

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)

---

Энергосбережение и энергоаудит  
(направленность (профиль) / специализация)

---

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Повышение энергетической эффективности системы электроснабжения образовательного учреждения

---

Студент

И.М. Мусин  
(И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_ (личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, С.В. Шаповалов  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультант

к.п.н., доцент, А.В. Кириллова  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

## **Аннотация**

В данной выпускной квалификационной работе разработаны мероприятия по повышению энергетической эффективности системы электроснабжения образовательного учреждения. Рассматриваемый объект выполняет важнейшую социальную задачу, заключающуюся в подготовке специалистов в сфере среднего образования.

Формирование комфортной среды для обучающихся сильно зависит от используемого электрооборудования для обучения и системы освещения. При этом снижение затрат на энергоресурсы образовательных учреждений является приоритетной задачей.

При разработке мероприятий по повышению энергетической эффективности системы электроснабжения образовательного учреждения проведен анализ расхода электрической энергии, рассмотрена существующая система электроснабжения, рассмотрены требования к мероприятиям по повышению энергетической эффективности, рассчитан экономический эффект.

В состав выпускной квалификационной работы входит пояснительная записка и графическая часть. Пояснительная записка выполнена на 45 страницах формата А4, содержит: 12 рисунков, 8 таблиц, список используемой литературы (28 позиций), приложение А. Графическая часть – 6 чертежей формата А1.

## **Abstract**

In this final qualifying work, measures have been developed to improve the energy efficiency of the power supply system of an educational institution. The object under consideration fulfills the most important social task of training specialists in the field of secondary education.

Formation of a comfortable environment for students is highly dependent on the electrical equipment used for training and the lighting system. At the same time, reducing the cost of energy resources of educational institutions is a priority.

When developing measures to improve the energy efficiency of the power supply system of an educational institution, an analysis of the consumption of electrical energy was carried out, the existing power supply systems were considered, the requirements for measures to increase energy efficiency were considered, the economic effect was calculated

The final qualification work includes an explanatory note and a graphic part. The explanatory note is made on 45 pages of A4 format contains: 12 figures, 8 tables and a list of used sources (28 items). Graphic part contains 6 drawings of the A1 format.

## Содержание

Введение.....	5
1 Краткая характеристика объекта обследования.....	7
1.1 Характеристика системы электроснабжения.....	9
2 Потребители электрической энергии.....	11
2.1 Электросиловое оборудование.....	11
2.2 Система освещения помещений.....	13
2.3 Организация учета потребления электрической энергии.....	14
3 Анализ и структура потребления электроэнергии.....	17
4 Разработка мероприятий по повышению энергетической эффективности образовательного учреждения.....	19
4.1 Повышению экономии электроэнергии в системе освещения.....	20
4.2 Выбор осветительной аппаратуры и расчет потребляемой мощности.....	23
4.3 Автоматизация управления освещением в образовательном учреждении.....	29
4.4 Внедрение системы АИИС КУЭ.....	30
4.5 Дополнительные мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.....	32
5 Экономическая эффективность.....	34
6 Расчёт потерь, обусловленных допустимыми погрешностями системы учета электроэнергии.....	39
Заключение.....	41
Список используемой литературы.....	42
Приложение А Результаты измерений качества электрической энергии.....	46

## Введение

«Система электроснабжения – это совокупность электрических установок, предназначенных для обеспечения потребителей электроэнергией» [2]. В состав системы электроснабжения образовательного учреждения входят питающие кабельные линии, внутренняя проводка, система учета, система освещения, электрооборудование.

Повышение энергоэффективности существующей системы электроснабжения образовательных учреждений является актуальной задачей, так современные энергосберегающие технологии постоянно развиваются и класс энергоэффективности современного электрооборудования и систем освещения совершенствуется [1].

Характерной особенностью образовательных учреждений заключается в том, что многое электрооборудование имеет низкий класс энергоэффективности, а установленные источники света существенно уступают в части энергосбережения современным источникам света на базе светодиодных светильников [13].

Так как доля затрат на электрическую энергию в крупных образовательных учреждениях составляет порядка 40%, то повышение энергоэффективности системы электроснабжения является одной из приоритетной задачей в системе образования [17].

Актуальность темы выпускной квалификационной работы заключается в разработке мероприятий по повышению показателей в части электросбережения в системе электроснабжения образовательного учреждения в г.Тольятти.

В рамках выпускной квалификационной работы предоставлен объект, для которого необходимо проработать необходимые мероприятия по повышению энергетической эффективности в соответствии существующими требованиями энергосбережения [8].

Целью данной выпускной квалификационной работы, является формирование перечня мероприятий по повышению энергоэффективности существующей системы электроснабжения.

Для достижения поставлены цели необходимо решить следующие задачи:

- провести краткую характеристику образовательного учреждения [19];
- провести анализ потребления электрической энергии;
- провести анализ электроприемников и существующей системы освещения;
- провести анализ коммерческой системы учета;
- рассмотреть мероприятия по повышению энергетической эффективности для образовательных учреждений.
- разработать мероприятия по повышению энергетической эффективности системы электроснабжения образовательного учреждения;
- рассчитать экономическую эффективность предлагаемых мероприятий.

## 1 Краткая характеристика объекта обследования

ГБОУ СПО Тольяттинский техникум сервисных технологий и предпринимательства располагается (ГБОУ СПО ТТСТиП) по адресу: 445022, г. Тольятти, ул. Ленина, 37.

В состав учреждения входят три учебных корпуса расположенных по адресу:

- г. Тольятти ул. Ленина 37 (учебные мастерские 37в) (рисунок 1);
- г. Тольятти ул. Мурысева 33;
- г. Тольятти ул. Индустриальная 2а.

Учреждение имеет общежитие по адресу ул. Ленина 37а.

Учреждение предназначено для обучения детей и рассчитано на 1500 воспитанников. Обучением детей занимаются 192 сотрудника.



Рисунок 1 - Общий вид здания учебного корпуса №1 ул. Ленина 37

Технические характеристики образовательного учреждения представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Технические характеристики корпусов образовательного учреждения

Наименование здания	Год постройки	Застроенная площадь, м <sup>2</sup>	Количество этажей	Краткая характеристика ограждающих конструкций	Наличие внутренних инженерных сетей
Учебный корпус №1 ул. Ленина 37	1977	2010	5	Стены – Кирпичные/ Железобетонные Окна- 2-е створные деревянные Кровля - Плоская/рулонная	- система теплоснабжения; - система водоснабжения; - осветительное оборудование; - система электроснабжения.
Учебный корпус №2 ул. Матросова 33	1970	883,7	5	Стены - Кирпичные; Окна - 2-е створные деревянные Кровля - Плоская/рулонная	- система теплоснабжения; - система водоснабжения; - осветительное оборудование; - система электроснабжения
Учебный корпус и корпус мастерских №3 ул. Индустриальная 2а	1989	4540,2	3	Стены – Панельные Железобетонные/ Кирпичные Окна- 2-е створные деревянные Кровля - рулонная	- система теплоснабжения; - система водоснабжения; - осветительное оборудование; - система электроснабжения
Общежитие ул. Ленина 37а	1977	1104,5	5	Стены - Кирпичные Окна - 2-е створные деревянные Кровля - рулонная	- система теплоснабжения; - система водоснабжения; - осветительное оборудование; - система электроснабжения

## 1.1 Характеристика системы электроснабжения

ГБОУ СПО Тольяттинского техникума сервисных технологий и предпринимательства относится к потребителям III категории надёжности [10].

Электроснабжение осуществляется по электрическим сетям, в соответствии с разрешением на присоединение установленной мощности к сети.

Электроснабжение учебного корпуса по адресу ул. Ленина 37 осуществляется от четырех кабельных линии отходящей от ТП - 6/0.4 кВ ТП-217 к ВРУ – 0,4 кВ расположенного в здании. Внешняя система электроснабжения соответствует ПУЭ гл.1.2. В состав ВРУ – 0,4 кВ входят автоматы защиты, предохранители и устройства управления, позволяющие раздельно отключать потребители электропитания [10].

Коммерческий учет электрической энергии осуществляется по 8 счетчикам, которые установлены непосредственно в ВРУ-0,4 кВ в здании учебного корпуса (таблица 4).

Питание электроприемников в здании осуществляется по сети 380/220 с системой заземления, TN-C, от ВРУ - 0,4 кВ. В ВРУ - 0,4 кВ осуществляется распределение электроэнергии по распределительным сетям до групповых щитков расположенных на этажах здания, от которых непосредственно запитываются электропотребители (розеточная сеть, система освещения) [10].

Данная система электроснабжения обеспечивает требуемый уровень надежности бесперебойного электроснабжения потребителей 3 категории [6].

Электроснабжение учебного корпуса по адресу ул. Мурысева 33 осуществляется от двух кабельных линии отходящей от ТП- 6/0.4 кВ ТП-86 к ВРУ – 0,4 кВ расположенного в здании учебного корпуса №2. Внешняя система электроснабжения соответствует ПУЭ гл.1.2. В состав ВРУ – 0,4 кВ

входят автоматы защиты, предохранители и устройства управления, позволяющие отдельно отключать потребители электропитания [12].

Коммерческий учет электрической энергии осуществляется по 2 счетчикам, которые установлены непосредственно в ВРУ-0,4 кВ в здании учебного (таблица 4).

Питание электроприемников в здании осуществляется по сети 380/220 с системой заземления, TN-C, от ВРУ - 0,4 кВ. В ВРУ - 0,4 кВ осуществляется распределение электроэнергии по распределительным сетям до групповых щитков расположенных на этажах здания, от которых непосредственно запитываются электропотребители (розеточная сеть, система освещения) [10].

Электроснабжение учебного корпуса по адресу ул. Индустриальная 2а осуществляется от четырех кабельных линии отходящей от ТП - 6/0.4 кВ к ВРУ – 0,4 кВ расположенного в здании. Внешняя система электроснабжения соответствует ПУЭ гл.1.2. В состав ВРУ – 0,4 кВ входят автоматы защиты, предохранители и устройства управления [10].

Коммерческий учет электрической энергии осуществляется по 4 счетчикам, которые установлены непосредственно в ВРУ-0,4 кВ в здании учебного корпуса (таблица 4).

Питание электроприемников в здании осуществляется по сети 380/220 с системой заземления, TN-C, от ВРУ - 0,4 кВ. В ВРУ - 0,4 кВ осуществляется распределение электроэнергии по распределительным сетям до групповых щитков расположенных на этажах здания, от которых непосредственно запитываются электропотребители (розеточная сеть, система освещения).

### **Вывод:**

Данная система электроснабжения обеспечивает требуемый уровень надежности бесперебойного электроснабжения потребителей 3 категории.

Разрешенная к использованию мощность 350,48 кВт.

## **2 Потребители электрической энергии**

### **2.1 Электросиловое оборудование**

На балансе у ГБОУ СПО Тольяттинского техникума сервисных технологий и предпринимательства числятся следующие потребители электрической энергии (приложение А, таблица А.1):

- компьютеры (включая системные блоки и мониторы),
- бытовая техника (чайники, кулеры, СВЧ-печи, плиты бытовые, полотенцесушители, мобильные электрообогреватели, бытовые вентиляторы, бытовые холодильники, настольные лампы, телевизоры и т.д.),
- оргтехника (факсимильные, множительные аппараты, принтеры, сканеры, ИБП (источники бесперебойного питания), уничтожители бумаг (шредеры) и т.д.),
- электроприводы систем приточно-вытяжной вентиляции, в том числе тепловые завесы;
- бытовые кондиционеры;
- электроводонагреватели;
- станочное оборудование;
- швейное оборудование;
- прочее электрооборудование;
- оборудование мастерских.

Перечень электрооборудования и электроприборов представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень электрооборудования образовательного учреждения

Наименование	Суммарная установленная мощность, кВт	Коэффициент использования	Годовое время работы, ч	Примечание
Компьютеры (включая системные блоки и мониторы), серверы	60	0,6	2100	75,6
Бытовая техника общежития	120	0,5	2500	150
Бытовая техника (чайники, кулеры, СВЧ-печи, плиты бытовые, полотенцесушители, мобильные электрообогреватели, бытовые вентиляторы, бытовые холодильники, настольные лампы, телевизоры и т.д.)	60	0,4	1500	36
Оргтехника (факсимильные, множительные аппараты, принтеры, сканеры, ИБП (источники бесперебойного питания), уничтожители бумаг (шредеры) и т.д.)	100	0,5	2500	125
Бытовые кондиционеры	3	0,5	200	0,3
Электроприводы насосов (в системе отопления)	3,6	0,7	5170	13,03
Электроводонагреватели	5	0,2	2400	2,4
Электрооборудование столовой учебный корпус №1	40	0,6	1250	30
Электрооборудование столовой учебный корпус №2	30	0,6	1250	22,5
Электрооборудование столовой учебный корпус №3	27	0,6	1250	20,25
Автоматич.пож.сигнализ., видеонаблюдение	0,5	0,5	8600	2,15
Прочее оборудование	80	0,45	2400	86,4
Слесарные мастерские (учебный корпус №3)	121	0,6	1800	130,68
Швейное оборудование	40	0,3	1800	21,6
Типография	10	0,7	2100	14,7
Дерево обрабатывающая мастерская	28,3	0,6	2200	37,356

## Продолжение таблицы 2

Система освещения				201,91
Электропривод систем приточно-вытяжной вентиляции, в том числе тепловой завесы	12			Не функционирует



Рисунок 2 - Диаграмма потребления электроэнергии электроприборами

Из диаграммы (рисунок 2) видно, что большая часть потребляемой электроэнергии приходится на систему освещения, это связано с длительностью использования данного оборудования в течении года по сравнению с другим электрооборудованием.

### 2.2 Система освещения помещений

Перечень осветительного оборудования образовательного учреждения представлен в таблице 3.

Таблица 3 - Перечень осветительного оборудования

Организация	Освещение наружное			Освещение внутренние		
	Тип	Кол-во	P <sub>ном</sub> , кВт	Тип	Кол-во	P <sub>ном</sub> , кВт
Учебный корпус ул. Ленина 37	ЛН	1	0,075	ЛЛ	2374	19,2
				ЛН	256	35,61
Учебный корпус ул. Мурысева 33	ЛН	1	0,075	ЛЛ	626	9,39
	ДРЛ	1	0,4	ЛН	30	2,25
Учебный корпус ул. Индустриальная 2а				ЛЛ	1282	19,23
				ЛН	144	10,8
Общежитие ул. Ленина 37	ЛН	1	0,075	ЛЛ	480	7,2
	ДРЛ	1	0,4	ЛН	71	5,325

### 2.3 Организация учета потребления электрической энергии

Учет потребления электроэнергии объектом осуществляется на основе приборов учета [28].

Расчеты за потребленную электроэнергию осуществляются на основании показаний приборов учета по одноставочному тарифу дифференцируемый по числу часов использования заявленной мощности.

Сведения о приборах учета потребляемых энергетических ресурсов на объекте обследования приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Сведения о приборном учете потребления электрической энергии

№п/п	Потребитель электроэнергии	Тип счетчика	Назначение	Техническое состояние	Класс точности	Измеряемая нагрузка	Дата поверки
Учебный корпус №1 ул. Ленина 37							
1	Ввод №1	ЦЭ68038В	Коммерческий учет	Исправен	1,0	активная	08.06.18

Продолжение таблицы 4

2	Ввод №1	ЦЭ68038В	Коммерческий учет	Исправен	1,0	активна я	08.06.18
3	Ввод №2	ЦЭ68038В	Коммерческий учет	Исправен	1,0	активна я	08.06.18
4	Ввод №2	ЦЭ68038В	Коммерческий учет	Исправен	1,0	активна я	08.06.18
5	Ввод №3	ЦЭ6803В	Коммерческий учет	Исправен	1,0	активна я	08.06.18
6	Ввод №3	ЦЭ68038В	Коммерческий учет	Исправен	1,0	активна я	08.06.18
7	Ввод №4	ЦЭ68038В	Коммерческий учет	Исправен	1,0	активна я	08.06.18
8	Ввод №4	ЦЭ68038В	Коммерческий учет	Исправен	1,0	активна я	08.06.18
Учебный корпус №2 ул. Мухоморова 33							
9	Ввод №1	СЭ 301	Коммерческий учет	Исправен	1,0	активна я	08.06.18
10	Ввод №1	СЭ 301	Коммерческий учет	Исправен	1,0	активна я	08.06.18
Учебный корпус №3 ул. Индустриальная 2а							
11	Ввод №1	ЦЭ68038ВМ	Коммерческий учет	Исправен	1,0	активна я	08.06.18
12	Ввод №1	ЦЭ68038ВМ	Коммерческий учет	Исправен	1,0	активна я	08.06.18
13	Ввод №2	ЦЭ68038ВМ	Коммерческий учет	Исправен	1,0	активна я	08.06.18
14	Ввод №2	ЦЭ68038ВМ	Коммерческий учет	Исправен	1,0	активна я	08.06.18

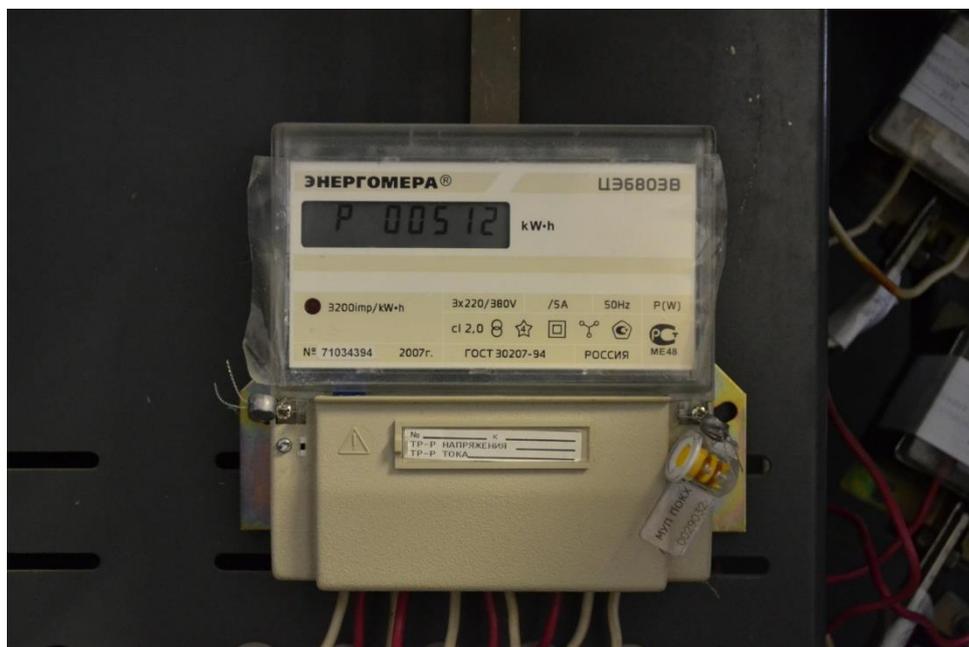


Рисунок 3 – Прибор коммерческого учета электрической энергии установленный в ВРУ-0,4 кВ Учебного корпуса №1 ул. Ленина 37



Рисунок 4 – Прибор коммерческого учета электрической энергии установленный в ВРУ-0,4 кВ Учебного корпуса №2 ул. Матросова



Рисунок 5 – Прибор коммерческого учета электрической энергии установленный в ВРУ-0,4 кВ Учебного корпуса №3 ул. Индустриальная 2а

**Вывод:**

Учет потребления электроэнергии объектом осуществляется на основе приборов учета (рисунки 3 – 5).

### 3 Анализ и структура потребления электроэнергии

Данные о потреблении электроэнергии за 2015 - 2019 гг представлены на рисунке 6.

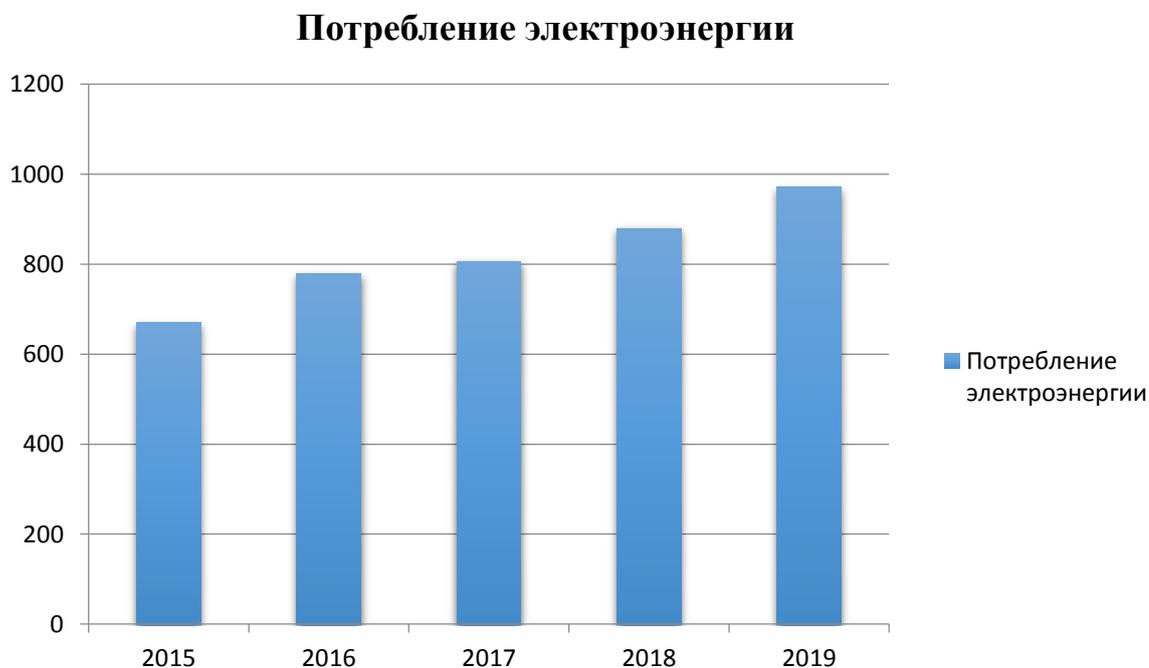


Рисунок 6 - График потребления электроэнергии. кВт·ч

Увеличение потребления электрической энергии связано с увеличением электропотребляющего оборудования, увеличением числа работы специализированного оборудования.

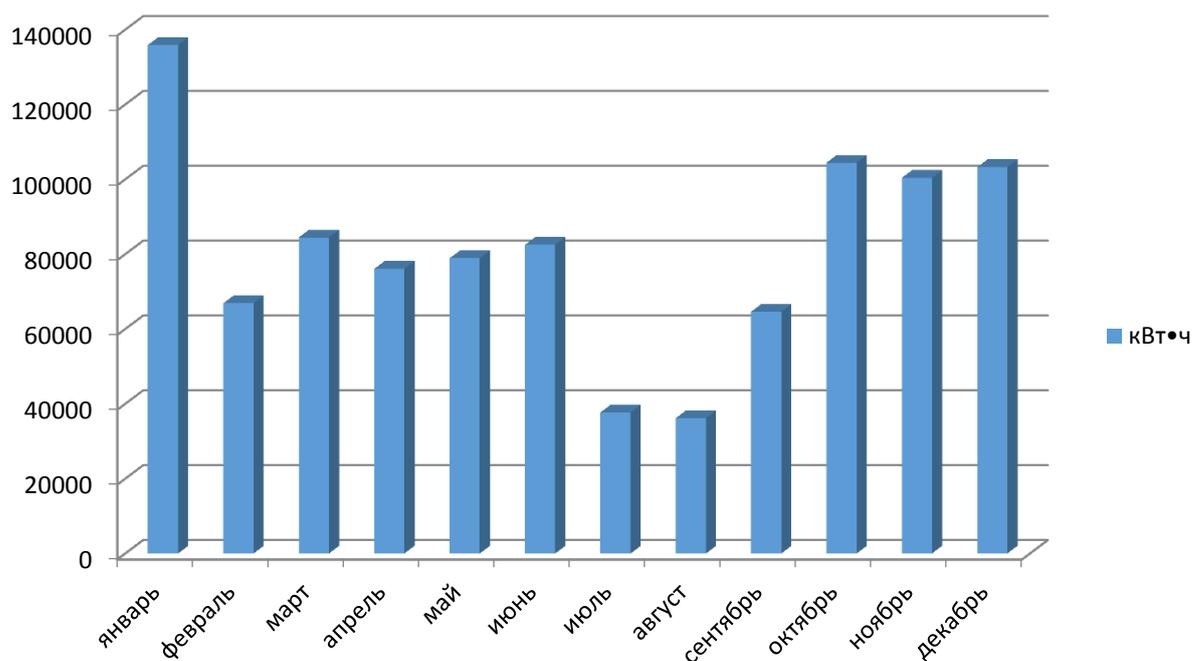


Рисунок 7 - Динамика потребления электроэнергии за 2019 год.

На рисунке 7 видно, что максимальное потребление электроэнергии приходится на осеннее-зимний период, это связано с уменьшением светового дня, большим потреблением электроэнергии на освещение и локальный обогрев помещений, началом учебного года 1 сентября и окончание 30 июня.

**Вывод:**

Потенциал повышения эффективности потребления электрической энергии составляет не более 10%.

#### **4 Разработка мероприятий по повышению энергетической эффективности образовательного учреждения**

Мероприятия по повышению эффективности системы электроснабжения в образовательных учреждениях разделяют на организационные и технические, технологические [27].

К организационным мероприятиям относятся:

- «проведение энергетических обследований зданий, строений, сооружений, принадлежащих на праве собственности или ином законном основании организациям с участием государства или муниципального образования (далее - здания, строения, сооружения), сбор и анализ информации об энергопотреблении зданий, строений, сооружений, в том числе их ранжирование по удельному энергопотреблению и очередности проведения мероприятий по энергосбережению» [7];

- «разработка технико-экономических обоснований в целях внедрения энергосберегающих технологий для привлечения внебюджетного финансирования» [7];

- «содействие заключению энергосервисных договоров и привлечению частных инвестиций в целях их реализации;

- создание системы контроля и мониторинга за реализацией энергосервисных контрактов» [7].

К техническим и технологическим мероприятиям по повышению эффективности системы электроснабжения относятся:

- «оснащение зданий, строений, сооружений приборами учета используемых энергетических ресурсов» [6];

- «перекладка электрических сетей для снижения потерь электрической энергии в зданиях, строениях, сооружениях» [6];

- «установка частотного регулирования приводов насосов в системах горячего водоснабжения зданий, строений, сооружений» [6];

- «повышение энергетической эффективности систем освещения зданий, строений, сооружений»;

- «закупка энергопотребляющего оборудования высоких классов энергетической эффективности» [17].

После проведенного анализа полученных данных о системе электроснабжения образовательного учреждения, данных о электрооборудовании и на основании выше перечисленных мероприятий, основные мероприятия для объекта исследования, которые далее будут рассмотрены это:

- повышение энергетической эффективности системы освещения за счет замены существующих ламп накаливания (ЛН) и люминесцентных ламп (ЛЛ) на компактные люминесцентные лампы КЛЛ и LED-светильники [21].

- автоматизация управления освещением в местах общего пользования (лестничные пролеты, коридоры, сан.узлы), а также кладовые, архив.

- внедрение автоматизированной системы учета потребления электрической энергии образовательного учреждения.

#### **4.1 Повышению экономии электроэнергии в системе освещения**

Светильники со светодиодными лампами (LED) являются самыми перспективными источниками света, в замен светильников с лампами типа ЛН и ЛЛ [26].

Одним из основных достоинств LED-светильников это низкое потребление электрической энергии при высокой интенсивности светового потока. При этом необходимо отметить, что не все светодиодные светильники подходят для образовательных учреждений, так как в соответствии с требованиями к естественному и искусственному освещению [15] «в учебных помещениях система общего освещения должна обеспечиваться потолочными светильниками» [15], при этом система освещения должна предусматриваться «с использованием ламп по спектру

цветоизлучения: белый, тепло-белый, естественно-белый. Светильники, используемые для искусственного освещения учебных помещений, должны обеспечивать благоприятное распределение яркости в поле зрения, что лимитируется показателем дискомфорта (Мт). Показатель дискомфорта осветительной установки общего освещения для любого рабочего места в классе не должен превышать 40 единиц» [15].

Исходя из данных требований, следует применять светодиодные светильники с цветностью света от 2700К до 5000К. Именно этот диапазон температуры цвета принято относить к значениям тепло-белый (2700К-3500К), белый (4000К-5000К), естественно-белый (3500К-4500К).

Также очень важный параметр - индекс цветопередачи Ra. Согласно требованиям [5], «светильники в помещениях образовательных учреждений должны обладать индексом  $Ra > 80$ » [15].

Следующий показатель, который необходимо учесть при выборе светодиодных светильников для образовательного учреждения – это показатель дискомфорта Мт. «Это критерий оценки дискомфортной блескости, вызывающей неприятные ощущения при неравномерном распределении яркостей в поле зрения» [16]. «Показатель дискомфорта (Мт) характеризует степень неудобства или напряженности при наличии в поле зрения точечных источников повышенной яркости» [16]. Именно поэтому все осветительные приборы (или источники света) в помещениях длительного пребывания людей имеют матовую защитную оболочку. В случае с лампами накаливания - это матовые плафоны, в случае с люминесцентными лампами - непосредственно колбы самих ламп.

Таким образом, чтобы соответствовать указанному показателю, все светодиодные источники света в помещениях образовательных учреждений необходимо также скрывать за матовым рассеивателем, так как точечная яркость светодиодов недостаточно комфортно нивелируется другими типами рассеивателей (призма, микропризма, колотый лед и прочее).

Опосредованно к показателю дискомфорта следует относить также и коэффициент пульсации. «Он характеризует относительную глубину пульсации освещенности (в %) в заданной точке помещения при питании ламп от сети переменного тока» [9]. «Неконтролируемая пульсация освещенности приводит к повышенной опасности травматизма при работе с движущимися и, в особенности, с вращающимися объектами, а также к зрительному утомлению» [23], что особенно важно для учебных мастерских. В нормах России для большинства зрительных работ установлено значение  $K_p$  не более 20.

Что касается светодиодных источников света, то все они работают от постоянного напряжения, и коэффициент пульсации светодиодных светильников, как правило, связан с тем, насколько качественно драйвер (блок питания светильника) преобразует переменный ток в постоянный. «В подавляющем большинстве случаев, коэффициент пульсации светодиодных светильников <5%. Поэтому данным критерием практически можно пренебречь при подборе светильников в образовательные учреждения» [15].

Таким образом, согласно действующим нормативным документам [15], общеобразовательных и высших учебных учреждениях следует применять светодиодные светильники, которые, помимо необходимых и достаточных значений общего светового потока, мощности, степени защиты, габаритов и накладного способа установки, соответствуют следующим параметрам:

- Цветность света: 3500-5000К - для общеобразовательных и высших учебных заведений;
- Тип рассеивателя: опаловый, матовый или молочно-белый;
- Индекс цветопередачи  $R_a > 80$ ;
- Коэффициент пульсации < 5%.

## **4.2 Выбор осветительной аппаратуры и расчет потребляемой мощности**

Расчет осветительной нагрузки в образовательном учреждении произведен в программной среде DIALux. Для освещения цеха и вспомогательных помещений, в целях экономии средств электроэнергии, выбраны светодиодные светильники, производимые заводом Световые технологии, мощностью 32 Вт.

Так как образовательное учреждение включает в себя большое разнообразие помещений, предназначенных для различных нужд, но и также имеющих различные площади, следовательно, все помещения были разбиты по назначению и по площади [15]. «Если в одной группе находятся помещения различного предназначения или площади одинаковых комнат сильно различаются, то для таких помещений производится расчет отдельно друг от друга» [22].

Расчет освещённости коридора проводится отдельно для каждого помещения этого типа по отдельности, так как данный тип помещения трудно систематизировать, из-за огромной разновидности геометрии помещения и большой разности площадей приближенно похожих коридоров [5].

Исходя из нормативно технического документа [15] распределим получившиеся категории помещений по нормам освещённости:

- Учебные классы – 300 Лк,
- Учебные мастерские – 300 Лк;
- Вспомогательные помещения – 75 Лк;
- Проходы и коридоры – 150 лк.
- Административно технические помещения – 300 Лк

Воспользовавшись программной средой DiaLUX для каждой из выше перечисленной группы помещений были получены значения расчетной освещённости.



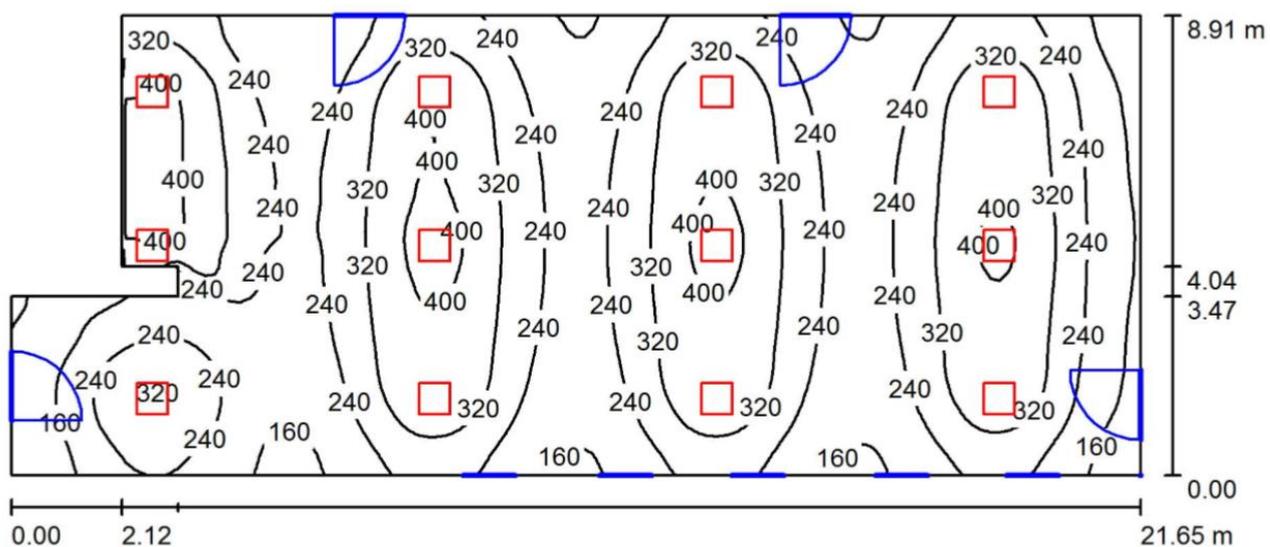


Рисунок 10 – Результаты светотехнического расчета



Рисунок 11 – 3D модель обеденного зала

Сводная ведомость расчета осветительной нагрузки образовательного учреждения представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Сводная ведомость осветительной нагрузки токарного цеха

Помещение	S, м <sup>2</sup>	h, м	P <sub>н</sub> , кВт	Кол-во	P <sub>н</sub> Σ, кВт	Еср.р., Лк	Еср.норм., Лк
Буфет и столовая	148	4	0,032	30	0,96	310	300
Столярная	240	4	0,032	135	4,32	310	300
Заточная	50	4	0,032	12	0,384	310	300
Сверлильная	24	4	0,032	9	0,288	310	300
Гардероб	144	4	0,032	12	0,384	93	75
Учебные классы	3150	4	0,032	616	19,712	310	300
Преподавательская	196	4	0,032	15	0,48	310	300
Кладовая	120	4	0,032	10	0,32	93	75
Токарная	240	4	0,032	40	1,28	310	300
Шлифовальная	240	4	0,032	45	1,44	310	300
Фрезерная	144	4	0,032	27	0,864	310	300
Швейное отделение	250	4	0,032	20	0,64	310	300
Резьбонарезная	36	4	0,032	9	0,288	310	300
Инструментальная	240	4	0,032	20	0,64	93	75
Вентиляторная	72	4	0,032	6	0,192	93	75
Сварочная	48	4	0,032	9	0,288	310	300
Щитовая	48	4	0,032	4	0,128	93	75
Коридор	3068	4	0,032	300	9,6	343	200
Сан.узлы и др.помещения	350	4	0,016	501	8,016	80	75
Всего:	8458			1820	50,224		

Для освещения коридор применяется светодиодный светильник LIGHTINGTECHNOLOGIES – LTX LED 4000 К. Для освещения учебных кабинетов и остальных помещений применяется светодиодный светильник LIGHTINGTECHNOLOGIES - LTX LED 4000 К и LIGHTINGTECHNOLOGIES – OPTIMA ECO LED. В сан.узлах применяются лампы КЛЛ.

На основании расчёта определено количество и расположение светильников по помещениям.

Питание системы аварийного освещения происходит путем подключения групп светильников к 2 двум щитам аварийного освещения

ЩАО-1 и ЩАО-2. Бесперебойная работа системы аварийного освещения во время возникновения внештатных ситуаций, обеспечивается путем питания щитов ЩАО-1 и ЩАО-2 от панели ГРЩ-3, электроснабжение которой осуществляется через шкаф АВР от разных вводов ВРУ [10]. Помимо этого, осуществляется дополнительный ввод от источника аварийного питания [10].

«Электроснабжение системы рабочего освещения осуществляется путем подключения светильников к щитам ЩО. Все щиты ЩО запитаны от различных вводов ВРУ, во время отключения питания щитов от одного ввода, предусмотрена возможность ручного переключения вводов питания освещения» [6].

Проведем расчет по следующим формулам:

Установленная мощность определяется по формуле:

$$P_{уст} = \sum P_{насл.св} \quad (1)$$

где  $P_{насл.св}$  – Паспортная мощность одного светильника.

Расчетную мощность определяется по формуле:

$$P_p = P_{уст} \cdot K_c \quad (2)$$

где  $P_{уст}$  – установленная мощность;

$K_c$  – берется равной 1, по [3].

Расчетный ток находится по формуле:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi} \quad (3)$$

где  $P_p$  – это Расчетная мощность;

$U_{ном}$  – номинальная мощность принимается равно 0,38, так как в щит освещения заходит 3 фазы, а дальше все светильники распределяются по фазам.

Суммарная потребляемая мощность:

$$P_{осв} = \sum P_{ЩО} + \sum P_{ЩАО} \quad (4)$$

где  $\sum P_{ЩО}$  – суммарная мощность щитов освещения;

$\sum P_{ЩАО}$  – суммарная мощность щитов аварийного освещения.

Расчет сведем в таблицу 6.

Таблица 6 – Результаты расчета осветительной нагрузки после модернизации

Щит	$P_{н}$ , кВт	$K_c$	$I_p$ , А	Расчетное сечения питающего провода	Марка питающего проводника	Количество жил и сечение
Учебный корпус №1 ул. Ленина 37						
ЩО 1	4,1	1	6,2	3,9	ВВГнгГ-П	4×4,0
ЩО 2	4,2	1	6,4	4,0	ВВГнгГ-П	4×4,0
ЩО 3	4,2	1	6,4	4,0	ВВГнгГ-П	4×4,0
ЩО 4	4,3	1	6,5	4,1	ВВГнгГ-П	4×5,0
ЩО 5	4,1	1	6,2	3,9	ВВГнгГ-П	4×4,0
ЩО 6	2,5	1	3,8	2,4	ВВГнгГ-П	4×2,5
ЩАО-1	0,8	1	1,2	0,8	ВВГнгГ-П	4×1,5
ЩАО-2	0,6	1	0,9	0,6	ВВГнгГ-П	4×1,5
Учебный корпус №2 ул. Матросова 33						
ЩО 1	2,1	1	3,2	2,0	ВВГнгГ-П	4×2,5
ЩО 2	1,6	1	2,4	1,5	ВВГнгГ-П	4×1,5
ЩО 3	1,5	1	2,3	1,4	ВВГнгГ-П	4×1,5
ЩО 4	3,1	1	4,7	2,9	ВВГнгГ-П	4×4,0
ЩАО-1	0,5	1	0,8	0,5	ВВГнгГ-П	4×1,5
ЩАО-2	0,5	1	0,8	0,5	ВВГнгГ-П	4×1,5
Учебный корпус и корпус мастерских №3 ул. Индустриальная 2а						
ЩО 1	1,67	1	2,5	1,6	ВВГнгГ-П	4×2,5
ЩО 2	2,5	1	3,8	2,4	ВВГнгГ-П	4×2,5
ЩО 3	3,1	1	4,7	2,9	ВВГнгГ-П	4×4,0
ЩО 4	1,5	1	2,3	1,4	ВВГнгГ-П	4×1,5
ЩАО-1	0,5	1	0,8	0,5	ВВГнгГ-П	4×1,5

Продолжение таблицы 6

ЩАО-2	0,5	1	0,8	0,5	ВВГнг-П	4×1,5
Общежитие ул. Ленина 37а						
ЩО 1	3,6	1	5,5	3,4	ВВГнг-П	4×4,0
ЩО 2	2,05	1	3,1	1,9	ВВГнг-П	4×2,5
ЩО 3	1,67	1	2,5	1,6	ВВГнг-П	4×2,5
ЩО 4	2,5	1	3,8	2,4	ВВГнг-П	4×2,5
ЩАО-1	0,5	1	0,8	0,5	ВВГнг-П	4×1,5
ЩАО-2	0,5	1	0,8	0,5	ВВГнг-П	4×1,5
$\sum R_{щО}$	50,29 кВт					
$\sum R_{щА}$	4,4 кВт					
Итого $\sum R_{сО}$	54,69 кВт					

### 4.3 Автоматизация управления освещением в образовательном учреждении

Автоматизация управления освещения осуществляется с помощью датчиков освещенности и движения, которые устанавливаются в местах общего пользования, в основном в коридорах и лестничных пролетах [26].

С развитием информационных технологий система управления освещением становится все более интегрированной в интеллектуальные системы [25].

На данный момент широко внедряются системы интеллектуального управления освещением [20]. Данные системы подразумевают к использованию не просто датчиков движения и освещения, а высокотехнологичных интеллектуальных датчиков движения, имеющие целый ряд дополнительных функций контроля освещения:

- гибкими настройками и с удобным ИК пультом,
- возможностью подключения иных устройств (кнопок, других устройств) для создания мини системы.
- с подключение устройства с функцией плавного регулирования яркости светильника с автоматическим поддержанием освещенности через 1-10V или протокола DALI.

Все выше перечисленные возможности позволяют получить предельную эффективность работы освещения.

Предлагается внедрить рассмотренную систему управления освещения в данном учреждении.

#### **4.4 Внедрение системы АИИС КУЭ**

Автоматизированные информационно-измерительные системы коммерческого учёта электроэнергии (АИИС КУЭ) повсеместно внедряются как на промышленных предприятиях, так и в бюджетных учреждениях [3].

Основные преимущества системы АИИС КУЭ по сравнению с существующей системой учета в обследуемом образовательном учреждении заключается в следующем [3]:

- формирование статистической базы потребления электрической энергии во всех корпусах [4];
- выявление нерационального расхода электрической энергии в корпусах образовательного учреждения;
- подготовка документов для разработки дополнительных мероприятий по повышению энергоэффективности системы электроснабжения образовательного учреждения;
- контроль и оценка реализации внедряемых мероприятий по повышению энергоэффективности системы электроснабжения;
- автоматическое формирования всех необходимых отчетов в энергоснабжающую организацию.

Типовая структура АИИС КУЭ представлена на рисунке 12.

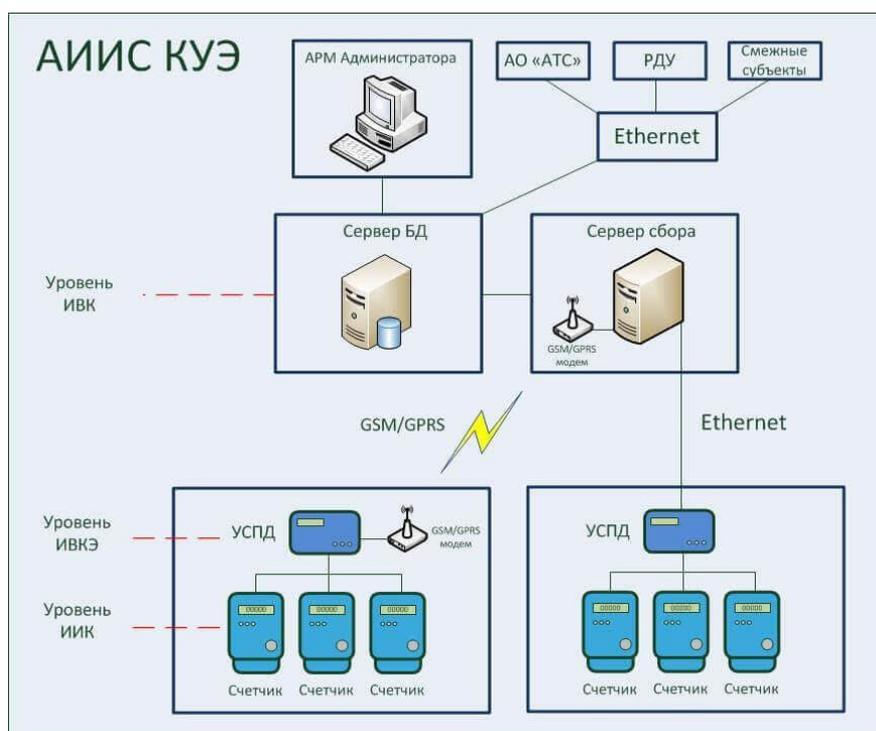


Рисунок 12 – Типовая структура АИИС КУЭ

Предлагаемая структура АИИС КУЭ для обследуемого образовательного учреждения состоит из:

- Счетчики электрической энергии производства НПО «МИР» типа С-03.Б, которые поддерживают интерфейс RS-485, интерфейс Ethernet 10/100BASE-TX;
- Устройство сбора и передачи, который предназначен для автоматического сбора информации с приборов учета электроэнергии типа С-03.Б;
- Существующий сервер образовательного учреждения;
- АРМ для специалиста ответственного за энергохозяйства;
- Программный комплекс «Энергомир», который предназначен для сбора, отображения, хранения и обработки информации о состоянии сети напряжением от 0,4 кВ, получаемой от счетчиков электрической энергии типа С-03.Б через УСПД.

Перечень оборудования АИИС КУЭ представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень оборудования АИИС КУЭ

№п/п	Номер ввода	Тип счетчика	Наименование оборудования		
Учебный корпус №1 ул. Ленина 37			Центральный сервер	АРМ энергетика, ПК «Энергомир»	
1	Ввод №1	С-03.Б			УСПД-1
2	Ввод №1	С-03.Б			
3	Ввод №2	С-03.Б			
4	Ввод №2	С-03.Б			
5	Ввод №3	С-03.Б			УСПД-2
6	Ввод №3	С-03.Б			
7	Ввод №4	С-03.Б			
8	Ввод №4	С-03.Б			
Учебный корпус №2 ул. Мурысева 33					
9	Ввод №1	С-03.Б			УСПД-3
10	Ввод №1	С-03.Б			
Учебный корпус №3 ул. Индустриальная 2а					
11	Ввод №1	С-03.Б			УСПД-4
12	Ввод №1	С-03.Б			
13	Ввод №2	С-03.Б			
14	Ввод №2	С-03.Б			

#### 4.5 Дополнительные мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности

Экономия электроэнергии:

- периодическая очистка окон и светильников (по утвержденному графику) (позволяет экономить электроэнергию до 10 % за счет сокращения времени включения искусственного освещения) [19];

- своевременная замена неисправных ламп в модулях общего освещения [18];

- разработка и соблюдение графика отключения общего освещения в светлое время суток по кабинетам;
  - своевременное техническое обслуживание силового оборудования [18];
  - исключение холостых режимов работы электрооборудования [18];
  - своевременная замена неисправных электронагревательных элементов (экономия - 2-3 % потребления электронагревателей) [9];
- проведение работ по доведению до работников важности и необходимости энергосбережения. Например, следование плакату, повешенному рядом с выключателем: «УХОДЯ, ГАСИ СВЕТ!», дает гарантированный уровень экономии электроэнергии за счет снижения затрат на освещение.

#### **Выводы:**

В данном разделе рассмотрены мероприятия по повышению энергетической эффективности системы электроснабжения Тольяттинского техникума сервисных технологий и предпринимательства. Из требуемого перечня мероприятий по повышению энергоэффективности образовательных учреждений, выбраны следующие мероприятия: замена существующего осветительного оборудования на энергоэффективные светильники с LED-лампами и КЛЛ. Рассчитана установленная мощность системы освещения после модернизации, определены сечения проводников питаемых ЩО и ЩОА во всех корпусах учреждения. Рассмотрены вопросы автоматизированного управления освещением в местах общего пользования и внедрение системы учета электрической энергии на базе АИИС КУЭ.

## 5 Экономическая эффективность

Автоматизация управления освещением (установка датчиков движения) в коридорах, туалетах и других помещениях предприятия.

Существующее положение.

В коридорах, переходах корпусов и сан.узлах о освещении осуществляется как потолочными светильниками, так и светильниками с ЛН. Для исключения нерационального расхода электрической энергии в те периоды времени, когда в указанных помещениях люди, автоматически выключать светильники с учетом требуемой освещенности в коридорах образовательного учреждения.

В соответствии с данными таблицы 6 установленная мощность светильников в местах общего пользования составляет 18,064 кВт, данные светильники будут подключаться через датчики движения и освещенности.

Принимаем годовое число часов работы этих светильников  $T_{\text{год}}=2000$  ч. Соответственно годовой расход электроэнергии на эти светильники, с учетом коэффициента загрузки 0,8 составит 28 902,4 кВт·ч. «При внедрении автоматизации управления освещением (установке датчиков движения) экономится 25-50 % от потребляемой электроэнергии данной группой потребителей» [16].

В нашем случае принимаем годовую экономию от внедрения автоматизации управления освещением (установке датчиков движения) равной 40% от потребляемой электроэнергии данной группой потребителей.

Годовая экономии электроэнергии данного мероприятия составит:

$$\Delta W_{\text{год}} = 11\,561 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}, \text{ или } 57\,805 \text{ руб.}$$

Считаем, что установка одного датчика движения обойдется в 1000 руб., а общее количество датчиков движения, которые необходимо установить для нашего случая с учетом группового подключения

светильников будет составлять 250 штук.

Для наружного и внутреннего монтажа, автоматически включает источники света при появлении человека в зоне охвата стоимость составляет: 500 руб.

Затраты на материалы, оборудование и электромонтажные работы составят:

$$З = 375\,000 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости составит:

$$T_{\text{ок}} = Z_{\text{ин}} / \Delta_{\text{год}} = 6,5 \text{ года}$$

Общая экономия электрической энергии составит: 11 561 кВт·ч/год, или 57 805 руб./год.

Замена ламп накаливания на энергосберегающие лампы, в порядке текущей эксплуатации.

В некоторых помещениях предприятия используются лампы накаливания (ЛН), которые имеют низкую световую отдачу и самый низкий срок службы (до 1000 ч). По предоставленным сведениям на предприятии используется 501 штука ламп накаливания.

Предлагается провести замену ЛН мощностью 60 Вт в количестве 315 штук на энергосберегающие лампы (КЛЛ) мощностью 14 Вт в существующих светильниках.

КЛЛ мощностью 14 Вт по световому потоку несколько превосходит ЛН 60 Вт, срок службы КЛЛ 10000 часов.

Экономический эффект.

Расчет:

- Экономия в натуральном выражении составит  $(60120 - 16032) = 44088$  кВт·ч.

- В денежном эквиваленте при тарифе 5,0 руб./кВт\*ч экономия составит 220 440 руб.

- При условии что стоимость одной энергосберегающей лампы составляет 350 руб., то затраты на покупку 501 лампы составят 175 350 руб.

- Срок окупаемости замены ламп накаливания на энергосберегающие, при неизменном режиме работы, составит около 4 года.

- Учитывая, что срок службы энергосберегающей лампы в среднем составляет 10000 часов, то одна лампа, при неизменном режиме работы, должна прослужить около 5 лет, таким образом, данное мероприятие является окупаемым.

Замена светильников с ЛЛ 72Вт и 40Вт на светильники с LED-лампами 32Вт, в порядке текущей эксплуатации.

В потолочных светильниках образовательного учреждения используются люминесцентные лампы 72Вт и 40Вт, всего их 1581 штука (из них 996 шт. - люминесцентные лампы 72Вт и 585 шт. - люминесцентные лампы 40Вт). После замены существующей системы освещения на энергоэффективную систему освещения со светодиодными светильниками, количество светильников составит 1321 шт., при этом установленная мощность составит 42,208 кВтч, что в 2,3 раза ниже существующей системы освещения.

Экономический эффект.

Годовая экономия электроэнергии при замене светильников с ЛЛ, на светодиодные светильники составит:

$$\Delta W_{\text{год}} = 105\,808 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Годовая экономия финансовых затрат составит:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = 529\,040 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости определяется по выражению:

$$T_{\text{ок}} = Z_{\text{ин}} / \Delta_{\text{год}} \quad (5)$$

Стоимость мероприятия с учетом всех затрат составит 4 616 500 руб.

Срок окупаемости составит 8,7 года. Учитывая срок эксплуатации светодиодных светильников, который составляет в среднем 50 000 часов [20], данное мероприятие является окупаемым.

Необходимо отметить, что срок службы светодиодных светильников зависит от качества электрической энергии [21]. Результаты замеров качества электроэнергии представлены в Приложении А.

Результаты расчетов занесем в таблицу 8.

Таблица 8 - Перечень энергосберегающих мероприятий

№ п/п	Наименование мероприятий	Затраты, тыс.руб. (план)	Годовая экономия ТЭР (план)			Средний срок окупаемости (план), лет
			В натуральном выражении	Ед. измерения	В стоимостном выражении (тыс.руб)	
1	2	3	4	5	6	7
1	Автоматизация системы освещения в туалетах, подсобных помещениях. Коидорах Электрическая энергия.	375	11,561	тыс.кВтч	57,805	6,5

Продолжение таблицы 8

2	Замена ламп накаливания на энергосберегающие. Электрическая энергия.	175,4	44,1	тыс.кВтч	22,4	4,0
3	Замена светильников ЛЛ на светодиодные светильники	4616,5	105,8	тыс.кВтч	529	8,7
4	Внедрение системы АИИС КУЭ	5800	250	тыс.кВтч	1250	4,64
1	Итого	10791,5	355,8	тыс.кВтч	1836,8	5,9

**Вывод:**

По результатам замеров можно сделать вывод, что качество электрической энергии соответствует все требованиям [13].

## 6 Расчёт потерь, обусловленных допустимыми погрешностями системы учета электроэнергии

Абсолютные потери электроэнергии, обусловленные допустимыми погрешностями системы учета электроэнергии, определяются как предельное значение величины допустимого небаланса электроэнергии в целом по электрической сети с учетом данных за базовый период по формуле [14]:

$$\Delta W_{\text{абс.пот.}} = 0,01 * \sqrt{\delta_{\text{кан}}^2 * W_2^2 + \delta_{\text{кан1}}^2 * W_1^2 + \delta_{\text{кан2}}^2 * W_2^2}, \quad (6)$$

где,  $\delta_{\text{кан}}$  - погрешность измерительного канала принятой активной электроэнергии, %;

$W_2$  – годовое количество электроэнергии, потребленной за базовый период, кВт.ч;

$W_1$  - количество электроэнергии, учтённое измерительными каналами с трансформаторами тока, кВт.ч;

$W_2$  - количество электроэнергии, учтённое измерительными каналами со счётчиками прямого включения, кВт.ч.

Относительные потери электроэнергии, обусловленные допустимыми погрешностями системы учета электроэнергии в базовом периоде равны:

$$\Delta W_{\text{относ. пот.}} = \Delta W_{\text{абс.пот.}} / W_2 * 100, \% \quad (7)$$

Погрешность измерительного канала активной электроэнергии определяется по формуле:

$$\delta_{\text{кан1}} = \pm 1,1 * \sqrt{\delta_{\text{сч1}}^2 + \delta_{\text{ТТ}}^2} = \pm 1,1 * \sqrt{1^2 + 0,5^2} = \pm 1,23\% \quad (8)$$

$$\delta_{\text{кан2}} \pm 1,1 * \sqrt{\delta_{\text{сч1}}^2 + \delta_{\text{ТТ}}^2} = \pm 1,1 * \sqrt{1^2 + 0,5^2} = \pm 1,23\% \quad (9)$$

где:  $\delta_{сч}$ ,  $\delta_{ТТ}$ , - основные допустимые погрешности счетчиков, трансформаторов тока, при нормальных условиях (принимаются по значению классов точности: Электросчётчики С-03.Б – 14 шт., кл. точности – 1,0, Трансформаторы тока ТТИ – 50/5 (5 ВА) - 6 шт., кл. точности – 0,5, %; ТТИ – 200/5 (5 ВА) - 6 шт, ТТИ – 5/5 (5 ВА) кл. точности – 0,2%-10 шт.

$$\Delta W_{\text{абс.пот.}} = 0,01 * \sqrt{(1,23 + 1,23)^2 * 971364^2} = 14570,46 \text{ кВт.ч}$$

$$\Delta W_{\text{относ. пот.}} = 14570,46 / 971364 * 100 = 1,5\%.$$

**Вывод:**

Потери электроэнергии, обусловленные допустимыми погрешностями системы учета электроэнергии для АИИС КУЭ составляют 14570,46 кВт.ч.

## Заключение

В данной выпускной квалификационной работе (ВКР) рассмотрен вопрос повышения энергетической эффективности системы электроснабжения образовательного учреждения в г. Тольятти.

В ходе выполнения ВКР проведен анализ потребления электроэнергии электроприёмниками и системой освещения. Рассмотрена структура объемов потребления электрической энергии различными потребителями. Проведен анализ системы коммерческого учета электрической энергии. На основании анализа разработаны мероприятия по повышению энергетической эффективности системы электроснабжения образовательного учреждения.

Подробно рассмотрен вопрос замены существующей системы освещения на энергоэффективную систему освещения на базе светодиодных светильников. Приведены результаты расчета системы освещения в программной среде DiaLUX.

Проработан вопрос внедрения системы автоматизированного коммерческого учета электрической энергии. При этом, предлагаемые мероприятия основываются на современных технологиях в сфере энергосбережения.

Срок окупаемости предлагаемых мероприятий составляет 5,9 лет, затраты на внедрение мероприятий 10 791 тыс. руб, в годовом выражении экономия электрической энергии составит 355,8 тыс.кВтч в год, а в денежном выражении составит 1836,8 тыс.руб. в год.

Таким образом, реализация разработанных мероприятий позволит существенно снизить затраты образовательного учреждения на электрическую энергию.

Цели и задачи, поставленные в ВКР достигнуты.

## Список используемой литературы

1. Балашова Е.Е. Инструменты мотивации персонала организации / Е.Е. Балашова, О.А. Трифонов// Молодой ученый. — 2016. — №11. — С. 1739-1741. — <https://moluch.ru/archive/115/30527/> (дата обращения: 05.04.2020).
2. Вахнина В.В. Электроэнергетика и электротехника. Выполнение магистерской диссертации: учебно-методическое пособие для студентов направления 13.04.02 / В.В. Вахнина, А.Н. Черненко, О.В. Самолина. – Тольятти: ТГУ, 2018. – 36 с.
3. Кокшаров В.А. Систематизация факторов энергоэффективности промышленного предприятия/ В.А. Кокшаров// Вестник Пермского университета Вып. 1(28). – 2016. – С. 147 – 156
4. Лозенко В.К. Развитие организационных механизмов – ключевой фактор инновационного прогресса в управлении энергоэффективностью / В.К. Лозенко, М.К. Агеев // Журнал «Контроллинг». – 2012. – №1 (43). – С. 55-61.
5. Об Энергетической стратегии РФ на период до 2030 г. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р.
6. Об энергосбережении. Федеральный закон Российской Федерации от 03апреля 1996 г. № 28-ФЗ.
7. Об электроэнергетике. Федеральный закон Российской Федерации от 26 марта 2003 г. № 35-ФЗ.
8. О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики. Указ Президента Российской Федерации от 4 июня 2008 г. № 889.
9. Попов Г.В. Определение индекса технического состояния силовых трансформаторов в процессе их эксплуатации/ Г.В. Попов, И.Б. Игнатъев// «Вестник ИГЭУ» Вып. 4, 2014.

10. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск, Сиб.унив.изд-во, 2010. – 464 с., ил.

11. Российская Федерация. Законы. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Текст]: федер. закон: [принят Гос. Думой 11 ноября 2009 г.: одобр. Советом Федерации 18 ноября 2009 г.]. – М.: - (Актуальный закон).

12. Российская Федерация. Государственная программа. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года [Текст]: гос. программа: [Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 2446-р].

13. Сиваев С.Б. Создание и деятельность энергосервисных компаний и перфоманс-контрактов в России. Том 1: Энергосервис и перформанс контракты: возможности и проблемы их реализации в России/ С.Б. Сиваев; под ред. И.Г. Грицевич – Всемирный фонд дикой природы (WWF) – М., 2011. – 109 с.

14. Система технического обслуживания и ремонтов оборудования [Электронный ресурс]: <https://eam.su/1-sistema-texnicheskogo-obsluzhivaniya-i-remontov-oborudovaniya-2.html> (дата обращения: 19.09.2021)

15. СП 52.13330.2016. Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Утвержденный приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 7 ноября 2016 г. N 777/пр.

16. Туликов А.В. Создание и деятельность энергосервисных компаний и перфоманс -контрактов в России. Том 2: Проекты подзаконных актов и других нормативных документов, регулирующих создание и деятельность энергосервисных контрактов и перфоманс-контрактов в России / А.В. Туликов; под ред. Грицевич И.Г. – Всемирный фонд дикой природы (WWF) Всемирный фонд дикой природы (WWF) – М., 2011. – 91 с.

17. Фатхутдинов Р.И. Экономические аспекты энергосбережения/ Р. И. Фатхутдинов, А.З. Аюпова, Д.И. Баимова, Г.Ф. Галиева// Вопросы экономики и права. № 22017. - С. 64 – 69
18. Шаповалов В.А. Организация эксплуатации и ремонта электрооборудования: практикум/ В.А. Шаповалов. – Тольятти: Изд - во ТГУ, 2016. – 32 с.
19. Шаповалов С.В. Энергосбережение и энергосберегающие технологии: учеб. пособие / С.В. Шаповалов, О.В. Самолина, Н.А. Шаповалова. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2012. – 99 с. : обл.
20. Bellido J. ESCO formation as enabling factor for smart cities development in European Union (UE): Spain case analysis [Text] / J. Bellido, B. Romero // Independent Journal of Management & Production. – 2015. - Vol. 6. - № 4. - PP. 866 – 884. – URL: <http://www.ijmp.jor.br/index.php/ijmp/article/view/325/252>
21. Ionescu M. The management of the energy companies [Text] / M. Ionescu // The Annals of the University of Oradea. Economic Sciences. – 2014. – Vol. XXIII. - Issue 1. - PP. 1184 – 1193. – URL: <http://anale.steconomieuoradea.ro/volume/2014/n1/131.pdf>
22. Guide to Energy Performance Contracting Best Practices [Text] - Department of Energy & Climate Change. - 2015. – URL: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/395076/guide\\_to\\_energy\\_performance\\_contracting\\_best\\_practices.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/395076/guide_to_energy_performance_contracting_best_practices.pdf)
23. Kott M. Efficiency of Electricity Utilisation in Households in the Context of European Energy Policy [Text] / M. Kott // Acta Energetica. - 2015. - Vol. 4. - № 25. - PP. 54 – 59. – URL: [http://www.actaenergetica.org/uploads/original/pdf\\_import/b77a3196\\_Kott-Efficiency-of-Electricity.pdf](http://www.actaenergetica.org/uploads/original/pdf_import/b77a3196_Kott-Efficiency-of-Electricity.pdf)
24. Laskurain I. Contribution to Energy Management of the Main Standards for Environmental Management Systems: The Case of ISO 14001 and

EMAS [Text] / I. Laskurain, A. Ibarloza, A. Larrea, E. Allur // Energies. - 2017. - № 10. - URL: <http://www.mdpi.com/1996-1073/10/11/1758>

25. Mahapatra C. Energy Management in Smart Cities Based on Internet of Things: Peak Demand Reduction and Energy Savings [Text] / C. Mahapatra, A. Moharana, V. Leung // Sensors. - 2017. - URL: <http://www.mdpi.com/1424-8220/17/12/2812>

26. Păunescu C. Effective energy planning for improving the enterprise's energy performance [Text] / C. Păunescu, L. Blid // Management și Marketing. Challenges for the Knowledge Society. – 2016. – Vol. 11. - Issue 3. - PP. 512 – 531. - URL: <https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/mmcks.2016.11.issue-3/mmcks-2016-0013/mmcks-2016-0013.pdf>

27. Practical Guide for Implementing an Energy Management System [Text] / United Nations Industrial Development Organization. – 2013. - URL: <http://www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/Practical-Guide-EnMS-Implementation.pdf>

28. Rojas-Renteria J. An Electrical Energy Consumption Monitoring and Forecasting System [Text] / J. Rojas-Renteria, T. Espinoza-Huerta, F. Tovar-Pacheco, J. Gonzalez-Perez, R. Lozano-Dorantes // Engineering, Technology & Applied Science Research. – 2016. - Vol. 6. - № 5. - PP. 1130 – 1132. – URL: <http://www.etasr.com/index.php/ETASR/article/download/776/375>

## Приложение А

### Результаты измерений качества электрической энергии

Качество электрической энергии, потребляемой объектом обследования, определено инструментальными методами в соответствии ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

Инструментальные замеры фактического значения показателей качества электрической энергии на объекте потребления был произведен в щите РУ 0,4 кВ.

Расход электрической энергии и основные показатели качества электрической энергии были измерены с помощью прибора Ресурс - UF2.

Далее приведены графики инструментальных замеров показателей основных параметров электропотребления учебного корпуса №1.

Таблица А.1 - Показатели основных параметров

Дата проведения замера	29.02.2020
Потребление электрической энергии кВт·ч	85,276
Потребление реактивной мощности кВар·ч	27,326
Время $P_{max}$ ,	14.04
Величина $P_{max}$ , кВт	0,654
Коэффициент мощности	0,4
Коэффициент формы графика нагрузки	
Коэффициент заполнения графика нагрузки	

## Продолжение Приложения А

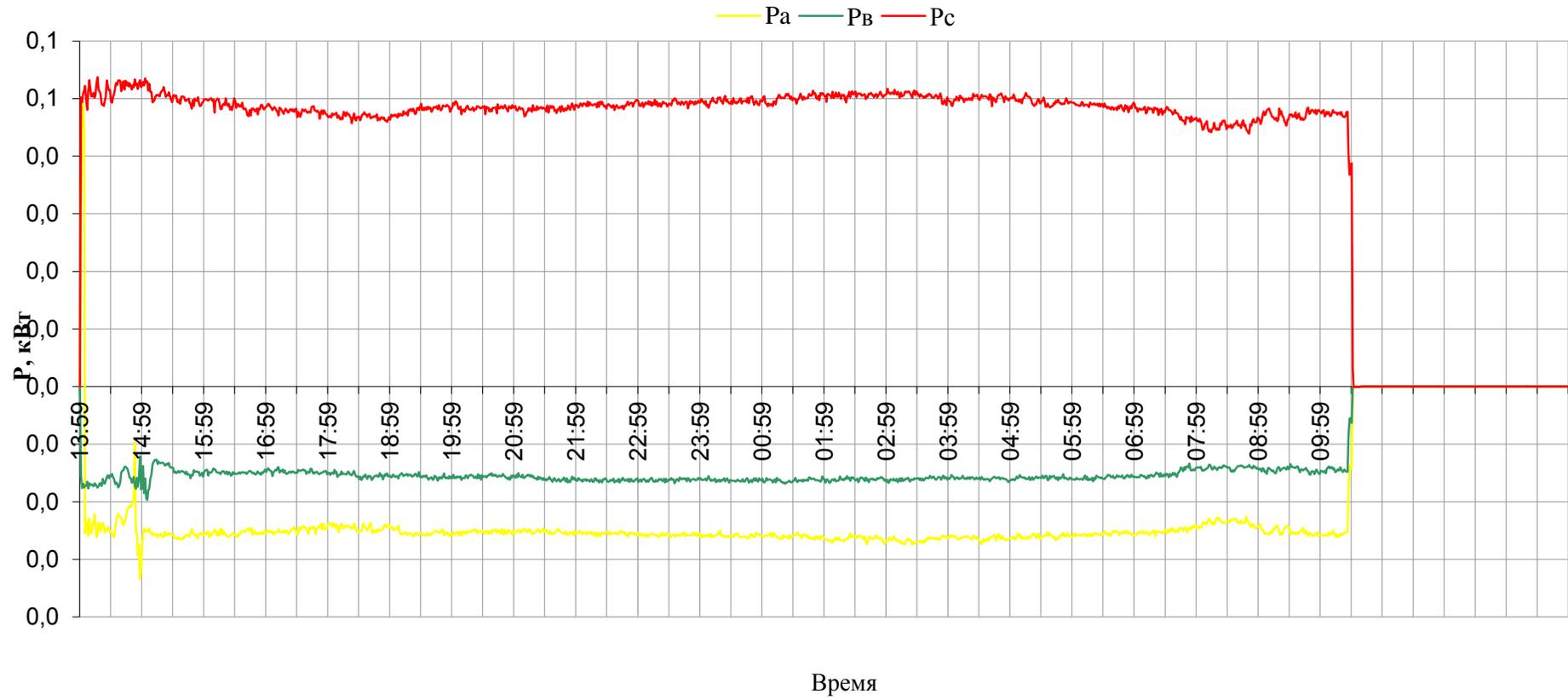


Рисунок А.1 – График активной нагрузки

Продолжение Приложения А

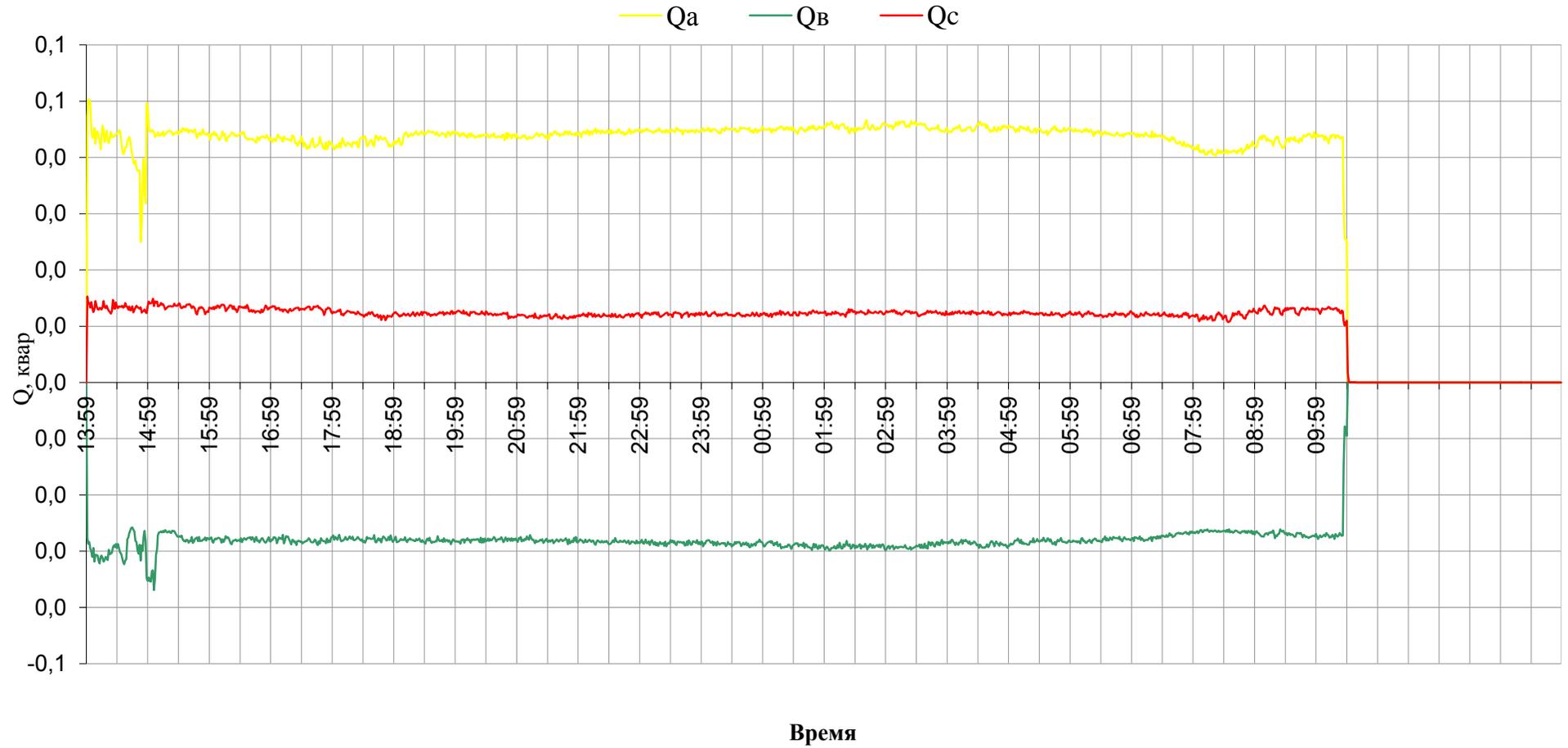


Рисунок А.2 – График потребления реактивной нагрузки

### Продолжение Приложения А

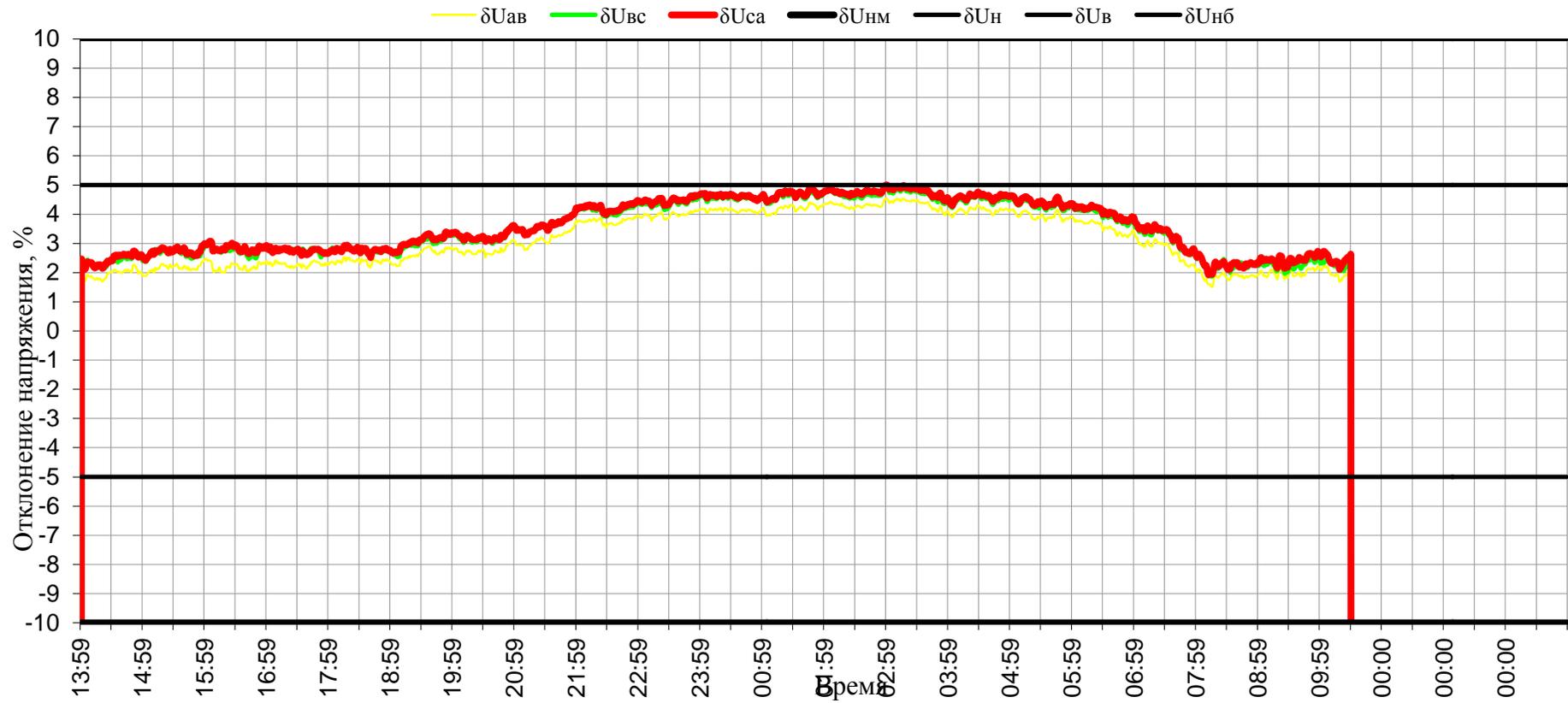


Рисунок А.3 – Отклонения междуфазных напряжений

Продолжение Приложения А

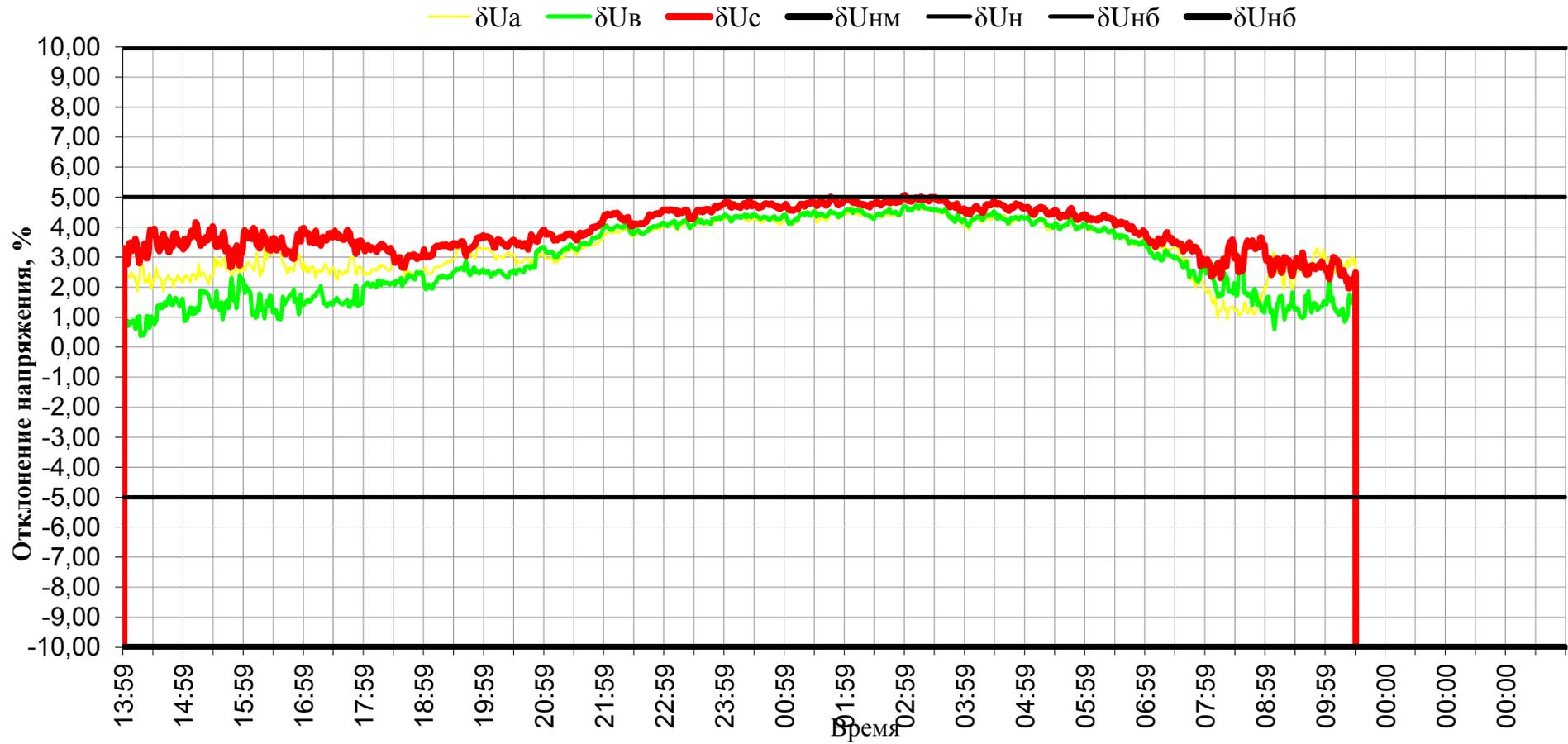


Рисунок А.4 – График отклонения фазных напряжений