

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)

Электроснабжение и энергоаудит

(направленность (профиль) / специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Обследование системы электроснабжения административно-бытового  
корпуса 61/2 АО «АВТОВАЗ»

Обучающийся

С.Я. Кабак

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент С.В. Шаповалов

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

Консультант

М.В. Дайнеко

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

Тольятти 2023

## Аннотация

В выпускной квалификационной работе на тему «Обследование системы электроснабжения административно-бытового корпуса 61/2 АО «АВТОВАЗ»».

Объем бакалаврской работы составляет 55 страниц. Бакалаврская работа содержит 14 таблиц, 23 рисунка, 25 источников.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трёх разделов и заключения.

Объект исследования административно-бытовой корпус 61/2 АО «АВТОВАЗ».

Выпускная квалификационная работа включает следующие разделы:

- обследование системы электроснабжения корпуса 61/2;
- разработка мероприятий по энергоснабжению;
- технико-экономический расчет.

В данной выпускной квалификационной работе будет проведено частичное энергетическое обследование административно бытового корпуса. Разработан план по модернизации системы освещения с учетом увеличения энергетической эффективности.

## **Annotation**

In the final qualifying work on the topic «Survey of the power supply system of the administrative building 61/2 of «AVTOVAZ JSC»».

The volume of bachelor's work is 55 pages. Bachelor's work contains 14 tables, 23 figures, 25 sources.

The final qualifying work consists of an introduction, three sections and a conclusion.

The object of study is the administrative building 61/2 of «AVTOVAZ JSC».

The final qualifying work includes the following sections:

- examination of the power supply system of building 61/2;
- development of measures for energy supply;
- technical and economic calculation.

In this final qualifying work, a partial energy survey of the administrative building will be carried out. A plan has been developed to modernize the lighting system, taking into account the increase in energy efficiency.

## Содержание

Введение .....	5
1 Обследование системы электроснабжения корпуса 61/2.....	7
1.1 Общий анализ корпуса 61/2 .....	7
1.2 Анализ системы электроснабжения корпуса .....	8
1.3 Анализ электропотребляющего оборудования.....	14
2 Разработка мероприятий по энергоснабжению .....	31
2.1 Выбор осветительных установок .....	32
2.2 Расчет освещения .....	35
3 Техничко-экономический расчет .....	43
Заключение .....	51
Список используемых источников.....	53

## Введение

Для успешного экономического развития в современном мире требуется большое количество электрической энергии. Человечество научилось использовать разнообразные ресурсы для выработки электроэнергии, но большая часть электричества вырабатывается из невозобновляемых источников энергии таких как нефть, газ, уголь и т.д. Поэтому важной частью государственной политики является рациональное использование наших богатств. Деятельность в области энергосбережения регулируется федеральным законом от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении, повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [17].

Еще одной причиной отслеживать используемые ресурсы является то, что постоянное увеличение вырабатываемой мощности влечет за собой пропорциональное увеличение денежных затрат на разработку новых мест добычи, установку нового оборудования, создания инфраструктуры [16]. На фоне роста денежных затрат вырос интерес к энергосбережению [19]. Рациональное сокращение потребления электрической энергии на крупных предприятиях позволяет без изменения в технологическом процессе уменьшить нагрузку на энергосистему. Для правильного нахождения методов уменьшения энергопотребления проводится энергоаудит предприятия. Целью проведения энергетического обследования является определение рациональности использования энергоресурсов и разработка мер по увеличению энергоэффективности.

Основные задачи при проведении частичного энергетического обследования:

- расчет фактического объема потребляемой электрической энергии;
- определение источников нерациональных энергозатрат;
- поиск возможностей для роста показателей энергосбережения;
- разработка программы энергосбережения.

Успешное выполнение этих задач свидетельствует об окончании энергоаудита. В конечном итоге по окончании обследования аудитор предоставляет предложения для реализации заказчику, руководству предприятия. Заказчик, в свою очередь основываясь на технико-экономическом расчете принимает решение о реализации предложенных мер.

Целью выполнения выпускной квалификационной (ВКР) работы станет снижение потребления электрической энергии в корпусе 61/2 предприятия АО «АВТОВАЗ».

АО «АвтоВАЗ» является крупнейшим производителем легковых автомобилей в Российской Федерации. Завод, находящийся в г. Тольятти, является одним из градообразующих предприятий.

Корпус 61/2 является административно бытовым (АБК), и большая часть электроэнергии в нем тратится на внутренне освещение, компьютеры для работы персонала, систему вентиляции воздуха.

В соответствии с выше обозначенной целью выделим следующие задачи, которые предстоит решить:

- провести частичное энергетическое обследование здания, определить количество потребляемой электрической энергии;
- рассмотреть потенциальные мероприятия по повышению эффективности использования энергоресурсов;
- разработать мероприятия и рассчитать их влияния на систему;
- привести технико-экономическое обоснование предложенных технических решений.

## **1 Обследование системы электроснабжения корпуса 61/2**

### **1.1 Общий анализ корпуса 61/2**

При проведении обследования системы электроснабжения исследуемого объекта необходимо сделать следующее:

- провести визуальное обследование;
- провести анализ проектной документации;
- при необходимости провести инструментальное обследование;
- оценить фактическое состояние исследуемой системы;
- рассчитать мощность и потребление электрической энергии электропотребляющего оборудования.

В этом разделе будет проведен общий анализ исследуемого здания. На рисунке 1 представлена наружная часть корпуса 61/2.



Рисунок 1 – Корпус – 61/2

Корпус находится на территории АО «АвтоВАЗ» и представляет собой административное трехэтажное здание, которое содержит в себе кабинеты для персонала, помещение электротехнической лаборатории, конференц-зал, комнаты с установками для вентиляции воздуха, две столовые, две кухни, коридоры, уборные, гардеробные и душевые помещения.

Территория проведения обследования включает в себя коридоры, столовую, кухню, конференц-зал, электротехническую лабораторию, кабинеты для работы персонала, комнаты с вентиляционным оборудованием.

Освещение кабинетов осуществляется смешанно, естественно с помощью окон и искусственно с использованием люминесцентных светильников. Коридоры в здании освещаются искусственно люминесцентными светильниками. Освещение столовой осуществляется как искусственно, так и естественно с помощью мансардных окон. Помещения кухни, электротехнической лаборатории, конференц-зала осуществляется искусственно люминесцентными лампами.

## **1.2 Анализ системы электроснабжения корпуса**

В этом подразделе проведем анализ схемы электроснабжения корпуса. Рассмотрим какие трансформаторы используются для питания и преобразования напряжения с 10 кВ до 0,4 кВ [24].

Общее состояние системы электроснабжения и состояние контактов в здании находится в удовлетворительном состоянии.

Питание здания осуществляется от сети электроснабжения по низкой стороне 0,4 кВ. Для питания корпуса применяются шесть трансформаторов ТНЗ – 1600 кВА и два трансформатора ТСЗД – 1600 кВА. Ниже на рисунках 2,3,4, и 5 приведены схемы: однолинейная схема трансформаторной подстанции, схема компоновки щита освещения и схемы распределения питания внутри корпуса.

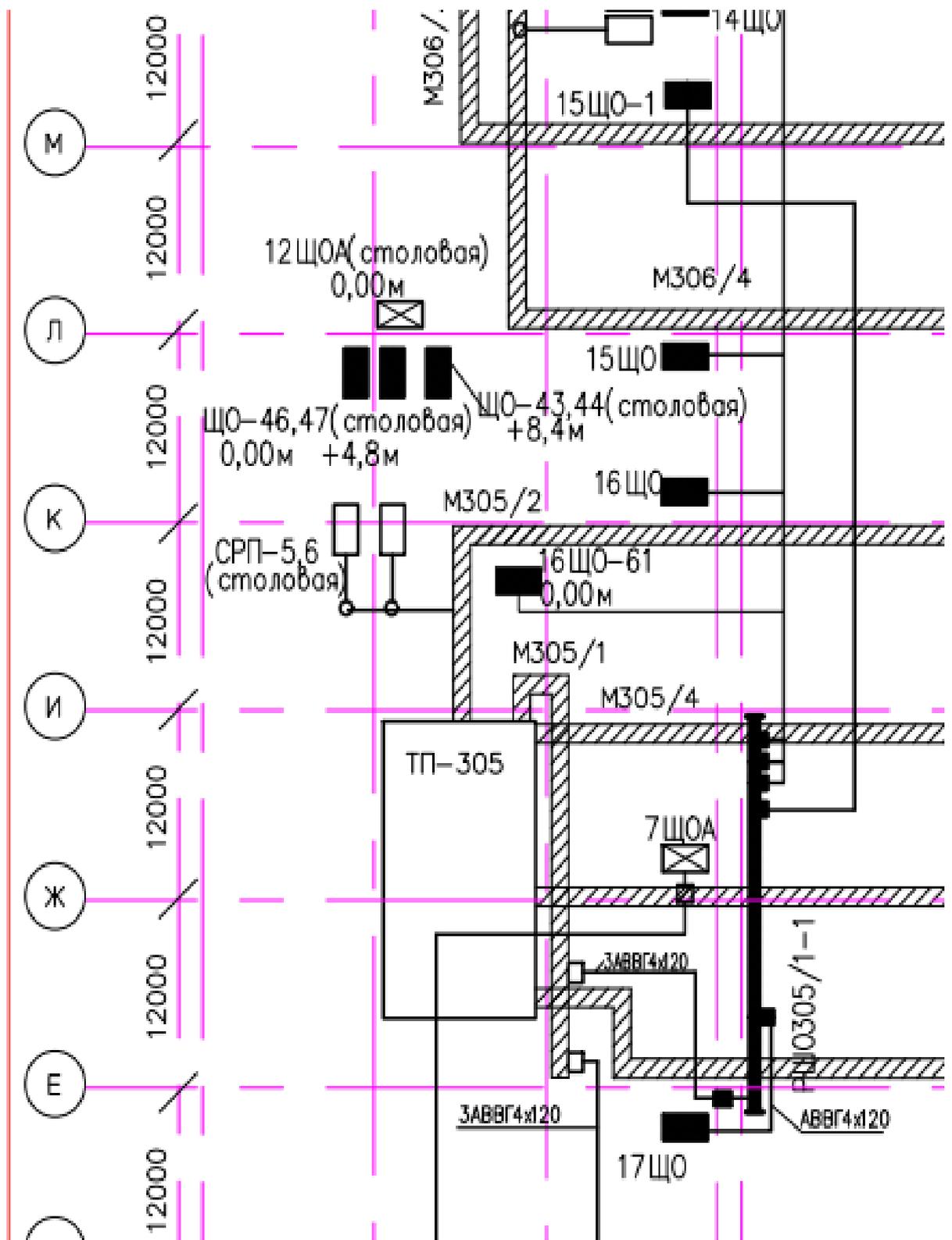


Рисунок 2 – Схема электроснабжения корпуса

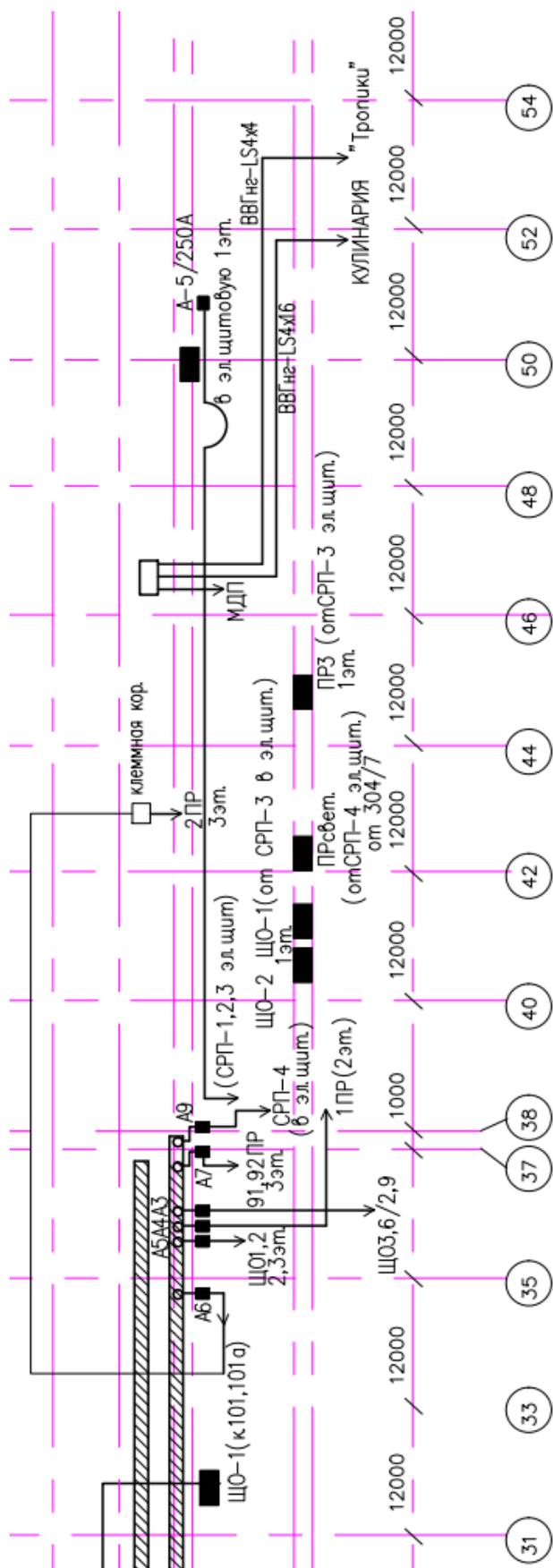


Рисунок 3 - Схема электроснабжения корпуса

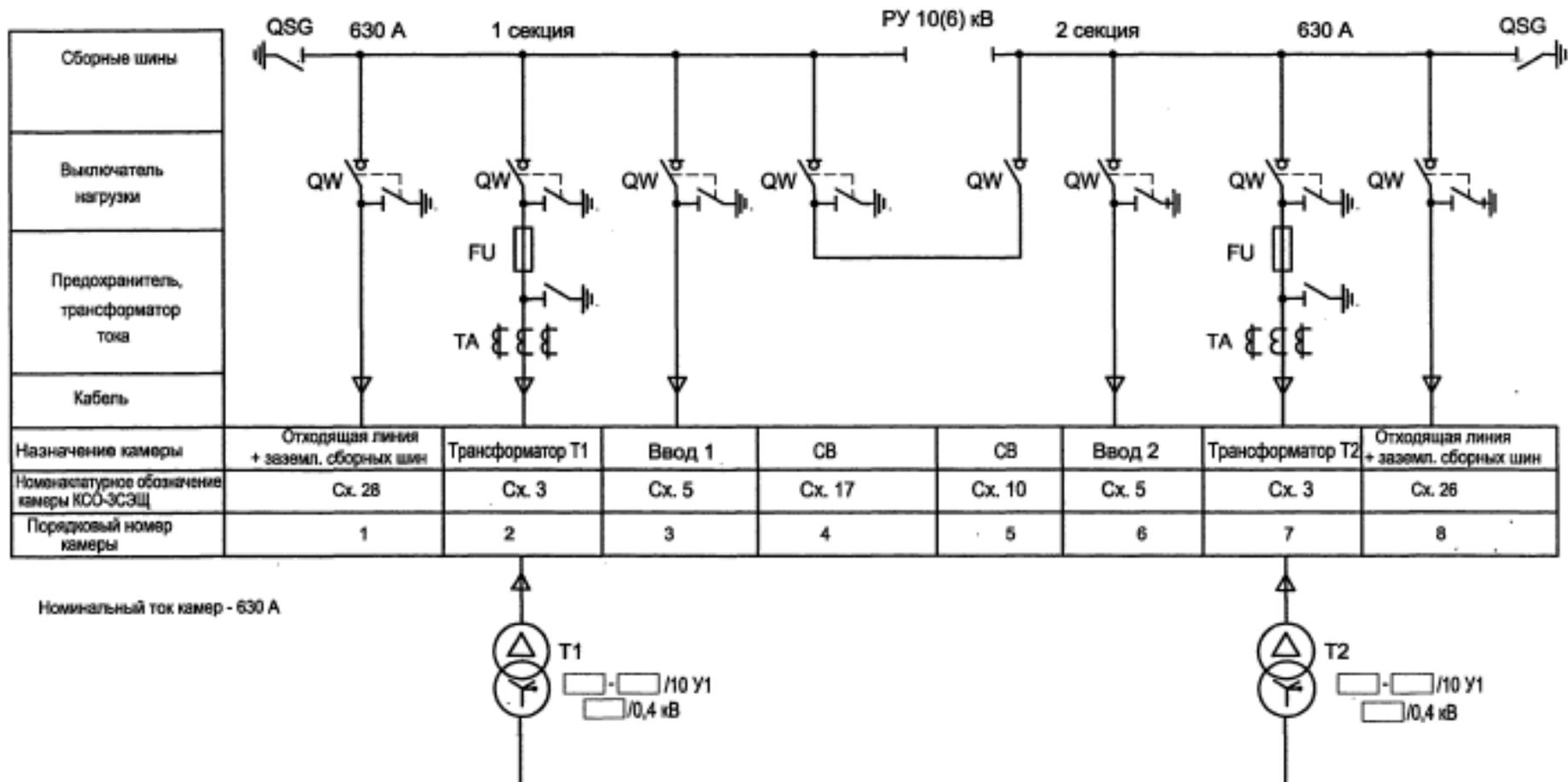


Рисунок 4 – Однолинейная схема трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ

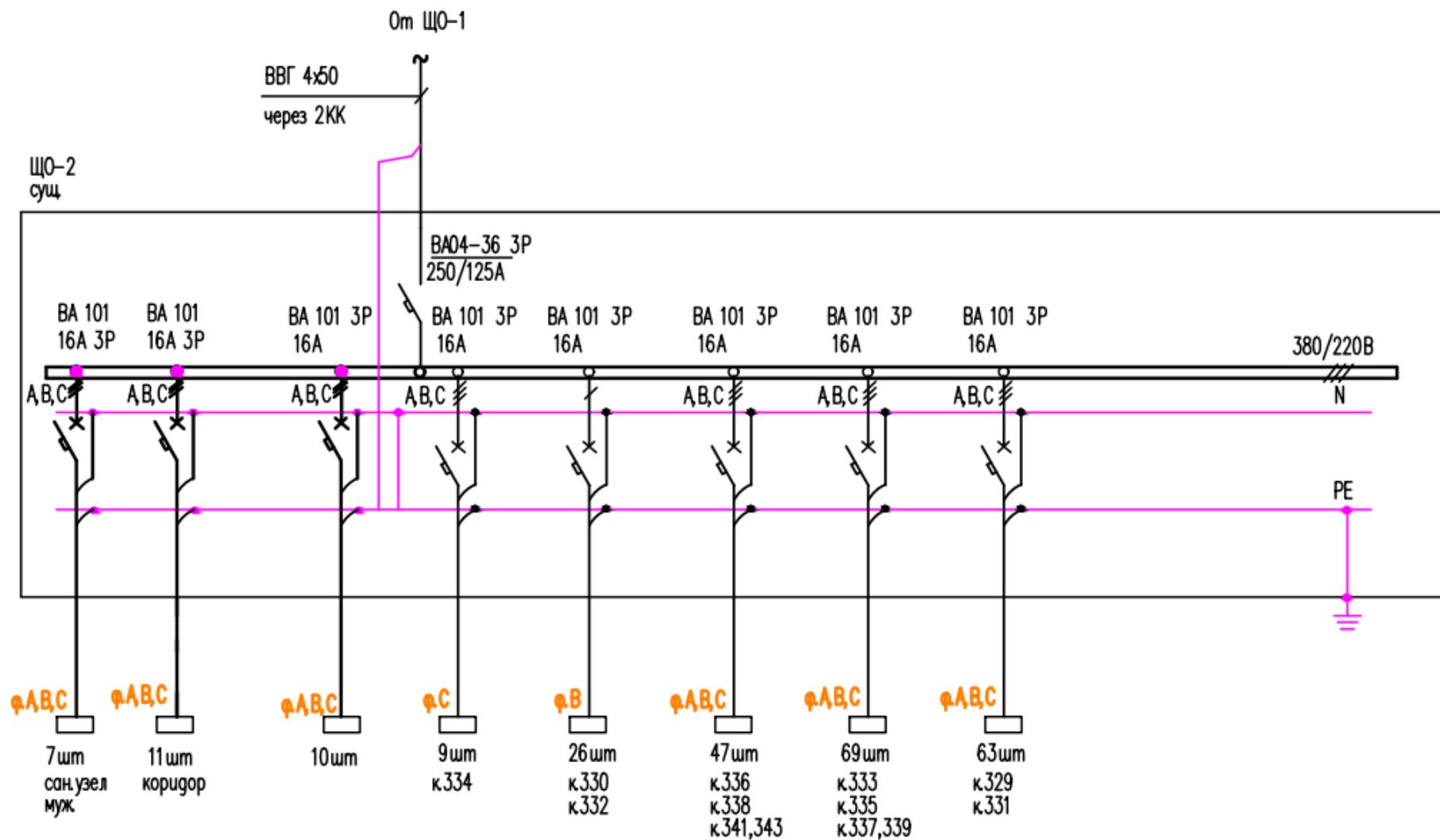


Рисунок 5 – Однолинейная схема щита освещения

На территории корпуса находится четыре цеховых понижающих трансформаторных подстанций. На каждой трансформаторной подстанции установлено по два понижающих трансформатора мощность 1600 кВА. Входное напряжение составляет 10 кВ вторичное напряжение равно 0,4 кВ. От понижающих трансформаторов питание идет по распределительным шинам затем от них на распределительные шины освещения (РШО) откуда по кабельным линиям питание поступает на осветительные щиты (ЩО). Кабельные линии выполнены алюминиевыми кабелями типа АВВГ 4×50 мм<sup>2</sup>, АВВГ 4×120 мм<sup>2</sup>.

Одна понижающая трансформаторная подстанция №304 питает крыло, в котором расположены кабинеты для работы персонала. К распределительным шинопроводам М304/7 и М304/2, отходящих от подстанции, подключаются ЩО, пункты распределительные (ПР), силовые распределительные пункты (СРП).

Административно бытовое крыло, в котором расположены столовая, кухня, вентиляционные камеры, конференц-зал, электротехническая лаборатория питается от всех четырех понижающих трансформаторных подстанций №304, №305, №306 и №307.

Питание кухни осуществляется от 3СРП, 4СРП отходящих от распределительной шины М306/4, питание освещения осуществляется от 43ЩО – 61 и 44ЩО – 61 отходящих от РШО305/1.

Освещение конференц-зала, электротехнической лаборатории осуществляется 11ЩО питания которого идет от распределительного щита освещения аварийного (РЩОА) 304/1.

Освещение коридоров осуществляется от 45ЩО-61, питание к которому идет от РЩО305/1-2.

### 1.3 Анализ электропотребляющего оборудования

В этом подразделе будет проведен анализ электрического оборудования. В анализ входит инвентаризация оборудования, определение общей мощности и расход электрической энергии за один рабочий год [11], [12], [18]. Полученная информация позволит предложить наиболее эффективные мероприятия по уменьшению электрического потребления.

Главными потребителями электроэнергии в здании являются система освещения, офисная техника и система кондиционирования воздуха. Сосредоточимся на анализе этого оборудования.

Далее проведем инвентаризацию электрооборудования и произведем расчет мощности потребления и расход электрической энергии (ЭЭ) за год.

Расчет электрической мощности производится по формуле:

$$P = n \cdot P_n \quad (1)$$

где  $n$  – количество электропотребляющих устройств приборов;

$P_n$  – мощность одного электроприбора.

Расход электрической энергии за год производится по формуле:

$$W = P \cdot t \quad (2)$$

где  $t$  – время работы устройства в часах за год.

$P$  – общая мощность электроприборов.

Время работы электрического оборудования за год определяется по следующей формуле:

$$t = n \cdot d \quad (3)$$

где  $n$  – количество часов за одну рабочую смену.

$d$  – количество рабочих дней в году.

Электрооборудование в АБК может работать в одну, две, либо в три смены. Рабочая смена длится 8 часов. В году двести сорок девять рабочих дней. Следовательно, время работы электрических приборов за одну смену в год будет равно:

$$t_1 = 8 \cdot 249 = 1992 \text{ ч}$$

Время работы за две смены будет равно:

$$t_2 = 16 \cdot 249 = 3984 \text{ ч}$$

Время работы за три смены будет равно:

$$t_2 = 24 \cdot 249 = 5976 \text{ ч}$$

Кабинеты для работы сотрудников оборудованы персональными компьютерами в количестве 169 шт. Помещение электротехнической лаборатории оснащено компьютерами в количестве 3 шт. Общее количество равно 172 шт. Средняя мощность офисного компьютера равна 130 Вт. На рисунке 6 представлен пример кабинета.

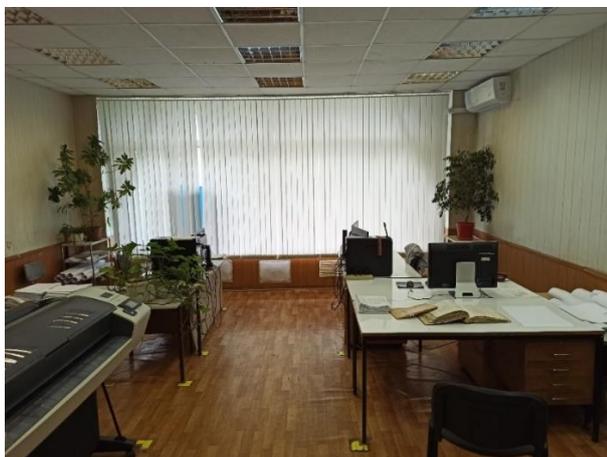


Рисунок 6 – Кабинет для работы персонала

Тогда общая мощность необходимая для питания всех компьютеров будет рассчитываться по следующей формуле:

$$P = n \times P_n = 172 \cdot 130 = 22,36 \text{ кВт}$$

Расход электрической энергии, потребляемой компьютерами за год, будет равен:

$$W = P \times t_1 = 22,36 \cdot 10^3 \cdot 1992 = 44,5 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

В комнате с вентиляционным оборудованием находятся промышленные установки для кондиционирования воздуха. На рисунке 7 представлен пример вентиляционной установки. На АБК приходится две установки с мощностью по 75 кВт.



Рисунок 7 – Промышленные установки кондиционирования воздуха

Время работы вентиляционных установок за год составляет порядка

3500 ч. Тогда их электрическое потребление будет равно:

$$W = P \cdot t_1 = 150 \cdot 10^3 \cdot 3500 = 525 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Также для вентиляции корпуса используются настенные кондиционеры. На фасаде здания установлено сорок два кондиционера. Девятнадцать из них имеют мощность  $P = 2,75$  кВт, а двадцать три имеют мощность  $P = 1,2$  кВт.

Произведем расчёт общей мощности для двух типов кондиционеров:

$$P = n \cdot P_n = 19 \cdot 2,75 \cdot 10^3 = 52,25 \text{ кВт}$$

$$P = n \cdot P_n = 23 \cdot 1,2 \cdot 10^3 = 27,6 \text{ кВт}$$

Далее рассчитаем затраты электроэнергии настенных кондиционеров. Время их работы составляет шестьсот часов в год.

$$E = P \cdot t_1 = 52,25 \cdot 10^3 \cdot 600 = 31,4 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

$$E = P \cdot t_1 = 27,6 \cdot 10^3 \cdot 600 = 16,4 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Занесем все полученные данные по мощности и расходу электрической энергии электрооборудованием в таблицу 1.

Таблица 1 – Показатели электропотребляющего оборудования

Наименование электрооборудования	Кол-во осветительных установок, шт.	Мощность, кВт.	Расход ЭЭ за год МВт·ч
Персональные компьютеры	172	22,36	44,5
Промышленные кондиционеры	2	150	525
Настенные кондиционеры	42	79,9	47,8

Далее проведем анализ состояния нынешней системы освещения.

В настоящее время освещение корпуса осуществляется в основном с помощью люминесцентных светильников.

Выделим особенности эксплуатации люминесцентных светильников [5].

Внутри ламп содержатся пары ртути, по этой причине они требуют аккуратного обращения.

Такие источники света плохо реагируют на частые включения и выключения. Это связано с использованием в конструкции стартера и дросселя.

Рекомендуется использовать светильники открытого типа. Закрытые приборы не могут обеспечить необходимую вентиляцию, а некоторые лампы сильно нагреваются. Так же матовая поверхность плафона плохо пропускает световой поток. Открытый же светильник сможет обеспечить максимальную яркость, не увеличивая затраты на электроэнергию.

С течением работы, свойства люминофора ухудшаются и его энергоэффективность падает, что в результате влияет на снижение световой отдачи и уменьшения КПД осветительного прибора.

С течением времени на плафоне осаживается пыль, что влечет за собой уменьшения светового потока. Для увеличения КПД лампы, необходимо поддерживать осветительные устройства в частоте.

Проведем инвентаризацию светильников в АБК и оценим общее состояние системы освещения.

Освещение конференц-зала осуществляется ста семнадцатью светильниками, оснащёнными люминесцентными лампами с зеркальной параболической решеткой, производитель компания «Световые технологии». Шестьдесят один светильник приходится на освещение самого конференц-зала, двадцать четыре на сцену, двадцать семь для освещения холла и пять для подсобки. Внутри светильника находится 4 лампы «Philips» 18 Вт.

Питание осуществляется от существующего ЩО-11 кабелем с медной жилой  $5 \times 2,5 \text{ мм}^2$ , и кабелем с медной жилой  $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$ .

Освещение столовой осуществляется девятью шестью светильниками оснащёнными люминесцентными лампами с зеркальной параболической решеткой, производитель компания «Световые технологии». Внутри светильника находится 4 лампы «Philip» 18 Вт. Питание осуществляется от существующего ЩО-11. Проектируемая сеть освещения выполнена кабелем с медными жилами ВВГ-0,66:

- за подвесным потолком в гофрированной трубе;
- подводом к выключателю – в миниканале.

Высота установки выключателя -1,5 м от уровня пола. На рисунке 8 представлена столовая корпуса 61/2.



Рисунок 8 – Помещение столовой

Все металлические нетоковедущие части электрического оборудования заземлены через нулевой защитный проводник, проложенный дополнительно от ЩО-11.

Проходы кабеля сквозь стены выполнены в отрезке труб. Концы труб уплотнены на глубину не менее 50 мм с обеих сторон составом УС-65.

Помещение кухни освещается с помощью люминесцентных светильников: ARCTIC PC/SMC – 2×36 Вт в количестве 214 шт., ЛПО 46 – 2×36 Вт в количестве 15 шт., ЛПО 46 – 1×36 Вт в количестве 22 шт.

Освещение электротехнической лаборатории осуществляется одиннадцатью лампами с зеркальной параболической решеткой. Внутри светильника находится 4 лампы «Philips» 18 Вт.

Освещение коридоров осуществляется с помощью ЛСП40 – 2×65 в количестве 35 шт. и ЛПО46 – 1×40 в количестве 187 шт. на рисунке 9 представлен пример коридора в АБК.



Рисунок 9 – Пример освещения коридора корпуса 61/2

Количество светильников используемых в освещении кабинетов для работы персонала разделим по этажам и сведем в таблицы под номерами 2,3,4,5,6.

Таблица 2 – Освещение первого этажа (крыло ППШ)

Зона	Светильник	Тип, мощность	Количество	Режим работы
Коридор первого этажа	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	28	Две смены
101	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	12	Одна смена
103	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	12	Одна смена
105	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	18	Одна смена
107	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	18	Одна смена
109	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	24	Одна смена
111	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	15	Одна смена

Количество светильников на первом этаже крыла ППШ равно 127 шт.

Пример схемы освещения рабочего кабинета показан на рисунке 10.

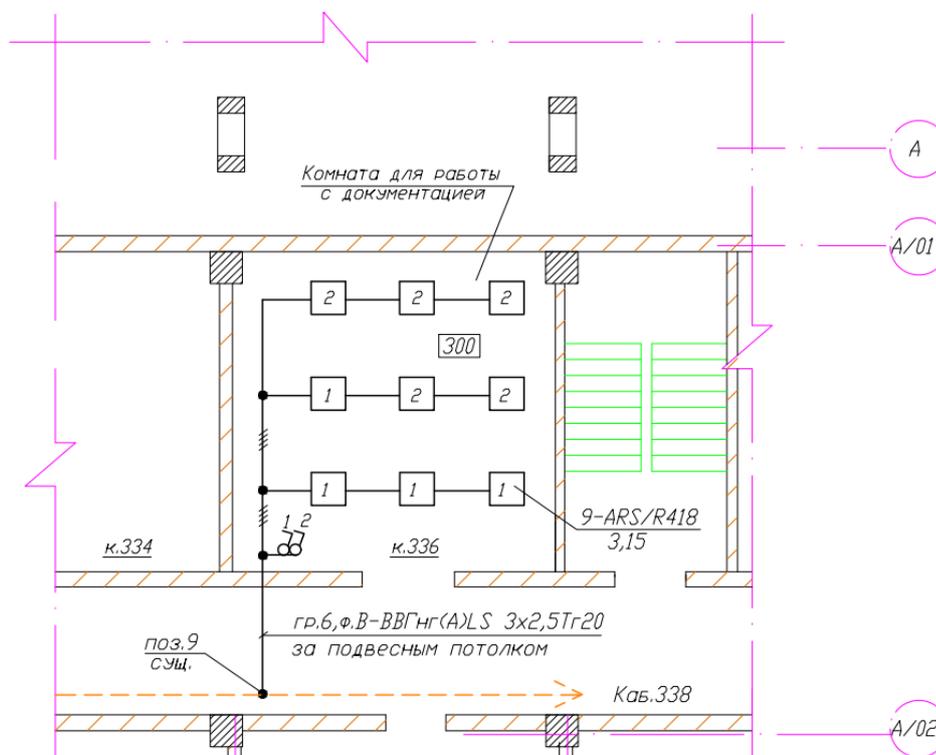


Рисунок 10 – Схема освещения кабинета 306

Сведение всей получаемой информации в таблицы в ходе проведения частичного энергетического обследования, позволит в дальнейшем анализировать данные в более удобном виде. Например, представить полученные данные в графическом виде или рассмотреть данные только по определенным категориям.

Таблица 3 – Освещение второго этажа (крыло ППШ)

Зона	Светильник	Тип, мощность	Количество	Режим работы
Коридор второго этажа	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	15	Две смены
213	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	24	Одна смена
215	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	19	Одна смена
217	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	22	Одна смена
219	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	18	Одна смена
221	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	18	Одна смена
223	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	12	Одна смена
225	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	12	Одна смена
229	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	6	Одна смена
231	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	6	Одна смена
233	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	50	Одна смена
237	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	6	Одна смена
239	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	5	Одна смена
241	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	5	Одна смена
243	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	12	Одна смена
216	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	12	Одна смена
218	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	12	Одна смена
220	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	12	Одна смена
222	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	12	Одна смена
224	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	6	Одна смена
226	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	20	Одна смена
228	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	20	Одна смена
230	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	10	Одна смена
232	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	4	Одна смена
234	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	30	Одна смена
236	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	6	Одна смена
238	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	12	Одна смена
240	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	4	Одна смена

Количество светильников на втором этаже крыла ППШ равно 390 шт.

Таблица 4 – Освещение третьего этажа (крыло ППШ)

Зона	Светильник	Тип, мощность	Количество	Режим работы
Коридор третьего этажа	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	14	Две сменны
329	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	9	Одна смена
331	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	51	Одна смена
333	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	15	Одна смена
335	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	35	Одна смена
337	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	15	Одна смена
339	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	15	Одна смена
330	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	8	Одна смена
332	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	18	Одна смена
334	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	21	Одна смена
336	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	9	Одна смена
338	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	4	Одна смена

Количество светильников на третьем этаже крыла ППШ равно 214 шт.

Общее количество осветительных приборов в крыле ППШ равно 703 шт. Пятьдесят семь из них работают в две сменны и шестьсот сорок шесть работают в одну смену.

Таблица 5 – Освещение второго этажа (крыло ПРОО)

Зона	Светильник	Тип, мощность	Количество	Режим работы
Коридор второго этажа	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	38	Две смены
Холл	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	13	Одна смена
201	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	24	Одна смена
203	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	35	Одна смена
205	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	18	Одна смена
207	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	24	Одна смена
209	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	18	Одна смена
211	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	18	Одна смена
227	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	18	Одна смена
210	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	6	Одна смена
206	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	7	Одна смена
208	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	6	Одна смена
212	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	14	Одна смена
214	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	16	Одна смена

Количество светильников на втором этаже крыла ПРОО равно 255 шт.

Таблица 6 – Освещение третьего этажа (крыло ППШ)

Зона	Светильник	Тип, мощность	Количество	Режим работы
Коридор третьего этажа	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	14	Две смены
Холл	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	13	Одна смена
Коридор третьего этажа	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	36	Одна смена
301	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	34	Одна смена
303	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	14	Одна смена
305	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	12	Одна смена
307	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	18	Одна смена
309	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	6	Одна смена
311	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	18	Одна смена
315	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	24	Одна смена
317	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	18	Одна смена
319	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	12	Одна смена
321	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	10	Одна смена
323	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	18	Одна смена
325	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	18	Одна смена
327	Люминесцентный	ARS/S - 4×18	18	Одна смена

Количество светильников на третьем этаже крыла ПРОО равно 286 шт.

Общее количество осветительных приборов в крыле ПРОО равно 541 шт.

Далее рассчитаем электрическую мощность в киловаттах необходимую для питания осветительной системы и расход электрической энергии за год.

Расчёт мощности освещения в крыле ППШ произведем отдельно для светильников, которые работают в одну смену и отдельно для светильников, которые работают в две смены.

Мощность светильников, работающих в одну смену, будет равна:

$$P = n \cdot P_n = 646 \cdot 72 = 46512 \text{ Вт}$$

Мощность светильников, работающих в две смены, будет равна:

$$P = n \cdot P_n = 57 \cdot 72 = 3888 \text{ Вт}$$

Тогда расход электрической энергии осветительных приборов крыла ППШ за год будет равен.

Для светильников, работающих в одну смену:

$$W = P \cdot t = 46512 \cdot 1992 = 92,7 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Для светильников, работающих в две смены:

$$W = P \cdot t = 3888 \cdot 3984 = 15,5 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Мощность системы освещения столовой:

$$P = n \cdot P_n = 96 \cdot 72 = 6,912 \text{ кВт}$$

Расход электрической энергии за год системой освещения столовой, работающей в трёхсменном режиме, рассчитывается следующим образом:

$$W = P \cdot t = 6912 \cdot 5976 = 41,3 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Мощность системы освещения и электрическое потребление для кухни рассчитаем отдельно для каждого типа светильника:

Общая мощность для светильников типа ARCTIC PC/SMC – 2×36 Вт будет равна:

$$P = n \cdot P_n = 214 \cdot 72 = 15,4 \text{ кВт}$$

Общая мощность для светильников типа ЛПО 46 – 2×36 Вт будет равна:

$$P = n \cdot P_n = 15 \cdot 72 = 1 \text{ кВт}$$

Общая мощность для светильников типа ЛПО 46 – 1×36 Вт будет равна:

$$P = n \cdot P_n = 22 \cdot 36 = 0,8 \text{ кВт}$$

Электрическое потребление для светильников типа ARCTIC PC/SMC – 2×36 Вт будет равна:

$$W = P \cdot t = 15,4 \cdot 5976 = 92 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Электрическое потребление для светильников типа ЛПО 46 – 2×36 Вт будет равна:

$$W = P \times t = 1 \cdot 5976 = 6 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Электрическое потребление для светильников типа ЛПО 46 – 1×36 Вт будет равна:

$$W = P \times t = 0,8 \cdot 5976 = 4,8 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Расчёт мощности и электрическое потребление системы освещения крыла ПРОО.

Мощность системы освещения крыла ПРОО рассчитывается по формуле:

$$P = n \cdot P_n = 503 \cdot 72 = 36,216 \text{ кВт}$$

Тогда электрическое потребление для крыла ПРОО будет равно:

$$W = P \cdot t = 36216 \cdot 1992 = 72,1 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Расчёт мощности освещения в коридорах произведем отдельно для ЛСП40 – 2×65, которые работают в одну смену и отдельно для ЛПО46 – 1×40, которые работают в две сменны.

Общая мощность ламп ЛСП40 – 2×65 будет равна:

$$P = n \cdot P_n = 35 \cdot 130 = 4550 \text{ Вт}$$

Общая мощность ламп ЛПО46 – 1×40 будет равна:

$$P = n \cdot P_n = 187 \cdot 40 = 7480 \text{ Вт}$$

Тогда расход электрической энергии осветительных приборов коридора за год будет равен.

Для ламп, работающих в одну смену:

$$W = P \cdot t = 4550 \cdot 1992 = 9,1 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Для ламп, работающих в две смены:

$$W = P \cdot t = 7480 \cdot 3984 = 29,8 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Мощность системы освещения конференц-зала рассчитывается следующим образом:

$$P = n \cdot P_n = 117 \cdot 72 = 8424 \text{ Вт}$$

Время работы осветительных приборов за один год составляет 470 часов. Расход электрической энергии будет, рассчитывается следующим образом:

$$W = P \cdot t = 8424 \cdot 470 = 3,9 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Мощность системы освещения электротехнической лаборатории рассчитывается следующим образом:

$$P = n \cdot P_n = 11 \cdot 72 = 792 \text{ Вт}$$

Расход электрической энергии системы освещения электротехнической лаборатории за год рассчитывается следующим образом:

$$W = P \cdot t = 792 \cdot 1992 = 1,47 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

В таблице 7 отобразим информацию по светильникам.

Таблица 7 – Система освещения корпуса

Наименование помещения	Кол-во осветительных установок, шт.	Мощность, кВт.	Расход ЭЭ за год МВт·ч
Столовая	96	6,9	41,3
Кухня	251	17,2	102,8
Электротехническая лаборатория	11	0,8	1,7
Коридоры	222	12,0	38,9
Конференц-зал	117	8,4	3,9
Крыло ПШШ	731	50,4	108,2
Крыло ПРОО	541	36,2	72,1

На рисунке 11 представлен график, который показывает разбивку количества светильников по помещениям.

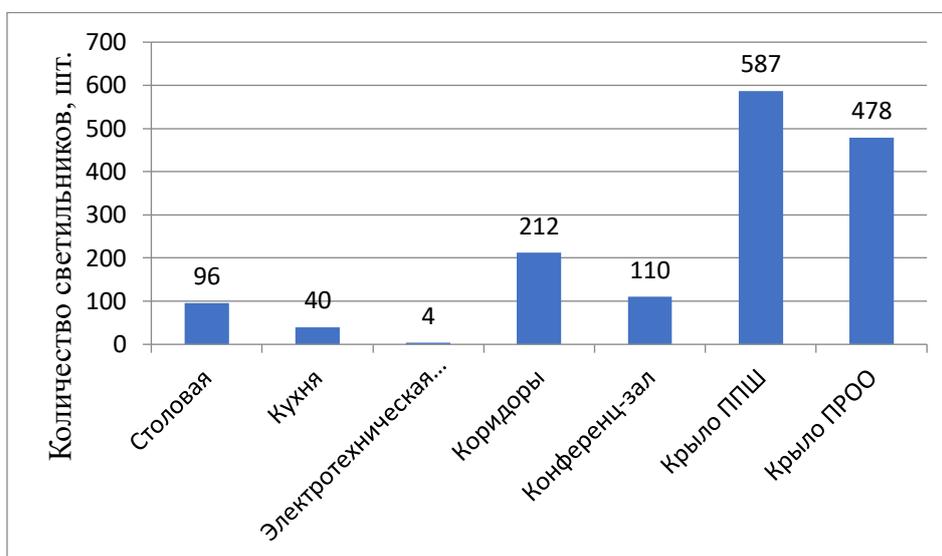


Рисунок 11 – Разбивка количества светильников по помещениям

На рисунке 12 представлен график, который показывает разбивку мощности светильников по помещениям.

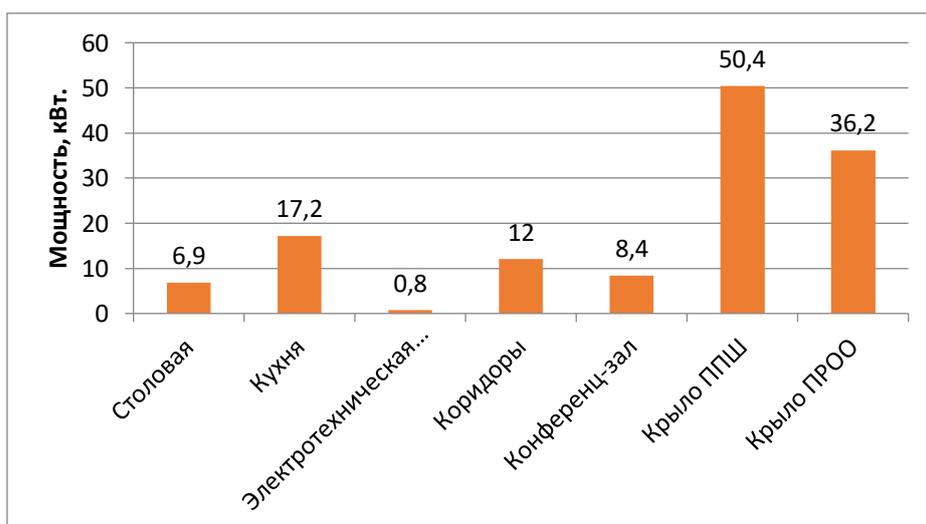


Рисунок 12 – Разбивка мощности светильников по помещениям

На рисунке 13 представлен график, показывающий расход электрической энергии за год по помещениям.

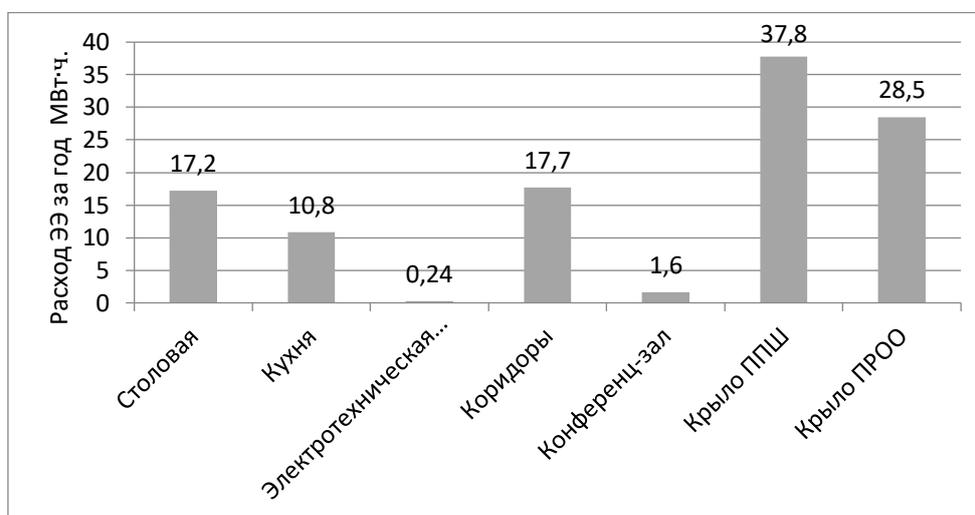


Рисунок 13 – Расход электрической энергии за год по помещениям

Общая мощность системы освещения составляет 132 кВт, она распределяется между люминесцентными светильниками в количестве 1964 шт. Общее электрическое потребление системой освещения за год составляет 368,8 МВт×ч.

Вывод. В этом разделе был проведён общий анализ электрооборудования в корпусе 61/2 с самым большим электропотреблением. Были рассмотрены персональные компьютеры, предназначенные для работы персонала, вентиляционные установки, осветительные приборы.

Анализ полученных данных показал, что, на территории проведения энергетического обследования используются устаревшее люминесцентные светильники. Так что имеет смысл провести энергосберегающие мероприятия, направленные на модернизацию нынешней системы освещения

## **2 Разработка мероприятий по энергоснабжению**

Существует много методов уменьшения электрических затрат на освещение. Проведение всех перечисленных мероприятий могут заметно уменьшить потребление электроэнергии на предприятии.

Некоторые из методов не требуют больших экономических вложений, но также влекут увеличение энергоэффективности.

Приведем возможные мероприятия по экономии электроэнергии, связанные с освещением.

Замена люминесцентных светильников на более энергоэффективные светодиодные светильники [22], [25]. На современном рынке осветительных приборов представлено большое количество качественных светодиодных светильников с хорошим соотношением цены и качество.

Использование светлой окраски стен и потолков. Правильный выбор цвета позволяет отражать больше света в рассеянном виде. Важно правильно подобрать цвет для нужного отражающего эффекта. Для потолков необходимо использовать как можно более светлые оттенки (с коэффициентом отражения 75%), так как свет будет отражаться от потолка в рассеянном виде, рассеивая темноту и уменьшая блики от других поверхностей. Для стен лучше подходит цвет с коэффициентом в районе 50-75%, также рекомендовано использовать матовую или полуглянцевую краску. Для полов следует использовать более темный цвет, чем стены и потолки, для предотвращения бликов.

Своевременное обслуживание светильников для сохранения их в надлежащей частоте позволяет обеспечить световое КПД. Примером обслуживания является регулярное протирание внешнего корпуса.

Применение датчиков движения. Часто на больших предприятиях находятся места с малой проходимостью людей. В таком случае имеет смысл установки датчиков движения.

Использование естественного освещения. Увеличение количества окон.

Оптимизация использования приборов освещения в темное время суток.

Регулярное мытье окон.

Регулярная уборка помещений.

Использование фотореле с таймером.

Выполнение обязанностей по эксплуатации осветительных установок лежит на электротехническом персонале.

Их последовательное и ответственное исполнение приведут к снижению энергозатрат на освещение.

Анализ системы освещения показал, что на территории корпуса используются не самые эффективные осветительные установки. Их замена позволит заметно снизить потребление электрической энергии, затрачиваемой на освещение.

## **2.1 Выбор осветительных установок**

В современном мире новым стандартом освещения помещений является, освещение с помощью светодиодных светильников.

Ознакомимся с основными преимуществами и недостатками светодиодных светильников [1], [2], [3], [13].

Основные преимущества, светодиодах светильников, которые можно выделить в сравнении с лампами накаливания и люминесцентными светильниками.

Энергоэффективность светодиодных светильников [6]. Световая отдача светодиодов больше, чем у ламп накаливания в 10 раз при одинаковой мощности. Электрическая энергия в светодиодном светильнике непосредственно преобразуется в видимый свет и только порядка 10 % электроэнергии тратится на нагрев и другие потери.

Срок службы светодиодных ламп может достигать 100 тысяч часов в сравнение с 7-10 тысячами часов у люминесцентной ламп и 1 тысячи часов у

ламп накаливания. Такой большой срок использования увеличивает окупаемость вложенных средств. Позволяя продолжительное время не заботиться о замене на новые модели.

Безопасность использования светильников. Светодиодные лампы изготавливаются из пластика, температура нагрева не превышает 50 градусов, что обеспечивает высокую защищенность.

Светодиодные лампы экологически безопасны, так как в них не используются пары ртути. Что позволяет не задумываться о специальных методах утилизации.

Цветовой спектр светодиодных ламп можно контролировать. Это дает возможность подобрать оптимальные значения для различных задач [21], [23].

К основным недостаткам светодиодных светильников относится.

Увеличенная стоимость в сравнение с люминесцентными лампами.

Ограниченная направленность светового потока.

На рисунках 14,15,16 показан внешний вид светильников, выбранных для модернизации [20].

Для потолков типа «Армстронг» будем использовать светильники, встраиваемые типа ДВО 40304-1 PRO 30 Вт 4000 К [7].



Рисунок 14 – Внешний вид светильника ДВО 40304

Для замены светильников ЛПО – 40 Вт будем использовать светодиодный светильник типа «Макси Слим» 20W-2000Lm 3000K [8].



Рисунок 15 – Внешний вид светильника «Макси Слим»

В новой системе освещения кухни будем применять светильники типа WT066C NW LED45 [9].



Рисунок 16 – Внешний вид светильника WT066C NW LED45

## 2.2 Расчет освещения

При расчёте новой системы освещения необходимо обязательно соблюдать правила по освещению внутренних помещений [4], [10].

Нормы освещённости в России определяются по СНиП (Строительные Нормы и Правила). Свод правил СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [14] (актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [15]) определяет, сколько люкс необходимо для освещения одного квадратного метра пространства. В таблице 8 сведены нормы освещённости.

Таблица 8 – Нормы освещения

Типа офисных помещений	Нормы освещения согласно СНиП	Типы жилых помещений	Нормы освещения согласно СНиП
Офис общего назначения с компьютерами	300	Жилая комната, кухня	150
Офис, в котором выполняются чертежные работы	500	Детская комната	200
Конференц-зал, переговорная комната	200	Ванная комната, санузлы, коридоры и холлы	50
Эскалатор, лестница	50-100	Гардеробная	75
Холл, коридор	50-75	Кабинет, библиотека	300
Архив	75	Лестница	20
Подсобные помещения, кладовая	50	Сауна, бассейн	100

Использование этих данных позволяет правильно провести светотехнический расчет.

Проектирование и расчет новой системы освещения будет производиться в сервисе проектирования освещения DIALux (Диалюкс).

Программа DIALux позволяет планировать размещение источников света во внутренних помещениях здания и наружном пространстве с помощью реалистичных пространственных моделей.

Проведем расчет новой системы освещения для помещения электротехнической лаборатории. По нормам нам необходимо обеспечить освещенность равную в 300 люкс. Монтаж новых светильников осуществляется в потолок типа «Армстронг».

На рисунке 17 представлен отчет сцены освещения электротехнической лаборатории, на рисунке 18 результаты расчета в программе DIALux. По аналогии проведем проектирование новой системы освещения для столовой, конференц-зала, коридоров.

Модель новой системы освещения офисных помещений рассчитаем на примере кабинета для разработки чертежей. По нормам освещённости для офиса, в котором проводится работа с чертежами необходимо освещение рабочей поверхности 500 люкс.

На рисунке 19 представлена новая сцена освещения с применением светодиодных светильников в кабинете, на рисунке 20 результаты расчетов в программе DIALux.

По аналогии с этим кабинетом проведем расчеты для оставшихся офисных помещений. Полученное количество светильников сведем в таблицы по номерами 9,10,11,12,13.

Таблица 9 – Новая система освещения первого этажа (крыло ППШ)

Зона	Светильник	Тип, мощность	Количество	Режим работы
Коридор первого этажа	Светодиодный	ДВО PRO 30	22	Две смены
101	Светодиодный	ДВО PRO 30	10	Одна смена
103	Светодиодный	ДВО PRO 30	10	Одна смена
105	Светодиодный	ДВО PRO 30	13	Одна смена
107	Светодиодный	ДВО PRO 30	13	Одна смена
109	Светодиодный	ДВО PRO 30	20	Одна смена
111	Светодиодный	ДВО PRO 30	13	Одна смена

Количество светодиодных светильников, требуемых для освещения первого этажа крыла ППШ равно 101 шт.

Строение 1 - Этаж 1 - Помещение 1 (Сцена освещения 1)

## Резюме



Поверхность основания	18.00 m <sup>2</sup>	Высота помещения в свету	3.000 m
Коэффициенты отражения	Потолок: 70.0 %, Стены: 50.0 %, Полы: 20.0 %	Монтажная высота	3.000 m
Коэффициент эксплуатации	0.80 (в целом)	Высота рабочая плоскость	0.800 m
		Краевая зона рабочая плоскость	0.000 m

Рисунок 17 – Сцена освещения электротехнической лаборатории

Таблица 10 – Новая систем освещения второго этажа (крыло ППШ)

Зона	Светильник	Тип, мощность	Количество	Режим работы
1	2	3	4	5
Коридор второго этажа	Светодиодный	ДВО PRO 30	13	Две смены
213	Светодиодный	ДВО PRO 30	20	Одна смена
215	Светодиодный	ДВО PRO 30	17	Одна смена
217	Светодиодный	ДВО PRO 30	20	Одна смена
219	Светодиодный	ДВО PRO 30	18	Одна смена
221	Светодиодный	ДВО PRO 30	18	Одна смена
223	Светодиодный	ДВО PRO 30	10	Одна смена
225	Светодиодный	ДВО PRO 30	10	Одна смена
229	Светодиодный	ДВО PRO 30	6	Одна смена
231	Светодиодный	ДВО PRO 30	6	Одна смена
233	Светодиодный	ДВО PRO 30	43	Одна смена
237	Светодиодный	ДВО PRO 30	6	Одна смена

Продолжение таблицы 10

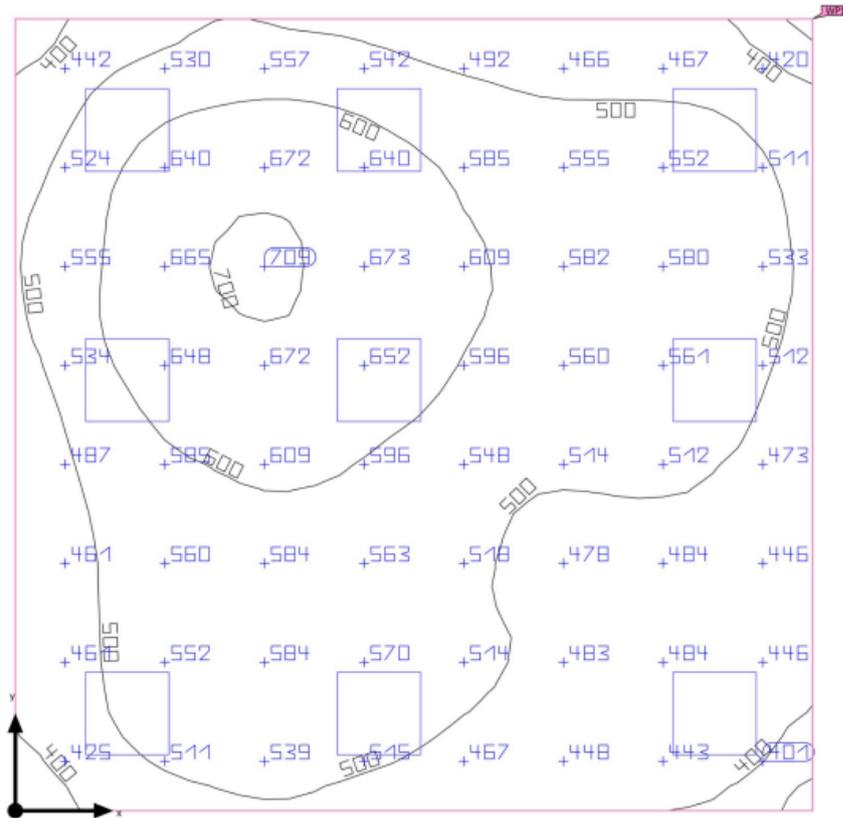
1	2	3	4	5
239	Светодиодный	ДВО PRO 30	5	Одна смена
241	Светодиодный	ДВО PRO 30	5	Одна смена
243	Светодиодный	ДВО PRO 30	10	Одна смена
216	Светодиодный	ДВО PRO 30	10	Одна смена
218	Светодиодный	ДВО PRO 30	10	Одна смена
220	Светодиодный	ДВО PRO 30	10	Одна смена
222	Светодиодный	ДВО PRO 30	10	Одна смена
224	Светодиодный	ДВО PRO 30	6	Одна смена
226	Светодиодный	ДВО PRO 30	17	Одна смена
228	Светодиодный	ДВО PRO 30	17	Одна смена
230	Светодиодный	ДВО PRO 30	9	Одна смена
232	Светодиодный	ДВО PRO 30	4	Одна смена
234	Светодиодный	ДВО PRO 30	26	Одна смена
236	Светодиодный	ДВО PRO 30	6	Одна смена
238	Светодиодный	ДВО PRO 30	10	Одна смена
240	Светодиодный	ДВО PRO 30	4	Одна смена

Количество светодиодных светильников, требуемых для освещения второго этажа крыла ППШ равно 303 шт.



Рисунок 18 – Результаты расчета освещения в помещении электротехнической лаборатории

Строение 1 · Этаж 1 · Помещение 1 (Сцена освещения 1)

**Резюме**

Поверхность основания	32.49 m <sup>2</sup>
Коэффициенты отражения	Потолок: 70.0 %, Стены: 50.0 %, Полы: 20.0 %
Коэффициент эксплуатации	0.80 (в целом)

Высота помещения в свету	3.150 m
Монтажная высота	3.150 m
Высота Рабочая плоскость	0.800 m
Краевая зона Рабочая плоскость	0.000 m

Рисунок 19 – Сцена освещения кабинета № 306

Строение 1 · Этаж 1 · Помещение 1 (Сцена освещения 1)

**Резюме**

## Результаты

	Размер	Рассчитано	Заданное	Проверить	Индекс
Рабочая плоскость	E <sub>по вертикали</sub>	537 lx	≥ 500 lx	✓	WP1
	g <sub>1</sub>	0.64	≥ 0.60	✓	WP1
Параметры потребления <sup>(2)</sup>	Потребление	668 kWh/a	макс. 1150 kWh/a	✓	
Помещение	Удельная потребляемая мощность	8.31 W/m <sup>2</sup>	-		
		1.55 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

(1) На основе прямоугольного пространства 5.700 m x 5.700 m SHR 0.25.

(2) Рассчитано с использованием DIN:18599-4.

Эффективный профиль: Предварительные настройки DIALux (34.2 Стандарт (офис))

## Перечень светильников

шт.	Производитель	№ изделия	Название артикула	R <sub>UG</sub>	P	Φ	Светоотдача
9	IEK Lighting	LDVO1-40304-30-4000-K01	Светильник светодиодный ДВО 40304 PRO 30Вт 4000К 595x595x45мм призма IEK	-	30.0 W	3301 lm	110.0 lm/W

Рисунок 20 – Результаты расчета освещения в кабинете № 306

Таблица 11 – Новая систем освещения третьего этажа (крыло ПППШ)

Зона	Светильник	Тип, мощность	Количество	Режим работы
1	2	3	4	5
Коридор третьего этажа	Светодиодный	ДВО PRO 30	10	Две смены
329	Светодиодный	ДВО PRO 30	9	Одна смена
331	Светодиодный	ДВО PRO 30	45	Одна смена
333	Светодиодный	ДВО PRO 30	13	Одна смена
335	Светодиодный	ДВО PRO 30	27	Одна смена
337	Светодиодный	ДВО PRO 30	13	Одна смена
339	Светодиодный	ДВО PRO 30	13	Одна смена

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5
330	Светодиодный	ДВО PRO 30	8	Одна смена
332	Светодиодный	ДВО PRO 30	14	Одна смена
334	Светодиодный	ДВО PRO 30	18	Одна смена
336	Светодиодный	ДВО PRO 30	9	Одна смена
338	Светодиодный	ДВО PRO 30	4	Одна смена

Количество светодиодных светильников, требуемых для освещения третьего этажа крыла ПППШ равно 183 шт.

Общее количество светильников, требуемых для освещения крыла ПППШ равно 587 шт. Сорок пять из них работают в две сменны, а пятьсот сорок два работают в одну смену.

Таблица 12 – Новая систем освещения второго этажа (крыло ПРОО)

Зона	Светильник	Тип, мощность	Количество	Режим работы
Коридор второго этажа	Светодиодный	ДВО PRO 30	33	Две смены
Холл	Светодиодный	ДВО PRO 30	13	Одна смена
201	Светодиодный	ДВО PRO 30	22	Одна смена
203	Светодиодный	ДВО PRO 30	30	Одна смена
205	Светодиодный	ДВО PRO 30	16	Одна смена
207	Светодиодный	ДВО PRO 30	20	Одна смена
209	Светодиодный	ДВО PRO 30	16	Одна смена
211	Светодиодный	ДВО PRO 30	16	Одна смена
227	Светодиодный	ДВО PRO 30	16	Одна смена
210	Светодиодный	ДВО PRO 30	6	Одна смена
206	Светодиодный	ДВО PRO 30	7	Одна смена
208	Светодиодный	ДВО PRO 30	6	Одна смена
212	Светодиодный	ДВО PRO 30	12	Одна смена
214	Светодиодный	ДВО PRO 30	13	Одна смена

Количество светодиодных светильников, требуемых для освещения второго этажа крыла ПРОО равно 232 шт.

Таблица 13 – Новая систем освещения третьего этажа (крыло ПРОО)

Зона	Светильник	Тип, мощность	Количество	Режим работы
Коридор третьего этажа	Светодиодный	ДВО PRO 30	12	Две смены
Холл	Светодиодный	ДВО PRO 30	11	Одна смена
Коридор третьего этажа	Светодиодный	ДВО PRO 30	32	Одна смена
301	Светодиодный	ДВО PRO 30	30	Одна смена
303	Светодиодный	ДВО PRO 30	13	Одна смена
305	Светодиодный	ДВО PRO 30	12	Одна смена
307	Светодиодный	ДВО PRO 30	16	Одна смена
309	Светодиодный	ДВО PRO 30	6	Одна смена
311	Светодиодный	ДВО PRO 30	16	Одна смена
315	Светодиодный	ДВО PRO 30	24	Одна смена
317	Светодиодный	ДВО PRO 30	16	Одна смена
319	Светодиодный	ДВО PRO 30	12	Одна смена
321	Светодиодный	ДВО PRO 30	9	Одна смена
323	Светодиодный	ДВО PRO 30	16	Одна смена
325	Светодиодный	ДВО PRO 30	16	Одна смена
327	Светодиодный	ДВО PRO 30	16	Одна смена

Количество светодиодных светильников, требуемых для освещения третьего этажа крыла ПРОО равно 246 шт.

Так как новые осветительные приборы были выбраны со световым потоком равным нынешним светильникам, это позволит произвести замену новых светильников на места старых без внесения изменений в проводящие кабели.

В шкафы освещения рекомендуется установить счетчики прямого учета электроэнергии.

Вывод. В этом разделе была рассмотрена система освещения корпуса, были подобраны новые светодиодные светильники, были проведены расчеты для определения необходимого количества светодиодных светильников необходимых для достижения необходимого уровня освещённости помещений.

### 3 Техничко-экономический расчет

Для обоснования экономической целесообразности выбранного мероприятия по модернизации системы освещения будет проведен технико-экономический расчет.

В этом разделе необходимо рассчитать электропотребление новой системы освещения и определить разницу с нынешней системой освещения. Затем нужно определить стоимость закупки новых осветительных установок и рассчитать срок их окупаемости.

Мощность новой системы освещения электротехнической лаборатории будет равна:

$$P = n \cdot P_n = 4 \cdot 30 = 120 \text{ Вт}$$

Расход электрической энергии новой системы освещения электротехнической лаборатории за год будет равен:

$$W = P \cdot t = 120 \cdot 1992 = 239 \text{ кВт}$$

Расчёт мощности новой системы освещения в крыле ППШ произведем отдельно для ламп, которые работают в одну смену и отдельно для ламп, которые работают в две сменны.

Мощность ламп, работающих в одну смену, будет равна:

$$P = n \cdot P_n = 542 \cdot 30 = 16260 \text{ Вт}$$

Мощность ламп, работающих в две смены, будет равна:

$$P = n \cdot P_n = 45 \cdot 30 = 1350 \text{ Вт}$$

Тогда расход электрической энергии осветительных приборов крыла ППШ за год будет равен.

Для ламп, работающих в одну смену:

$$W = P \cdot t = 16260 \cdot 1992 = 32,4 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Для ламп, работающих в две смены:

$$W = P \cdot t = 1350 \cdot 3984 = 5,4 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Общая мощность новой системы освещения столовой будет равна:

$$P = n \cdot P_n = 96 \cdot 30 = 2,880 \text{ кВт}$$

Потребление электрической энергии новой системой освещения столовой будет равно:

$$W = P \cdot t = 2880 \cdot 5976 = 17,2 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Общая мощность новой системы освещения кухни будет равна:

$$P = n \cdot P_n = 40 \cdot 45 = 1,800 \text{ кВт}$$

Потребление электрической энергии новой системой освещения кухни будет равно:

$$W = P \cdot t = 1800 \cdot 5976 = 10,8 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Расчет мощности и электрического потребления новой системы освещения крыла ПРОО.

Мощность системы освещения крыла ПРОО будет равна:

$$P = n \cdot P_n = 478 \cdot 30 = 14,3 \text{ кВт}$$

Тогда электрическое потребление для крыла ПРОО будет равна:

$$W = P \cdot t = 14,3 \cdot 1992 = 28,5 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Общая мощность новой системы освещения коридоров будет равна:

$$P = n \cdot P = 212 \cdot 20 = 4440 \text{ Вт}$$

Тогда расход электрической энергии осветительных приборов коридора за год будет равен.

$$W = P \cdot t = 4440 \cdot 3984 = 17,7 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Мощность новой системы освещения конференц-зала будет равна:

$$P = n \cdot P_n = 110 \cdot 30 = 3300 \text{ Вт}$$

Освещение конференц-зала работает за год порядка 470 часов. Расход электрической энергии будет рассчитываться следующим образом:

$$W = P \cdot t = 3300 \cdot 470 = 1,55 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

В таблице 14 отобразим информацию по новым светильникам.

Таблица 14 – Система освещения корпуса

Наименование помещения	Кол-во осветительных установок, шт.	Мощность, кВт.	Расход ЭЭ за год МВт·ч
Столовая	96	2,9	17,2
Кухня	40	1,8	10,8
Электротехническая лаборатория	4	0,12	0,24
Коридоры	212	4,4	17,7
Конференц-зал	110	3,3	1,6
Крыло ППШ	587	17,6	37,8
Крыло ПРОО	478	14,3	28,5

Общая мощность системы освещения составляет 44.4 кВт, она распределяется между светодиодными светильниками в количестве 1713 шт. Общее электрическое потребление системой освещения за год составляет 113,8 МВт×ч.

На рисунке 21 представлен график, который показывает разбивку количества светильников по помещениям после проведения модернизации.

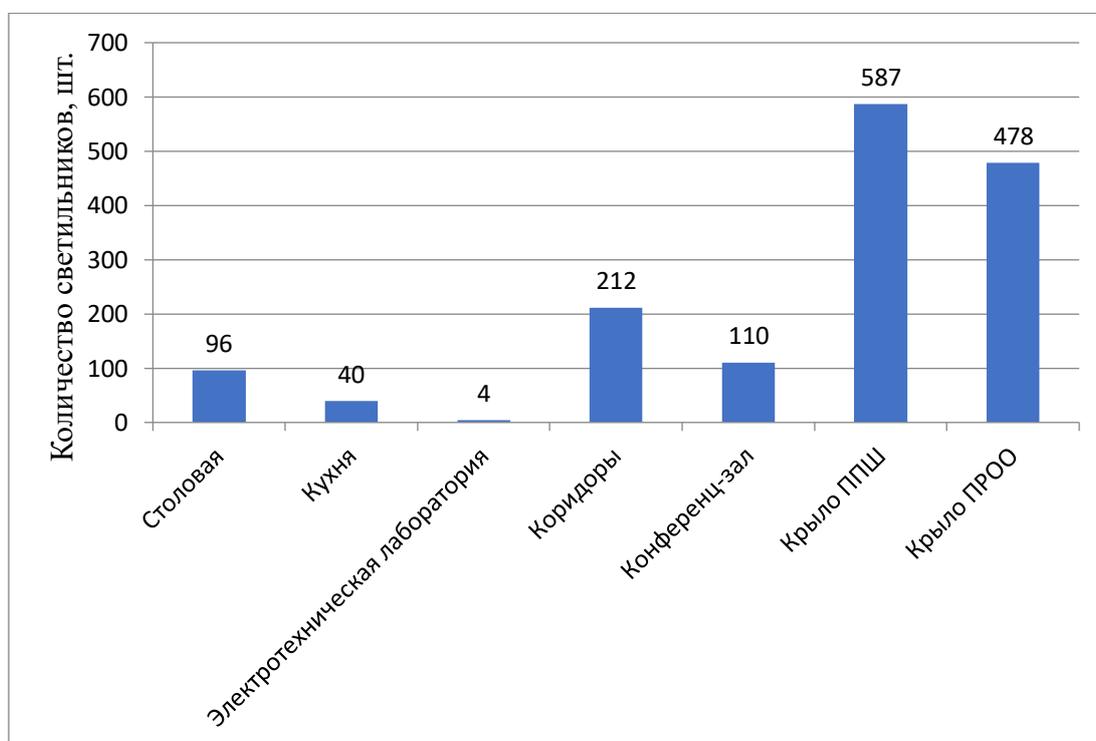


Рисунок 21 – Разбивка количества светильников по помещениям

На рисунке 22 представлен график, который показывает разбивку мощности светильников по помещениям после проведения модернизации.

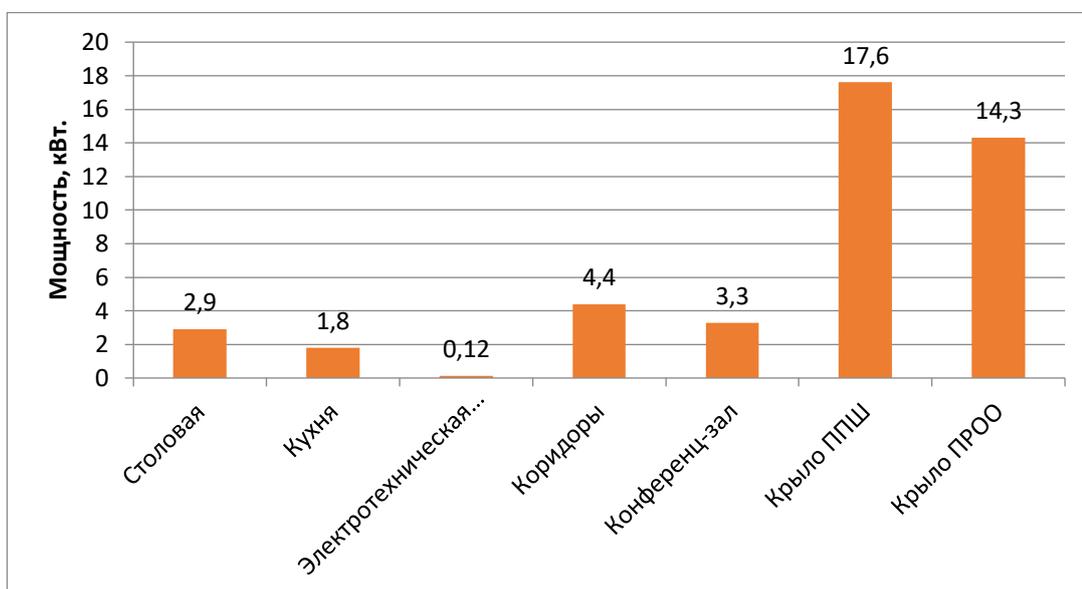


Рисунок 22 – Разбивка мощности светильников по помещениям

На рисунке 23 представлен график, показывающий расход электрической энергии за год по помещениям после проведения модернизации.

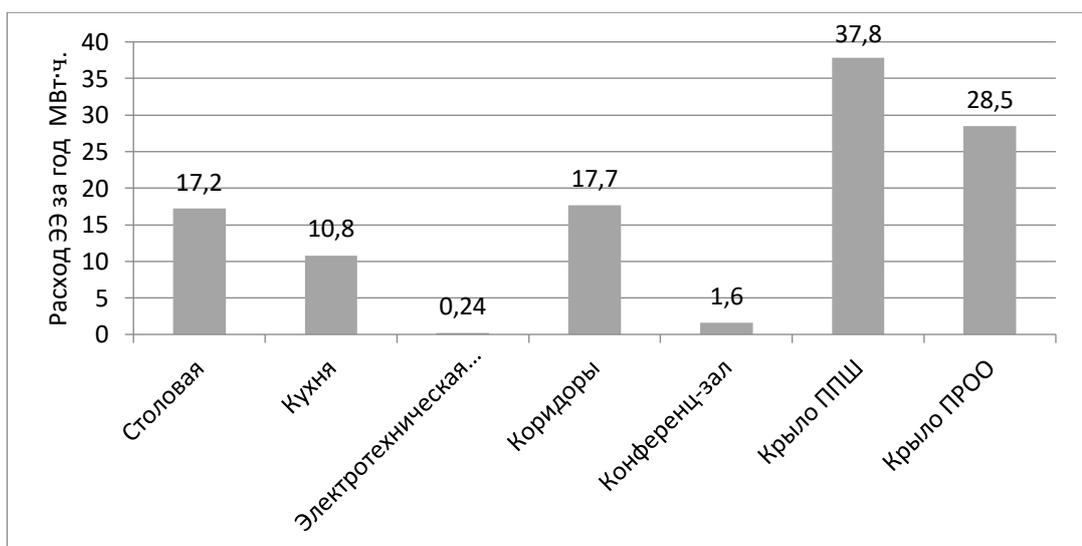


Рисунок 23 – Расход электрической энергии за год по помещениям

Далее проведем экономический расчет. Определим сколько потребуется затратить денежных средств на закупку осветительных приборов, и чему будет равна экономия после ввода их в эксплуатацию.

Тариф, по которому происходит расчет, равен три рубля восемьдесят восемь копеек за один киловатт час. Для расчета итоговой суммы оплаты электроэнергии необходимо умножить годовое электрическое потребление на цену тарифа. Тогда формула для расчёта стоимости эксплуатации будет:

$$П = W \cdot T \quad (4)$$

где  $W$  – потребление электрической энергии системой освещения за год,

$T$  – тариф в расчёте за 1 кВт электроэнергии.

Стоимость электрической энергии потребляемой нынешней системой освещения будет равна:

$$П' = W \cdot T = 367 \cdot 10^3 \cdot 3.88 = 1501560 \text{ р.}$$

Стоимость электрической энергии потребляемой системой освещения после модернизации будет равна:

$$П'' = W \cdot T = 114 \cdot 10^3 \cdot 3.88 = 441699 \text{ р.}$$

Тогда разница в стоимости электрической энергии ( $\Delta П$ ) будет равна:

$$\Delta П = П' - П'' = 1501560 - 441699 = 1059861 \text{ р.}$$

Далее рассчитаем сколько денежных средств необходимо выделить на закупку новых осветительных приборов.

Расчет общей суммы денежных средств необходимой на покупку светильников будет производиться по следующей формуле:

$$C = C_c \cdot n \quad (5)$$

где  $C_c$  – стоимость одного светильника,

$n$  – количество новых светильников.

Для проведения полной модернизации необходимо закупить следующие количество светильников:

- ДВО PRO 30Вт необходимо 1275 шт.
- Макси Слим 20W необходимо 212 шт.
- WT066C NW LED45 необходимо 40 шт.

Сумма закупки светильников ДВО PRO 30Вт при цене за один светильник равной 3063 руб. будет:

$$C = C_c \cdot n = 3063 \cdot 1275 = 3906325 \text{ р.}$$

Сумма закупки светильников «Макси Слим» 20W при цене за один светильник равной 1450 руб. будет:

$$C = C_c \cdot n = 1450 \cdot 212 = 307400 \text{ р.}$$

Сумма закупки светильников WT066C NW LED45 при цене за один светильник равной 2071 руб. будет:

$$C = C_c \cdot n = 2071 \cdot 40 = 82840 \text{ р.}$$

Тогда стоимость всех светильников ( $K$ ) будет равна;

$$K = 3906325 + 307400 + 82840 = 4296565 \text{ р.}$$

Формула расчета срока окупаемости:

$$PP = \frac{K}{\Delta\Pi} \quad (6)$$

Тогда срок окупаемости вложенных средств будет равен:

$$P = \frac{K}{\Delta\Pi} = \frac{4296565}{1059861} = 4,1 \text{ г.}$$

Вывод. В этом разделе был проведен технико-экономический расчет. Который позволил определить значение экономии денежных средств при проведении мероприятий, направленных на уменьшение электрического потребления в корпусе 61/2. Установка энергосберегающих светодиодных светильников позволит достичь экономии одного миллиона пятидесяти девяти тысяч рублей в год. Также был проведен расчет необходимого капиталовложения в проведение модернизации системы освещения. В конце был определен срок окупаемости вложенных средств, он будет составлять четыре года и один месяц.

## Заключение

Энергетическое обследование предприятия проводится для нахождения и устранения мест нерационального использования энергетических ресурсов.

В данной выпускной квалификационной работе было проведено частичное энергетическое обследование административного бытового корпуса 61/2.

В ходе выполнения бакалаврской работы был произведен визуальный анализ исследуемого объекта. Выполнен расчет мощности электропотребляющего оборудования и определено фактическое потребление электрической энергии, затрачиваемой на работу электрооборудования за год. После проведения анализа полученных данных было установлено самое перспективное направление энергосбережения. Этим направлением стало модернизация системы освещения корпуса.

Для достижения необходимого результата в разработке программы по улучшению системы освещения были изучены современные осветительные приборы, проведено обследование системы освещения в корпусе 61/2.

Следующим этапом были произведены проектные расчеты освещения в программе DIALux с учетом всех необходимых норм освещенности помещений.

Затем был проведен технико-экономический расчет для определения срока окупаемости вложенных денежных средств. Проведение технико-экономического расчета включает в себя:

- расчет экономии, достигаемой вводом в эксплуатацию новых энергосберегающих светильников;
- определение количества денежных средств необходимых на закупку осветительных установок;
- определение срока окупаемости денежных средств, вложенных в проведение модернизации системы освещения.

В результате проведения технико-экономического расчёта срок окупаемости составил четыре года, что является хорошим результатом.

Основным выводом по итогу выполнения работы является то, что замена люминесцентных светильников на светодиодные в нынешних условиях, являются экономически выгодным решением. Также светодиодные светильники имеют ещё ряд преимуществ над другими типами светильников. Например: экологичность, большую световую отдачу при одинаковой затрачиваемой мощности.

На современном рынке представлено большое количество видов светодиодных светильников, стоимость которых уменьшается с каждым годом. Рекомендуется не экономить на качестве светодиодных светильников, излишняя экономность может привести к их быстрой поломке.

Важно понимать, что чем больше срок работы осветительных приборов, тем более выгодной, становится их приобретение. Необходимо правильно подойти к выбору светильников, а также к их надлежащему использованию.

## Список используемых источников

1. Бугров В.Е., Виноградова В.А. Оптоэлектроника светодиодов : учебное пособие. СПб: НИУ ИТМО, 2018. 174с.
2. Варфоломеев Л.П. Элементарная светотехника. М: ООО «Световые Технологии», 2018. 286с.
3. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Проектирование осветительных установок [Электронный ресурс]. Электронное учебное пособие. Тольятти: ТГУ, 2015. 80с. Режим доступа: <https://dspace.tltsu.ru/handle/123456789/3383>, свободный.
4. Гоман В.В., Тарасов Ф.Е. Проектирование и расчёт систем искусственного освещения. Учебное пособие. Екб: УрФУ, 2016. 76с.
5. ГОСТ Р 54350-2015 Электробезопасность. Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний. (утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 мая 2015 г. № 348).
6. Кузьменко В.П. Разработка методик повышения качества сетей искусственного освещения со светодиодным осветительным оборудованием // Наука и бизнес: пути развития. 2021. № 7. С. 68-70.
7. Официальный сайт завода по выпуску светодиодных светильников ДВО 40304-1 PRO 30Вт [Электронный ресурс]. URL: [https://www.iek.ru/products/catalog/svetotekhnika/kommercheskoe\\_osveshchenie/paneli\\_svetodiodnye/svetodiodnye\\_paneli\\_45mm\\_pro\\_rf/svetilnik\\_svetodiodnyu\\_dvo\\_40304\\_1\\_pro\\_30vt\\_4000k\\_595kh595kh45mm\\_opal\\_iek](https://www.iek.ru/products/catalog/svetotekhnika/kommercheskoe_osveshchenie/paneli_svetodiodnye/svetodiodnye_paneli_45mm_pro_rf/svetilnik_svetodiodnyu_dvo_40304_1_pro_30vt_4000k_595kh595kh45mm_opal_iek) (дата обращения: 3.06.2023).
8. Официальный сайт завода по выпуску светодиодных светильников «Макси Слим» 20W-2000Lm [Электронный ресурс]. URL: <https://transsvetodiod.ru/magazin/product/ofisnyj-svetodiodnyj-potolochnyj-svetilnik-maksi-slim-20w-2000lm-3000k-opal> (дата обращения: 3.06.2023).

9. Официальный сайт завода по выпуску светодиодных светильников WT066C NW LED45 L1500 PSU TB Philips [Электронный ресурс]. URL: <https://www.svelt.info/product/svetodiodnyy-svetilnik-wt066c-nw-led45-l1500-psu-tb-philips-2005FL00001/> (дата обращения: 3.06.2023).

10. Постановление Правительства РФ от 10.11.2017 № 1356 «Об утверждении требований к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения» // Собрание законодательства Российской Федерации, 2017, № 21, ст. 3009.

11. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) / 7-е изд-е. М.: Альвис, 2018. 632 с.

12. Правила учета электрической энергии. М.: АОЗТ «Энергосервис», 2020. 400 с.

13. Справочная книга по светотехнике. М.: Знак, 2020. 972 с.

14. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» (утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 7 ноября 2016 г. № 777).

15. СНиП 23-05-95. Строительные нормы и правила российской федерации. Естественное и искусственное освещение [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/871001026> (дата обращения: 26.05.2023).

16. Ушаков В.Я., Чубик П.С. Потенциал энергосбережения и его реализация на предприятиях ТЭК: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политех. университета, 2015. 388 с.

17. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об энергосбережении, повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»

18. Шлыков С.В., Шаповалов В.А. Потребители электрической энергии : учеб. пособие; ТГУ ; Электротехн. фак. ; каф. «Электроснабжение и электротехника». Тольятти: ТГУ, 2011.

19. Шпонкина Ю.С. Энергосбережение в электроэнергетике. Обострение дефицита энергоресурсов – одна из наиболее актуальных проблем мирового

масштаба в среднесрочной перспективе. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elec.ru/publications/analitika-rynka/2074/> (Дата обращения: 25.05.2023).

20. Электротехнический рынок. 2014. № 3 (57). С. 22-24. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elec.ru/viewer?url=files/2021/09/20/357-2014.pdf> (Дата обращения: 1.06.2023).

21. Baillot R., Deshayes Y. Reliability investigation of LED devises for public light applications. New York: Elsevier Science. 2017. 222 p.

22. Govind N., Dhoble S. J. The fundamentals and applications of light emitting diodes. New York: Elsevier Science. 2020. 284 p.

23. Surya S., Wayne Beaty H. Standard Handbook for Electrical Engineers, Seventeenth Edition. McGraw Hill Professional, 2017. 368 p.

24. Tomi Pulli. Advantages of white LED lamps and new detector technology in photometry [Text], 2015. URL: <https://www.nature.com/articles/lssa2015105.pdf> (дата обращения 2.06.2023).

25. Winder S. Power supplies for LED driving. New York: Newness. 2016. 320 p.