

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

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

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

Энергосбережение и энергоаудит
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Разработка мероприятий по снижению потребления электрической энергии предприятием сферы торговли

Обучающийся

Ч.М. Назирбаев
(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., О.В. Самолина

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

О. В. Мурдускина

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

В выпускной квалификационной работе выполнен проект реконструкции осветительной сети предприятия торговли. Предприятие торговли расположено в Свердловской области в г. Верхняя Пышма. Выполнены расчеты электрических нагрузок до и после реконструкции осветительной сети предприятия торговли, выбор светильников светотехнический расчет, поверочный светотехнический расчет с применением ПО, выбор кабелей для электропроводки осветительной сети и коммутационных аппаратов осветительной сети, технико-экономический расчет, а также описана технология монтажа светильников, электропроводки и коммутационных аппаратов.

Выпускная квалификационная работа включает в себя пояснительную записку объемом 51 страница. Выпускная квалификационная работа также включает в себя 11 таблиц, 19 рисунков. Список используемых источников включает в себя 25 наименований, в том числе 5 из них на английском языке.

Помимо пояснительной записки выпускная квалификационная работа включает в себя графическую часть – 6 чертежей формата А1.

Abstract

In the final qualifying work, the project of reconstruction of the lighting network of the trade enterprise was carried out. The trade enterprise is located in the Sverdlovsk region in Verkhnyaya Pyshma. Calculations of electrical loads before and after the reconstruction of the lighting network of the trade enterprise, the choice of lighting fixtures, lighting engineering calculation, calibration lighting calculation using software, the choice of cables for wiring the lighting network and switching devices of the lighting network, technical and economic calculation, and also described the technology of installation of lamps, wiring and switching devices.

The final qualifying work includes an explanatory note of 51 pages. The final qualifying work also includes 11 tables, 19 figures. The list of sources used includes 25 titles, including 5 of them in English.

In addition to the explanatory note, the final qualifying work includes a graphic part – 6 drawings in A1 format.

Содержание

Введение.....	3
1 Краткая характеристика объекта.....	5
2 Расчет электрических нагрузок предприятия торговли до реконструкции системы освещения.....	7
3 Светотехнический расчет торгового предприятия.....	11
4 Выбор схемы осветительной сети торгового предприятия.....	22
5 Расчет электрических нагрузок предприятия торговли после реконструкции системы освещения.....	24
6 Расчет и выбор электропроводки осветительной сети торгового предприятия. Выбор способа прокладки осветительной сети торгового предприятия.....	28
7 Расчет токов короткого замыкания осветительной сети торгового предприятия.....	31
8 Выбор коммутационных аппаратов осветительной сети торгового предприятия.....	36
9 Техничко-экономический расчет осветительной сети торгового предприятия.....	39
10 Технология монтажа светодиодных светильников, осветительной электропроводки и коммутационных аппаратов.....	44
Заключение.....	47
Список используемых источников.....	49

Введение

Современные предприятия торговли являются энергозависимыми предприятиями, т.к. для осуществления торговли нужно множество различного электрооборудования, такого как холодильные камеры, оргтехника, контрольно-измерительное оборудование, принудительная вентиляция, системы безопасности, освещение. Используя аналитические данные, можно утверждать, что до 30 % стоимости реализуемой предприятиями торговли продукции составляют затраты на электроэнергию.

Одним из самых затратных пунктов электропотребления предприятий торговли можно назвать освещение. Такие крупные потребители электроэнергии на торговых предприятиях как холодильное оборудование работают циклично, такие потребители электроэнергии как контрольно-измерительное оборудование, принудительная вентиляция зачастую работают в повторно-кратковременном режиме. Освещение на предприятиях торговли работает постоянно с момента открытия объекта торговли и до закрытия.

Таким образом, разработка мероприятий по экономии электроэнергии на предприятиях торговли является актуальной, и одним из наиболее эффективных средств снижения энергопотребления является оптимизация затрат электроэнергии на освещение торговых площадей.

Для достижения поставленной цели в выпускной квалификационной работе нужно решить следующие задачи:

- Выполнить расчет электрических нагрузок до реконструкции системы освещения торгового предприятия с целью сравнения его результатов с результатами расчета электрических нагрузок после реконструкции;
- Выполнить расчет электрических нагрузок после реконструкции системы освещения торгового предприятия с целью принятия обоснованного решения о необходимости реконструкции;

- Выполнить выбор светильников для торгового зала, складских и подсобных помещений предприятия торговли;
- Выполнить светотехнический расчет торгового зала, складских и подсобных помещений предприятия торговли, выполнить поверочный светотехнический расчет с применением программного пакета;
- Выполнить выбор осветительной электропроводки и коммутационных аппаратов осветительной сети предприятия торговли;
- Выполнить расчет электрических нагрузок после реконструкции системы освещения торгового предприятия с целью сравнения его результатов с результатами расчета электрических нагрузок до реконструкции;
- Выполнить оценку полученного экономического эффекта после реконструкции системы освещения торгового предприятия.

1 Краткая характеристика объекта

Рассматриваемым предприятием торговли является продовольственный магазин сети «Магнит» в Свердловской области, г. Верхняя Пышма. Географическое положение рассматриваемого объекта представлено на рисунке 1.

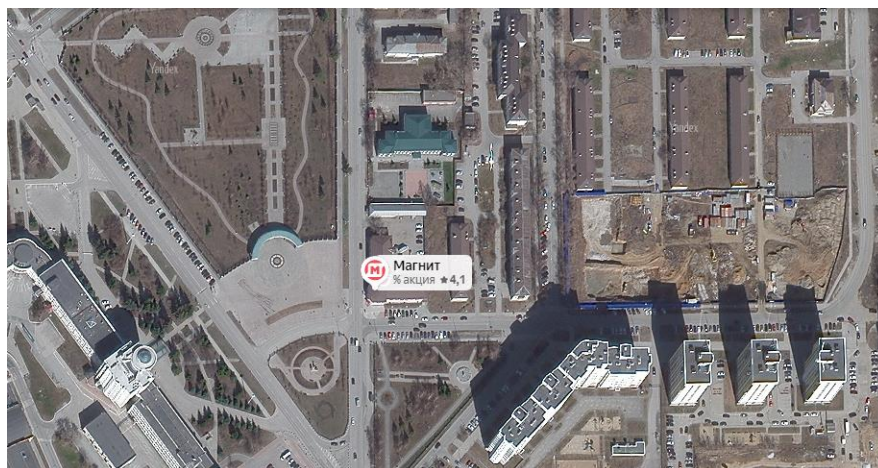


Рисунок 1 – Расположение объекта

Объект торговли расположен в торгово-офисном центре, на первом этаже площадь занимаемая объектом торговли составляет 300 м². План объекта торговли представлен на рисунке 2.

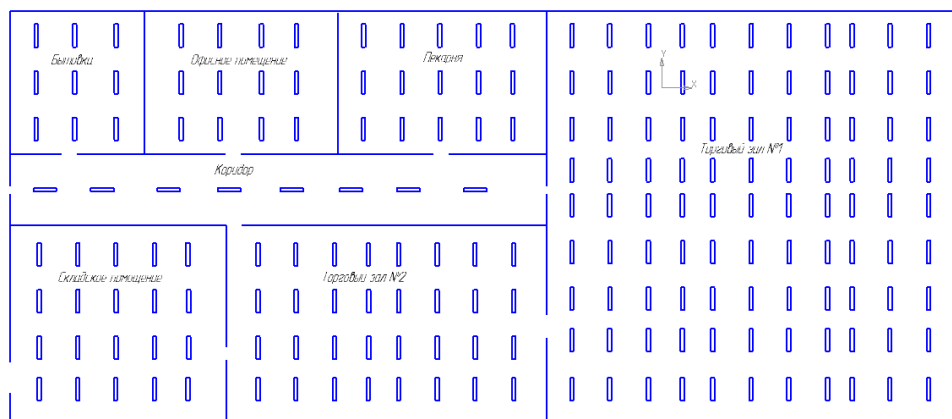


Рисунок 2 – План объекта торговли нанесенными светильниками

В таблице 1 приведены сведения о составе системы освещения и других крупных потребителях электроэнергии.

Таблица 1 – Сведения о электроприемниках предприятия торговли

Электроприемник	Число электроприемников	Установленная мощность одного электроприемника, кВт
Светильник ЛБ-40	186	0,040
Система кондиционирования	4	7,1
Холодильные камеры	11	5,5

Объект расположен вблизи крупного жилого массива и тем самым имеет значительную проходимость.

Объект торговли реализует такую продукцию как:

- товары первой необходимости;
- продовольственные товары;
- бытовая химия;
- товары для автовладельцев.

Существующая система освещения включает в себя 186 светильников с газоразрядными лампами низкого давления типа ЛБ-40 и 4 групповых щита рабочего освещения.

Вывод. Таким образом, можно сделать вывод, что существующая система освещения предприятия торговли неэкономична, в связи с чем, целесообразно ее модернизировать путем замены газоразрядных светильников на светодиодные.

2 Расчет электрических нагрузок предприятия торговли до реконструкции системы освещения

Расчет электрических нагрузок – основополагающий этап любого проектирования. Результаты расчета электрических нагрузок необходимы для выбора проводов и кабелей, коммутационных аппаратов и другого электрооборудования [17].

В данном случае расчет электрических нагрузок выполняется в два этапа: сначала выполняется расчет электрических нагрузок до реконструкции, а потом – после реконструкции. Такое решение принято в связи с тем, что имеется необходимость показать эффективность принятых решений, т.е., показать насколько меньше стали расчетные нагрузки предприятия торговли за счет принятых решений с целью экономии электроэнергии.

Расчет электрических нагрузок выполняется с учетом рекомендаций СП 31-110-2003 [16] и РД 34.20.185-94 [3]. В этих нормативных документах применяются методики расчета электрических нагрузок по удельным показателям, что характерно для проектирования жилых и общественных зданий.

Итак, необходимо переходить к расчету электрических нагрузок предприятия торговли, в таблице 2 показаны исходные данные для расчета электрических нагрузок предприятия торговли до реконструкции.

Таблица 2 – Исходные данные для расчета электрических нагрузок торгового предприятия

Помещение	Число розеток	Число светильников	Мощность одной розетки, кВт	Мощность одного светильника, кВт
РП-1				
Бытовка	4	9	0,06	0,08
Офисное помещение	8	12	0,06	0,08

Продолжение таблицы 2

Складское помещение	3	20	0,06	0,08
Коридор	-	8	0,06	0,08
РП-2				
Пекарня	10	12	0,06	0,08
РП-3				
Торговый зал №1	10	32	0,06	0,08
Торговый зал №2	7	99	0,06	0,08

Для определения линий питающих розетки используется выражение (1):

$$P_{p,p} = K_c P_p n, \quad (1)$$

где K_c – коэффициент спроса для розеточных сетей, принимается равным 1;

P_p – установленная мощность одной розетки, кВт;

n – число розеток.

Для примера определяется расчетная мощность розеточной сети питаемой распределительным пунктом номер 1 (РП-1) с применением выражения (1):

$$P_{p,p} = 1 \cdot 0,06 \cdot 15 = 0,9 \text{ кВт.}$$

Для определения расчетной нагрузки осветительной сети используется выражение (2):

$$P_{p,c} = K_c P_c n, \quad (2)$$

где K_c – коэффициент спроса, принимается равным 0,9;

P_c – установленная мощность одного светильника, кВт;

n – число светильников.

Для примера определяется расчетная мощность осветительной сети питаемой от РП-1 с применением выражения (2):

$$P_{p.c} = 0,9 \cdot 0,08 \cdot 49 = 3,5 \text{ кВт.}$$

Для определения расчетной мощности распределительного пункта нужно использовать выражение (3):

$$P_{p.pп} = K_o(P_{p.p} + P_{p.c}), \quad (3)$$

где K_o – коэффициент одновременности, принимается равным 0,85.

Для примера определяется расчетная мощность РП-1 с применением выражения (3):

$$P_{p.pп} = 0,85 \cdot (0,9 + 3,5) = 3,74 \text{ кВт.}$$

Расчет остальной части розеточной и осветительной сетей питаемых от РП-2 и РП-3 и расчет мощностей этих РП проводится по аналогии. Результаты сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Расчетные мощности розеточной и осветительной сетей торгового предприятия

$P_{p.p}$, кВт	$P_{p.c}$, кВт	$P_{p.pп}$, кВт
РП-1		
0,9	3,5	3,74
РП-2		
0,6	0,86	1,24
РП-3		
1,0	8,7	8,33

Для определения расчетной мощности главного распределительного пункта (ГРП) необходимо использовать выражение (4):

$$P_{p,pp} = K_o \sum P_{p,pp}, \quad (4)$$

Применяя выражение (4) определяется расчетная мощность ГРП:

$$P_{p,pp} = 0,85 \cdot (3,74 + 1,24 + 8,33) = 11,3 \text{ кВт.}$$

Выполненный расчет электрических нагрузок до реконструкции системы освещения впоследствии понадобится для сравнения с результатами расчета электрических нагрузок после реконструкции системы освещения торгового предприятия.

Вывод. Итак, расчетным путем, с применением метода удельных нагрузок определены электрические нагрузки предприятия торговли, по результатам этого расчета сделан вывод, что система освещения имеет весомую мощность. Таким образом, далее нужно переходить к светотехническому расчету помещений предприятия торговли.

3 Светотехнический расчет торгового предприятия. Выбор источников света для торгового предприятия

Светотехнический расчет нужен для определения необходимого количества светильников, суммарный световой поток которых способен обеспечить нормируемую СНиП 23-05-95 [2, 9] освещенность.

Есть несколько методов светотехнического расчета: по коэффициенту использования светового потока, по удельной мощности, точечный метод расчета и другие. Наиболее распространенным выступает метод коэффициента использования светового потока, в силу того, что он наиболее точен и наименее трудоемок. Таким образом, светотехнический расчет производится по методу коэффициента использования светового потока [9, 10, 15].

Предварительно нужно выбрать тип источников света. В настоящее время на вновь проектируемых объектах стараются использовать светодиодные светильники. Эти светильники являются наиболее совершенными относительно других видов источников света в силу ряда факторов [12, 15, 19]:

- Светодиодные светильники имеют малую потребляемую мощность;
- Светодиодные светильники не содержат токсичных веществ;
- Светодиодные светильники имеют значительно больший ресурс относительно других видов источников света;
- Светодиодные светильники имеют большую механическую прочность в сравнении с другими видами светильников.

Очень важным преимуществом светодиодных светильников сравнительно с газоразрядными источниками света – это отсутствие пульсаций светового потока [6, 26, 20]. Пульсации светового потока негативно сказываются на зрении и работоспособности людей, а значит важным преимуществом светодиодных светильников можно обозначить и такой момент как здоровьесбережение [6, 26].

Для определения числа светильников в помещении нужно использовать выражение (5):

$$N = \frac{E_n K_3 F z}{\Phi_l \eta_{ou}}, \quad (5)$$

где E_n – нормируемое значение освещенности, лк;

K_3 – коэффициент запаса, принимается равным 1,1;

F – освещаемая площадь, м²;

z – отношение средней освещенности к минимальной, для светодиодных светильников принимается равным 1,05;

Φ_l – световой поток одной лампы, лм;

η_{ou} – коэффициент использования светового потока осветительной установки, о.е.

Для определения коэффициента использования светового потока осветительной установки необходимо знать индекс помещения, который можно определить по выражению (6):

$$i_{п} = \frac{AB}{H_p(A+B)}, \quad (6)$$

где A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м;

H_p – высота рабочей поверхности, м.

Совместно с индексом помещения для определения коэффициента использования светового потока осветительной установки нужно знать коэффициенты $\rho_{п}$ – коэффициент отражения света от потолка, $\rho_{с}$ – коэффициент отражения света от стен, $\rho_{р}$ – коэффициент отражения от рабочей поверхности [7].

Для примера выполняется расчет необходимого числа светильников в офисном помещении. К расчету принимаются светодиодные светильники

типа OFLED SL 66 производства ООО «Волжский светотехнический завод», г. Тольятти. Для расчета нужно задаться исходными данными, которые приводятся в таблице 4.

Таблица 4 – Исходные данные для светотехнического расчета

E_n , лк	A , м	B , м	H_p , м	Φ_l	ρ_{Π}	ρ_c	ρ_p
200	5	3,5	0,5	2390	0,7	0,5	0,1

Для того что бы определить коэффициент использования светового потока осветительной установки необходимо рассчитать индекс помещения по выражению (6):

$$i_{\Pi} = \frac{5 \cdot 3,5}{0,5 \cdot (5 + 3,5)} = 4,11.$$

По справочным таблицам по заданным коэффициентам отражения и индексу помещения выбирается значение коэффициента использования светового потока осветительной установки 0,95.

Теперь можно определить число светильников в офисном помещении торгового предприятия по выражению (5):

$$N = \frac{200 \cdot 1,2 \cdot 17,5 \cdot 1,05}{2290 \cdot 0,95} = 5,51.$$

Для освещения офисного помещения принимается два светодиодных светильника типа OFLED SL 66, мощность одного светильника составляет 26 Вт. Данный светильник показан на рисунке 3.



Рисунок 3 – Светодиодный светильник OFLED SL 66

Светотехнический расчет остальных помещений торгового предприятия проводится по аналогии. Результаты расчета сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты светотехнического расчета торгового предприятия

Помещение	Число светильников	Тип светильников
Бытовка	4	OFLED SL 66
Офисное помещение	6	OFLED SL 66
Пекарня	6	OFLED SL 66
Коридор	5	OFLED SL 66
Складское помещение	9	OFLED SL 66
Торговый зал №1	12	OFLED SL 66
Торговый зал №2	30	OFLED SL 66
Всего светильников	72	

На рисунке 4 показана схема расположения светодиодных светильников в помещениях торгового предприятия.

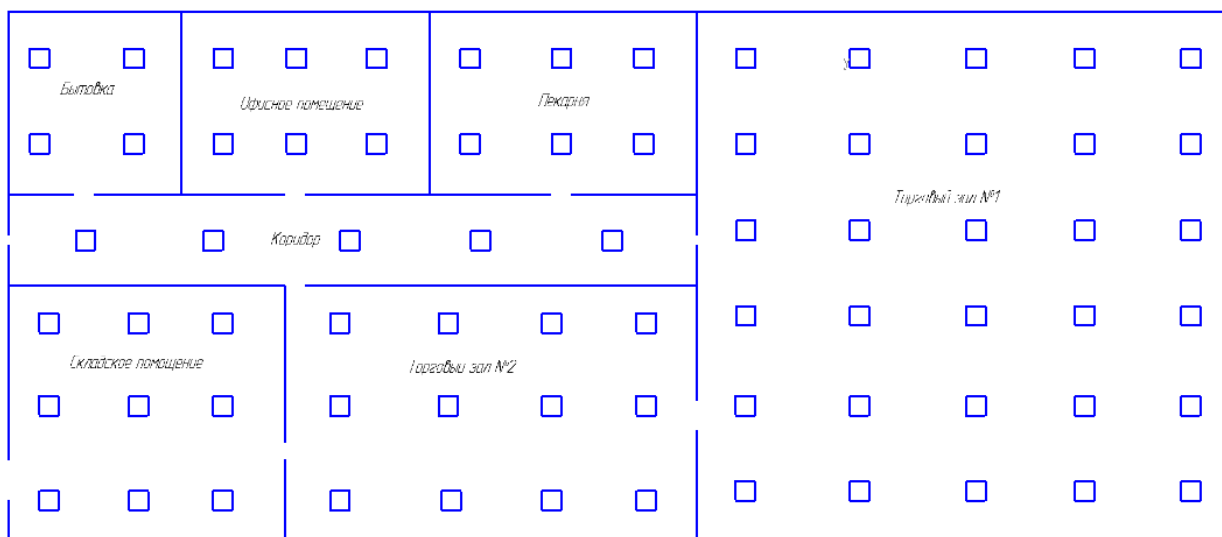


Рисунок 4 – Схема расположения светодиодных светильников в помещениях предприятия торговли

С целью удостоверения в адекватности светотехнического расчета выполнен поверочный светотехнический расчет в ПО «DIALUX Evo» [22, 23]. «DIALUX Evo» - мощный программный пакет, для расчетов освещенности как внутреннего, так и наружного освещения зданий и сооружений. Крайне удобным в этом ПО является возможность светотехнического расчета как в трехмерном пространстве, так и в двухмерном.

Как говорилось выше, в ВКР выполняется поверочный светотехнический расчет с применением ПО «DIALUX Evo», цель расчета – удостоверение в адекватности результатов светотехнического расчета. Для выполнения светотехнического расчета в указанном ПО выбраны помещения торгового зала №1 и торгового зала №2. На рисунке 5 показан результат светотехнического расчета торгового зала №1.

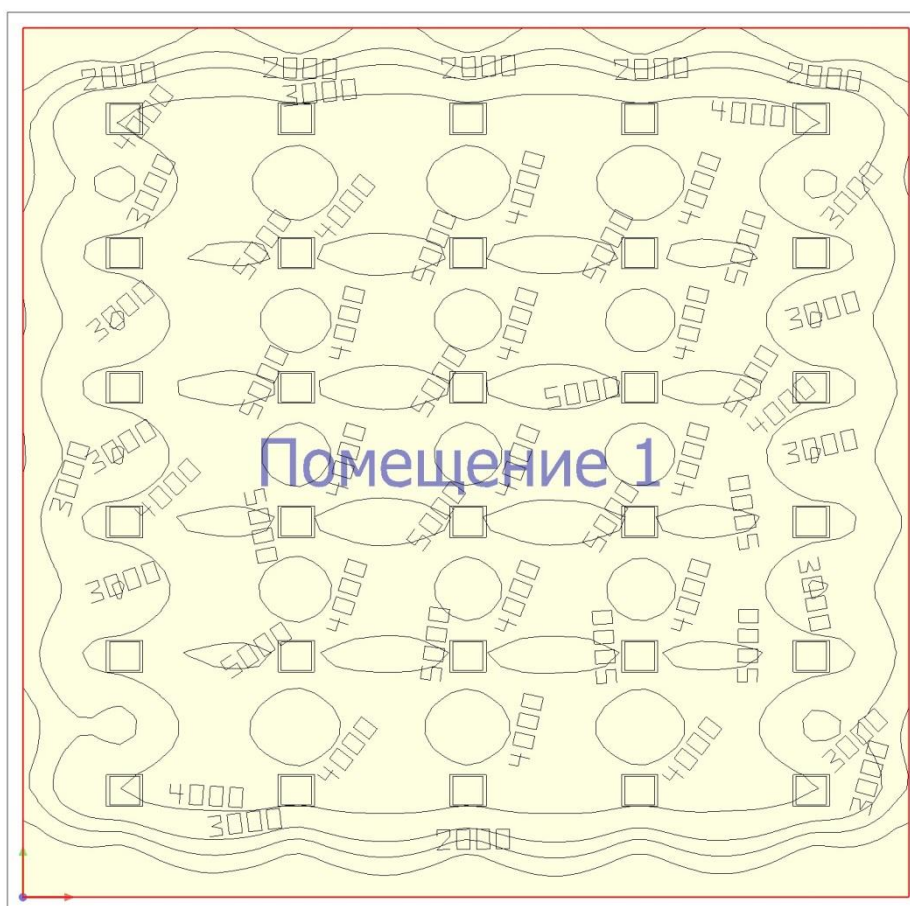


Рисунок 5 – Поверочный светотехнический расчет торгового зала №1

Технология поверочного светотехнического расчета следующая. Вначале выполняется эскиз рассчитываемого помещения путем указания параметров длины, ширины и высоты помещения в соответствующих графах ПО [12]. Затем по каталогу нужно выбрать подходящий светильник. После выбора светильника необходимо задать расчетное число светильников по осям X и Y. В поверочном расчете было задано 6 светильников по оси X и 6 светильников по оси Y, в соответствии с результатами, полученными в ходе светотехнического расчета. Затем, нужно расположить светильники на пространстве эскиза, после чего можно запустить расчет [24]. Результатом расчета становятся освещенности в помещении, значения которых указываются на эскизе [24, 25].

Как можно понять из рисунка 5, результаты поверочного светотехнического расчета говорят сами за себя, освещенность в помещении торгового зала №1 более чем достаточная. Нужно перейти к рисунку 6, на котором приведены результаты поверочного светотехнического расчета для торгового зала №2.



Рисунок 6 – Поверочный светотехнический расчет торгового зала №2

Из результатов поверочного светотехнического расчета, которые приведены на рисунке 6 заметно, что освещенность торгового зала №2 также более чем достаточна, а значит светотехнический расчет, выполняемый в начале раздела адекватен.

Таким же образом выполнены поверочные расчеты и для других помещений торгового предприятия, результаты расчета приведены на рисунках 7-11, а на рисунке 12 приведен поверочный светотехнический расчет для всех помещений предприятия торговли.

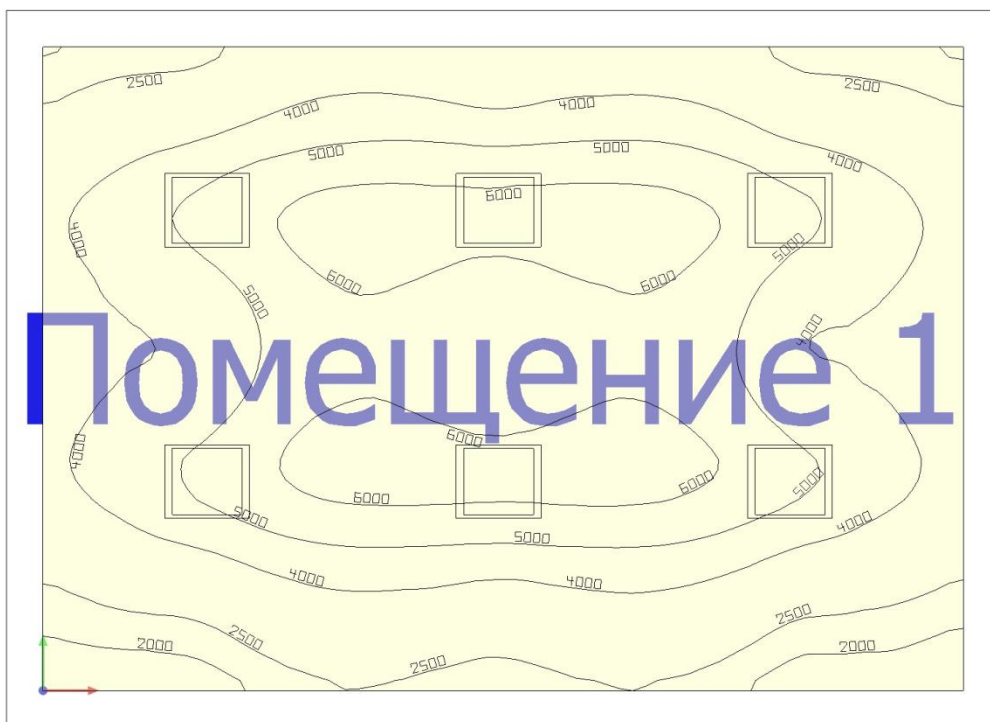


Рисунок 7 – Поверочный светотехнический расчет для пекарни

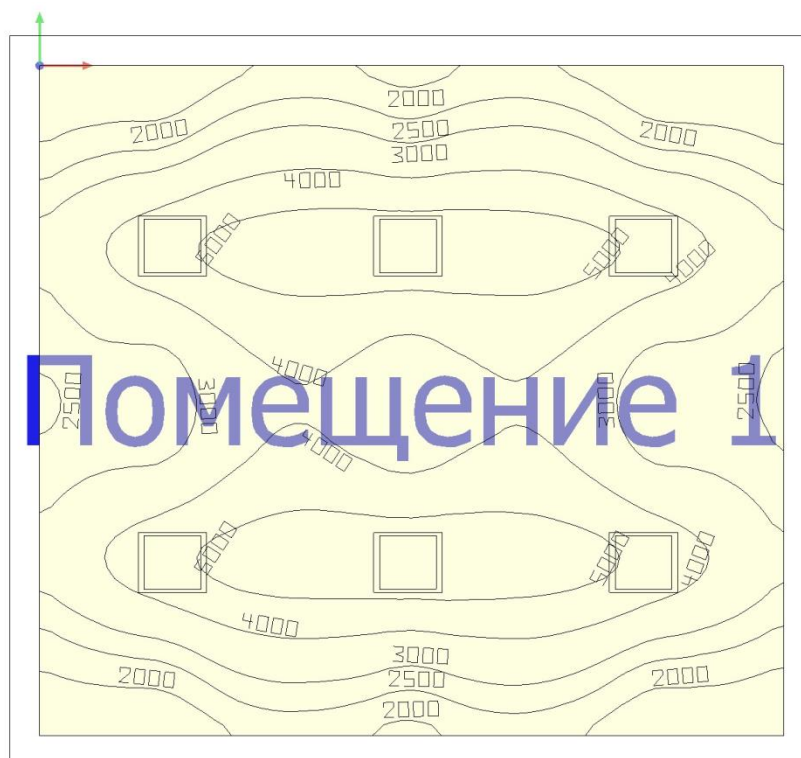


Рисунок 8 – Поверочный светотехнический расчет для офисного помещения

Помещение 1

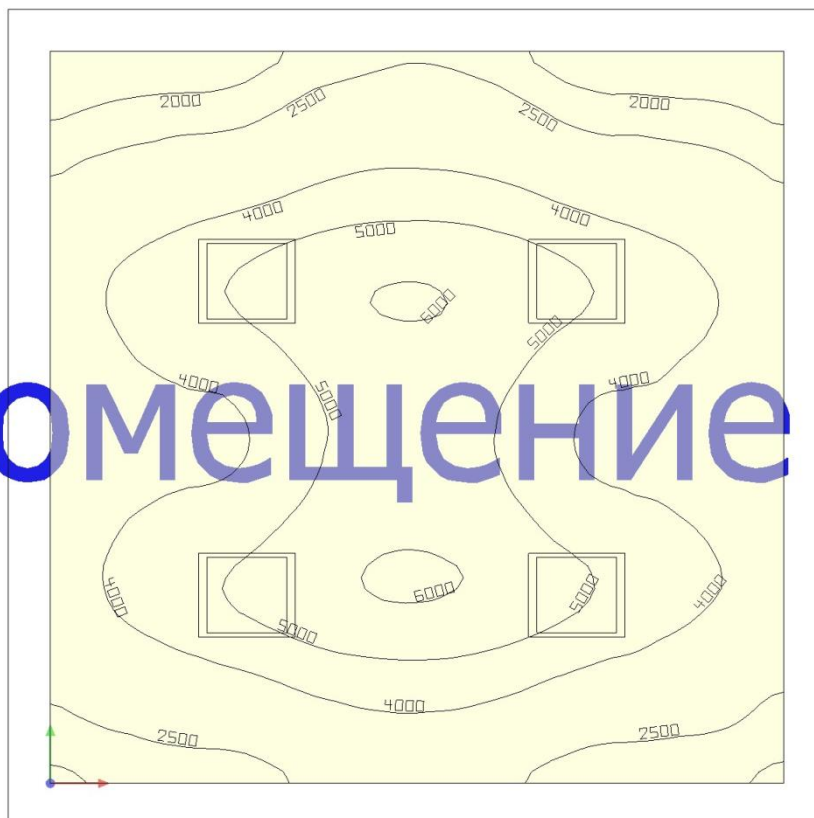


Рисунок 9 – Поверочный светотехнический расчет бытовки

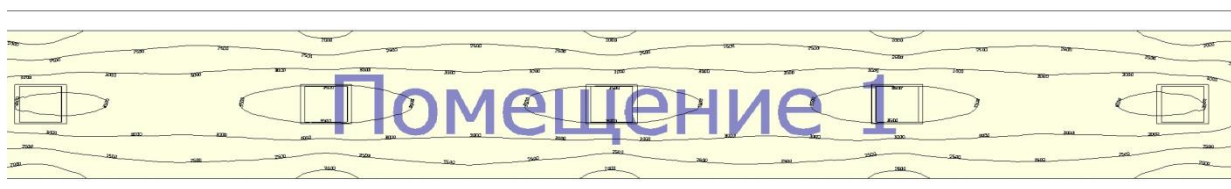


Рисунок 10 – Поверочный светотехнический расчет коридора



Рисунок 11 – Поверочный светотехнический расчет складского помещения

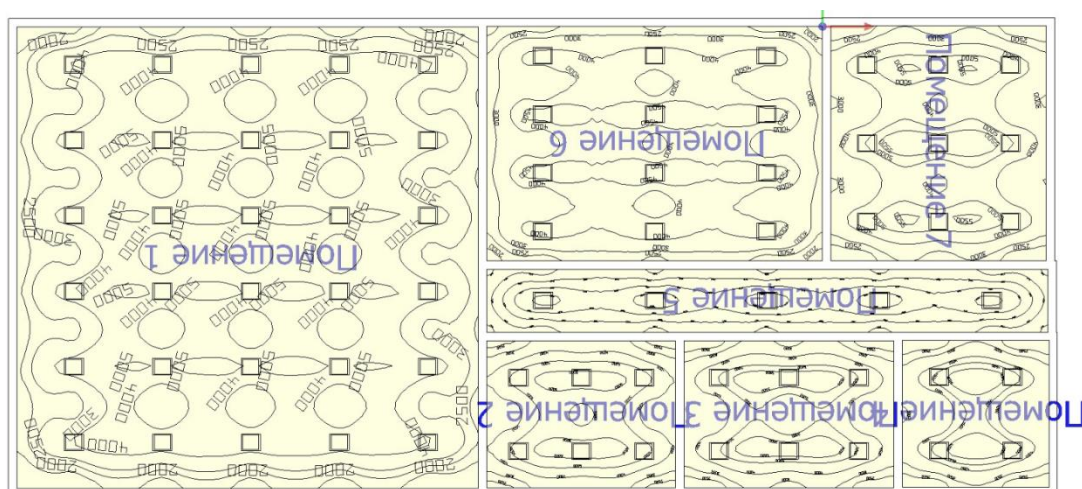


Рисунок 12 – Поверочный светотехнический расчет всех помещений предприятия торговли

Итак, путем расчета определено, что для освещения помещений торгового предприятия необходимо 68 светодиодных светильников, это число ощутимо меньше, чем число имеющихся светильников с газоразрядными лампами. Выполнен поверочный светотехнический расчет с

применением ПО «DIALUX Evo». Результаты поверочного расчета показали адекватность выполненного в начале раздела светотехнического расчета. Стоит отметить еще одно преимущество ПО «DIALUX Evo», это возможность 3D визуализации результатов расчета. Это позволяет оценить результаты светотехнического расчета с максимальным приближением к реальности. На рисунке 13 показана эта возможность программного пакета.



Рисунок 13 – 3D визуализация помещения торгового зала №1 с освещением выбранными в расчете светильниками

Вывод. По результатам светотехнического расчета в помещениях предприятия торговли необходима установка 72 светильников суммарной установленной мощностью 1872 Вт. Это значения ощутимо меньше чем значения до реконструкции системы освещения (186 светильников суммарной установленной мощностью 7440 Вт). Таким образом, делается вывод, что использование светодиодных светильников на предприятии торговли позволяет значительно понизить потребление электроэнергии системой освещения и при этом значительно повысить освещенность помещений предприятия торговли. Далее необходимо выполнить выбор электропроводки для осветительной сети предприятия торговли.

4 Выбор схемы осветительной сети торгового предприятия

Выбор схемы осветительной сети важный пункт при проектировании систем электроснабжения объектов. От выбранной схемы осветительной сети главным образом будут зависеть расход кабеля и надежность электроснабжения системы освещения. В практике проектирования выделяют три вида схем:

- 1) Радиальные схемы;
- 2) Магистральные схемы;
- 3) Радиально-магистральные схемы;

Радиальные схемы отличаются высокой надежностью но при этом возникает довольно большой расход материалов. Такие схемы в основном применяются для электроснабжения крупных или ответственных потребителей. Магистральные схемы хоть и менее надежны, но при этом, характеризуются меньшим расходом материалов.

Наиболее часто используются радиально-магистральные схемы, т.к. в таком случае возрастает надежность электроснабжения, несмотря на то, что расход материалов становится больше.

В случае с рассматриваемым торговым предприятием применима радиально-магистральная схема, т.к. запитывать каждый светильник от отдельной линии крайне нецелесообразно, также как и делать одну магистраль для питания всех светильников. Данная схема приведена на рисунке 14.

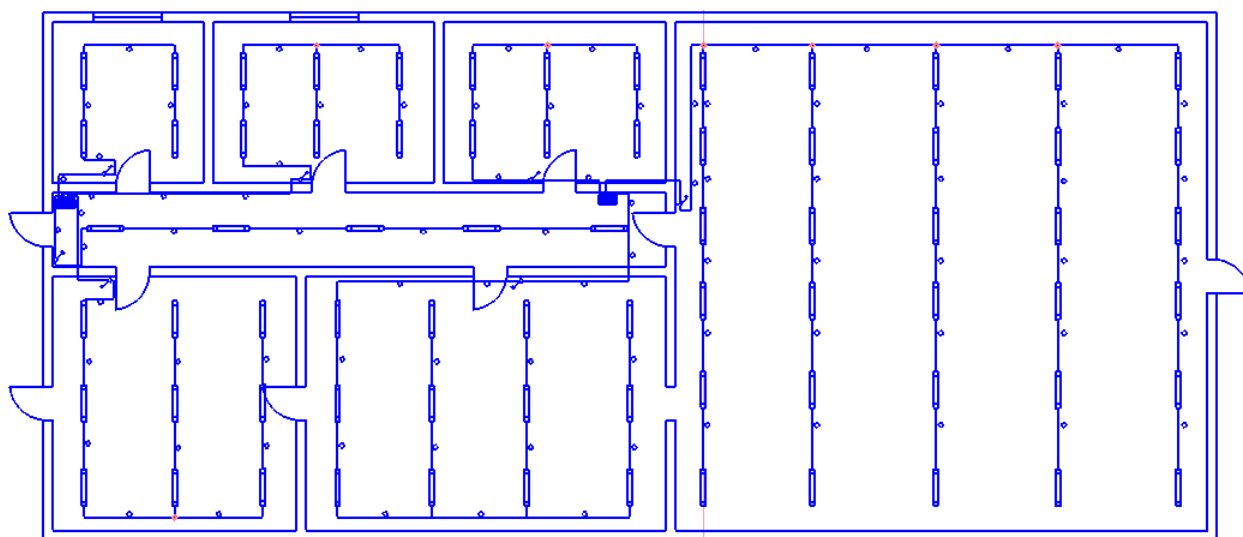


Рисунок 14 – Выбранная схема осветительной сети предприятия торговли

Таким образом, осветительная сеть предприятия разделяется на ряд магистралей, каждая магистраль запитана от отдельной линии. Как видно из схемы на рисунке 5, у каждого помещения предприятия торговли своя магистраль.

Вывод. Таким образом, для осветительной сети предприятия торговли наиболее применимой является магистрально радиальная схема, совмещающая в себе достоинства как магистральных, так и радиальных схем. С одной стороны, расход проводниковых материалов не такой высокий, как в случае использования радиальной схемы, но и надежность электроснабжения осветительной сети значительно выше, чем в случае использования магистральной схемы.

Теперь, выбрав схему осветительной сети, можно переходить к расчету электрических нагрузок после реконструкции и далее к выбору электропроводки и коммутационных аппаратов.

5 Расчет электрических нагрузок торгового предприятия после реконструкции системы освещения

Расчет электрических нагрузок после реконструкции системы освещения торгового предприятия необходим, во-первых, для сравнения его результатов с результатами расчета электрических нагрузок после реконструкции, а во-вторых для проведения технико-экономического расчета, цель которого – доказать эффективность принятых мер по экономии электроэнергии на предприятии торговли. Также, как и расчет электрических нагрузок до реконструкции системы освещения, расчет электрических нагрузок после реконструкции системы освещения выполняется с использованием рекомендаций СП 31-110-2003 и РД 34.20.185-94.

Для примера определяется расчетная мощность осветительной сети, питаемой от РП-1 с применением выражения (2):

$$P_{p,c} = 0,9 \cdot 0,026 \cdot 23 = 0,53 \text{ кВт.}$$

Расчетная мощность РП-1 составит (3):

$$P_{p,pp} = 0,85 \cdot (0,9 + 0,53) = 1,21 \text{ кВт.}$$

Расчет остальных мощностей ведется по аналогии, данные сведены в таблицу 5.

В дальнейшей работе понадобится знание расчетных токов нагрузки осветительной сети, поэтому нужно определить эти токи по каждой магистрали и на каждом РП.

Т.к., реактивная составляющая полной мощности светодиодных светильников очень низка ($\cos\phi$ светодиодных светильников составляет примерно 0,98), то ей можно пренебречь, и учитывать в расчете только

активную составляющую. Для определения тока магистрали осветительной сети нужно использовать выражение (6):

$$I_{\text{осв}} = \frac{P_{\text{м}}}{U_{\text{н}}}, \quad (6)$$

где $P_{\text{м}}$ – мощность светильников одной магистрали, кВт;

$U_{\text{н}}$ – номинальное напряжение осветительной сети, кВ.

Для примера выполняется расчет тока магистрали бытовки питаемой от РП-1 с применением выражения (6):

$$I_{\text{осв}} = \frac{0,104}{0,23} = 0,45 \text{ А.}$$

Расчет остальных токов ведется по аналогии. Результаты расчета токов по магистралям сведены в таблицу 5.

Для расчета токов на шинах РП нужно использовать выражение (7):

$$I_{\text{р.рп}} = \frac{S_{\text{р.рп}}}{U_{\text{н}}}, \quad (7)$$

где $S_{\text{р.рп}}$ – расчетная полная мощность на шинах РП, кВА.

Для определения полной мощности необходимо использовать выражение (8):

$$S_{\text{р.рп}} = \sqrt{P_{\text{р.рп}}^2 + Q_{\text{р.рп}}^2}, \quad (8)$$

где $Q_{\text{р.рп}}$ – расчетная реактивная мощность РП, квар.

Для определения расчетной реактивной мощности РП необходимо использовать выражение (9):

$$Q_{\text{р.рп}} = P_{\text{р.рп}} \cdot \text{tg}\varphi, \quad (9)$$

где $tg\varphi$ – коэффициент реактивной мощности, принимается равным 0,62.

Теперь, для примера, определяется расчетная реактивная мощность РП-1 с применением выражения (9):

$$Q_{p,rp} = 1,21 \cdot 0,62 = 0,75 \text{ квар.}$$

Теперь можно определить расчетную полную мощность РП-1, применяя выражение (8):

$$S_{p,rp} = \sqrt{1,21^2 + 0,75^2} = 1,42 \text{ кВА.}$$

Наконец, теперь можно определить расчетный ток РП-1 применяя выражение (7):

$$I_{p,rp} = \frac{1,42}{0,23} = 6,17 \text{ А.}$$

Расчет остальных мощностей и токов ведется аналогично, результаты расчета электрических нагрузок после реконструкции системы освещения предприятия торговли сведены в таблицы 6 и 7.

Таблица 6 – Результаты расчета токов осветительной сети предприятия торговли

РП	Помещение	Число магистралей	Ток магистрали, А
РП-1	Бытовка	1	0,45
	Офисное помещение	1	0,67
	Коридор	1	0,56
	Складское помещение	1	1,0
РП-2	Пекарня	1	0,67
	Торговый зал №1	1	3,4
	Торговый зал №2	1	1,3

Таблица 7 – Результаты расчета электрических нагрузок торгового предприятия после реконструкции системы освещения

$P_{р.р.}$, кВт	$P_{р.с.}$, кВт	$P_{р.рп.}$, кВт	$I_{р.рп}$
РП-1			
0,9	0,53	1,21	6,17
РП-2			
0,6	1,1	1,4	7,16
РП-3			
1,0	-	0,85	4,34

Таким образом, суммарная расчетная нагрузка составит (4):

$$P_{р.рп} = 0,85 \cdot (1,21 + 1,40 + 0,85) = 2,94 \text{ кВт.}$$

Вывод. По результатам этого расчета заметно, что при использовании светодиодных светильников расчетные нагрузки предприятия торговли значительно снизились, соответственно, делается вывод о том, что принятая мера по экономии электроэнергии имеет высокую степень эффективности.

Результаты этого расчета понадобятся при дальнейшем проектировании. Говоря более конкретным языком, эти результаты нужны для расчета и выбора электропроводки предприятия торговли и для выбора коммутационных аппаратов. Также, результаты расчета электрических нагрузок после реконструкции системы освещения торгового предприятия нужны для проведения технико-экономического расчета показывающего эффективность принятых в проекте мер.

6 Расчет и выбор электропроводки для осветительной сети торгового предприятия. Выбор способа прокладки электропроводки осветительной сети

Проектирование электропроводки зданий и сооружений достаточно ответственный этап. Грамотный выбор типа кабелей и способа прокладки влияет на множество факторов, начиная от экономичности заканчивая пожаробезопасностью [15, 21, 22].

На проектирование электропроводки влияет ряд факторов:

- расчетные токи нагрузки проектируемой электропроводки;
- класс напряжения электропроводки;
- тип здания, сооружения для которого предназначается электропроводка;
- класс пожароопасности, взрывоопасности здания, сооружения.

Выбор кабелей для электропроводки осуществляется по двум методам [8]: методом экономической плотности тока (применяется для оголоенных проводников) и по методу нагрева (применим для кабелей). Электропроводка зданий и сооружений, как правило, выполняется изолированными проводниками [8].

Итак, предприятие торговли не имеет рисков взрыва, предприятие торговли не хранит и не использует пожароопасные вещества, класс напряжения осветительной электропроводки – 230 В, расчетные токи берутся из таблицы 6.

Выбор электропроводки для осветительной сети осуществляется по методу нагрева. Для этого нужно сопоставить расчетное значение тока с предельно допустимым для выбираемого кабеля (10):

$$I_{\text{доп}} \geq I_p. \quad (10)$$

где $I_{\text{доп}}$ – предельно допустимый ток кабеля, А;

Для примера выполняется выбор кабеля для магистрали осветительной сети бытовки с использованием выражения (10). Известно, что расчетный ток магистрали в бытовке составляет 0,45 А. Теперь по таблицам [] нужно найти кабель с близким предельно допустимым током. По значению предельно допустимого тока подходит кабель с сечением токоведущей жилы 1,5 мм², допустимый ток такого кабеля составляет 19 А. По каталогу выбирается кабель типа ВВГнг(А)-3-1,5 с медными жилами производства ООО «Самкаб», г. Самара, который представлен на рисунке 15.

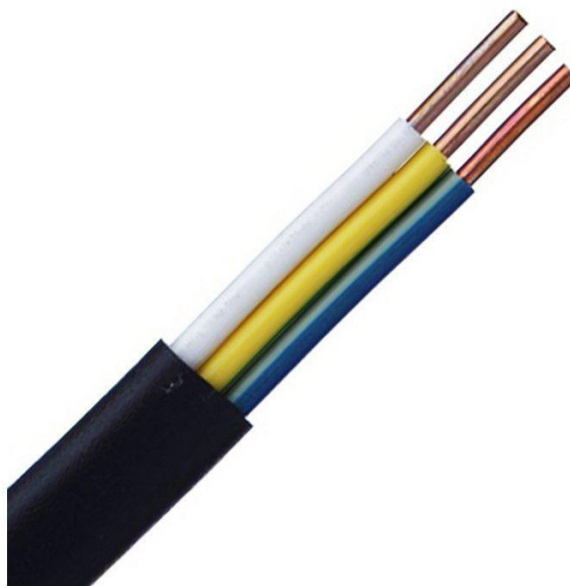


Рисунок 15 – Кабель ВВГнг(А)-3-1,5

Расчет и выбор кабелей для остальных магистралей выполняется по аналогии, результаты расчетов сведены в таблицу 8.

Таблица 8 – Результаты расчета и выбора кабелей для осветительной сети торгового предприятия

РП	Помещение	Кабель	Сечение, мм ²
РП-1	Бытовка	ВВГнг(А)-3-1,5	1,5

Продолжение таблицы 8

РП-1	Офисное помещение	ВВГнг(А)-3-1,5	1,5
РП-2	Коридор	ВВГнг(А)-3-1,5	1,5
	Складское помещение	ВВГнг(А)-3-1,5	1,5
	Пекарня	ВВГнг(А)-3-1,5	1,5
	Торговый зал №1	ВВГнг(А)-3-1,5	1,5
	Торговый зал №2	ВВГнг(А)-3-1,5	1,5

В качестве способа прокладки кабелей электропроводки осветительной сети торгового предприятия принимается прокладка кабелей в гофрированных трубах над потолком в перекрытии. Такое решение позволяет сэкономить средства на электромонтажных работах, а также на материалах для монтажа электропроводки. Применение гофрированных труб позволяет обеспечить пожаробезопасность при эксплуатации осветительной сети торгового предприятия.

Вывод. Итак, в результате выбора кабелей для электропроводки осветительной сети предприятия торговли предпочтение отдано кабелям типа ВВГ с медными жилами сечением 1,5 мм². Главным достоинством этих кабелей выступает использование изоляционных материалов слабо поддерживающих горение, а значит можно сделать вывод, что эксплуатация осветительной сети предприятия торговли будет безопасна.

Далее нужно выполнить расчет токов короткого замыкания осветительной сети торгового предприятия.

7 Расчет токов короткого замыкания осветительной сети торгового предприятия

Расчет токов короткого замыкания необходим для определения значения ударного тока трехфазного короткого замыкания. Обычно трехфазное короткое замыкание является наиболее тяжелым аварийным режимом в системах электроснабжения, поэтому трехфазное короткое замыкание рассматривается как максимально допустимый ток в проектируемой системе электроснабжения [18].

Результаты расчета токов короткого замыкания понадобятся при выборе коммутационных аппаратов, т.к. по значению ударного тока выбираются автоматические выключатели.

Расчет токов короткого замыкания (ТКЗ) проводится по рекомендациям из РД 153.34.0-20.527-98 [4] и ГОСТ 28249-93 [11].

Итак, можно переходить к расчету токов короткого замыкания осветительной сети предприятия торговли

Перед расчетом составляется схема замещения, в которой все элементы рассматриваемого участка рассматриваются как эквивалентные активные сопротивления. Схема замещения для расчета ТКЗ линии питающей осветительную сеть бытовки торгового предприятия показана на рисунке 16.



Рисунок 16 – Схема замещения для расчета ТКЗ

Далее можно переходить к расчету ТКЗ. Расчет ТКЗ начинается с определения сопротивлений элементов схемы замещения. В первую очередь

определяется активное сопротивление кабеля с применением выражения (11):

$$r_k = c_0 r_{\text{кном}}, \quad (11)$$

где c_0 – коэффициент, учитывающий увеличение активного сопротивления кабеля при нагреве ТКЗ, принимается равным 1,5;
 $r_{\text{кном}}$ – активное сопротивление кабеля при номинальных условиях, Ом.

Такие параметры как активное сопротивление контактов автоматического выключателя и активное сопротивление светильника определяются по таблицам [11].

Для того, чтобы знать номинальное сопротивление кабеля необходимо знать погонное сопротивление кабеля и его длину. Для расчета номинального сопротивления кабеля нужно использовать формулу (12):

$$r_{\text{кном}} = r_{\text{пк}} l_k, \quad (12)$$

где $r_{\text{пк}}$ – погонное активное сопротивление кабеля, Ом/км;
 l_k – длина кабеля, км.

Применяя выражение (12) нужно определить номинальное активное сопротивление кабеля:

$$r_{\text{кном}} = 1,79 \cdot 0,01 = 0,0179 \text{ Ом.}$$

Теперь можно рассчитать сопротивление кабеля с применением выражения (11):

$$r_k = 1,5 \cdot 0,0179 = 0,0268 \text{ Ом.}$$

Суммарное активное сопротивление рассматриваемого участка определяется по выражению (13):

$$r_{\Sigma} = r_{ав} + r_{к} + r_{св}, \quad (13)$$

где $r_{ав}$ – активное сопротивление контактов автоматического выключателя, Ом;

$r_{св}$ – активное сопротивление светильника, Ом.

Применяя выражение (13) определяется суммарное активное сопротивление рассматриваемого участка:

$$r_{\Sigma} = 0,001 + 0,0268 + 0,1 = 0,12 \text{ Ом.}$$

Далее можно переходить непосредственно к расчету ТКЗ. Вначале рассчитывается периодическая составляющая по выражению (14):

$$I_{п0} = \frac{U_{ср}}{\sqrt{3} \cdot r_{\Sigma}}, \quad (14)$$

где $U_{ср}$ – среднее номинальное напряжение сети, кВ.

Выполняется расчет периодической составляющей ТКЗ рассматриваемого участка по выражению (14):

$$I_{п0} = \frac{0,22}{\sqrt{3} \cdot 0,12} = 1,1 \text{ кА.}$$

Далее определяется аperiodическая составляющая ТКЗ по выражению (15):

$$i_{a0} = \sqrt{2I_{п0}}, \quad (15)$$

Рассчитывается аperiodическая составляющая ТКЗ по выражению (15):

$$i_{a0} = \sqrt{2 \cdot 1,1} = 1,48 \text{ кА.}$$

Наконец, можно определить ударный ТКЗ по выражению (16):

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{п0} K_{уд}, \quad (16)$$

где $K_{уд}$ – ударный коэффициент, принимается равным 1,1.

Рассчитывается ударный ТКЗ по выражению (16):

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1,1 \cdot 1,1 = 1,71 \text{ кА.}$$

Расчет ТКЗ для осветительной сети бытовки окончен. Расчет ТКЗ остальных участков осветительной сети торгового предприятия ведется по аналогии. Результаты расчета сведены в таблицу 9.

Таблица 9 – Результаты расчета ТКЗ осветительной сети торгового предприятия

РП	Помещение	$I_{п0}$, кА	i_{a0} , кА	$i_{уд}$, кА
РП-1	Бытовка	1,10	1,48	1,71
	Офисное помещение	0,98	1,40	1,51
	Коридор	1,00	1,41	1,51
	Складское помещение	1,10	1,49	1,70
РП-2	Пекарня	0,99	1,40	1,50
	Торговый зал №1	0,91	1,34	1,41
	Торговый зал №2	0,96	1,38	1,48

Вывод. По результатам расчета, наибольшие ТКЗ приходятся на осветительную сеть бытовки. При этом значения ТКЗ достаточно малы, принятия специальных мер по их ограничению не требуется.

8 Выбор коммутационных аппаратов осветительной сети торгового предприятия

Коммутационные аппараты – важная составляющая любой системы электроснабжения, т.к. они выполняют операции включения и отключения в системах электроснабжения, а также на отдельные виды коммутационных аппаратов также налагаются функции защиты систем электроснабжения [14, 17].

В системах электроснабжения до 1 кВ широкое применение нашли автоматические выключатели, которые практически полностью вытеснили плавкие предохранители. В отличие от плавких предохранителей, автоматический выключатель является многократным коммутационным аппаратом, к тому же, оперирование автоматическим выключателем значительно более безопасно, в сравнении с плавкими предохранителями, что говорит в пользу автоматических выключателей. Стоит также отметить развитие автоматических выключателей с микропроцессорным расцепителем [14].

Выбор автоматических выключателей осуществляется с учетом ряда факторов [1, 23, 25]:

- класс напряжения защищаемой сети;
- расчетный ток нагрузки;
- расчетный ударный ток короткого замыкания;
- число фаз в системе электроснабжения;

Итак, класс напряжения осветительной сети предприятия торговли – 230 В, соответственно число фаз в осветительной сети предприятия торговли равняется единице (однофазная система электроснабжения).

Выбор коммутационных аппаратов осуществляется с применением результатов расчетов электрических нагрузок после реконструкции системы освещения предприятия торговли и результатов расчета ТКЗ. Главными

условиями выбора коммутационных аппаратов выступают следующие соотношения (17), (18):

$$I_{\text{НОМ.КА}} \geq I_p, \quad (17)$$

где $I_{\text{НОМ.КА}}$ – номинальный ток коммутационного аппарата, А;

I_p – расчетный ток защищаемого участка, А.

$$I_{\text{откл.КА}} \geq i_{\text{уд}}, \quad (18)$$

где $I_{\text{откл.КА}}$ – ток отключения КЗ коммутационным аппаратом, кА;

$i_{\text{уд}}$ – расчетный ударный ТКЗ, кА.

Для примера выполняется выбор коммутационных аппаратов осветительной сети бытовки с применением выражений (17) и (18). К применению рассматривается автоматический выключатель (АВ) ВА47-100ПРО производства АО «Контактор», г. Ульяновск. Выбранный автоматический выключатель приведен на рисунке 17.



Рисунок 17 – Автоматический выключатель ВА47-100ПРО

Номинальный ток рассматриваемого АВ составляет 5 А, допустимый отключаемый ТКЗ составляет 10 кА, при том что расчетный ток нагрузки осветительной сети бытовки составляет 0,45 А, а расчетный ударный ТКЗ составляет 1,71 кА. Таким образом, рассматриваемый АВ может быть применен в качестве коммутационного аппарата осветительной сети бытовки.

Выбор остальных коммутационных аппаратов выполняется по аналогии. Результаты выбора коммутационных аппаратов приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Результаты выбора коммутационных аппаратов осветительной сети торгового предприятия

РП	Помещение	$I_{\text{ном.КА}}, \text{ А}$	$I_{\text{откл.КА}}, \text{ кА}$	тип АВ	число АВ
РП-1	Бытовка	5,0	10,0	ВА47-100ПРО	1
	Офисное помещение	5,0	10,0	ВА47-100ПРО	1
	Коридор	5,0	10,0	ВА47-100ПРО	1
	Складское помещение	5,0	10,0	ВА47-100ПРО	1
РП-2	Пекарня	5,0	10,0	ВА47-100ПРО	1
	Торговый зал №1	5,0	10,0	ВА47-100ПРО	1
	Торговый зал №2	5,0	10,0	ВА47-100ПРО	1

Вывод. Таким образом, из результатов расчета заметно, что выбранные коммутационные аппараты соответствуют всем требованиям по их выбору, коммутационные аппараты способны выдержать расчетный ток нагрузки потребителей (светодиодных светильников) предприятия торговли, выбранные коммутационные аппараты способны выдержать и отключить расчетные токи короткого замыкания осветительной сети предприятия торговли.

9 Технико-экономический расчет осветительной сети торгового предприятия

В первую очередь необходимо выполнить расчет потребления и стоимости активной электроэнергии предприятия торговли до реконструкции системы освещения и после реконструкции [13]. Сначала выполняется расчет до реконструкции с использованием выражения (19):

$$W_p = (P_{p.рп} \cdot T) + (P_{p.ск} + P_{p.х}) \cdot T, \quad (19)$$

где T – годовое число часов работы осветительной сети, принимается равным 4320 ч.

$P_{p.ск}$ – мощность системы кондиционирования, кВт;

$P_{p.х}$ – мощность холодильных камер, кВт

Определяется расчет потребления электроэнергии торговым предприятием до реконструкции системы освещения с применением выражения (19):

$$W_p = (11,3 \cdot 4320) + (24,1 + 51,4) \cdot 4320 = 375084 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Теперь определяется расчет потребления электроэнергии торговым предприятием после реконструкции системы освещения с применением выражения (19):

$$W_p = (2,94 \cdot 4320) + (24,1 + 51,4) \cdot 4320 = 338860 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Теперь нужно определить годовую стоимость электроэнергии потребляемой предприятием торговли применяя выражение (20):

$$C_{ээ} = W_p \cdot C, \quad (20)$$

где C – стоимость одного кВт·ч электроэнергии, кВт·ч.

Определяется годовая стоимость электроэнергии потребляемой предприятием торговли до реконструкции с применением выражения (20):

$$C_{\text{ЭЭ}} = 375084 \cdot 0,07 = 26255 \text{ тыс. руб.}$$

Определяется годовая стоимость электроэнергии потребляемой предприятием торговли после реконструкции с применением выражения (20):

$$C_{\text{ЭЭ}} = 338860 \cdot 0,07 = 23720 \text{ тыс. руб.}$$

Теперь нужно определить разность потребления электроэнергии и разность стоимости электроэнергии с применением выражений (21) и (22):

$$\Delta W_p = W_{p1} - W_{p2}, \quad (21)$$

где W_{p1} – потребление электроэнергии предприятием торговли до реконструкции, кВт·ч;

W_{p2} – потребление электроэнергии предприятием торговли после реконструкции, кВт·ч.

$$\Delta C_{\text{ЭЭ}} = C_{\text{ЭЭ1}} - C_{\text{ЭЭ2}}, \quad (22)$$

где $C_{\text{ЭЭ1}}$ – годовая стоимость электроэнергии до реконструкции, тыс. руб.;

$C_{\text{ЭЭ2}}$ – годовая стоимость электроэнергии после реконструкции, тыс. руб.

Определяется разница в расходе электроэнергии торговым предприятием с применением выражения (21):

$$\Delta W_p = 375084 - 338860 = 36224 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Определяется разница в стоимости электроэнергии потребляемой торговым предприятием с применением выражения (22):

$$\Delta C_{\text{ЭЭ}} = 26255 - 23720 = 2535 \text{ тыс. руб.}$$

Далее необходимо определить стоимость капиталовложений в реконструкцию осветительной сети торгового предприятия. Сначала определяются капиталовложения в светодиодные светильники с применением выражения (23):

$$Z_c = E \cdot K_c \cdot N_c, \quad (23)$$

где E – нормативный коэффициент эффективности отчислений от капиталовложений;

K_c – стоимость одного светильника, тыс. руб.;

N_c – число светильников.

Для примера определяется стоимость капиталовложений в светодиодные светильники бытовки торгового предприятия с применением выражения (23):

$$Z_c = 0,68 \cdot 5,33 \cdot 4 = 14,4 \text{ тыс. руб.}$$

Стоимость капиталовложений в электропроводку торгового предприятия определяются с применением выражения (24):

$$Z_{\text{ЭП}} = E \cdot K_k \cdot l_k, \quad (24)$$

где K_k – стоимость одного метра выбранного кабеля, тыс. руб.;

l_k – совокупная длина кабелей электропроводки, м.

Для примера определяется стоимость капиталовложений в электропроводку осветительной сети бытовки торгового предприятия с применением выражения (24):

$$Z_{\text{ЭП}} = 0,68 \cdot 0,17 \cdot 0,07 = 0,08 \text{ тыс. руб.}$$

Расчет капиталовложений остальной части осветительной сети ведется по аналогии. Результаты расчета сведены в таблицу 11.

Таблица 11 – Результаты расчета стоимости капиталовложений в реконструкцию осветительной сети

Помещение	Z_c , тыс. руб.	$Z_{\text{ЭП}}$, тыс. руб.
Бытовка	14,4	0,08
Офисное помещение	15,3	0,10
Коридор	15,8	0,11
Складское помещение	21,3	0,14
Пекарня	16,4	0,15
Торговый зал №1	32,2	1,70
Торговый зал №2	24,1	0,88
Предприятие торговли	139,5	3,16

Суммарные капиталовложения определяются выражением (25):

$$Z_{\Sigma} = Z_c + Z_{\text{ЭП}}, \quad (25)$$

Определяются суммарные капиталовложения с применением выражения (25):

$$Z_{\Sigma} = 139,5 + 3,16 = 142,66 \text{ тыс. руб.}$$

Вывод. Таким образом, в результате принятых в проекте мер, достигается годовая экономия электроэнергии в размере 36224 кВт·ч, в процентном соотношении это составляет 10 % от потребления электроэнергии предприятием торговли до реконструкции.

Стоит сделать первое заключение, что в денежном эквиваленте экономия электрической энергии после реконструкции осветительной сети предприятием торговли составляет 2535 тыс. руб., что в процентном соотношении составляет 11 % от потребления электроэнергии предприятием торговли до реконструкции осветительной сети.

Таким образом, можно сделать второе заключение, которое гласит, что применение светодиодных светильников, в силу их малого потребления электроэнергии, современной конструкции, небольших размеров и значительного коэффициента полезного действия является одним из самых действенных мероприятий для организации экономии электрической энергии для предприятий имеющих значительное потребление электроэнергии, в том числе и предприятий работающих в сфере торговли [19, 20].

10 Технология монтажа светодиодных светильников, электропроводки и коммутационных аппаратов

В силу того, что светодиодные светильники имеют достаточно большой световой поток, а также малую массу и могут иметь любую форму, монтаж светодиодных светильников достаточно прост и легок. В помещениях предприятия торговли навесной потолок из флизелиновых панелей, таким образом, для крепления выбранных светодиодных светильников необходимо проделать ниши в потолке. Как правило, такая операция не занимает много времени. На рисунке 18 приводится пример монтажа светодиодных светильников аналогичных выбранным в ВКР в нишах навесного потолка [5, 21].



Рисунок 18 – Пример монтажа светодиодного светильника типа OFLED SL 66 в нише навесного потолка

Из рисунка 18 заметно, что при таком способе монтажа достигается высокая эргономичность.

Монтаж осветительной электропроводки также имеет низкую трудоемкость, т.к. осветительная электропроводка прокладывается в гофрированной трубе под перекрытием. Такой способ монтажа

электропроводки достаточно прост, т.к. фактически кабель в гофрированной трубе просто лежит на поверхности навесного потолка, и таким образом, монтаж осветительной электропроводки также как и монтаж светодиодных светильников, не занимает большого количества времени [5].

Монтаж коммутационных аппаратов, т.е. автоматических выключателей, осуществляется в современных щитах, с расположением автоматических выключателей на DIN-рейках, как показано на рисунке 19.



Рисунок 19 – Пример монтажа автоматического выключателя на DIN-рейке

Такой способ монтажа электропроводки, светильников и коммутационных аппаратов выгодно отличается от традиционных способов закрепления коммутационных аппаратов, т.к. в случае поломки, замены на более совершенный, увеличения числа автоматических выключателей в щите можно легко монтировать или размонтировать автоматический выключатель специалистами самого предприятия [5].

Вывод. Таким образом, можно сделать вывод, что выбранная технология монтажа электропроводки, светильников и коммутационных аппаратов отличается простотой операций, отличается высокой скоростью выполнения. Соответственно, для монтажа требуется небольшое количество персонала, а значит, стоимость всех этих операций будет невысокая. К тому же, стоит отметить, что время монтажа также будет незначительным.

Заключение

Итак, в ВКР проделана работа по реконструкции системы освещения предприятия торговли. Вначале проделан расчет электрических нагрузок до реконструкции системы освещения предприятия торговли. Этот расчет проделан с целью сравнения с электрическими нагрузками после реконструкции, также этот расчет необходим для определения показателей эффективности принятых мер по экономии электроэнергии предприятия торговли.

На втором этапе выполнен светотехнический расчет помещений предприятия торговли и выбор светильников. К применению выбраны светодиодные светильники типа OFLED SL 66 мощность 26 Вт для одного светильника. По итогам расчета, для всех помещений предприятия торговли необходимо 72 светодиодных светильника вместо 186 светильников с газоразрядными лампами. Во время производства светотехнического расчета помещений предприятия торговли применен программный пакет «DIALUX Evo». С помощью этого ПО выполнен поверочный светотехнический расчет всех помещений предприятия торговли, итоги этого расчета показали, что результаты светотехнического расчета адекватны.

На следующем этапе выполнен выбор схемы осветительной электропроводки предприятия торговли. Выбор пал на радиально-магистральную схему, по причине достаточно высокой надежности и приемлемого расхода материалов для монтажа электропроводки.

На следующем этапе выполнен расчет электрических нагрузок предприятия торговли после реконструкции системы освещения. Как говорилось ранее, актуализированный расчет электрических нагрузок необходим для сравнения с электрическими нагрузками до реконструкции, а также для технико-экономического расчета.

На следующем этапе выполнен расчет и выбор кабелей для осветительной электропроводки предприятия торговли. По результатам расчета, вся осветительная проводка выполняется двухжильным медным кабелем ВВГнг(А)-3-1,5 с сечением жил 1,5 мм². Способ прокладки осветительной электропроводки под перекрытием в гофрированных трубах.

На следующем этапе выполнен расчет токов короткого замыкания осветительной сети предприятия торговли. По результатам расчета наибольший ударный ток короткого замыкания составляет 1,71 кА.

На следующем этапе выполнен выбор коммутационных аппаратов для осветительной сети предприятия торговли. По результатам выбора применены автоматические выключатели типа ВА47-100ПРО с номинальным током 5 А и током отключения короткого замыкания 10 кА. Общее число автоматических выключателей – 8.

На следующем этапе проведен технико-экономический расчет. Цель расчета – подтверждение эффективности принятых мер для экономии электроэнергии предприятием торговли. По результатам расчета расход электроэнергии сокращается на 10 % что равняется 36224 кВт·ч (до реконструкции системы освещения расход электроэнергии составлял 375084 кВт·ч) В денежном эквиваленте это составляет 11 % или 2535 тыс. руб. (до реконструкции системы освещения затраты на электроэнергию составляли 26255 тыс. руб.)

На последнем этапе выполняется описание технологии монтажа светодиодных светильников, электропроводки и автоматических выключателей на предприятии торговли.

Таким образом, реконструкция системы освещения предприятия торговли с заменой газоразрядных светильников на светодиодные дает нужный эффект по части экономии электроэнергии. Денежные затраты на электроэнергию существенно снижаются, что также должно сказаться на стоимости реализуемой продукции.

Список используемых источников

1. Годжелло А.Г., Розанов Ю.К. Электрические и электронные аппараты. М: Издательский центр Академия, 2010. 352 с.
2. ГОСТ Р 50030.2-99 Автоматические выключатели. М.: Стандартиформ, 2010. 108 с.
3. ГОСТ 28249-93 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. М: Стандартиформ, 2006. 47 с.
4. ГОСТ 32144-2013 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартиформ, 2014. 19 с.
5. Грунтович Н.В. Монтаж, наладка, и эксплуатация электрооборудования. М.: Инфра-М, 2013. 272 с.
6. Едунов, Р. В. Экспериментальные исследования эффективности светодиодного освещения при выполнении производственных зрительных работ / Р. В. Едунов, Л. В. Сеницына // XLIX Огарёвские чтения: материалы научной конференции: в 3 частях, Саранск, 07–13 декабря 2020 года. Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2021. С. 326-330.
7. Козловская В.Б. Электрическое освещение. Минск: Техноперспектива, 2008. 277 с.
8. Костин В.Н. Электропитающие системы и электрические сети сети. СПб: СЗГЗТУ, 2007. 255 с.
9. Кузьменко В. П. Разработка методик повышения качества сетей искусственного освещения со светодиодным осветительным оборудованием // Наука и бизнес: пути развития. 2021. № 7. С. 68-70.
10. Лейвин А.Я., Шульгинов А.А. Основы светотехники. Челябинск: ЮУрГУ, 2016. 72 с.

11. Панова А.В. Экономика энергетики: учебное пособие. Владимир: ВлГУ, 2013. 87 с.
12. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. Новосибирск: Норматика, 2016. 464 с.
13. Проектирование осветительных электроустановок промышленных предприятий. Внутренне освещение. М.: Тяжпромэлектропроект, 1996. 33 с.
14. РД 34.20.185-94 Инструкция по проектированию городских электрических сетей. М.: Стандартинформ, 1999. 30 с.
15. РД 153.34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. М: ОАО РАО ЕЭС России, 1998. 131 с.
16. Светодиодные источники освещения / Н. В. Митрофанов, О. Г. Швачкина, Ю. П. Фролова, Д. Г. Козлов // Наука, образование и инновации в современном мире (НОИ-2019): Материалы Национальной научной конференции Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I, Воронеж, 17–18 апреля 2019 года. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2019. С. 182-185.
17. СП 31-110-2003 Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа. М.: Стандартинформ, 2015. 78 с.
18. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение. М.: Стандартинформ, 2004. 59 с.
19. Baillot R., Deshayes Y. Reliability investigation of LED devises for public light applications. New York: Elsevier Science. 2017. 222 p.
20. Govind N., Dhoble S. J. The fundamentals and applications of light emitting diodes. New York: Elsevier Science. 2020. 284 p.
21. Huang J., Kuo H., Shen S. Nitride semiconductor light emitting diodes. New York: Elsevier Science. 2017. 822 p.

22. Hongxing J., Jingyu L. Micro LEDs. London: Academic press. 2021. 410 p.
23. Kozlovsky V.N., Podgorny A.S., Saksonov A.S. Algorithm development for finding the minimum level of noise immunity of an onboard electrical complex during control tests / Kozlovsky V.N., Podgorny A.S., Saksonov A.S. // E3S Web of Conferences, Saint-Petersburg, 23–26 November 2020. – Saint-Petersburg. 2020. P. 1-5.
24. Koutchma T. Ultraviolet LED technology for food applications. New York: Elsevier Science. 2019. 146 p.
25. Winder S. Power supplies for LED driving. New York: Newness. 2016. 320 p.