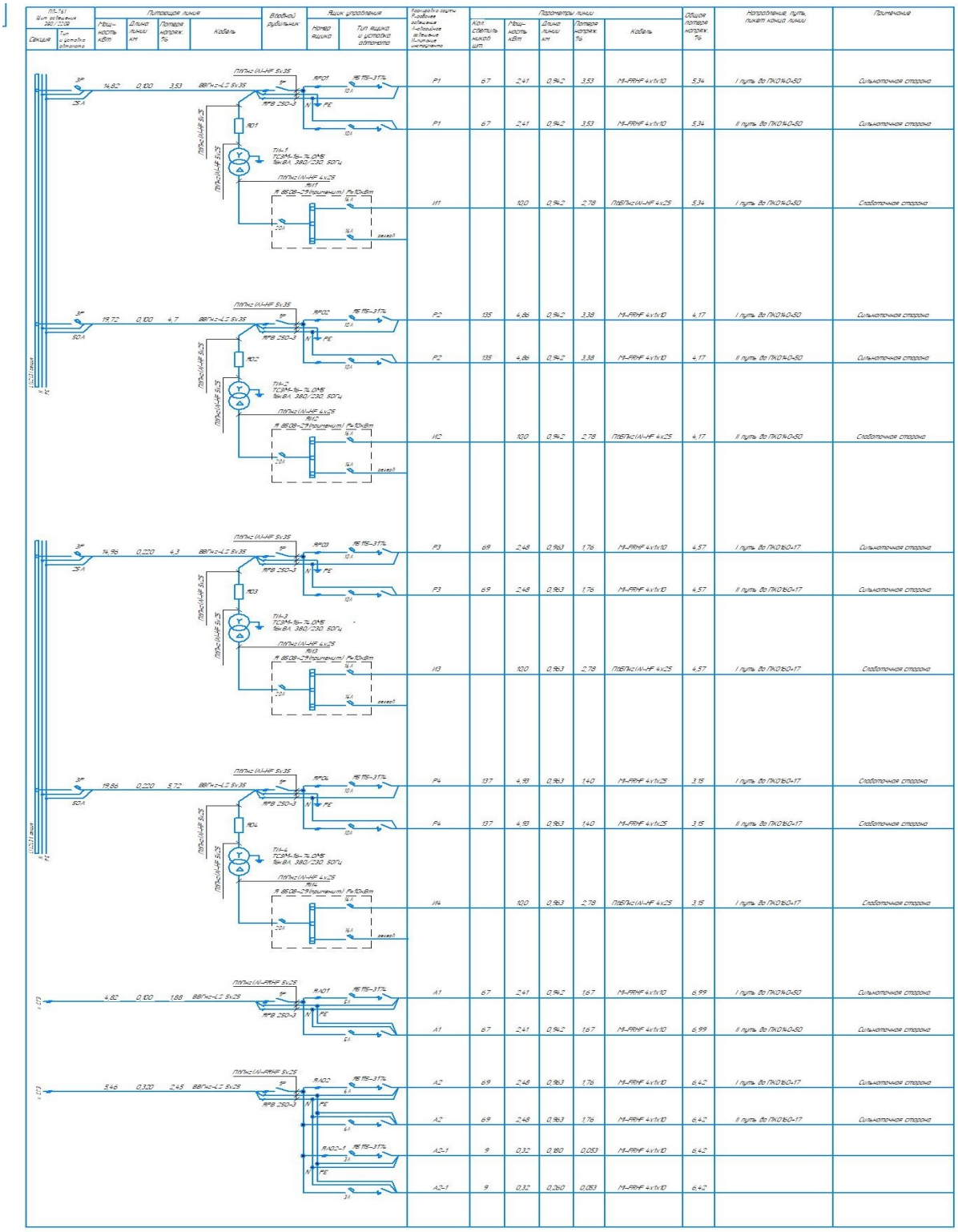
ПРИЛОЖЕНИЕ 4

УВЕЛИЧЕННАЯ ЧАСТЬ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ УЧАСТКА ТОННЕЛЯ ДО МОДЕРНИЗАЦИИ



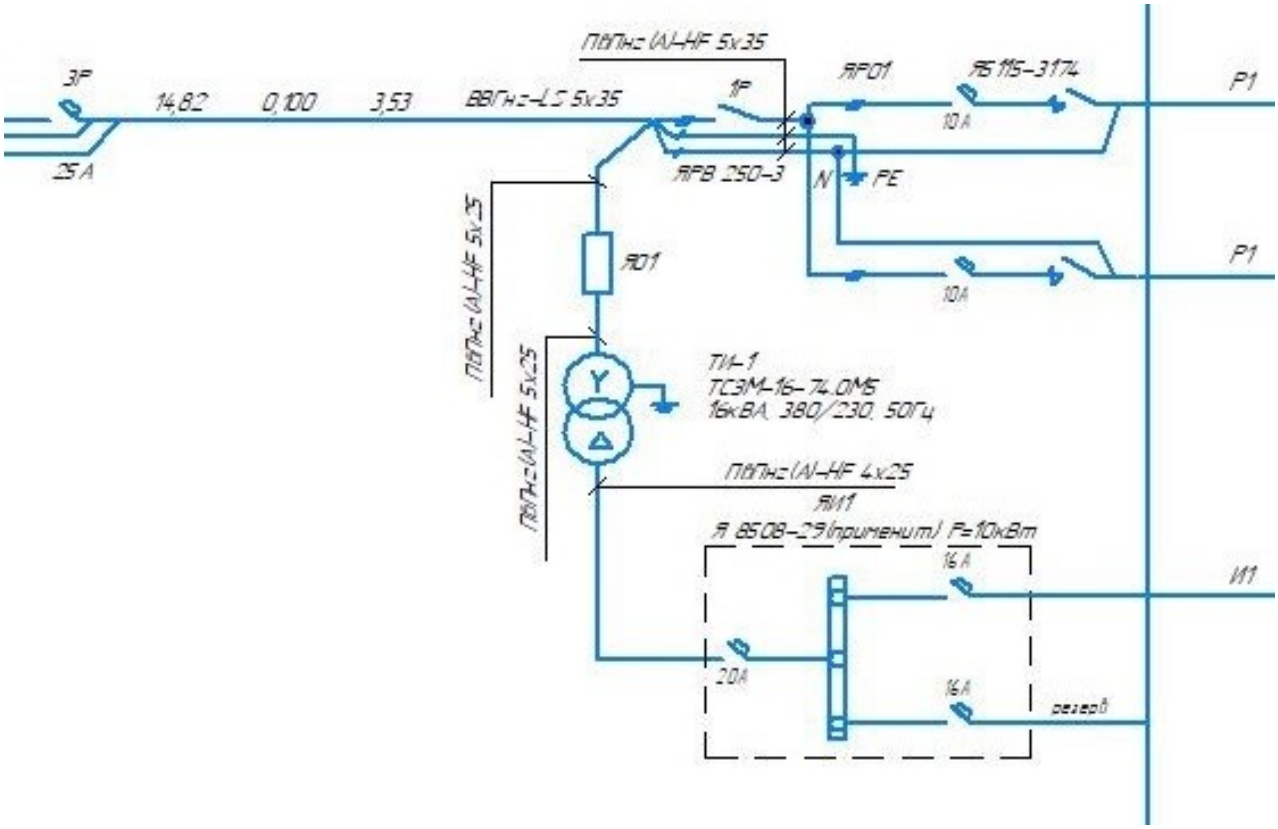
ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ОСВЕТИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ УЧАСТКА ТОННЕЛЯ ПОСЛЕ МОДЕРНИЗАЦИИ



ПРИЛОЖЕНИЕ 6

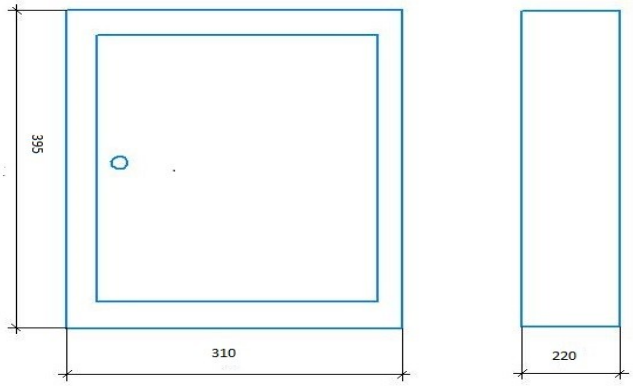
УВЕЛИЧЕННАЯ ЧАСТЬ ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СЕТИ УЧАСТКА ТОННЕЛЯ ПОСЛЕ МОДЕРНИЗАЦИИ



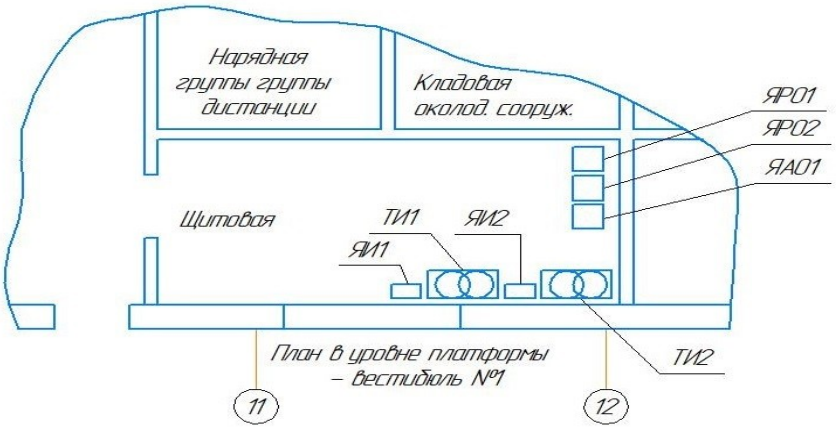
ПРИЛОЖЕНИЕ 7

РАСПОЛОЖЕНИЕ ЩИТКОВ ОСВЕЩЕНИЯ

Внешний вид Я 5115



План расположения ящиков освещения



ПРИЛОЖЕНИЕ 8

РАЗМЕЩЕНИЕ ЯЩИКОВ ЯТП-2 В ТОННЕЛЕ



Ящик с понижающим трансформатором и розеткой ЯТП-2

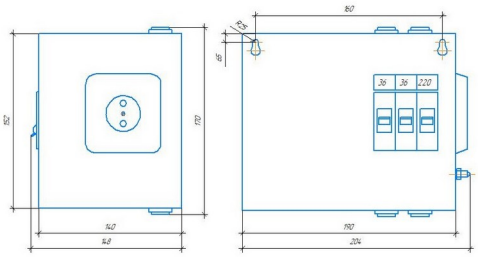


Схема размещения светильников в тоннеле

