

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и  
учреждений  
(направленность (профиль))

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Реконструкция электрического освещения учебного корпуса  
Тольяттинского государственного университета»

Студент(ка)

С.В. Наумов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

О.В. Самолина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

Тольятти 2016

## АННОТАЦИЯ

В данной выпускной квалификационной работе исследована реконструкция электрического освещения учебных корпусов Тольяттинского Государственного Университета, в целях повышения светового потока и энергетической эффективности.

В работе изучены требования СанПиН по освещённости помещения, проведён экономический и светотехнический анализ с точки зрения экономической целесообразности. В выпускной квалификационной работе произведены следующие расчёты:

- светотехнический расчёт кабинета с серией светильников ЛПО – 04 до реконструкции;
- светотехнический расчёт на этаж с предлагаемой серией светильников;
- расчёт распределения нагрузки по фазам;
- расчёт защитной и пускорегулирующей аппаратуры;
- расчёт техно-экономической эффективности для корпусов Тольяттинского Государственного Университета.

Выпускная квалификационная работа выполнена на 59 страницах, включает:

- 10 таблиц;
- 8 рисунков;
- 6 чертежей формата А1;
- 30 источников.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Описание системы освещения до реконструкции.....	7
1.1 Классификация помещений по назначению и требованиям СанПиН.....	9
1.2 Конструкция электромагнитного светильника ЛПО – 04.....	10
1.3 Сборка и монтаж светильника ЛПО – 04.....	12
1.4 Светотехнический расчёт до реконструкции.....	13
2 Предлагаемая концепция системы освещения.....	15
2.1 Технические характеристики светильника СВПО 01-40-007.....	20
2.2 Конструкция предлагаемых светильников с ЭПРА.....	21
2.3 Сборка и монтаж предлагаемой серии светильников.....	22
2.4 Соответствие светильников с ЭПРА нормам безопасности.....	22
2.5 Светотехнический расчёт с предлагаемой продукцией.....	23
3 Анализ существующих распределительных устройств на возможность эксплуатации в реконструируемой системе освещения.....	25
3.1 Выбор марки и способа прокладки кабелей.....	27
3.2 Расчёт и выбор защитной и пускорегулирующей аппаратурой.....	28
4 Экономическая эффективность.....	31
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	55
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	56

## ВВЕДЕНИЕ

Светодиодное освещение имеет существенные предпочтения перед другими видами освещения за счёт низких эксплуатационных расходов в течение рабочего периода, длительного жизненного цикла, высокой энергоэффективности, отсутствия инфракрасного и УФ-излучения.

Использование светодиодных источников света за короткое время (с 2007 года) возросло практически в 10 раз. Прорыв в области светодиодов был связан, в первую очередь, с получением новых полупроводниковых материалов, повышающих яркость светодиодов более, чем в 20 раз. Благодаря высокому КПД (90-95%) светодиодная технология обеспечивает низкое энергопотребление и малые тепловые потери. В качестве дополнительных решающих факторов, влияющих на выбор источников света, следует отметить отличную контрастность, качественную цветопередачу и экологичность светодиодного освещения.

Широкую дорогу применению светодиодного освещения в России открыл федеральный закон №261-ФЗ. Законом практически запрещено применение ламп накаливания, а основным критерием при выборе источников света установлена их энергоэффективность. Как результат действия этого закона по всей РФ созданы и реализуются региональные программы по энергоэффективности.

При решении вопроса модернизации освещения учебных помещений Тольяттинского государственного университета было отдано предпочтение светодиодным светильникам. До модернизации в ТГУ в качестве основных применялись люминесцентные светильники с электромагнитными дросселями. Они не удовлетворяли требованиям к современному качеству освещения (повышенный расход электроэнергии; высокие, до 30% пульсации светового потока; шумность; наличие экологической угрозы при разрушении ламп).

По части экологии следует быть особенно настороженным, поскольку в данном случае речь идёт о применении тех или иных устройств в помещениях, где присутствует большое количество людей. Известно, что при повреждении одной энергосберегающей люминесцентной лампы в стандартном помещении, например, зимой возможно кратковременное повышение предельно допустимой концентрации ртути более, чем в 150 раз!

На рынке современных источников света в настоящее время ведущее положение (до 60%) занимают люминесцентные источники света с электронными (ЭПРА) пускорегулирующими аппаратами. Поэтому в данном случае уместно сопоставление их с выбранным вариантом. Оба типа светильников обладают практически равными качествами и преимуществами перед прочими источниками света. Энергоэффективность люминесцентных светильников с ЭПРА (90-95ЛМ/Вт) несколько ниже светодиодных (100-110ЛМ/Вт), применяемых в настоящее время, они имеют худшую цветопередачу, проигрывают по экологичности и сроку службы. Основное преимущество перед светодиодными – стоимость: световой поток одинакового качества оказывается в 1,3-1,5 раза дешевле. Однако, более высокие капитальные затраты в последующем окупаются за счёт более низких эксплуатационных расходов и большем сроке использования.

Итак, предпочтение светодиодным светильникам перед люминесцентными с ЭПРА при модернизации освещения учебных аудиторий ТГУ отдано по следующим причинам:

- 1) более высокая экологичность (отсутствие инфракрасного и ультрафиолетового излучения в спектре, отсутствие в конструкции вредных веществ);
- 2) более высокая контрастность;
- 3) лучшая цветопередача;
- 4) возможность применения светорегулирующих аппаратов (диммеров).

Модернизация освещения проводится без замены сетей, коммутационных и защитных аппаратов. В проекте оценивается состояние

электрообеспечивающих объектов и возможность их дальнейшего использования.

## 1 Описание системы освещения до реконструкции

Люминесцентные лампы (ЛЛ), благодаря экономичности и своему свойству создавать рассеянный свет, являются идеальными для освещения больших открытых помещений. Однако качество освещения и продолжительность срока службы люминесцентной лампы зависят от устройства, обеспечивающего её зажигание и поддержание рабочего режима. Традиционно электропитание ламп производится током сетевой частоты 50 Гц от электромагнитных пускорегулирующих аппаратов (ПРА) - балластов. Наиболее распространенной и простой схемой включения люминесцентной лампы является стартерная (с простым индуктивным сопротивлением – дросселем).

Данная схема, как и другие классические электромагнитные пускорегулирующие аппараты, имеют ряд существенных недостатков:

1) Вредное и неприятное мерцание 100 Гц, а при электродных областях – 50 Гц (лампа питается переменным напряжением низкой частоты, и в паузах, при переходе сетевого напряжения через ноль, газ успевает модернизироваться, что можно описать как характерное мерцание);

2) Наличие громоздкого (а в ряде случаев и весьма шумного) дросселя и ненадежного стартера, а вышедший из строя стартер вызывает фальстарт лампы (визуально – несколько вспышек перед стабильным зажиганием). В свою очередь, фальстарт резко снижает срок службы люминесцентной лампы;

3) Повышенный уровень шума и тепловыделения, возникающие при работе дросселя;

4) Низкий коэффициент мощности (высокая мощность потерь);

5) Нестабильность светового потока при колебаниях напряжения сети.

Первым шагом по модернизации электромагнитного ПРА и устранения некоторых его недостатков является замена обычного стартера на электронный.

Электронный стартер, являясь составной частью электромагнитного ПРА, позволяет улучшить и облегчить процесс поджога ЛЛ, но решить все проблемы с питанием ЛЛ возможно только с помощью электронного высокочастотного ПРА.

Необходимо сказать, что еще в 2000 году Энергетическая комиссия Европейского экономического союза (ЕЭС) приняла директиву №2000/55/EG, согласно которой в странах ЕЭС с декабря 2005 года должно было прекратиться производство электромагнитных балластов с классом потерь мощности B1 (выпуск балластов классов D и C должен был прекратиться еще раньше, соответственно в 2001 и в мае 2005 года). Как и все подобные директивы, она не была выполнена в полном объеме – большинство фирм успешно продолжают производить (и продавать, в основном, в России и других странах СНГ) балласты класса C, не говоря уже о B1. Однако эта директива послужила мощным стимулом для расширения объемов производства электронных ПРА.

Другим важным документом, способствующим повсеместному внедрению электронных балластов, стали новые Европейские нормы освещенности EN 12464-1. В этих нормах имеется специальный раздел, посвященный пульсациям освещенности. Раздел состоит из одной фразы: «В помещениях с длительным пребыванием людей пульсации освещенности не допускаются». Фактически это означает запрет на использование ЛЛ в стандартных стартерно-дрессельных схемах включения.

Светильники типа ЛПО-04 предназначены для освещения общественных, административных и вспомогательных помещений, офисов, торговых залов, учебных заведений. Светильники предназначены для работы в сети однофазного переменного тока с напряжением 220В, частотой 50Гц.



## 1.1 Классификация помещений по назначению и требования СанПиН

Корпуса Тольяттинского Государственного Университета, относиться к учебному учреждению и на них распространяются требования СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

Таблица 1 - Нормативные требования СанПиН

№	Освещаемые объекты	Средняя освещённость Еср, лк, не менее
1	Классные комнаты, аудитории, учебные кабинеты, лаборатории общеобразовательных школ, школ-интернатов, среднего специального и профессионально-технических учреждений (на доске)	500
2	Классные комнаты, аудитории, учебные кабинеты, лаборатории общеобразовательных школ, школ-интернатов, среднего специального и профессионально-технических учреждений (на столах, Г-0.8)	400
3	Аудитории, учебные кабинеты, лаборатории техникумов и высших учебных заведений (на столах, Г-0.8)	400
4	Кабинеты информатики и вычислительной техники (на столах, Г-0.8)	400
5	Кабинеты технического черчения и рисования (на столах, Г-0.8)	500

6	Лаборатории при учебных кабинетах (на столах, Г-0.8)	400
7	Мастерские по обработке металлов и древесины (на столах, Г-0.8)	300
8	Кабинеты обслуживающих видов труда (на столах, Г-0.8)	400
9	Спортивные залы (на полу, Г-0,0)	200
10	Спортивные залы (на уровне 2,0 м от пола)	75
11	Крытые бассейны (на поверхности воды)	150
12	Актовые залы, киноаудитории (на полу, Г-0,0)	200
13	Эстрады актовых залов (на полу, Г-0,0)	300
14	Кабинеты и комнаты преподавателей (на столах, Г-0.8)	300

## 1.2 Конструкция электромагнитного светильника ЛПО - 04

Светильник состоит из корпуса 1 и крышки 2, изготовленных из стального листа и окрашенных порошковой эмалью белого цвета. У светильников с диффузным рефлектором 3 крышка не плоская, а специальной формы (рисунок 1).

У светильников с диффузионным рефлектором в названии модели имеется буква (Р).

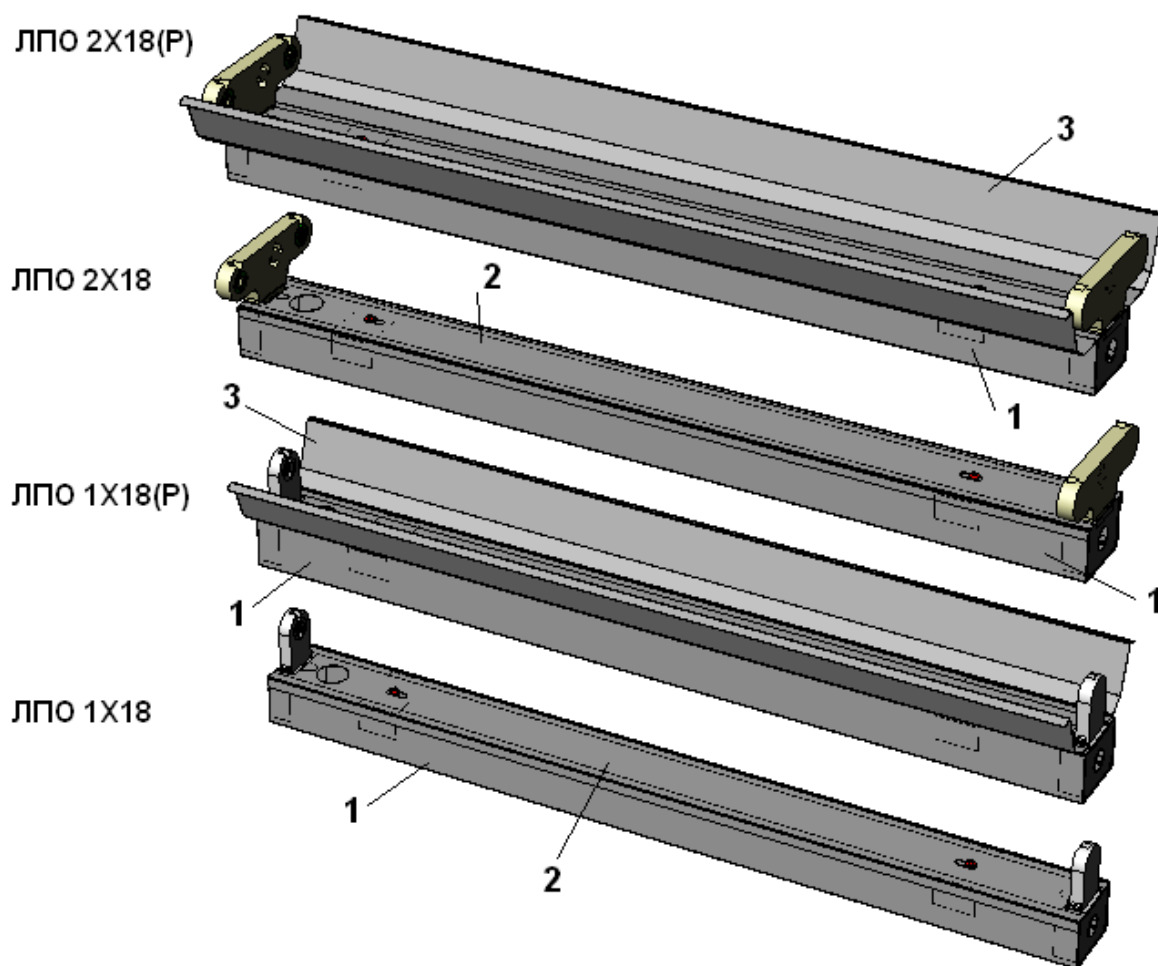


Рисунок 1 – Модели светильников типа ЛПО – 04

1 – корпус; 2 – крышка; 3 – диффузный рефлектор

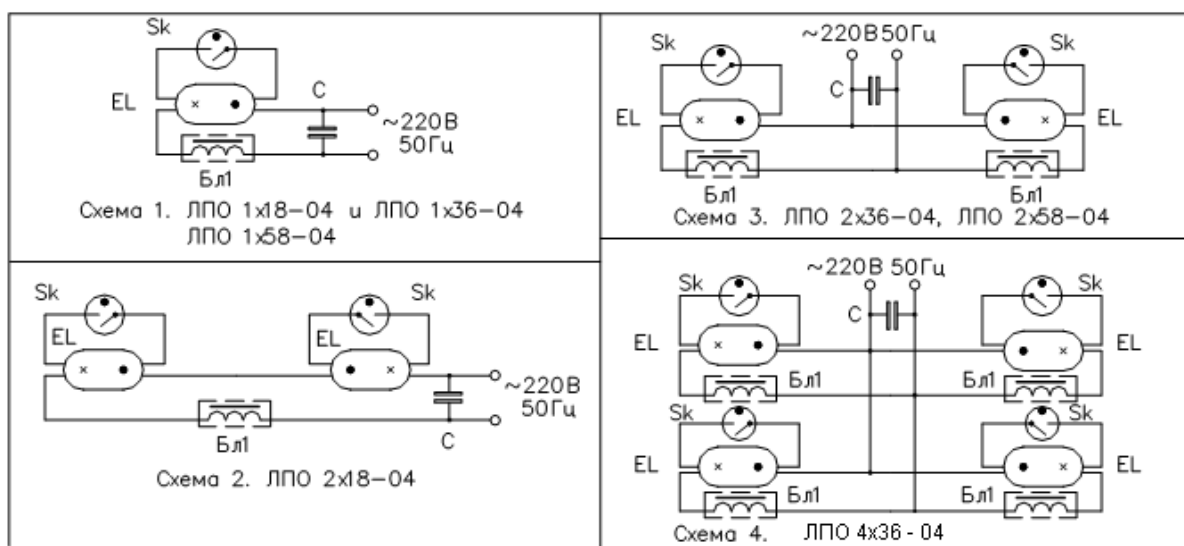


Рисунок 1.1 – Электрические принципиальные схемы светильников серии ЛПО-04

### 1.3 Сборка и монтаж светильника ЛПО -

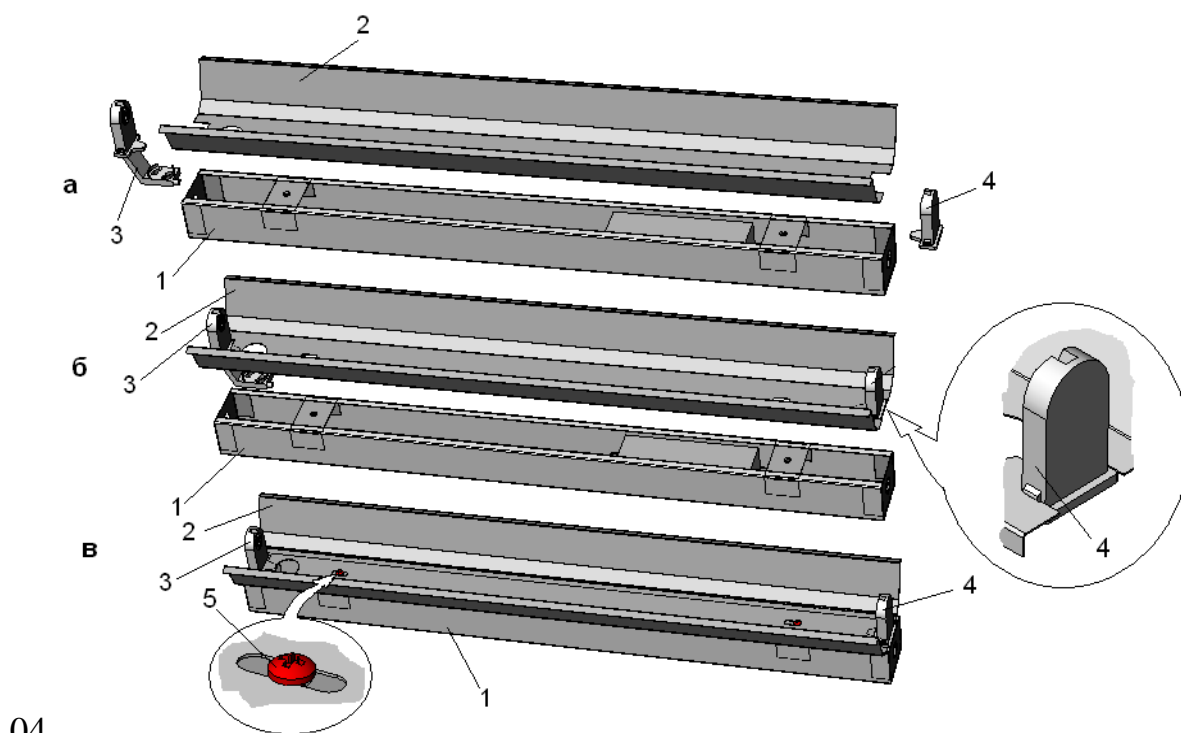


Рисунок 2 – Сборка светильника

а – подготовка к сборке;

б – установка ламподержателей на рефлектор;

в – завершение сборки

Выньте из упаковки корпус 1 (рисунок 2) и отражатель 2. Ламподержатели 3 и 4 находятся внутри корпуса 1 и соединены проводами с другими элементами в корпусе. Ламподержатели нужно из корпуса извлечь и расположить примерно так, как показано на рисунке 2а.

Вставьте ламподержатели 3 и 4 в пазы рефлектора (или крышки) 2 до упора (рисунок 2б).

Установите рефлектор (крышку) с ламподержателями на корпус, заправив в корпус провода. Проследите, чтобы провод не был где-либо прижат. Закрепите рефлектор на корпусе саморезами 5 (рисунок 2в).

Закрепите светильник в месте его эксплуатации.

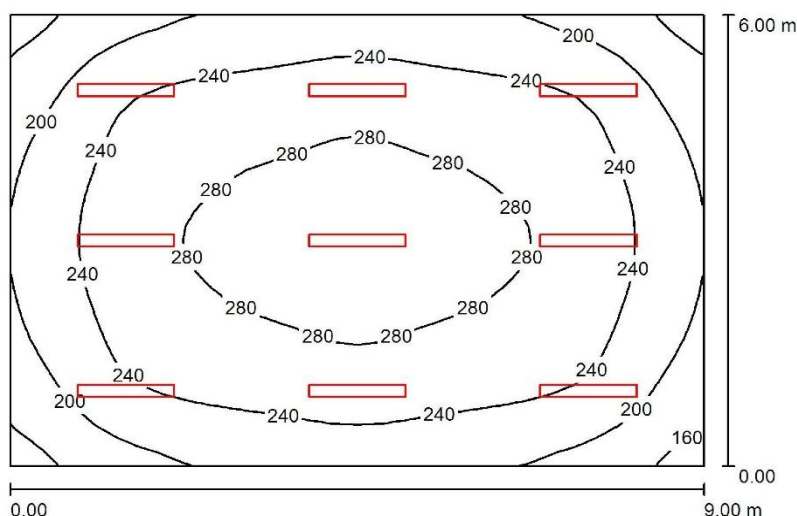
Через отверстие в торцевой стенке корпуса подведите кабель питания и подключите его к клеммной колодке, расположенной в корпусе. Для доступа

к клеммной колодке выверните саморезы и снимите крышку. Подсоединив кабель питания, поставьте крышку на место.

## 1.4 Светотехнический расчёт до реконструкции

Оператор  
Телефон  
Факс  
Электронная почта

### Помещение 1 / Резюме



Высота помещения: 3.800 m, Монтажная высота: 3.800 m,  
Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:78

Поверхность	$\rho$ [%]	$E_{cp}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_{cp}$
Рабочая плоскость	/	242	144	299	0.596
Полы	20	210	144	257	0.684
Потолок	70	79	66	127	0.839
Стенки (4)	50	169	103	327	/

#### Рабочая плоскость:

Высота: 0.850 m  
Растр: 32 x 32 Точки  
Краевая зона: 0.000 m

#### UGR

Вдоль- Поперек К оси светильников  
Левая стенка 18 19  
Нижняя стенка 16 17  
(CIE, SHR = 0.25.)

#### Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Ф (Светильник) [lm]	Ф (Лампы) [lm]	P [W]
1	9	ООО "Белорецкий электро-механический завод "Максимум ЛПО 01-2х36-006-01 "Люкс Для общего освещения общественных помещений (1.000)	2696	4600	97.6

Всего: 24266 Всего: 41400 878.4

Удельная подсоединенная мощность: 16.27 W/m<sup>2</sup> = 6.72 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Поверхность основания: 54.00 m<sup>2</sup>)

Рисунок 3 – Светотехнический расчёт на кабинет с серией светильников ЛПО - 04 до реконструкции

---

**Помещение 1 / Фиктивные цвета - визуализация**

---

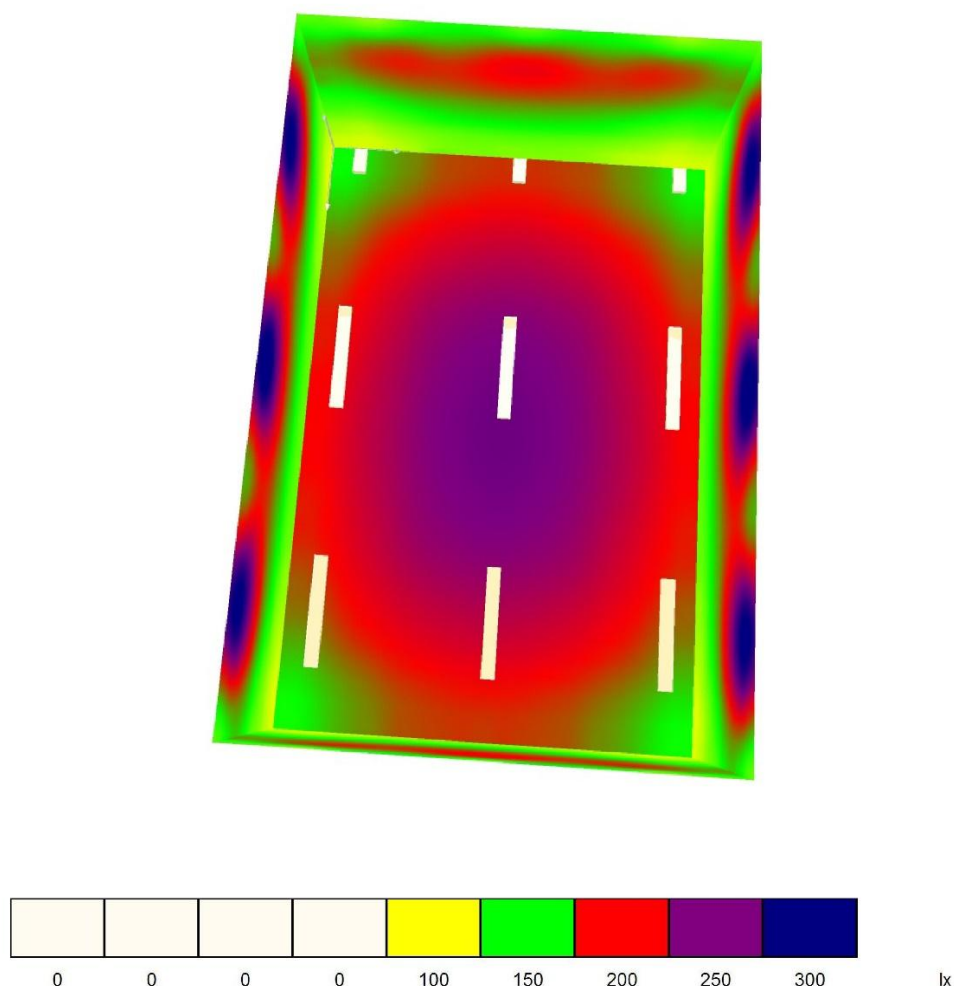


Рисунок 3.1 – Светотехнический расчёт на кабинет с серией светильников ЛПО – 04 до реконструкции (выполнен в цвете)

В связи с результатами комиссии и проведённому официальному конкурсу на выбор подрядчика по замене устаревшего освещения. Был сделан выбор в пользу предложенной серии светодиодных светильников известного производителя.

## 2 Предлагаемая концепция системы освещения

Предприятие, соответствующее всем требованиям, занимается производством люминесцентных светильников с ЭПРА. Основной номенклатурой, выпускаемой заводом, являются светильники в металлическом корпусе серий ЛСПО, ЛДП, ЛВПО и ЛДПО (подвесные, потолочные и встраиваемые светильники). В изготовлении корпусов и отражателей светильников применяется в основном технология проката, что позволяет изготавливать светильники любой длины. Корпуса светильников выполнены из тонколистовой стали, это обеспечивает пожаробезопасность изделий. Покраска порошковая, выполняется на современном покрасочном оборудовании. Качество материалов и покраски таковы, что отражение светового потока составляет не менее 92%.

Имея собственное производство электронных изделий, располагая возможностью изготавливать светодиодные светильники, используя корпуса люминесцентных. Так выполнялись неоднократно заказы на светодиодные светильники, изготавливаемые с использованием корпусов встроенных светильников (ЛВПО).

Самым многочисленным семейством, производимых на предприятии люминесцентных светильников, является серия ЛДП. Этот светильник может быть изготовлен в подвесном варианте, для крепления на потолок или стену, на кронштейне над рабочим местом, для установки в «световую» линию.

Корпуса этих светильников, как никакие другие, подходят для установки в них светодиодных линеек. Варьируя количество линеек, угол раскрытия светодиодов и угол отгиба отражателя светильника, на котором установлены линейки, можно получить необходимую форму кривой силы света.

В настоящее время электронные пускорегулирующие аппараты(ЭПРА) находят все более широкое применение для питания различных типов ламп. С развитием элементной базы, они – ЭПРА становятся все компактнее,

надежнее, дешевле и легче, позволяются осуществлять регулировку светового потока, становятся «умными», т.е. могут работать с несколькими типами ламп, различая их автоматически при включении.

Таблица 2 – Серия разработанных и выпускаемых светодиодных светильников СВПО

№ п/ п	Модель светиль- ника	Мощн. Вт	Световой поток светиль- ника. Лм	Габариты. мм	Назначение
1	СВПО-40- 20	20	2000	595x130x70	Коридоры, лестницы, рабочие места, кладовки. Подсветка витрин. Крепление на стены и к потолку. Высота подвеса до 4м.
2	СВПО -40- 36	36	3000	595x130 (165)x70	Встроенные (Армстронг). Рабочие места (на стены и потолок). Высота подвеса до 4м.



Продолжение таблицы 2

3	СВПО -40-40	40	4100	595x130 (165)x70	Встраиваемый (Армстронг), потолочный, настенный. Высота подвеса до 4м.
4	СВПО -40-65(595)	65	6300	595x130x70	Для установки в световые линии и световые сборки (световые панели в комплекте с ТСДПО-40-260) с высотой подвеса до 20 м. Торговые и выставочные залы, спортивные комплексы.


Продолжение таблицы 2

5	СВПО -40-65	65	6300	1050x130x70	Общественные здания (школы, больницы, ВУЗы), производственные помещения. Высота подвеса до 4м.
6	СВПО -40-80	80	9000	1050x130x70	Общественные здания, производственные помещения. Высота подвеса до 6 м.
7	СВПО -40-100	100	9400	1575x130x70	Общественные здания, производственные помещения. Высота подвеса до 8 м.

Продолжение таблицы 2

8	СВПО -40-130	130	12600	1575x130x70	Сборные световые конструкции для торговых центров и общественных помещений, vip-офисы
9	СВПО -40-180	180	16500	2065x130x70	Торговые центры (световые линии), производственные помещения, школьные классы, учебные помещения
10	СВПО -40-260	260	25000	2065x130x70	Торговые центры (световые линии), спорткомплексы, производственные помещения, высота подвеса до 20 м

## 2.1 Технические характеристики светильника СВПО 01-40-007

Напряжение сети, В .....	220 – 240
Частота питающей сети, Гц.....	50
Коэффициент мощности cosφ.....	0,98
КПД, % не менее .....	91
Световой поток светильника, Лм	
СВПО-40-65-(КЛ; МАТ; ПР; МПР) .....	6300
СВПО-40-100-(КЛ; МАТ; ПР; МПР) .....	9400
Класс светораспределения .....	Р (рассеянный)
Тип кривой силы света .....	Д (косинусная)
Класс защиты от поражения электрическим током .....	II
Класс энергетической эффективности .....	A
Температура окружающей среды, °С .....	от минус 20 до +50
Степень защиты от внешних воздействий.....	IP40
Климатическое исполнение и категория размещения .....	УХЛ4.
Светильники пригодны для установки непосредственно на поверхность из нормально воспламеняемого материала.....	
Габаритные размеры светильника мм	
СВПО-40-65-(КЛ; МАТ; ПР; МПР) .....	1000 x 130 x 70
СВПО-40-100-(КЛ; МАТ; ПР; МПР) .....	1550 x 130 x 70
Масса светильника, кг	
ТСДПО-40-65-(КЛ; МАТ; ПР; МПР) .....	2,5
ТСДПО-40-100-(КЛ; МАТ; ПР; МПР) .....	3,2

## 2.2 Конструкция предлагаемых светильников с ЭПРА

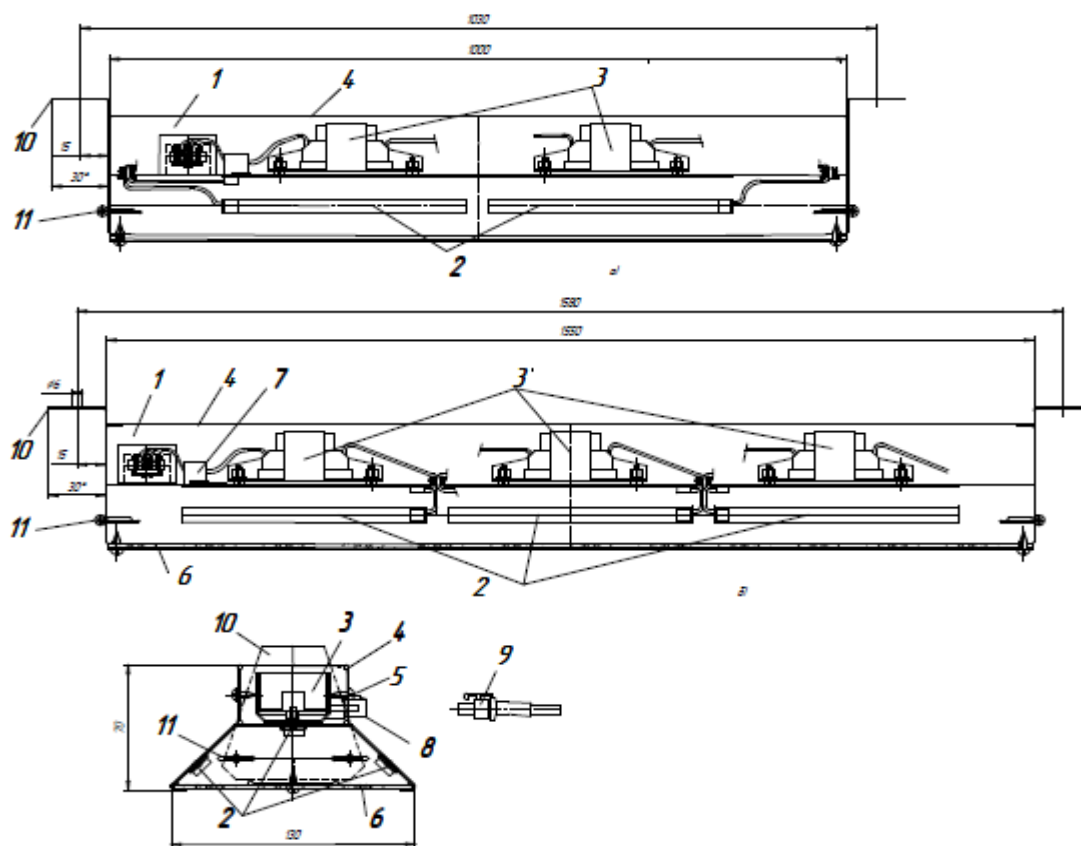


Рисунок 4—Модель светильника СДП 01-60-007

Светильник включает: стальной корпус - 1, покрытый белой порошковой эмалью с двумя рабочими объемами между двух заглушек. Нижний световой объем имеет трапецеидальную форму, на центральной и внутренних поверхностях которого закреплены светодиодные линейки – 2 с самозажимными разъемами под защищенный провод; - источники питания ИСП – 3 установлены во внешнем объеме корпуса, который закрыт защитной крышкой – 4, закрепленной к торцевой заглушке корпуса винтами - 5; - снизу световой объем закрыт рассеивателем - 6 четырех видов в зависимости от модификации;- выводные концы от ИСП подсоединены через клеммы колодки - 7 к разъему – 8; 9 - внешний разъём светильника.

Подвес светильника осуществляется с помощью скоб – 10, которые крепятся к корпусу двумя шпилками – 11.

## 2.3 Сборка и монтаж предлагаемой серии светильников

Светильники СВПО поставляются в полностью собранном виде. Установка светильников предельно упрощена. Она заключается в развешивании на соответствующей высоте и расстоянии друг от друга крепёжных скоб, и подключении к распределительным коробкам проводов от внешних разъёмов светильника. Затем светильники крепятся к скобам с помощью шплинтов, а колодки внешних разъёмов подключаются к разъёмам светильников.

При установке светильника на стене используются аналогичные скобы, но имеющие форму буквы Г. В этом случае для крепления светильника к скобам применяются винты с зажимной гайкой «барашек». Такая система позволяет изменять положение светильника в пределах  $\pm 45$  град.


При соединении светильников в «световую» линию используются скобы, позволяющие соединять светильники под прямым углом или по схеме «перекрёсток». И в этом случае соединение между собой крепёжных скоб, соединительных скоб и светильников осуществляется с помощью шплинтов.

Для увеличения освещённости объектов, например, спортивных площадок, светильники могут собираться в прямоугольные световые панели. В светильниках, используемых в световых линиях и панелях, устанавливаются дополнительные разъёмы, через которые светильники связываются в единую цепь. Такая возможность позволяет предельно упростить и удешевить монтаж светильников.

## 2.4 Соответствие светильников с ЭПРА нормам безопасности

Светильники классифицируются в соответствии с типом защиты от поражения электрическим током (IEC EN 60598-1).

Предлагаемая система освещения относится к второму классу защиты.

II класс защиты - светильник, в котором защита от поражения электрическим током основана не только на рабочей изоляции, но и на других мерах безопасности. Предусмотрена двойная изоляция, либо усиленная изоляция. Защитное заземление не требуется. Не зависит от условий окружающей среды. Обозначается как 

## 2.5 Светотехнический расчёт с предлагаемой продукцией

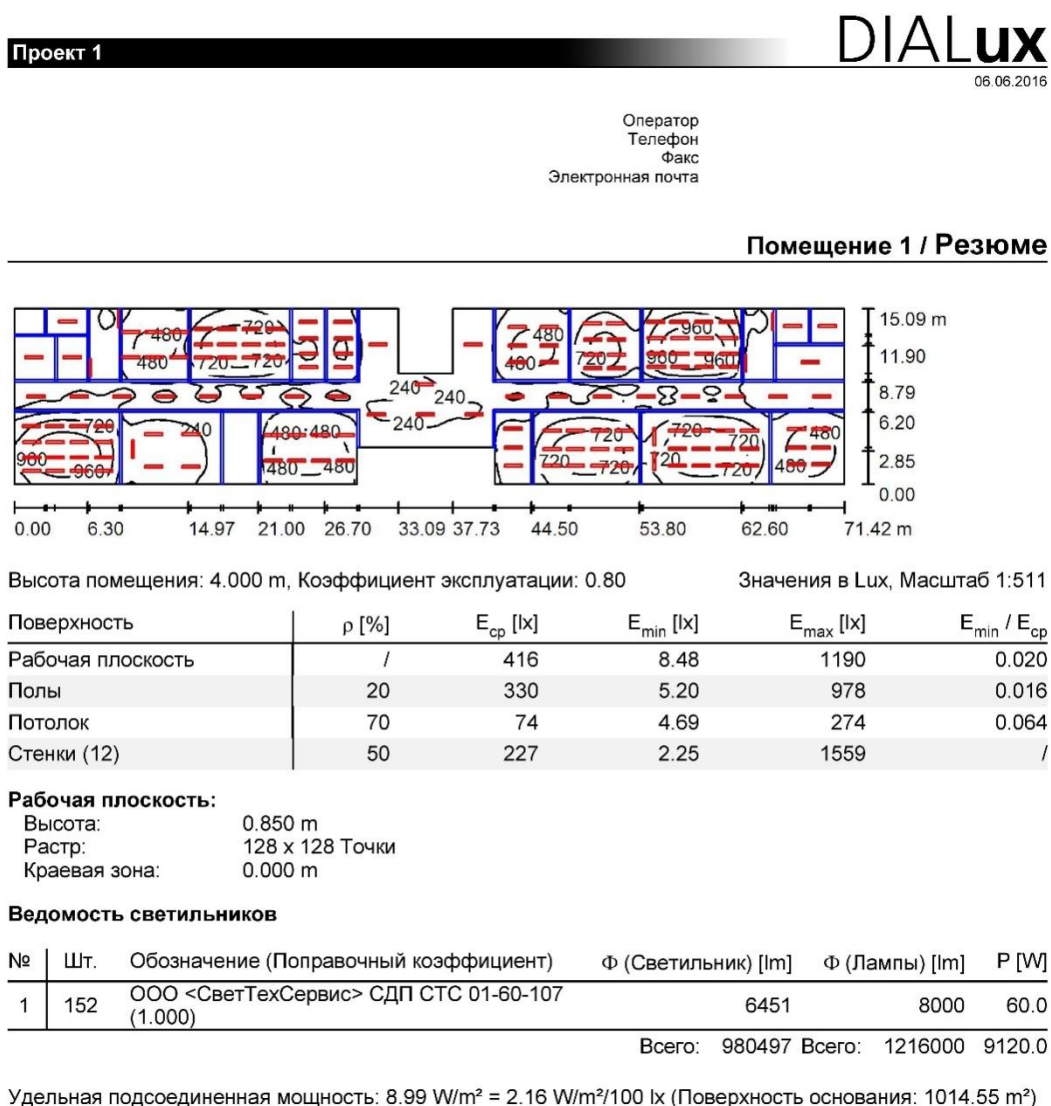
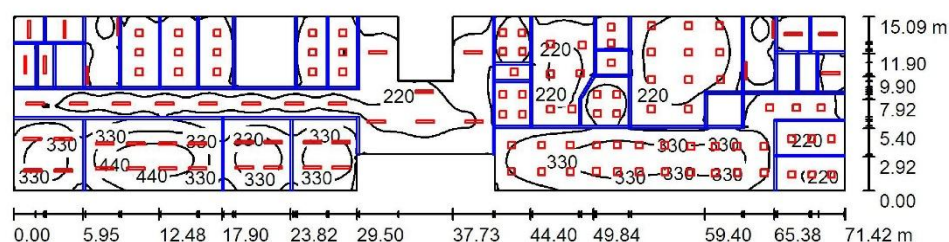


Рисунок 5 – Светотехнический расчёт на 2 этаж Электротехнического корпуса с предлагаемой серией светильников

## Помещение 1 / Резюме



Высота помещения: 4.000 m, Коэффициент эксплуатации: 0.80

Значения в Lux, Масштаб 1:511

Поверхность	$\rho$ [%]	$E_{op}$ [x]	$E_{min}$ [x]	$E_{max}$ [x]	$E_{min} / E_{op}$
Рабочая плоскость	/	225	3.52	512	0.016
Полы	20	171	2.83	419	0.017
Потолок	70	40	4.52	210	0.113
Стенки (12)	50	122	2.96	1531	/

**Рабочая плоскость:**

Высота: 0.850 m  
Растр: 128 x 128 Точки  
Краевая зона: 0.000 m

### Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Ф (Светильник) [lm]	Ф (Лампы) [lm]	P [W]
1	45	ООО <СветТехСервис> СДП СТС 01-60-107 (1.000)	6451	8000	60.0
2	79	СветТехСервис СВПО СТС 01-40-007 Для установки в офисных, общественных и промышленных помещениях (1.000)	2924	3816	40.0

Всего: 521297    Всего: 661464    5860.0

Удельная подсоединенная мощность:  $5.78 \text{ W/m}^2 = 2.57 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Поверхность основания:  $1014.55 \text{ m}^2$ )

Рисунок 5.1 - Светотехнический расчёт на 9 этаж Электротехнического корпуса с предлагаемой серией светильников



### 3 Анализ существующих распределительных устройств на возможность эксплуатации в реконструируемой системе освещения

Для питания осветительных установок 380 / 220 В. На вводе в здание расположен распределительный пункт ВРУ. Он предназначен для приема электроэнергии от ТП ТГУ 6/0,4 и распределения электроэнергии по зданию учебного корпуса. От него запитаны групповые распределительные щиты ЩО и АЩО устанавливаемые в каждом крыле здания учебного корпуса, предназначенные для питания осветительной нагрузки.

Исходя из расположения помещений, все потребители разбиты на 6 осветительных группы. Необходимо учитывать, чтобы щит имел возможность установки в нём резервных автоматических выключателей. В нашем случае в щит требуется установить 9 модулей, выбираем стандартный щит на 12 модулей марки АВВ12472 (возможно использование щита других производителей соответствующего габарита). Его характеристики приведены в таблице.

Таблица 3 – Основные характеристики группового щита

Марка щита	Число однофазовых групп	Аппарат на входе	Аппарат на отходных линиях
АВВ 12472, 12 модулей	6	S203 C20A	S201 C10A

Групповые щиты располагаем в технологических нишах соответствующих этажей, для обеспечения к ним быстрого и легкого доступа. Щиты распределительные ЩО и ЩАО расположен в коридоре.

Нагрузку распределяем на 6 отходящих линий таким образом, чтобы нагрузка между фазами была равномерной, с целью избежать не симметрии в

трехфазной сети и уменьшения тока в нейтральном проводе. Допуск по не симметрии составляет 5%.

При нахождения расчетного значения тока в каждом присоединении воспользуемся методом коэффициента спроса:

$$I_{уст} = P_{уст} \cdot U \cdot \cos\varphi, \quad (1)$$

где  $I_{уст}$  – потребление тока устройством,

$P_{уст}$  – мощность устройства,

$U$  – напряжение сети,

$\cos\varphi$  – коэффициент мощности.

$$P_{гр} = N \cdot P_{уст}, \quad (2)$$

$P_{гр}$  – общая мощность устройств,

$N$  – количество устройств в группе,

$P_{уст}$  – мощность устройства.

Для светильников СДП 01-60-007  $\cos\varphi = 0,98$ , расчёт распределения нагрузки приведён в таблице ниже.

Таблица 4 – Распределение нагрузки по фазам

№ каб.	№ гр.	Потребитель	№ фазы	$P_{уст}$ , кВт	Кол-во фаз	$N_{уст}$	$P_{гр}$ , кВт	$\cos\varphi$	$I_{гр}$ , А
1	1	Светильник СДП 01-60-007	L1	0,06	1	16	0,96	0,98	4,45
2, 5	2	Светильник СДП 01-60-007	L2	0,06	1	11	0,66	0,98	3,06

Продолжение таблицы 4

3, 7	3	Светильник СДП 01-60- 007	L3	0,06	1	12	0,72	0,98	3,34
4, 8	4	Светильник СДП 01-60- 007	L1	0,06	1	7	0,42	0,98	1,95
6	5	Светильник СДП 01-60- 007	L2	0,06	1	12	0,72	0,98	3,34
Кор.	6	Светильник СДП 01-60- 007	L3	0,06	1	11	0,66	0,98	3,06

Нагрузки фаз:  $P_{L1}=1,38$  кВт;  $P_{L2}=1,38$  кВт;  $P_{L3}=1,38$  кВт.

$$(P_{L1}-P_{L2}): P_{L1} \cdot 100\% = 0\%, \quad (3)$$

В нашем случае получаем равномерное распределение нагрузки между фазами в щите.

### 3.1 Выбор марки и способа прокладки кабелей

Групповые сети электроосвещения выполняются 3-х проводными: фазный проводник (L), нулевой рабочий (N) и нулевой защитный (PE) проводники. При этом нулевой рабочий и нулевой защитный проводники не должны подключаться на щите под общий контактный зажим.

Как правило в здании для групповых линий применим кабель ВВГнг-LS(низкой дымности) – медный, с поливинилхлоридной изоляцией (ПВХ). Прокладка, скрытая в штробах в стене. Используя таблицу ПУЭ выбираем

сечение кабеля по расчетному току. Для осветительной сети принимаем сечение  $1,5 \text{ мм}^2$ , выдерживающий длительно допустимый ток 16А. Фактически в электротехническом корпусе Тольяттинского государственного университета использован провод с поливинилхлоридной изоляцией с алюминиевыми жилами, сечением  $2,5 \text{ мм}^2$ , с  $I_{\text{доп}} = 16\text{А}$ .

### 3.2 Расчет и выбор защитной и пускорегулирующей аппаратуры

В установках со светодиодными источниками света нет необходимости учитывать пусковые токи при выборе аппаратов защиты, поскольку зажигание светильников происходит практически мгновенно и ток в цепи принимает свое номинальное значение, в том числе наблюдается разновременность включения отдельных светильников в группе с интервалом времени. Отсутствуют также сведения о зарегистрированных ложных отключениях при пуске электрических сетей со светодиодными источниками света.

Для управления освещением в помещениях используем одноклавишные и двухклавишные выключатели. Выключатели установлены на высоте 1,5 м от уровня пола. степень защиты IP 20, для скрытой проводки на ток до 10А.

При эксплуатации электрических сетей длительные перегрузки проводов и кабелей, так же короткие замыкания вызывают повышение температуры токопроводящих жил выше допустимых значений. Что приводит к преждевременному изнашиванию их изоляции, вследствие чего может произойти пожар, а также возможно поражение людей электрическим током.

Для предохранения от чрезмерного нагрева и короткого замыкания проводов и кабелей каждый участок электрической сети должен быть снабжен защитным аппаратом, обеспечивающим отключение аварийного участка.

В качестве аппаратов защиты применяем автоматические выключатели, так как плавкие предохранители, несмотря на их простоту и малую стоимость, имеют ряд существенных недостатков. Они не могут защитить линию от перегрузки, так как допускают длительную перегрузку до момента плавления, при коротком замыкании в трехфазной линии возможно перегорание одного из трех предохранителей и линия остается в работе на двух фазах.

Автоматические выключатели, не обладая недостатками плавких вставок, обеспечивают быструю и надёжную защиту проводов и кабелей сети от токов перегрузки и короткого замыкания. Они могут быть также использованы для управления при нечастых включениях и отключениях. Таким образом, автоматические выключатели выполняют одновременно функции защиты и управления.

Установка на отключение тока должна быть 20-30% выше расчетного тока на данном участке. Расчетные токи в отходящих линиях приведены в Таблице 10. Поэтому выбираем однополюсные автоматические выключатели производства АВВ серии S201 (возможно применение аналогичных аппаратов других производителей) с номинальными токами 10 А (осветительная сеть).

Ток отключения автоматического выключателя на вводе группового щита выбираем по утроенному расчетному току наиболее загруженной фазы, но так как у нас фазы загружены одинаково, то просто считаем по любой из фаз, в данном случае L1:

$$I_p = 3P_{L1} \cdot 10^3 : U \cdot \cos\varphi, \quad (4)$$

где  $I_p$  – расчётный ток защищаемой линии.

$$I_p = 3 \cdot 1,38 \cdot 10^3 : 220 \cdot 0,98 = 19,2 \text{ А}$$

Таким образом, на вводе в ЩО необходимо установить автоматический выключатель с номинальным током 20А. Учитывая, что все Щиты освещения в электротехническом корпусе идентичные друг другу, данный расчёт можно применять как основной.

#### 4 Экономическая эффективность

Таблица 5 – Техничко-экономическое обоснование применения светодиодных светильников для Главного корпуса Тольяттинского государственного университета

Общие характеристики	Данные по источникам света	
Марка светильника	ARS/R 4x18	СВПО СТС 01-40-007
	OPL 4x18	СВПО СТС 01-40-007
	ЛПО 2x36	СДП СТС 01-60-007
	ЛПО 1X36	СДП СТС 01-40-007
	ЛПО 4x36	СДП СТС 04-90-007
	Софит 1x36	СДП СТС 01-60-007
Количество, шт.	236	236
	78	78
	433	433
	4	4
	6	6
Потребляемая мощность, Вт (с учётом пускорегулирующей аппаратуры)	110	40
	110	40
	110	60
	221,53	90
	55,38	60
Общее энергопотребление, кВт	83,38	39,26
Срок службы, часов	8000	70000 (15 лет при 12 часов работы в сутки)

Продолжение таблицы 5

Экологичность	Содержит ртуть. Нуждается в утилизации	Не содержит токсичных веществ. Не требует утилизации.
Комфорт освещённости	Пульсация светового потока, низкий индекс цветопередачи, сильная деградация светового потока после не продолжительного периода работы	Отсутствие мерцания, высокий индекс цветопередачи, комфортное освещение.
Режим работы, часов (265 дней в году по 8 часов)	2120	
Стоимость 1кВт/час, руб.	4,8	
Удорожание эксплуатационных затрат в год, в %	12%	
Удорожание электроэнергии в год, в %	15%	
Стоимость обслуживания, руб. (стоимость ламп, стоимость замены ламп, стоимость утилизации)	260	0,00



Расход на освещение за 5 лет				
Расчёт затрат по годам	Затраты на электро-энергию с учётом удорожания, руб.	Затраты на эксплуатацию с учётом удорожания, руб.	Затраты на электро-энергию с учётом удорожания, руб.	Затраты на эксплуатацию с учётом удорожания, руб.
	Стоимость владения, руб.		Стоимость владения, руб.	
1 год Экономия, руб.	848474	196820	399509	0,00
	1045294		399509	
			645785	
2 год Экономия, руб.	975746	220438	459436	0,00
	1196184		459436	
			736748	
3 год Экономия, руб.	1122108	246891	528351	0,00
	136899		528351	
			840647	
4 год Экономия, руб.	1290424	276517	607604	0,00
	1566942		607604	
			959337	
5 год Экономия, руб.	1483987	309700	698745	0,00
	1793687		698745	
			1094942	

Продолжение таблицы 5

Стоимость владения системой освещения за 5 лет		
Капитальные затраты (единственные расходы), руб.	0,00	2515470
Затраты на эксплуатацию, руб.	1250367	0,00
Затраты на электроэнергию, руб.	5720741	2693647
Стоимость владения за 5 лет (с учётом капитальных затрат), руб.	6971108	5209117
Экономия за 5 лет (с учётом капитальных затрат), руб.		4277641
Срок окупаемости проекта 3 года 3 месяцев		
Экономический эффект от применения светодиодного освещения составит не менее 4 200 000 рублей (с учётом срока службы светильников – 10 лет)		

Таблица 6 – Технико-экономическое обоснование применения светодиодных светильников для Машиностроительного корпуса Тольяттинского государственного университета

Общие характеристики	Данные по источникам света	
Марка светильника	ARS/R 4x18 OPL 4x18 ЛСПО 2x36 ЛПО 1X36 ЛПО 4x36	СВПО СТС 01-40-007 СВПО СТС 01-40-007 СДП СТС 01-60-007 СДП СТС 01-40-007 СДП СТС 04-90-007
Количество, шт.	47 4 375 20 8	47 4 375 20 8
Потребляемая мощность, Вт (с учётом пускорегулирующей аппаратуры)	110 110 110 55,38 130	40 40 60 40 90
Общее энергопотребление, кВт	49,00	26,06
Срок службы, часов	8000	70000 (15 лет при 12 часов работы в сутки)
Экологичность	Содержит ртуть. Нуждается в утилизации	Не содержит токсичных веществ. Не требует утилизации.

Продолжение таблицы 6

Комфорт освещённости	Пульсация светового потока, низкий индекс цветопередачи, сильная деградация светового потока после не продолжительного периода работы	Отсутствие мерцания, высокий индекс цветопередачи, комфортное освещение.
Режим работы, часов (265 дней в году по 8 часов)	2120	
Стоимость 1кВт/час, руб.	4,8	
Удорожание эксплуатационных затрат в год, в %	12%	
Удорожание электроэнергии в год, в %	15%	
Стоимость обслуживания, руб. (стоимость ламп, стоимость замены ламп, стоимость утилизации)	260	0,00

Расход на освещение за 5 лет				
Расчёт затрат по годам	Затраты на электро-энергию с учётом удорожания, руб.	Затраты на эксплуатацию с учётом удорожания, руб.	Затраты на электро-энергию с учётом удорожания, руб.	Затраты на эксплуатацию с учётом удорожания, руб.
	Стоимость владения, руб.		Стоимость владения, руб.	
1 год Экономия, руб.	498624	118040	265186	0,00
	616664		265186	
			351477	
2 год Экономия, руб.	573417	132204	304964	0,00
	705622		304964	
			400657	
3 год Экономия, руб.	659430	148069	350709	0,00
	807499		350709	
			456790	
4 год Экономия, руб.	758344	165837	403315	0,00
	924182		403315	
			520866	
5 год Экономия, руб.	872096	185738	463812	0,00
	1057834		463812	
			594021	

Продолжение таблицы 6

Стоимость владения системой освещения за 5 лет		
Капитальные затраты (единственные расходы), руб.	0,00	1575240
Затраты на эксплуатацию, руб.	749890	0,00
Затраты на электроэнергию, руб.	3361913	1787988
Стоимость владения за 5 лет (с учётом капитальных затрат), руб.	4111803	3363228
Экономия за 5 лет (с учётом капитальных затрат), руб.		2323814
Срок окупаемости проекта 3 года 8 месяцев		
Экономический эффект от применения светодиодного освещения составит не менее 2 300 000 рублей (с учётом срока службы светильников – 10 лет)		

Таблица 7 – Технико-экономическое обоснование применения светодиодных светильников для корпуса УЛК Тольяттинского государственного университета

Общие характеристики	Данные по источникам света	
Марка светильника	ARS/R 4x18	СВПО СТС 01-40-007
	OPL 4x18	СВПО СТС 01-40-007
	ЛПО 2x36	СДП СТС 01-60-007
	ЛПО 1X36	СДП СТС 01-40-007
	Софит 1x36	СДП СТС 01-60-007
Количество, шт.	208	208
	1351	1351
	170	170
	32	32
	22	22
Потребляемая мощность, Вт (с учётом пускорегулирующей аппаратуры)	110	40
	110	40
	110	60
	55,38	40
	55,38	60
Общее энергопотребление, кВт	193,12	75,16
Срок службы, часов	8000	70000 (15 лет при 12 часов работы в сутки)
Экологичность	Содержит ртуть. Нуждается в утилизации	Не содержит токсичных веществ. Не требует утилизации.

Продолжение таблицы 7

Комфорт освещённости	Пульсация светового потока, низкий индекс цветопередачи, сильная деградация светового потока после не продолжительного периода работы	Отсутствие мерцания, высокий индекс цветопередачи, комфортное освещение.
Режим работы, часов (265 дней в году по 8 часов)	2120	
Стоимость 1кВт/час, руб.	4,8	
Удорожание эксплуатационных затрат в год, в %	12%	
Удорожание электроэнергии в год, в %	15%	
Стоимость обслуживания, руб. (стоимость ламп, стоимость замены ламп, стоимость утилизации)	260	0,00



Расход на освещение за 5 лет				
Расчёт затрат по годам	Затраты на электро-энергию с учётом удорожания, руб.	Затраты на эксплуатацию с учётом удорожания, руб.	Затраты на электро-энергию с учётом удорожания, руб.	Затраты на эксплуатацию с учётом удорожания, руб.
	Стоимость владения, руб.		Стоимость владения, руб.	
1 год Экономия, руб.	1965189	463581	764828	0,00
	2428770		764828	
			1663941	
2 год Экономия, руб.	2259967	519210	879552	0,00
	2779178		879552	
			1899625	
3 год Экономия, руб.	2598962	581516	1011485	0,00
	3180478		1011485	
			2168993	
4 год Экономия, руб.	2988806	651297	1163208	0,00
	3640104		1163208	
			2476896	
5 год Экономия, руб.	3437127	729453	1337686	0,00
	4166581		1337686	
			2828892	

Продолжение таблицы 7

Стоимость владения системой освещения за 5 лет		
Капитальные затраты (единственные расходы), руб.	0,00	4313574
Затраты на эксплуатацию, руб.	2945059	0,00
Затраты на электроэнергию, руб.	13250053	5156763
Стоимость владения за 5 лет (с учётом капитальных затрат), руб.	16195112	9470337
Экономия за 5 лет (с учётом капитальных затрат), руб.		11038349
Срок окупаемости проекта 2 года 3 месяцев		
Экономический эффект от применения светодиодного освещения составит не менее 11 000 000 рублей (с учётом срока службы светильников – 10 лет)		

Таблица 8 – Технико-экономическое обоснование применения светодиодных светильников для Строительного корпуса Тольяттинского государственного университета

Общие характеристики	Данные по источникам света	
Марка светильника	ARS/R 4x18 OPL 4x18 ЛПО 2x36 ЛПО 4x36	СВПО СТС 01-40-007 СВПО СТС 01-40-007 СДП СТС 04-90-007 СДП СТС 01-60-007
Количество, шт.	44 4 1010 10	44 4 1010 10
Потребляемая мощность, Вт (с учётом пускорегулирующей аппаратуры)	110 110 110 221,53	40 40 60 90
Общее энергопотребление, кВт	118,59	63,42
Срок службы, часов	8000	70000 (15 лет при 12 часов работы в сутки)
Экологичность	Содержит ртуть. Нуждается в утилизации	Не содержит токсичных веществ. Не требует утилизации.

Продолжение таблицы 8

Комфорт освещённости	Пульсация светового потока, низкий индекс цветопередачи, сильная деградация светового потока после не продолжительного периода работы	Отсутствие мерцания, высокий индекс цветопередачи, комфортное освещение.
Режим работы, часов (265 дней в году по 8 часов)	2120	
Стоимость 1кВт/час, руб.	4,8	
Удорожание эксплуатационных затрат в год, в %	12%	
Удорожание электроэнергии в год, в %	15%	
Стоимость обслуживания, руб. (стоимость ламп, стоимость замены ламп, стоимость утилизации)	260	0,00

Расход на освещение за 5 лет				
Расчёт затрат по годам	Затраты на электро-энергию с учётом удорожа-ния, руб.	Затраты на эксплу-атацию с учётом удорожа-ния, руб.	Затраты на электро-энергию с учётом удорожа-ния, руб.	Затраты на эксплу-атацию с учётом удорожа-ния, руб.
	Стоимость владения, руб.		Стоимость владения, руб.	
1 год Экономия, руб.	1206771	277680	645361	0,00
	1484451		645361	
			839089	
2 год Экономия, руб.	1387787	311001	742166	0,00
	1698789		742166	
			956623	
3 год Экономия, руб.	1595955	348321	853491	0,00
	1944277		853491	
			1090786	
4 год Экономия, руб.	1835349	390120	981514	0,00
	2225469		981514	
			1243954	
5 год Экономия, руб.	2110651	436934		
	2547586		1128742	
			1418844	

Продолжение таблицы 8

Стоимость владения системой освещения за 5 лет		
Капитальные затраты (единственные расходы), руб.	0,00	3813300
Затраты на эксплуатацию, руб.	1764058	0,00
Затраты на электроэнергию, руб.	8136515	4351276
Стоимость владения за 5 лет (с учётом капитальных затрат), руб.	9900574	8164576
Экономия за 5 лет (с учётом капитальных затрат), руб.		5549298
Срок окупаемости проекта 3 года 8 месяцев		
Экономический эффект от применения светодиодного освещения составит не менее 5 500 000 рублей (с учётом срока службы светильников – 10 лет)		

Таблица 9 – Технико-экономическое обоснование применения светодиодных светильников для Электротехнического корпуса Тольяттинского государственного университета

Общие характеристики	Данные по источникам света	
Марка светильника	ARS/R 4x18	СВПО СТС 01-40-007
	OPL 4x18	СВПО СТС 01-40-007
	ЛПО 2x36	СДП СТС 01-60-007
	ЛПО 1X36	СДП СТС 01-40-007
	ЛПО 4x36	СДП СТС 04-90-007
	Софит 1x36	СДП СТС 01-60-007
Количество, шт.	136	136
	6	6
	785	785
	48	48
	17	17
	2	2
Потребляемая мощность, Вт (с учётом пускорегулирующей аппаратуры)	110	40
	110	40
	110	60
	55,38	40
	221,53	90
	55,38	60
Общее энергопотребление, кВт	108,5	56,35
Срок службы, часов	8000	70000 (15 лет при 12 часов работы в сутки)

Продолжение таблицы 9

Экологичность	Содержит ртуть. Нуждается в утилизации	Не содержит токсичных веществ. Не требует утилизации.
Комфорт освещённости	Пульсация светового потока, низкий индекс цветопередачи, сильная деградация светового потока после не продолжительного периода работы	Отсутствие мерцания, высокий индекс цветопередачи, комфортное освещение.
Режим работы, часов (265 дней в году по 8 часов)	2120	
Стоимость 1кВт/час, руб.	4,8	
Удорожание эксплуатационных затрат в год, в %	12%	
Удорожание электроэнергии в год, в %	15%	
Стоимость обслуживания, руб. (стоимость ламп, стоимость замены ламп, стоимость утилизации)	260	0,00



Расход на освещение за 5 лет				
Расчёт затрат по годам	Затраты на электро-энергию с учётом удорожания, руб.	Затраты на эксплуатацию с учётом удорожания, руб.	Затраты на электро-энергию с учётом удорожания, руб.	Затраты на эксплуатацию с учётом удорожания, руб.
	Стоимость владения, руб.		Стоимость владения, руб.	
1 год Экономия, руб.	1104096	258440	573417	0
	1362536		573417	
			789118	
2 год Экономия, руб.	1269710	289452	659430	0,00
	1559163		659430	
			899732	
3 год Экономия, руб.	1460166	324187	758344	0,00
	1784354		758344	
			1026009	
4 год Экономия, руб.	1679192	363089	872096	0,00
	2042281		872096	
5 год Экономия, руб.	1931070	406660	1002910	0,00
	2337731		1002910	
			1334820	

Продолжение таблицы 9

Стоимость владения системой освещения за 5 лет		
Капитальные затраты (единственные расходы), руб.	0,00	3406032
Затраты на эксплуатацию, руб.	1641829	0,00
Затраты на электроэнергию, руб.	7444236	3866200
Стоимость владения за 5 лет (с учётом капитальных затрат), руб.	9086066	7272232
Экономия за 5 лет (с учётом капитальных затрат), руб.		5219865
Срок окупаемости проекта 3 года 7 месяцев		
Экономический эффект от применения светодиодного освещения составит не менее 5 200 000 рублей (с учётом срока службы светильников – 10 лет)		

Таблица 10 – Технико-экономическое обоснование применения светодиодных светильников для Тольяттинского государственного университета

Общие характеристики	Данные по источникам света	
Марка светильника	ARS/R 4x18	СВПО СТС 01-40-007
	OPL 4x18	СВПО СТС 01-40-007
	ЛПО 2x36	СДП СТС 01-60-007
	ЛПО 1X36	СДП СТС 01-40-007
	ЛПО 4x36	СДП СТС 04-90-007
	Софит 1x36	СДП СТС 01-60-007
	ЛСПО 2x58	СДП СТС 01-90-007
Количество, шт.	671	671
	1443	1443
	2773	2773
	100	100
	31	31
	30	30
	8	8
Потребляемая мощность, Вт (с учётом пускорегулирующей аппаратуры)	110	40
	110	40
	110	60
	55,38	40
	221,53	90
	55,38	60
	130	90
Общее энергопотребление, кВт	552,67	260,25

Продолжение таблицы 10

Срок службы, часов	8000	70000 (15 лет при 12 часов работы в сутки)
Экологичность	Содержит ртуть. Нуждается в утилизации	Не содержит токсичных веществ. Не требует утилизации.
Комфорт освещённости	Пульсация светового потока, низкий индекс цветопередачи, сильная деградация светового потока после не продолжительного периода работы	Отсутствие мерцания, высокий индекс цветопередачи, комфортное освещение.
Режим работы, часов (265 дней в году по 8 часов)	2120	
Стоимость 1кВт/час, руб.	4,8	
Удорожание эксплуатационных затрат в год, в %	12%	
Удорожание электроэнергии в год, в %	15%	

Стоимость обслуживания, руб. (стоимость ламп, стоимость замены ламп, стоимость утилизации)	260		0,00	
Расход на освещение за 5 лет				
Расчёт затрат по годам	Затраты на электро-энергию с учётом удорожа-ния, руб.	Затраты на эксплу-атацию с учётом удорожа-ния, руб.	Затраты на электро-энергию с учётом удорожа-ния, руб.	Затраты на эксплу-атацию с учётом удорожа-ния, руб.
	Стоимость владения, руб.		Стоимость владения, руб.	
1 год Экономия, руб.	5623969	1314560	2648304	0,00
	6938529		4290225	
2 год Экономия, руб.	6467565	1472307	3045549	0,00
	7939872		3045549	
			4894323	
3 год Экономия, руб.	7437700	1648984	3502382	0,00
	9086684		3502382	
			5584302	
4 год Экономия, руб.	8553355	1846862	4027739	0,00
	10400217		4027739	
			6372478	

5 год Экономия, руб.	9836358	2068485	4631900	0,00
	11904844		4631900	
			7272943	
Стоимость владения системой освещения за 5 лет				
Капитальные затраты (единственные расходы), руб.	0,00		15425580	
Затраты на эксплуатацию, руб.	8351199		0,00	
Затраты на электроэнергию, руб.	37918949		17855875	
Стоимость владения за 5 лет (с учётом капитальных затрат), руб.	46270148		33281455	
Экономия за 5 лет (с учётом капитальных затрат), руб.			28414273	
Срок окупаемости проекта 3 года 1 месяцев				
Экономический эффект от применения светодиодного освещения составит не менее 28 400 000 рублей (с учётом срока службы светильников – 10 лет)				

По расчётам, приведённым в таблице, срок окупаемости предлагаемых светильников составляет 3 года и 1 месяц. И общая экономия в течении 5 лет составляет не менее 28 400 000 рублей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненная работа основана на реальных событиях, посвящена модернизации освещения учебных аудиторий Тольяттинского государственного университета, в которых принимал участие автор выпускной квалификационной работы.

На основании обследования параметров освещённости учебных аудиторий, было выявлено несоответствие существующих санитарных норм.

С использованием современной расчётной программы («DIALux») выбрано оптимальное размещение светодиодных светильников конкретных типов.

Приведены технические параметры, выбранных светильников, рассмотрены особенности их конструкций.

Был проведён анализ существующих распределительных устройств на возможность эксплуатации в реконструируемой системе освещения, так же выполнен расчёт экономической эффективности модернизации освещения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кудрин, Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий; учебник для студентов высших учебных заведений/Б.И. Кудрин.- М.:Интермет Инжиниринг 2007.
2. Рожин, А.Н. Внутрицеховое электроснабжение: учеб. Пособие для выполнения курсового и дипломного проектов /А.Н. Рожин, Н.С. Бакшаева.- Киров: ИЗД-воВятГУ 2006.
3. Вахнина, В.В. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий: учеб. пособие для вузов / В.В. Вахнина.- Тольятти: ТГУ 2011.
4. Вахнина, В.В. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебно-метод. пособие для практических занятий и курсового проектирования. Тольятти: ТГУ 2007.
5. Вахнина, В.В Проектирование системы электроснабжения цеха предприятия: метод. указания по курсовому проектированию. Тольятти: ТГУ 2008.
6. Рекус, Г.Г. Электрооборудование производств: учеб. пособие. Москва: Высшая школа 2005.
7. Киреева, Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: учеб. пособие для вузов / Э.А. Киреева.- И.:Кнорус 2011.
8. Шлыков, С.В. Потребители электрической энергии: учеб. пособие / С.В. Шлыков, В.А. Шаповалов, Н.А. Шаповалова. – Тольятти: ТГУ 2011.
9. Гужов, Н.П. Системы электроснабжения: учеб. пособие по напр. Подгот. 140400 “Электроснабжение и электротехника” / Н.П. Гужов, А.Я. Ольховский, Д.П. Павлюченко.- Ростовн/Д: Феникс 2011.
10. Кудрин, Б.И. Системы электроснабжения: учеб. пособие для вузов / Б.И. Кудрин.– М. :Академия 2011.



11. Суворова, И.А. Электротехнологические промышленные установки и освещение: учеб. пособие для вузов / И.А. Суворова; Вятский гос. Ун-т. – ВУЗ/изд.- Киров: ВятГУ 2007.
12. Управление качеством электроэнергии / И.И. Карташев [и др]; [под ред. Ю.В. Шарова]. – М. : Изд. дом МЭИ 2006.
13. Лыкин, А.В. Электрические системы и сети: учеб. пособие / А.В. Лыкин.– М. : Логос 2008.
14. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования : РД 153-34,0-20,527-98 / [науч. Ред. Б.Н. Неклепаев]. – М. : Изд-во НЦ ЭНАС 2006.
15. Макаров, Е.Ф. справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110-1150 кВ: в 6 т.: учеб.-произв. Изд. Т. 4 / Е.Ф. Макаров; под ред. И.Т. Горюнова [и др.]. – М.: Папирус Про 2005.
16. Степкина, Ю.В. Проектирование электрической части понизительной подстанции : учеб.- метод. Пособие к выполнению курсового и дипломного проектирования / Ю.В. Степкина.- Тольятти : ТГУ 2007.
17. Компания ООО «Тольяттинский трансформатор» предоставила каталог силовых трансформаторов марки ТМГ-250/6 и ТМГ-400/6.  
URL:<http://transformator.com.ru/>(05.02.2015)
18. Компания «Световые технологии» представила каталог светильников для рабочего, аварийного и наружного освещения.  
URL:<http://www.ltcompany.com/ru/>(15.12.2014)
19. Производственно-коммерческая группа «РусТранс» представила каталог КТП URL:<http://trans-ktp.ru/>(05.02.2015)
20. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004
21. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.
22. Федеральный закон "Об электроэнергетике" от 26.03.2003 № 35-ФЗ с изм. и допол. в ред. от 29.12.2014

23. Кудрин, Б.И. Электроснабжение. Учебник. - М.: Academia, 2015.
24. Шеховцов, В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. - М.: Инфра-М, 2014.
25. Шеховцов, В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования: Учебное пособие. - М.: Форум, 2013.
26. Гук, Ю.Б. Проектирование электрической части станций и подстанций. - М.: ЁЁ-Медиа, 2012.
27. Сибикин, Ю.Д. Пособие к курсовому и дипломному проектированию электроснабжения промышленных, сельскохозяйственных и городских объектов. Учебное пособие. - М.: Форум, 2015.
28. Коробов, Г.В. Электроснабжение. Курсовое проектирование. Учебное пособие, 2-е изд. испр. и доп. - М.: Лань, 2011.
29. Анчарова, Т.В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений. Учебник. - М.: Форум, 2014. - 416 с.
30. Ерошенко, Г.Н. Эксплуатация электрооборудования. Учебник. - М.: Инфра-М, 2014.
31. Edvard C. Lighting Essentials You Can't Deny [Text] / C. Edvard // ER: Electrical Review.2015. <http://electrical-engineering-portal.com/3-lighting-essentials-you-cant-deny> - (дата обращения 22.02.16)
32. Edvard C. How residual current device (RCD) works? [Text] / C. Edvard // ER: Electrical Review.2015. <http://electrical-engineering-portal.com/how-residual-current-device-rcd-works> - (дата обращения 25.02.16)
33. Edvard C. Maintenance Of Low Voltage Circuit Breakers [Text] / C. Edvard // ER: Electrical Review.2015. <http://electrical-engineering-portal.com/maintenance-of-low-voltage-circuit-breakers> - (дата обращения 25.02.16).
34. Edvard C. The Case Of Real Time Reactive Compensation [Text] / C. Edvard // ER: Electrical Review.2015. <http://electrical-engineering-portal.com/the-case-of-real-time-reactive-compensation> - (дата обращения 20.02.16).

35.Edvard C. Types of electrical power distribution systems [Text] / С. Edvard // ER: Electrical Review.2015. <http://electrical-engineering-portal.com/types-of-electrical-power-distribution-systems> - (дата обращения 20.02.16).