



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики
Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Отделение электроэнергетики и электротехники
Специализация Оптимизация развивающихся систем электроснабжения

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
«Повышение эффективности работы системы электроснабжения организации среднего общего образования»

УДК 658.26-027.236:373

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM13	Штайгер Дарья Глебовна		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Плотников И.А.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Маланина В.А.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель	Мезенцева И.Л.	-		

По разделу на иностранном языке:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Щеголихина Ю.В.	к.ф.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сайгаш А.С.	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1.	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2.	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3.	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4.	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5.	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6.	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1.	Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки
ОПК(У)-2.	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1.	Способен разрабатывать научно-методические и учебно-методические материалы, обеспечивающие реализацию учебных курсов, дисциплин, программ профессионального обучения
ПК(У)-2.	Способен осуществлять руководство научно-исследовательской, проектной, учебно-профессиональной деятельностью
ПК(У)-3.	Способен разрабатывать проекты систем электроснабжения с возобновляемыми источниками энергии
ПК(У)-4.	Способен разрабатывать, реализовывать и осуществлять контроль выполнения технических и организационных мероприятий, направленных на энергосбережение и повышение энергетической эффективности
ПК(У)-5.	Способен разрабатывать и выполнять техническое обслуживание технических средств автоматизированных систем управления технологическим процессом

Код компетенции	Наименование компетенции
ПК(У)-6.	Способен осуществлять планирование работ по безопасной эксплуатации и своевременному ремонту электроэнергетического оборудования.
ПК(У)-7.	Способен применять методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение электроэнергетических систем с возобновляемыми источниками энергии



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа энергетики
Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Отделение электроэнергетики и электротехники
Специализация Оптимизация развивающихся систем электроснабжения

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись)

(Дата)

Сайгаш А.С.
(ФИО)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
5AM13	Штайгер Дарья Глебовна

Тема работы:

Повышение эффективности работы системы электроснабжения организации среднего общего образования	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	09.02.2023, № 40-11/с

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	06.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i></p>	<p>Объектом исследования является «МБОУ СОШ им. 8 Марта».</p> <p>В качестве исходных данных представлены:</p> <ul style="list-style-type: none"> - генеральный план школы; сведения об электрических нагрузках.
<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке <i>(аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</i></p>	<p>Детальный анализ объекта исследования, анализ структуры энергопотребления, описание возможных энергосберегающих мероприятий; описание технической реализации предложенных энергосберегающих мероприятий; экономический анализ проекта; исследование вредных и опасных факторов рабочего места; заключения по работе.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> - Схема электроснабжения школы - Схема электроосвещения школы - Схема электрическая принципиальная до 1000 В

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Маланина Вероника Анатольевна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
Иностранный язык	Щеголихина Юлия Викторовна
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
Введение	
Определение и разработка подходящих мер по энергосбережению	
Заключение	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	11.02.2023
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Плотников И.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM13	Штайгер Дарья Глебовна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5AM13	Штайгер Дарья Глебовна

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение школы (НОЦ)	ОЭЭ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску. Оклады: инженер – 17000 руб.; руководитель – 31000 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Премимальный коэффициент 30%; Коэффициент доплат и надбавок 15%; Коэффициент дополнительной заработной платы 13%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2%.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>1. Анализ потенциальных потребителей 2. Анализ конкурентных технических решений 3. SWOT-анализ проекта</i>
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>1. Определение структуры НТИ 2. Определение трудоёмкости работ</i>
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>1. Разработка графика проведения НТИ 2. Определение бюджета НТИ</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>1. Оценка ресурсоэффективности проекта с помощью интегрального показателя</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. «Портрет» потребителя результатов НТИ 2. Сегментирование рынка 3. Оценка конкурентоспособности технических решений 4. Матрица SWOT 5. График проведения и бюджет НТИ 6. Оценка ресурсоэффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	25.02.2023
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ТПУ	Маланина Вероника Анатольевна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM13	Штайгер Дарья Глебовна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 185 страниц, 38 рисунков, 60 таблиц, 47 источников и 11 приложений.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, потребление энергоресурсов, анализ потребления электрической энергии, энергосберегающие мероприятия, система электроснабжения, осветительные установки, возобновляемая энергетика, менеджмент, социальная ответственность.

Объектом исследования в данной работе является средняя общеобразовательная школа «МБОУ СОШ им. 8 Марта».

Цель работы – оптимизация системы электроснабжения образовательного учреждения согласно всем нормативным документам, используя все возможные пути повышения энергосбережения и снижения потребления электрической энергии.

В процессе исследования проводились анализ структуры потребления электрической энергии, прогнозирование потребления электрической энергии учебным заведением, выявление основных потребителей.

В результате был проведен расчет замены существующей системы освещения на более энергоэффективную, был предложен вариант установки солнечных панелей на крыше школы и рассмотрена возможность перехода на другую ценовую категорию. Определена экономическая целесообразность предложенных мероприятий, подсчитаны все затраты и представлена безопасность для окружающей среды.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: было предложено изменить систему освещения, заменить источники света, и для более экономичного использования энергоресурсов – внедрить установку солнечных панелей.

Область применения: разработанная программа энергосбережения может быть применена к любым общественным учреждениям.

Экономическая эффективность/значимость работы: реализация предложенных мероприятий по энергосбережению позволит снизить электропотребление на 103 853 кВтч в год и плату за электроэнергию на 831 810 руб./год.

В будущем планируется дальнейшая разработка и внедрение энергосберегающих мероприятий, требующих больших временных и материальных затрат.

Сокращения

АКБ – аккумуляторная батарея;

ВРУ – вводно-распределительное устройство;

ИБП – источник бесперебойного питания;

КЛ – кабельная линия электропередач;

ППУ – панель противопожарных устройств;

ТП – трансформаторная подстанция;

УЗО – устройство защитного отключения;

ЩО – щит освещения;

ЩР – распределительный щит;

ЭП – электроприемник;

ЭЭ – электрическая энергия;

ЭЭС – электроэнергетическая система.

Оглавление

Реферат	10
Сокращения	11
Введение	15
1 Обзор основных способов и методов повышения эффективности систем электроснабжения образовательных учреждений.....	16
1.1 Анализ динамики мирового потребления электроэнергии.....	16
1.2 Программа капитального ремонта и строительства школ.....	19
1.3 Анализ динамики потребления электроэнергии образовательным учреждением.....	21
1.4 Анализ нормативных документов.....	22
1.5 Возможные методы энергосбережения для образовательных учреждений.....	23
1.6 Цели и задачи	27
2 Проектирование системы электроснабжения общеобразовательного учреждения	28
2.1 Расчет электрических нагрузок	28
2.2 Суточный график электрических нагрузок.....	43
2.3 Выбор защитных аппаратов.....	46
2.4 Разработка линий электроснабжения до 1000 В.....	47
2.5 Оценка установившегося отклонения напряжений.....	56
3 Определение и разработка подходящих мер по энергосбережению	65
3.1 Проектирование освещения.....	67
3.1.1 Выбор светильников	67
3.1.2 Выбор выключателей	71
3.1.3 Выбор проводников	73
3.2 Уличное освещение.....	81
3.3 Возобновляемая энергетика.....	84
3.3.1 Определение энергетических характеристик ветра	84
3.3.2 Определение энергетических характеристик солнца	87
3.3.3 Обоснование при выборе оборудования солнечной станции	91
3.3.4 Структура солнечной системы электроснабжения.....	95
3.4 Выбор ценовой категории.....	101

3.4.1	Первая ценовая категория.....	101
3.4.2	Вторая ценовая категория.....	102
3.4.3	Ценовая категория с учетом возобновляемой энергетики.....	104
3.4.4	Ценовая категория с учетом ИБП.....	109
4	Оценка предложенных мероприятий.....	111
5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	112
5.1	Предпроектный анализ.....	112
5.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования.....	112
5.1.2	Анализ конкурентных технических решений.....	113
5.1.3	SWOT – анализ.....	115
5.2	Инициация проекта.....	118
5.2.1	Цели и результат проекта.....	118
5.2.2	Организационная структура проекта.....	119
5.3.	Планирование научно-исследовательских работ.....	120
5.3.1	Структура работы в рамках научного исследования.....	120
5.3.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	121
5.3.3	Разработка графика проведения научного исследования.....	122
5.4	Бюджет научно-технического исследования.....	126
5.4.1	Расчет затрат на специальное оборудование.....	126
5.4.2	Заработная плата исполнителей.....	127
5.4.3	Отчисления во внебюджетные фонды.....	129
5.4.4	Накладные расходы.....	130
5.4.5	Формирование бюджета затрат научно-технического проекта.....	130
5.5	Оценка ресурсоэффективности проекта.....	131
	Вывод.....	133
6	Социальная ответственность.....	134
	Введение.....	134
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности....	134
6.1.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	134
6.1.2	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны....	135
6.2	Производственная безопасность.....	136

6.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов	136
6.2.2 Расчет системы искусственного освещения	142
6.3 Экологическая безопасность	145
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	146
Вывод по разделу	148
Заключение	150
Список использованных источников	151
Приложение А	155
Приложение Б.....	156
Приложение В – Комплект конструкторской документации	157

Введение

В настоящее время энергетические ресурсы в общественных зданиях используются нерационально. Каждая организация должна проводить систематический анализ потребляемых энергоресурсов для их эффективного использования. В данной работе был проведен анализ потребления энергоресурсов образовательным учреждением на примере средней школы.

Согласно Федеральному закону № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 года, образовательные учреждения должны обеспечить снижение энергопотребления не менее чем на 3% в год в течение пяти лет.

Целью данной работы является оптимизация системы электроснабжения образовательного учреждения согласно всем нормативным документам, используя все возможные пути повышения энергосбережения и снижения потребления электрической энергии (ЭЭ).

В данной работе разрабатывается проект системы электроснабжения и рассматриваются возможные мероприятия по энергосбережению, на примере «МБОУ СОШ им. 8 Марта». В первом разделе приводится анализ динамики потребления электроэнергии образовательным учреждением и рассмотрение способов и методов повышения эффективности систем электроснабжения.

Во втором разделе приведен расчет электрических нагрузок, произведен выбор защитных аппаратов и кабельных линий.

В третьем разделе рассматриваются подходящие меры по энергосбережению электроэнергии. Одним из простых способов является замена источников света и реконструкция системы освещения в целом. Также для более эффективного использования энергоресурсов предложена система с использованием солнечных панелей и аккумуляторных батарей.

В результате провели оценку предложенных мероприятий: подсчитали экономию годового потребления электроэнергии, затраты и срок окупаемости внедрения нового оборудования. Определена экономическая целесообразность предложенных мероприятий и представлена безопасность для окружающей среды.

1 Обзор основных способов и методов повышения эффективности систем электроснабжения образовательных учреждений

1.1 Анализ динамики мирового потребления электроэнергии

Рост производства и потребления энергии, с одной стороны – ключевое условие и индикатор экономического развития, с другой – фактор роста нагрузки на окружающую среду, рисков дефицита энергетических ресурсов и природно-техногенных катастроф. Таким образом, актуален анализ реального положения дел и тенденций в мировой энергетике, основанный на максимально полной информации по миру в целом и отдельным регионам в пространственно-временном разрезе, и выстраивания реалистичных прогнозов на его основе.

Информационной основой для исследования является статистическая информация ведущих мировых агентств и корпораций (ООН, Международное энергетическое агентство, Всемирный банк, British Petroleum) по энергопотреблению и численности населения.

Динамика мирового потребления энергии тесно связана с темпами роста населения. Мировое потребление первичной энергии до XX века росло невысокими темпами. К 1800 году оно составляло менее 6 тыс. ТВт·ч, а к 1900 году выросло примерно вдвое, до 12 тыс. ТВт·ч в год. В XX веке происходит ускорение роста энергопотребления, и к 2019 оно увеличилось до 160 тыс. ТВт·ч, или в 13 раз по сравнению с началом XX века. В свою очередь, мировое население в течение XIX века выросло с 1 до 1,6 млрд, а к 2019 году увеличилось почти в 5 раз и достигло 7,7 млрд. В то же время, если до 1970-х годов фиксируется ускорение роста обоих показателей, то далее, в последние 50 лет, оно сменяется их устойчивым замедлением. Потребление энергии на душу населения также растёт, но, если до 1970-х годов темпы роста увеличились, позже обозначилась тенденция к замедлению (рис. 1). [1]

Год	Население		Энергия			
	млн	Среднегодовые темпы роста за период,%	ТВт·ч	Среднегодовые темпы роста за период,%	Душевое потребление, кВт·ч	Среднегодовые темпы роста душевого потребления за период,%
1800–2019 гг.						
1800	1 000		5 700		5 700	
1900	1 600	0,5 %	12 000	0,7 %	7 500	0,3 %
1950	2 500	0,9 %	29 000	1,8 %	11 600	0,9 %
1975	4 100	2 %	67 000	3,4 %	16 300	1,4 %
2000	6 100	1,6 %	110 000	2 %	18 000	0,4 %
2019	7 700	1,2 %	162 000	2,1 %	21 000	0,8 %
1970–2019 гг.						
1970	3 700		57 000		15 400	
1980	4 500	2 %	78 000	3,2 %	17 300	1,3 %
1990	5 300	1,7 %	95 000	2 %	17 900	0,4 %
2000	6 100	1,4 %	110 000	1,5 %	18 000	0,1 %
2010	7 000	1,4 %	141 000	2,5 %	20 100	1,2 %
2019	7 700	1,1 %	162 000	1,6 %	21 000	0,6 %

Рисунок 1 – Динамика численности населения и энергопотребления в мире

В то же время, в некотором диапазоне колебаний сохраняется достаточно стабильное соотношение прироста численности населения и энергопотребления (рис. 2).

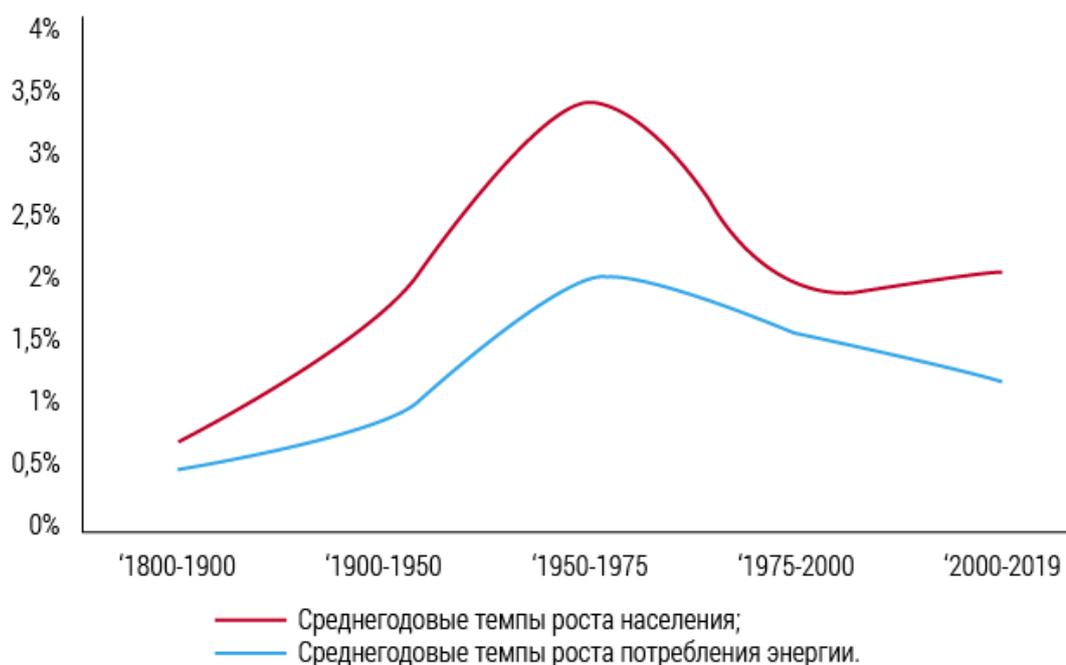


Рисунок 2 – Темпы среднего годового роста численности населения и энергопотребления

На каждый 1 % годового прироста населения в среднем приходится 1,5 % прироста энергопотребления. Допустив сохранение данного соотношения на уровне 1,5 в долгосрочной перспективе и прогнозы ООН по численности населения (средний, максимальный и минимальный) до конца XXI века, мы можем рассчитать и вероятный уровень годового энергопотребления на этот период. Расчёт в соответствии со средним вариантом роста населения даёт рост валового мирового энергопотребления примерно в 1,4 раза к 2050 году и в 1,7 раза – к 2100. Исходя из максимального прогноза, годовое потребление энергии человечеством должно вырасти в 1,6 раза к 2050 году и в 2,8 раза – к 2100 году (рис. 3). [1]

Год	Население, млн			Годовые темпы роста населения, средние за период, %			Годовые темпы роста потребления энергии, средние за период, %			Годовое потребление энергии, тыс. ТВт·ч		
	сред.	макс.	мин.	сред.	макс.	мин.	сред.	макс.	мин.	сред.	макс.	мин.
2020	7 800	7 800	7 800	-	-	-	-	-	-	165	165	165
2030	8 500	8 700	8 400	0,9 %	1,1 %	0,7 %	1,4 %	1,7 %	1,1 %	189	194	183
2040	9 200	9 700	8 700	0,8 %	1,1 %	0,4 %	1,2 %	1,7 %	0,6 %	213	229	194
2050	9 700	10 600	8 900	0,5 %	0,9 %	0,2 %	0,8 %	1,4 %	0,3 %	229	262	200
2060	10 200	11 500	8 900	0,5 %	0,8 %	0 %	0,8 %	1,2 %	0 %	247	295	200
2070	10 500	12 500	8 700	0,3 %	0,8 %	-	0,5 %	1,2 %	-	258	332	-
2080	10 700	13 500	8 300	0,2 %	0,8 %	-	0,3 %	1,2 %	-	266	374	-
2090	10 800	14 500	7 900	0,1 %	0,7 %	-	0,2 %	1,1 %	-	270	416	-
2100	10 900	15 600	7 300	0,1 %	0,7 %	-	0,2 %	1,1 %	-	274	461	-

Рисунок 3 – Расчет мирового потребления энергии в XXI веке

Все эти факторы заставляют современный мир изобрести меры, которые, с одной стороны, позволят снизить уровень энергопотребления и выработки энергии, а с другой стороны, снизить стоимость энергии. Существует необходимость сокращения потребления энергии, поскольку это может привести к нерациональному использованию ресурсов. Нерациональное потребление энергии может привести не только к негативному влиянию на бизнес, но и к необратимым экологическим последствиям.

1.2 Программа капитального ремонта и строительства школ

По заявлению Президента России Владимира Путина в 60% школ в стране необходимо провести текущий ремонт. А еще 10% учебных заведений находятся в аварийном состоянии, то есть ремонтировать их надо как можно скорее. В связи с этим в июне 2021 года Президент заявил: «Прошу правительство совместно с регионами с участием «Единой России» подготовить специальную программу капитального ремонта школ, рассчитанную на ближайшие пять лет, с акцентом на сельские школы.»

К августу в Правительстве подсчитали, что без капитального ремонта категорически нельзя обойтись в 7,3 тыс. школ по всей стране. Президентом поставлена задача достаточно быстрыми темпами реализовать этот проект. Это значит, что **не менее 1 500 школ** будут подвергнуты капитальному ремонту в предстоящий период. [2]

Выступая на съезде "ЕР", глава государства напомнил, что за счет средств федерального бюджета и других ресурсов реализуется программа по строительству новых общеобразовательных учреждений. До конца 2024 года планируется сдать не менее 1300 новых школ, в которых будут учиться свыше миллиона детей. [3]

Так, например, в Томске в 2021 году планировалось сделать капитальный ремонт в 17 образовательных учреждениях (таблица 1). [4]

В России находится много школ, которые были построены еще в советское время. На сегодняшний день никто не планирует сносить эти школы и строить новые современные, именно поэтому есть большая необходимость в оптимизации уже имеющейся системы электроснабжения. Что позволило бы экономить на потреблении электроэнергии значительные суммы.

Таблица 1 - Перечень объектов, подлежащих капитальному ремонту в 2021 году

Подпрограмма "Строительство, реконструкция, капитальный ремонт и приобретение в муниципальную собственность объектов образования"	
1	Капитальный ремонт МБДОУ детский сад общеразвивающего вида № 72 г. Томска по адресу: г. Томск, ул. Щорса, 15/2 (ПИР)
2	Капитальный ремонт кровли объекта дошкольного образования МАДОУ № 95 г. Томска по адресу: г. Томск, ул. Айвазовского, 37
3	Капитальный ремонт кровли МАДОУ Центр развития ребенка - детский сад № 63 г. Томска, расположенного по адресу: г. Томск, пер. Нечевский, 21
Муниципальная программа "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности" на 2015-2025 годы"	
4	Капитальный ремонт систем отопления МАДОУ № 45 г. Томска по адресу: г. Томск, пр. Фрунзе, 133
5	Капитальный ремонт системы отопления и системы горячего водоснабжения МБДОУ № 46 г. Томска по адресу: г. Томск, ул. Войкова, 82б
6	Капитальный ремонт систем отопления МАДОУ № 2 г. Томска по адресу: г. Томск, пер. Базарный, 11
7	Капитальный ремонт системы отопления здания МАДОУ № 63 г. Томска по адресу: г. Томск, пер. Нечевский, 21
8	Капитальный ремонт МБДОУ № 66 г. Томска, по адресу: г. Томск, пер. Механический, 1
9	Капитальный ремонт системы отопления МАДОУ № 3 г. Томск по адресу: г. Томск, пос. Светлый, 36
Подпрограмма "Строительство, реконструкция, капитальный ремонт и приобретение в муниципальную собственность объектов образования"	
10	Капитальный ремонт спортивного зала МАОУ СОШ № 41 г. Томска по адресу: г. Томск, ул. Тверская, 74а (ПИР)
11	Капитальный ремонт кровли МАОУ лицей № 7 г. Томска по адресу: г. Томск, ул. Интернационалистов, 12
12	Капитальный ремонт МАОУ лицей № 8 им. Н.Н. Рукавишникова г. Томска по адресу: г. Томск, пр. Кирова, 12
13	Капитальный ремонт спортивного зала МАОУ лицей № 8 им. Н.Н. Рукавишникова г. Томска по адресу: г. Томск, пр. Кирова, 12
14	Капитальный ремонт МАОУ средняя общеобразовательная школа № 5 им. А.К. Ерохина г. Томска по адресу: г. Томск, ул. Октябрьская, 16, ул. Октябрьская, 25
15	Капитальный ремонт МАОУ СОШ № 19 г. Томска по адресу: г. Томск, ул. Центральная, 4а
16	Капитальный ремонт МАОУ СОШ № 23 г. Томска, по адресу: г. Томск, ул. Лебедева, 94
17	Капитальный ремонт кровли МАОУ ДО "Дворец творчества детей и молодежи г. Томска" по адресу: г. Томск, ул. Вершинина, 17

1.3 Анализ динамики потребления электроэнергии образовательным учреждением

В условиях экономического кризиса, школе необходимо экономить все денежные средства, выделяемые на её содержание, в том числе и расходов на оплату электроэнергии. Экономия электроэнергии не помогает снизить её потребление. Значит нужно искать эффективные способы для снижения потребления электроэнергии, для этого необходимо выяснить, какие именно лампы или электроприборы, техника составляют большую долю потребления электроэнергии в школе. Была выдвинута гипотеза о том, что большую долю потребления электроэнергии в школе составляют: плиты в столовой и люминесцентные лампы для освещения учебных кабинетов и коридоров школы, а также лампы накаливания в учебных кабинетах.

Рассмотрим на примере «МБОУ СОШ им. 8 Марта», располагающейся по адресу: Московская область, Солнечногорский район, дачный поселок Поварово, микрорайон Поваровка. Школа имеет четыре этажа (цокольный и три надземных) общей вместительностью 384 ученика. В школе располагаются различные приборы и установки, потребляющие электрическую энергию, такие как электроплиты, холодильники, морозильники, компьютеры, станки в классе технологии, телевизоры, принтеры, осветительные приборы. Диаграмма анализа нагрузок потребления приведена на рис. 4.

Полные расходы школы сведены в диаграмму на рис. 5. Можно увидеть, что весь бюджет почти 18,5 миллионов, из них 55% или 10,1 миллион рублей, это зарплата всех работников школы (учителя + соц. психолог служба, технички, сторожа, вахтёры, повара, завхоз и лаборанты), 17% или 3 миллиона это взносы на зарплату. Получается на зарплату с налогами уходит 72% бюджета или 13 миллионов 160 тыс. рублей. Коммунальные услуги это два миллиона рублей или 11% бюджета. [5]



Рисунок 4 – Анализ нагрузок потребления



Рисунок 5 – Диаграмма бюджета школы

1.4 Анализ нормативных документов

Для проектирования электроснабжения в учебном заведении необходимо руководствоваться следующими документами:

- Федеральный закон от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;

- Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» N 384-ФЗ от 30 декабря 2009 года;
- Федеральный закон №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 18.11.2009 г.
- «Положения о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию», утвержденного постановлением Правительства РФ от 16.02.2008 г. №87;
- СП 256.1325800.2016 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа».
- Правила устройства электроустановок, ПУЭ, издание 7.
- СП 52.13330.2016 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
- СО 153-34.21.122-2003. «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций».
- РД 34.35.512 «Инструкция по эксплуатации оперативных блокировок безопасности в распределительных устройствах высокого напряжения»;
- ГОСТ 32395-2013 «Щитки распределительные для жилых зданий»;
- ГОСТ 32396-2013 «Устройства вводно-распределительные для жилых и общественных зданий»;
- ГОСТ 32397-2013 «Щитки распределительные для производственных и общественных зданий»;
- ГОСТ Р 53325-2012 «Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний».

1.5 Возможные методы энергосбережения для образовательных учреждений

Анализируя сложившуюся ситуацию с быстрыми темпами роста мировой электроэнергии во всем мире, можно сказать, что существует

необходимость в мерах по реализации, которые позволят снизить уровень энергопотребления.

Энергосберегающие методы являются направленными на контроль и снижение энергопотребления организации. Следующие факторы важны, потому что они могут привести к:

- 1) снижению стоимости;
- 2) сокращению выбросов углерода и вызванное им экологическое воздействие;
- 3) снижению риска - чем больше энергии потребляется, тем выше риск того, что рост цен на энергоносители или дефицит поставок могут серьезно повлиять на компанию. При управлении энергопотреблением этот риск можно устранить, уменьшив спрос на энергию и контролируя его, чтобы сделать его более предсказуемым.

Одним из наиболее важных факторов является то, что программа энергосбережения должна применяться ко всем зданиям или к группе зданий. Эффект энергосберегающих мер не будет наблюдаться при применении только к одному зданию. Большую роль в этой области играет масштаб внедрения энергосберегающих мероприятий.

В настоящее время понятие энергоэффективности лежит в основе концепции энергосбережения. Быть энергоэффективным означает использовать меньше энергии для того же объема работы. Энергоэффективность может быть достигнута разными способами, приведем примеры с сохранением тепла. Во-первых, существующие здания могут быть утеплены с использованием современных изоляционных материалов. Еще одна возможность - замена окон с внедрением новых стеклопакетов, которые исключают потери тепла. Следующая возможность может быть применена к промышленным зданиям. Благодаря использованию современных технологий

существует возможность повторного использования тепла, которое вырабатывается в ходе технологического процесса, и такое тепло может быть снова использовано в промышленных целях. [6]

В настоящее время для большинства общественных зданий доля энергопотребления на освещение составляет от 30 % до 45 % от общего потребления энергии в здании. Иногда до двух третей от этой величины можно сберечь благодаря дешёвым и простым энергосберегающим мероприятиям:

1) Выключение освещения при выходе из помещения; выключение электроприборов, когда они не используются. Это кажется очевидным, но во многих школах и детских садах большое количество электроприборов работают круглосуточно, находясь в режиме ожидания.

2) Поддержания отражающей поверхности осветительных приборов в чистоте (на грязной поверхности теряется до 50 % освещённости) – наиболее дешёвые способы по энергосбережению.

3) Светлый интерьер создаёт дополнительное ощущение более светлого пространства и уменьшает потребность в использовании искусственного освещения.

4) Сбережение электроэнергии на уровне 30-70 % даёт сочетание двух составляющих: хорошего естественного освещения и хорошо регулируемого искусственного освещения.

5) Лампы накаливания заменить на энергосберегающие [7].

В быту применяются для освещения несколько видов ЭСЛ: галогенные – экономия электричества до 50%; люминесцентные – экономия до 80%; светодиодные – экономия 80-90%.

6) Использовать альтернативные источники энергии.

7) Можно применить систему регулирования напряжения посредством реле неприоритетных нагрузок.

Реле приоритета нагрузок (или реле управления нагрузкой), служит средством автоматического отключения неприоритетных нагрузок в случае, если начинается превышение максимально допустимого общего тока. То есть это устройство лимитирует потребляемую от сети электрическую мощность посредством отсоединения от сети неприоритетных нагрузок, когда это необходимо, и оставляя подключенными лишь приоритетные.

8) Использование датчиков освещения.

Датчики для автоматического управления освещением можно классифицировать по типу срабатывания:

а) Датчики освещенности. Включают свет, когда на улице темнеет. Преимуществом является то, что не будет ложных срабатываний в светлое время суток, а недостаток один – бесполезный расход электроэнергии при освещении, когда рядом нет людей.

б) Акустические датчики. Реагируют на звуки и шумы поблизости, например, на шаги и голос.

в) Датчики движения или присутствия. Срабатывают, когда кто-то проходит рядом или появляется в поле зрения другим. Что и является преимуществом — свет включается только тогда, когда есть движение в поле зрения датчика, но это же и недостаток — нужно предусмотреть возможность его отключения днём (и не забывать включать его ночью).

г) Комбинированные устройства срабатывают по двум вышеперечисленным факторам. Например, комбинированный датчик движения включает освещение при наличии движения в его зоне контроля только при недостаточной освещенности, а при достаточном уровне освещенности включение света происходить не будет, таким образом устраняется главный недостаток датчика движения. [8]

9) Система управления освещением.

Это интеллектуальная сеть, которая позволяет обеспечить нужное количество света, где и когда это необходимо.

1.6 Цели и задачи

Как было показано выше в настоящее время оптимизации систем электроснабжения в таких учреждениях уделяется большое внимание, отсюда актуальность и практическая значимость данной работы.

Целью данной работы является оптимизация системы электроснабжения образовательного учреждения согласно всем нормативным документам, используя все возможные пути повышения энергосбережения и снижения потребления электрической энергии (ЭЭ).

Для достижения поставленной цели, необходимо выполнить ряд задач:

- показать актуальность данной темы и необходимость системного подхода к решению проблем энергосбережения и экологии;
- выполнить анализ электрических нагрузок образовательного учреждения;
- рассмотреть возможные энергосберегающие мероприятия по наиболее эффективному использованию энергоресурсов в образовательных учреждениях;
- разработать проект системы электроснабжения типовой школы с внедрением энергосберегающих мероприятий;
- оценить эффективность внедрения энергосберегающих мероприятий;
- рассчитать затраты, требующиеся для реализации проекта;
- провести анализ опасных и вредных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте.

2 Проектирование системы электроснабжения общеобразовательного учреждения

2.1 Расчет электрических нагрузок

Для анализа и оптимизации системы электроснабжения образовательного учреждения в качестве типового объекта возьмем «МБОУ СОШ им. 8 Марта», располагающуюся по адресу: Московская область, Солнечногорский район, дачный поселок Поварово, микрорайон Поваровка (рисунок 9). Школа имеет четыре этажа (цокольный и три надземных) общей вместительностью 384 ученика. В школе располагаются различные приборы и установки, потребляющие электрическую энергию, такие как электроплиты, холодильники, морозильники, компьютеры, телевизоры, принтеры, осветительные приборы.

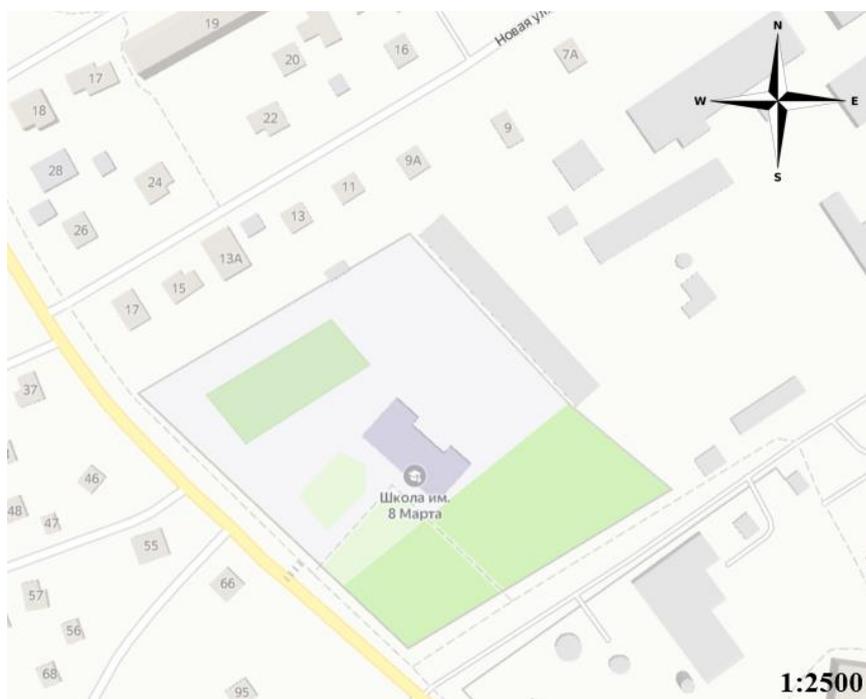


Рисунок 9 – Расположение школы на местности

Была выбрана эта школа, потому что она является типовой общеобразовательной школой, средних размеров. Именно таких школ очень

много в каждом городе, для примера в городе Томске есть подобные школы, такие как Лицей № 8 имени Н. Н. Рукавишникова, Средняя общеобразовательная школа № 49, МАОУ Лицей № 51.

Как видно на рисунке выше, рядом со школой располагается множество жилых домов. Определяющими факторами при выборе числа и мощности трансформаторов ТП 10(6)/0,4 кВ являются критерии надежности, затраты на питающую сеть 0,4 кВ, потери мощности в этой сети и в трансформаторах, затраты на компенсацию реактивной мощности и строительную часть ТП. Для точного учета перечисленных факторов необходимо выполнять техникоэкономические расчеты предполагаемых схем электроснабжения объекта.

Полная нагрузка неизвестна. Рассчитаем минимально необходимую мощность трансформатора, которая необходима для питания школы, а также близлежащий жилых домов. Мощность трансформаторов на определяется по формуле:

$$S_{н.тр} = \frac{S_p}{2 \cdot \beta_m},$$

где S_p – полная расчетная мощность; $\beta_m = 0,7$ – коэффициент загрузки трансформаторов; 2 – число трансформаторов, так как согласно нормам технологического проектирования для второй категории потребителей необходима установка двухтрансформаторных подстанций [9].

Нагрузки ТП точно неизвестны, так как помимо школы запитаны жилые дома, гаражи и другие объекты инфраструктуры. Данная ТП питает 10 жилых пятиэтажных домов, в каждом доме в среднем по 80 квартир, на квартиру приходится 5 кВт. Для расчета нагрузки воспользуемся методом коэффициента спроса, тогда расчетная мощность будет равна:

$$P_p = P \cdot k_c = 5 \cdot N_{кв} \cdot N_o \cdot k_c \cdot k_o = 5 \cdot 80 \cdot 10 \cdot 0,8 \cdot 0,17 = 544 \text{ кВт},$$

где k_c — коэффициент спроса для одной квартиры (коттеджа) равен 0,8 при мощности одной квартиры меньше 14 кВт; k_o — коэффициент одновременности для квартир с электрическими и газоэлектрическими плитами.

$$S_p = \frac{P_p}{\cos \varphi} = \frac{544}{0,98} = 555 \text{кВА},$$

где значение коэффициента мощности $\cos \varphi = 0,98$ — для квартир с электрическими плитами.

$$S_{н.мп} = \frac{S_p + S_{ршк}}{N_{мп} \cdot \beta_m} = \frac{555 + 47}{2 \cdot 0,7} = 430 \text{кВА}.$$

Выбираем 2 КТП-СЭЩ-К в блок модуле от компании Электрощит Самара [10]. Параметры принятых трансформаторов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Данные по трансформаторам [10]

Тип	$S_{ном}$, кВА	$U_{вн}$, кВ	$U_{нн}$, кВ	Соединение обмоток	$P_{хх}$, кВт	$P_{кз}$, кВт	U_k , %	$I_{хх}$, %
ТМГ-СЭЩ- 630/10	630	10,0	0,4	$\Delta/Y0 - 11$	0,75	5,5	4,5	1,8

Мощность трансформатора выбираем с запасом с расчетом на дальнейшее развитие района:

$$\beta_m = \frac{S_p}{S_{н.мп} \cdot 2} = \frac{602}{630 \cdot 2} = 0,48.$$

Электроснабжение 0,4 кВ предусмотрено взаиморезервируемыми кабельными линиями 0,4 кВ с разных секций шин трансформаторной подстанции (ТП-10/0.4).

Внутреннее электроснабжение потребителей осуществляется от проектируемого ВРУ. ВРУ и ППУ установить в помещении электрощитовой на подвальном этаже. Вводно-распределительные устройства отвечают требованиям ГОСТ 32396-2013. Марку панелей ВРУ принять ВРУ-21Л или аналог.

Проектируемый объект относится к 2-ой категории надежности электроснабжения. Электроприемники, относящиеся к 1-ой категории электроснабжения (средства противопожарной защиты), необходимо в нормальном режиме работы обеспечивать 2-мя независимыми взаимно резервируемыми источниками питания (взаиморезервирующие кабельные линии от ТП). Перерыв их электроснабжения при нарушении электроснабжения одного из источников питания, допускается лишь на время автоматического восстановления питания. Питание электроприёмников системы противопожарной защиты осуществлено от панели противопожарных устройств (ППУ) с устройством АВР.

Электроприемники, относящиеся к особой группе 1-ой категории электроснабжения, необходимо в нормальном режиме работы обеспечивать 3-мя независимыми источниками электроснабжения. В качестве третьего независимого источника питания для особой группы электроприемников, к которой относится аварийное освещение, используются аккумуляторные батареи.

На каждом этаже (с 1 по 3 включительно) в каждой лестничной клетке установлены два встраиваемых в нишу щита – сети освещения (ЩО) и силовой сети (ЩР). Каждый щит оборудован автоматическими выключателями на отходящих линиях и выключателем нагрузки (рубильником) на вводе. Высоту установки щитов принять 1800 мм от уровня чистого пола до верха щита.

Разводку кабелей выполнить:

- вертикально по стенам под слоем штукатурки до розеток и выключателей;
- горизонтально за подвесным потолком до мест подключения светильников и распределительных коробок.

Установка приборов учета электроэнергии осуществляется в ВРУ и ППУ (с включением через трансформатор); Приборы учета предусматривается классом не ниже 1 и с возможностью подключения к системе АСКУЭ.

Принять следующие уровни освещенности для основных помещений здания школы:

- поэтажные коридоры, вестибюли и лестничные клетки – 150 лк (75 лк*);
- технические помещения, лестницы – 150 лк (75 лк*);
- учебные классы – 300 лк;
- спортивный зал и раздевалки – 300 лк;
- медицинский кабинет – 300 лк.

*Освещенность на путях эвакуации, повышенная на одну ступень по сравнению с нормируемой.

Рабочее освещение подключается от щитов ЩО с контакторами для групп освещения коридоров и вестибюлей для управления от системы часофикации. В остальных местах предусмотреть управление от выключателей по месту. Высота установки выключателей – 1800 мм от уровня чистого пола.

Светильники аварийного освещения должны быть подключены от ППУ и работать совместно со светильниками рабочего освещения, но должны быть маркированы буквой "А" красного цвета.

Результаты расчета нагрузок по этажам сведем в таблицы 3-13.

Подвал

Таблица 2 - Помещения

Номер пом.	Наименование	Площадь
0.1	Спортивный зал	131 м ²
0.2	Подсобное помещение	6 м ²
0.3	Подсобное помещение	2 м ²
0.4	Подсобное помещение	5 м ²
0.5	Подсобное помещение	48 м ²
0.6	Коридор	24 м ²
0.7	Тамбур	11 м ²
0.8	Электрощитовая	3 м ²
0.9	Тамбур	15 м ²
0.10	Коридор	12 м ²
0.12	Раздевалка для девочек	13 м ²
0.13	Раздевалка для мальчиков	13 м ²
0.14	Коридор	9 м ²
0.15	Подсобное помещение	34 м ²
0.16	Подсобное помещение	7 м ²
0.17	Подсобное помещение	5 м ²

0.18	Коридор	14 м ²
------	---------	-------------------

Расчётная силовая нагрузка определяется по методу коэффициента спроса на основе следующих соотношений:

$$P_p = K_c \cdot P_n, \text{кВт},$$

$$Q_p = P_p \cdot \text{tg} \varphi, \text{кВАр},$$

где P_n – установленная мощность ЭП;

K_c – коэффициент спроса [11];

$\text{tg} \varphi$ – принимается по значению коэффициента мощности.

Также необходимо учесть осветительную нагрузку (лампы накаливания), которая, определяется по следующим формулам [12]:

$$P_{н.о.} = F \cdot p_{уд}, \text{кВт}$$

$$P_{р.о.} = P_{н.о.} \cdot K_{с.о.}, \text{кВт}$$

$$Q_{р.о.} = P_{р.о.} \cdot \text{tg} \varphi, \text{кВАр},$$

где F – площадь помещения, м²;

$p_{уд}$ – удельная нагрузка на 1 м² площади, Вт/м²;

$K_{с.о.}$ – коэффициент спроса осветительной нагрузки.

Пример расчета для подсобного помещения (0.2):

$$P_p = K_c \cdot P_n = 0,8 \cdot 3 = 2,4 \text{ кВт},$$

$$Q_p = P_p \cdot \text{tg} \varphi = 2,4 \cdot 0 = 0 \text{ кВАр},$$

Номинальная мощность осветительной нагрузки:

$$P_{н.о.} = F \cdot p_{уд} = 6 \cdot 25 = 150 \text{ Вт}.$$

Расчетная осветительная нагрузка:

$$P_{р.о.} = P_{н.о.} \cdot K_{с.о.} = 150 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 0,12 \text{ кВт}.$$

$$Q_{р.о.} = P_{р.о.} \cdot \text{tg} \varphi = 0,12 \cdot 0 = 0 \text{ кВАр}.$$

Таблица 3 - Нагрузки

Номер пом.	Помещение	Силовая нагрузка							Освещение						
		Оборуд.	P _н , кВт	k _с	P _р , кВт	tgφ	Q _р , кВАр	S _р , кВА	F, м ²	P _{уд} , Вт/м ²	k _{с.о.}	P _{р.о.} , кВт	tgφ	Q _{р.о.} , кВАр	S _{р.о.} , кВА
0.1	Спортивный зал								131	18	0,8	1,886	0	0	1,886
0.2	Подсобное помещение	Водонагреватель 150 л	3,00	0,8	2,4	0	0	2,4	6	25		0,120		0	0,120
0.3	Подсобное помещение								2	25		0,040		0	0,040
0.4	Подсобное помещение								5	25		0,100		0	0,100
0.5	Подсобное помещение								48	21		0,806		0	0,806
0.6	Коридор								24	24		0,461		0	0,461
0.7	Тамбур								11	25		0,220		0	0,220
0.8	Электрощитовая								3	25		0,060		0	0,060
0.9	Тамбур								15	24		0,288		0	0,288
0.10	Коридор								12	25		0,240		0	0,240
0.12	Раздевалка для девочек	Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,02	0	0	0,02	13	25		0,260		0	0,260
0.13	Раздевалка для мальчиков	Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,02	0	0	0,02	13	25		0,260		0	0,260
0.14	Коридор								9	25		0,180		0	0,180
0.15	Подсобное помещение								34	21		0,571		0	0,571
0.16	Подсобное помещение								7	25		0,140		0	0,140
0.17	Подсобное помещение								5	25		0,100		0	0,100
0.18	Коридор								14	25		0,280		0	0,280
ИТОГ			3,2	×	2,42	×	0	2,42				6,013		×	0

Таблица 4 - Распределение нагрузки

	Имя нагрузки	S_p, кВА	I_p, А
ЩР0.1	Розеточная сеть пом. 0.2, 0.12, 0.13	2,44	11
ЩО0.1	Освещение пом. 0.1-0.18	6,013	27,332

1 этаж

Таблица 5 - Помещения

Номер пом.	Наименование	Площадь
1.1	Холл	107 м ²
1.2	Тамбур	5 м ²
1.3	Гардероб	19 м ²
1.4	Гардероб	17 м ²
1.5	Кабинет директора	27 м ²
1.6	Подсобное помещение	6 м ²
1.7	Складское помещение	5 м ²
1.8	Библиотека	27 м ²
1.9	Столовая	33 м ²
1.10	Лаборантская	15 м ²
1.11	Лаборантская	15 м ²
1.12	Кабинет химии	48 м ²
1.13	Учебный кабинет	36 м ²
1.14	Учебный кабинет	28 м ²
1.15	Подсобное помещение	8 м ²
1.16	Приемная	14 м ²
1.17	С/у	5 м ²
1.18	Кухня	14 м ²
1.19	Тамбур	1 м ²
1.20	Тамбур	3 м ²
1.21	Лестничная клетка 2	13 м ²
1.22	Лестничная клетка 1	14 м ²

Таблица 6 - Нагрузки

Номер пом.	Помещение	Силовая нагрузка							Освещение						
		Оборуд.	P _н , кВт	к _с	P _р , кВт	tgφ	Q _р , кВАр	S _р , кВА	F, м ²	P _{уд} , Вт/м ²	к _{с.о.}	P _{р.о.} , кВт	tgφ	Q _{р.о.} , кВАр	S _{р.о.} , кВА
1.1	Холл	Телевизор	0,100	0,6	0,060	1,168	0,070	0,092	107	18	0,8	1,541	0,2	0	1,541
1.2	Тамбур								5	25		0,100		0	0,100
1.3	Гардероб								19	24		0,365		0	0,365
1.4	Гардероб								17	24		0,326		0	0,326
1.5	Кабинет директора	Компьютер	0,200	0,6	0,120	1,168	0,140	0,185	27	21	0,454	0	0,454		
		Принтер	0,025	0,6	0,015	1,168	0,018	0,023							
		Проектор	0,050	0,6	0,030	1,168	0,035	0,046							
		Сканер	0,010	0,6	0,006	1,168	0,007	0,009							
		Кондиционер	1,000	0,7	0,700	0,882	0,617	0,933							
	Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,020	0	0,000	0,020								
1.6	Подсобное помещение								6	25	0,120	0	0,120		
1.7	Складское помещение								5	25	0,100	0	0,100		
1.8	Библиотека	Компьютер	0,200	0,6	0,120	1,168	0,140	0,185	27	21	0,454	0	0,454		
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,020	0	0,000	0,020							
1.9	Столовая								33	21	0,554	0	0,554		
1.10	Лаборантская	Эл. чайник	2,000	0,3	0,600	0,882	0,529	0,800	15	24	0,288	0	0,288		
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,020	0	0,000	0,020							
1.11	Лаборантская	Эл. чайник	2,000	0,3	0,600	0,882	0,529	0,800	15	24	0,288	0	0,288		
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,020	0	0,000	0,020							
1.12	Кабинет химии	Компьютер	0,200	0,6	0,120	1,168	0,140	0,185	48	21	0,806	0	0,806		
		Проектор	0,050	0,6	0,030	1,168	0,035	0,046							
		Вытяжной шкаф	0,085	0,8	0,068	0,882	0,060	0,091							
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,020	0	0,000	0,020							
1.13	Учебный кабинет	Компьютер	0,200	0,6	0,120	1,168	0,140	0,185	36	21	0,605	0	0,605		
		Проектор	0,050	0,6	0,030	1,168	0,035	0,046							
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,020	0	0,000	0,020							

Продолжение таблицы 6

1.14	Учебный кабинет	Компьютер	0,200	0,6	0,120	1,168	0,140	0,185	28	21		0,470		0	0,470
		Проектор	0,050	0,6	0,030	1,168	0,035	0,046							
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,020	0	0,000	0,020							
1.15	Подсобное помещение								8	25		0,160		0	0,160
1.16	Приемная	Компьютер	0,200	0,6	0,120	1,168	0,140	0,185	14	25		0,280		0	0,280
		Принтер	0,025	0,6	0,015	1,168	0,018	0,023							
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,020	0	0,000	0,020							
1.17	С/у								5	25		0,100		0	0,100
1.18	Кухня	Холодильное оборудование	0,200	0,6	0,120	1,168	0,140	0,260	14	25		0,280	0,2	0	0,280
		Холодильное оборудование	0,200	0,6	0,120	1,168	0,140	0,260							
		Морозильная камера×2	0,600	0,6	0,360	1,168	0,420	0,780							
		Микроволновая печь	0,800	0,5	0,400	0	0,000	0,400							
		Микроволновая печь	0,800	0,5	0,400	0	0,000	0,400							
		Микроволновая печь	0,800	0,5	0,400	0	0,000	0,400							
		Вытяжной шкаф	0,085	0,8	0,068	0,882	0,060	0,091							
		Водонагреватель 150 л	3,000	0,8	2,400	0	0,000	2,400							
Плита+духовой шкаф	3,000	0,8	2,400	0	0,000	2,400									
Плита+духовой шкаф	3,000	0,8	2,400	0	0,000	2,400									
1.19	Тамбур								1	25		0,020		0	0,020
1.20	Тамбур								3	25		0,060		0	0,060
1.21	Лестничная клетка 2								13	25		0,260		0	0,260
1.22	Лестничная клетка 1								14	25		0,280		0	0,280
ИТОГ			19,280	×	11,662	×	3,134	12,957	×		7,911	×	0	7,911	

Таблица 7 - Распределение нагрузки

	Имя нагрузки	S_p, кВА	I_p, А
ЩР1.1	Розеточная сеть пом. 1.1, 1.9-1.13, 1.19, 1.22	2,285	10,386
ЩО1.1	Освещение пом. 1.1, 1.9- 1.13, 1.18, 1.19, 1.22	4,662	21,191
ЩР1.2	Розеточная сеть пом. 1.2-1.8, 1.14-1.17, 1.20, 1.21	1,86	8,455
ЩО1.2	Освещение пом. 1.2-1.8, 1.14-1.17, 1.20, 1.21	3,249	14,768
ЩР1.3	Розеточная сеть кухни	8,491	38,595
ЩР.Х	Розеточная сеть холодильного оборудования кухни	1,300	5,909

2 этаж

Таблица 8 - Помещения

Номер пом.	Наименование	Площадь
2.1	Медпункт	107 м ²
2.2	Учительская	5 м ²
2.3	Холл	19 м ²
2.4	Учебный кабинет	17 м ²
2.5	Тамбур	27 м ²
2.6	С/у	6 м ²
2.7	Учебный кабинет	5 м ²
2.8	Учебный кабинет	27 м ²
2.9	Учебный кабинет	33 м ²
2.10	Учебный кабинет	15 м ²
2.11	Кабинет	15 м ²
2.12	Кабинет	48 м ²
2.13	Лестничная клетка 2	36 м ²
2.14	Лестничная клетка 1	28 м ²

Таблица 9 - Нагрузки

Номер пом.	Помещение	Силовая нагрузка							Освещение						
		Оборуд.	P _н , кВт	к _с	P _р , кВт	tgφ	Q _р , кВАр	S _р , кВА	F, м ²	P _{уд} , Вт/м ²	к _{с.о.}	P _{р.о.} , кВт	tgφ	Q _{р.о.} , кВАр	S _{р.о.} , кВА
2.1	Медпункт	Компьютер	0,200	0,6	0,120	1,168	0,140	0,185	107	18	0,8	1,541	0	1,541	
		Холодильная установка	0,100	0,6	0,060	1,168	0,070	0,092							
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,020	0	0,000	0,020							
2.2	Учительская	Компьютер × 3	0,600	0,6	0,360	1,168	0,420	0,554	5	25	0,8	0,100	0	0,100	
		Принтер	0,025	0,6	0,015	1,168	0,018	0,023							
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,020	0	0,000	0,020							
2.3	Холл							19	24	0,8	0,365	0	0,365		
2.4	Учебный кабинет	Компьютер	0,200	0,6	0,120	1,168	0,140	0,185	17	24	0,8	0,326	0	0,326	
		Проектор	0,050	0,6	0,030	1,168	0,035	0,046							
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,020	0	0,000	0,020							
2.5	Тамбур							27	21	0,8	0,454	0	0,454		
2.6	С/у							6	25	0,8	0,120	0	0,120		
2.7	Учебный кабинет	Компьютер	0,200	0,6	0,120	1,168	0,140	0,185	5	25	0,8	0,100	0	0,100	
		Проектор	0,050	0,6	0,030	1,168	0,035	0,046							
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,020	0	0,000	0,020							
2.8	Учебный кабинет	Компьютер	0,200	0,6	0,120	1,168	0,140	0,185	27	21	0,8	0,454	0	0,454	
		Проектор	0,050	0,6	0,030	1,168	0,035	0,046							
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,020	0	0,000	0,020							
2.9	Учебный кабинет	Компьютер	0,200	0,6	0,120	1,168	0,140	0,185	33	21	0,8	0,554	0	0,554	
		Проектор	0,050	0,6	0,030	1,168	0,035	0,046							
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,020	0	0,000	0,020							
2.10	Учебный кабинет	Компьютер	0,200	0,6	0,120	1,168	0,140	0,185	15	24	0,8	0,288	0	0,288	
		Проектор	0,050	0,6	0,030	1,168	0,035	0,046							
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,020	0	0,000	0,020							
2.11	Кабинет	Компьютер	0,200	0,6	0,120	1,168	0,140	0,185	15	24	0,8	0,288	0	0,288	
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,020	0	0,000	0,020							
2.12	Учебный кабинет	Компьютер × 15	3,000	0,6	1,800	1,168	2,102	2,768	48	21	0,8	0,806	0	0,806	
		Интерактивная доска	0,007	0,6	0,004	1,168	0,005	0,006							
2.13	Лестничная клетка 2							36	21	0,8	0,605	0	0,605		
2.14	Лестничная клетка 1							28	21	0,8	0,470	0	0,470		
ИТОГ			6,182	0,6	3,309	1,168	3,772	5,045			6,471	0	6,471		

Таблица 10 - Распределение нагрузки

	Имя нагрузки	S_p, кВА	I_p, А
ЩР2.1	Розеточная сеть пом. 2.1-2.3, 2.9-2.12, 2.14	1,549	7,041
ЩО2.1	Освещение пом. 2.1-2.3, 2.9-2.12, 2.14	4,412	20,055
ЩР2.2	Розеточная сеть пом. 2.4-2.8, 2.13	0,722	3,282
ЩО2.2	Освещение пом. 2.4-2.8, 2.13	2,059	9,359

3 этаж

Таблица 11 - Помещения

Номер пом.	Наименование	Площадь
3.1	Учебный кабинет	50 м ²
3.2	Холл	102 м ²
3.3	Учебный кабинет	48 м ²
3.4	Лаборантская	14 м ²
3.5	Учебный кабинет	50 м ²
3.6	Учебный кабинет	48 м ²
3.7	Учебный кабинет	48 м ²
3.8	Учебный кабинет	47 м ²
3.9	Тамбур	11 м ²
3.10	С/у	15 м ²
3.11	Лестничная клетка 1	16 м ²
3.12	Лестничная клетка 2	15 м ²

Таблица 12 - Нагрузки

Номер пом.	Помещение	Силовая нагрузка							Освещение							
		Оборуд.	P _н , кВт	k _с	P _р , кВт	tgφ	Q _р , кВАр	S _р , кВА	F, м ²	P _{уд} , Вт/м ²	k _{с.о.}	P _{р.о.} , кВт	tgφ	Q _{р.о.} , кВАр	S _{р.о.} , кВА	
3.1	Учебный кабинет	Компьютер	0,200	0,6	0,12	1,168	0,140	0,185	50	18	0,8	0,720	0	0	0,720	
		Проектор	0,050	0,6	0,03	1,168	0,035	0,046								
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,02	0	0,000	0,020								
3.2	Холл							102	18			1,469			0	1,469
3.3	Учебный кабинет	Компьютер	0,200	0,6	0,12	1,168	0,140	0,185	48	21		0,806		0	0,806	
		Проектор	0,050	0,6	0,03	1,168	0,035	0,046								
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,02	0	0,000	0,020								
3.4	Лаборантская	Эл. чайник	2,000	0,3	0,6	0,882	0,529	0,800	14	25		0,280		0	0,280	
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,02	0	0,000	0,020								
3.5	Учебный кабинет	Компьютер	0,200	0,6	0,12	1,168	0,140	0,185	50	18		0,120		0	0,120	
		Проектор	0,050	0,6	0,03	1,168	0,035	0,046								
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,02	0	0,000	0,020								
3.6	Учебный кабинет	Компьютер	0,200	0,6	0,12	1,168	0,140	0,185	48	21	0,806	0	0,806			
		Проектор	0,050	0,6	0,03	1,168	0,035	0,046								
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,02	0	0,000	0,020								
3.7	Учебный кабинет	Компьютер	0,200	0,6	0,12	1,168	0,140	0,185	48	21	0,806	0	0,806			
		Проектор	0,050	0,6	0,03	1,168	0,035	0,046								
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,02	0	0,000	0,020								
3.8	Учебный кабинет	Компьютер	0,200	0,6	0,12	1,168	0,140	0,185	47	21	0,790	0	0,790			
		Проектор	0,050	0,6	0,03	1,168	0,035	0,046								
		Устройства личного пользования	0,200	0,1	0,02	0	0,000	0,020								
3.9	Тамбур							11	25		0,220		0	0,220		
3.10	С/у							15	24		0,288		0	0,288		
3.11	Лестничная клетка 1							16	24		0,307		0	0,307		
3.12	Лестничная клетка 2							15	24		0,288		0	0,288		
ИТОГ			4,2	⊗	1,57	⊗	1,580	2,254	⊗		6,900	⊗	0	6,900		

Таблица 13 - Распределение нагрузки

	Имя нагрузки	S _p , кВА	I _p , А
ЩРЗ.1	Розеточная сеть пом. 3.3-3.6, 3.11	1,532	6,964
ЩОЗ.1	Освещение пом. 3.3-3.6, 3.11	2,319	10,541
ЩРЗ.2	Розеточная сеть пом. 3.1, 3.2, 3.7-3.10, 3.12	0,722	3,282
ЩОЗ.2	Освещение пом. 3.1, 3.2, 3.7-3.10, 3.12	4,581	20,823

2.2 Суточный график электрических нагрузок

Характерный суточный график электрических нагрузок.

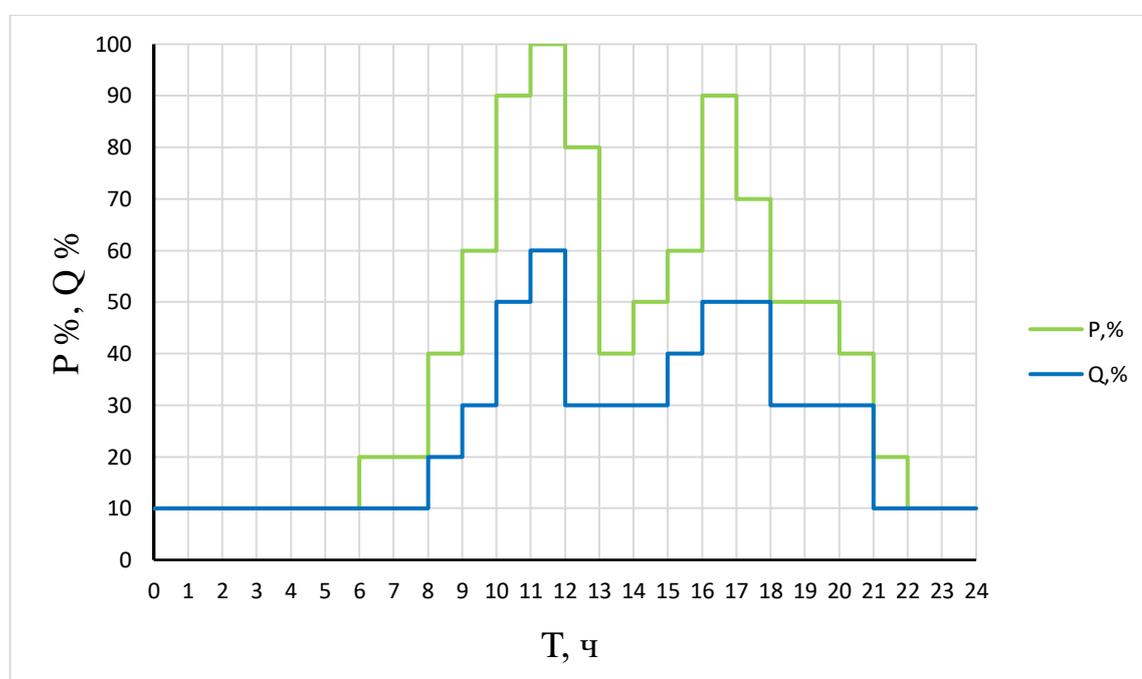


Рисунок 9 – Суточный график активной и реактивной нагрузки в %

Зная максимум нагрузки P_{\max} , Q_{\max} , типовой график, необходимо перестроить в именованные единицы (кВт (МВт), кВАр (МВАр)), используя следующее выражение:

$$P_{\text{ступени}} = \frac{n(\%) \cdot P_{\max} (\text{кВт})}{100}.$$

Пример для 1 ступени:

$$P_{\text{ступени}} = \frac{n(\%) \cdot P_{\text{max}} (\text{кВт})}{100} = \frac{10 \cdot 46,256}{100} = 4,626 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{ступени}} = \frac{n(\%) \cdot Q_{\text{max}} (\text{кВАр})}{100} = \frac{10 \cdot 8,486}{100} = 0,849 \text{ кВАр}.$$

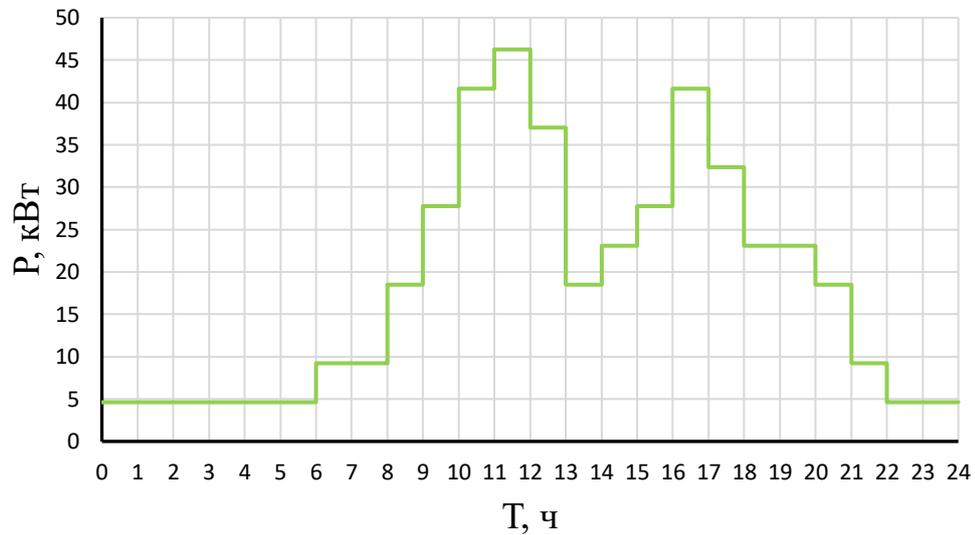


Рисунок 10 – Суточный график активной нагрузки в кВт

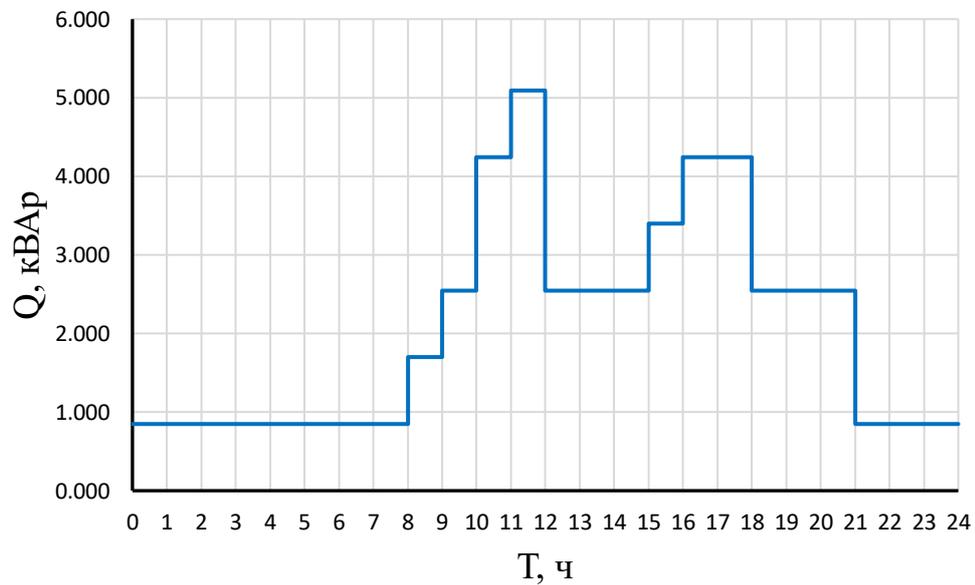


Рисунок 11 – Суточный график реактивной нагрузки в кВАр

По графикам активной и реактивной нагрузок строится график полной мощности:

$$S_i = \sqrt{P_i^2 + Q_i^2}.$$

Пример для 1 ступени: $S_1 = \sqrt{P_1^2 + Q_1^2} = \sqrt{4,626^2 + 0,849^2} = 4,703 \text{кВА}.$

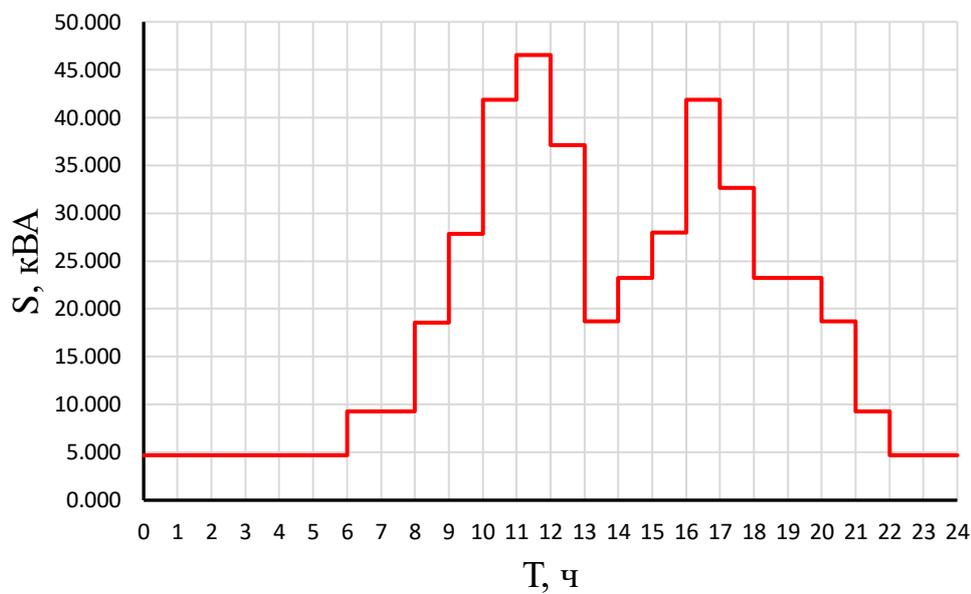


Рисунок 12 – График полной мощности нагрузки в кВА

По графику полной мощности определяем $S_{\max} = 46,535 \text{кВА}.$

Таблица 14 – Расчетные данные

$T, \text{ч}$	$P, \text{кВт}$	$Q, \text{кВар}$	$S, \text{кВА}$
0-1	4,626	0,849	4,703
1-2	4,626	0,849	4,703
2-3	4,626	0,849	4,703
3-4	4,626	0,849	4,703
4-5	4,626	0,849	4,703
5-6	4,626	0,849	4,703
6-7	9,251	0,849	9,290
7-8	9,251	0,849	9,290
8-9	18,502	1,697	18,580
9-10	27,754	2,546	27,870

Продолжение таблицы 14

10-11	41,630	4,243	41,846
11-12	46,256	5,092	46,535
12-13	37,005	2,546	37,092
13-14	18,502	2,546	18,677
14-15	23,128	2,546	23,268
15-16	27,754	3,394	27,960
16-17	41,630	4,243	41,846
17-18	32,379	4,243	32,656
18-19	23,128	2,546	23,268
19-20	23,128	2,546	23,368
20-21	18,502	2,546	18,677
21-22	9,251	0,849	9,290
22-23	4,626	0,849	4,703
23-24	4,626	0,849	4,703

Потребляемая за сутки активная электроэнергия:

$$W = \sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i = 4,626 \cdot 8 + 9,251 \cdot 3 + 18,502 \cdot 3 + 27,754 \cdot 2 + 41,630 \cdot 2 + 46,256 + 37,005 + 23,128 \cdot 3 + 32,379 = 444,059 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Потребляемая за сутки реактивная электроэнергия:

$$V = \sum_{i=1}^n Q_i \cdot t_i = 0,849 \cdot 11 + 1,697 + 2,546 \cdot 7 + 4,243 \cdot 3 + 5,092 + 3,394 = 50,073 \text{ кВАр} \cdot \text{ч.}$$

2.3 Выбор защитных аппаратов

Выбор автоматических выключателей происходит в соответствии с рабочими и пусковыми (пиковыми) токами ЭП (или группы ЭП), которые они защищают.

Участок ВРУ – ЩР1.1

Расчетный ток нагрузки ЩР1.1:

$$I_p = 10,386A$$

Намечаем к установке автомат марки ВА47–29 с параметрами $I_T = 13A$, $I_{расц.э} = 40A$ [13].

Выполняем проверку намеченного автомата:

1. По нагреву расчетным током:

$$I_T \geq I_p,$$

$$I_T = 13A \geq I_p = 10,386A.$$

2. Условию перегрузки пиковым током:

$$I_{расц.э} \geq 1,25 \cdot I_{пик},$$

$$40A \geq 1,25 \cdot 10,386 = 12,98A.$$

Выбранный автомат прошел проверку. Результаты расчетов сведем в таблицу 15.

2.4 Разработка линий электроснабжения до 1000 В

Электроснабжение 0,4 кВ предусмотрено взаиморезервируемыми кабельными линиями 0,4 кВ с разных секций шин трансформаторной подстанции (ТП-10/0.4). Распределительную сеть выполним кабельными линиями, проложенными в траншеях. Сечение кабельных линий выбирается по допустимому нагреву длительно протекающим максимальным током нагрузки.

Режим работы нейтрали электрической сети TN-C-S. Принцип системы TN-C-S основан на том, что PEN проводник разделяется в определенном месте и приходит к потребителю двумя отдельными проводниками. С помощью нее обеспечивается высокий уровень безопасности от поражения электрическим током, в связи с использованием устройств защитного отключения (УЗО).

Намечаем прокладку кабельных линий марки АВБбШв.

Расчета проводника, питающего ВРУ:

1. Расчетные мощности нагрузок, подключенных к ВРУ:

$$P_{\text{вру}} = 46,256 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{вру}} = 8,486 \text{ кВар}$$

$$S_{\text{вру}} = 47,028 \text{ кВА}$$

2. Расчетный ток:

$$I_p = \frac{S_{\text{рп1}}}{n_{\text{ц}} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{47,028}{2 \cdot 0,38} = 61,879 \text{ А.}$$

Сечение по допустимому нагреву:

$$I_{\text{доп}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 132 \cdot 1,11 \cdot 1 \cdot 1 = 146,52 \text{ А} \geq I_p = 61,879 \text{ А},$$

где K_1 , K_2 , K_3 – коэффициенты, учитывающие влияние температуры окружающей среды, влияние рядом проложенных кабельных линий и фактическое удельное тепловое сопротивление земли, соответственно. Допустимая температура жил кабеля $t = +70^\circ\text{C}$. Температура окружающей среды нормальная (при прокладке в траншее $+15^\circ\text{C}$), соответственно $K_1 = 1,11$ [14, табл. 1.3.3]. По условиям прокладки в траншее проложен 1 кабель. Поправочный коэффициент $K_2 = 1$ [14, табл. 1.3.26]. Для нормальной почвы $K_3 = 1$ [14, табл. 1.3.23].

Стандартное значение для кабеля, прокладываемого в земле $F = 50 \text{ мм}^2$, а допустимый длительный ток $I_{\text{доп}} = 132 \text{ А}$ [15].

Выбранный провод успешно прошел проверку, останавливаем свой выбор на нем. Сечение должно быть проверено по ряду технических факторов.

Пример проверки:

1. По условию нагрева при КЗ:

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C_m},$$

где C_m – коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ, $\text{Ас}^{1/2}/\text{мм}^2$;

B_k – тепловой импульс тока КЗ, $\text{А}^2\text{с}$.

$$B_k = I_{no}^2 (\tau + T_a),$$

где I_{no} – начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ; τ – расчетное время отключения выключателя; T_a – постоянная затухания аperiodической составляющей тока КЗ, с.

$$T_a = \frac{x_\Sigma}{\omega \cdot r_\Sigma},$$

где x_Σ , r_Σ – результирующие индуктивное и активное сопротивление схемы относительно точки КЗ.

2. По потери напряжения:

Фактическая длина кабельной линии:

$$L_{\text{факт}} = 1,04 \cdot 1,02 \cdot (0,005 \cdot 2 + L),$$

$$L_{\text{факт}} = 1,04 \cdot 1,02 \cdot (0,005 \cdot 2 + 0,250) = 0,276 \text{ км},$$

где L – длина линии по генплану, км; 1,04 – 4% запас длины кабеля на непрямолинейную прокладку; 1,02 – 2% запас длины кабеля на разделку, км; 0,005 – запас длины кабеля на выход из КТП и на ввод в ВРУ, км;

Потеря напряжения на участке кабельной линии КТП-ВРУ:

$$\begin{aligned} \Delta U &= 3 \cdot I_p \cdot L_{\text{факт}} \left(\frac{r_{y\partial}}{n_y} \cdot \cos \varphi + \frac{x_{y\partial}}{n_y} \cdot \sin \varphi \right) = \\ &= 3 \cdot 61,879 \cdot 0,276 \left(\frac{0,64}{2} \cdot 0,98 + \frac{0,0625}{2} \cdot 0,18 \right) = 16,36 \text{ В}, \end{aligned}$$

где $r_{уд}$, $x_{уд}$ – удельные сопротивления выбранного кабеля [15];

$\cos\varphi$, $\sin\varphi$ – соответствуют коэффициенту мощности $\text{tg}\varphi$ в конце линии,

$$\text{tg}\varphi = \frac{Q_{\text{вру}}}{P_{\text{вру}}} = \frac{8,486}{46,256} = 0,18.$$

Потери на участке в процентах для выбранного кабеля:

$$\Delta U_{\%} = \frac{16,36}{380} \cdot 100\% = 4,3\% < 5\% .$$

Допустимое падение напряжение в силовом кабеле должно быть меньше 5%.

Выбранное сечение проходит проверку по тепловому воздействию нормального и послеаварийного режима, а также по допустимым потерям напряжения.

Внутреннее электроснабжение потребителей осуществляется от проектируемого ВРУ. Разводку кабелей выполняем вертикально и горизонтально по стенам под слоем штукатурки до розеток и выключателей.

Таблица 15 – Выбор аппаратов защиты и сечений проводников

Участок	I _p , А	I _{пуск} , А	1,25·I _{пуск} , А	Автомат			K _{п1}	K _{п2}	$\frac{I_p}{K_{п1} \cdot K_{п2}}$, А	K _з	$\frac{K_з \cdot I_з}{K_{п1} \cdot K_{п2}}$, А	Кабель	
				Тип	I _{тепл} , А	I _{э.о.} , А						Марка	I _{доп} , А
Подвал													
ВРУ- ЩР0.1	11	11	13,750	ВА47-29	13	40	1	0,75	14,667	1	17,333	ВВГнг-LS 5×2,5	25
ВРУ- ЩО0.1	4,54	4,54	34,165	ВА47-29	13	40	1	0,75	6,05	1	8	ВВГнг-LS 5×1,5	19
ЩР0.1- Пом. 0.2	10,9	10,9	13,625	ВА47-29	13	40	1	1	10,900	1	13,000	ВВГнг-LS 5×2,5	25
ЩР0.1- Пом. 0.12	0,045	0,045	0,056	ВА47-29	0,5	1,5	1	1	0,045	1	0,500	ВВГнг-LS 5×2,5	25
ЩР0.1- Пом. 0.13	0,045	0,045	0,056	ВА47-29	0,5	1,5	1	1	0,045	1	0,500	ВВГнг-LS 5×2,5	25
ППУ-ЩОА	4,54	4,54	34,165	ВА47-29	13	40	1	1	4,54	1	6	ВВГнг-LS 5×1,5	19
ППУ-ЩСС	4,54	4,54	34,165	ВА47-29	13	40	1	1	4,54	1	6	ВВГнг-LS 5×2,5	25
ППУ-ЩПС	4,54	4,54	34,165	ВА47-29	13	40	1	1	4,54	1	6	ВВГнг-LS 5×2,5	25
1 Этаж													
ВРУ- ЩР1.1	10,264	10,264	12,830	ВА47-29	13	40	1	0,75	13,685	1	17,333	ВВГнг-LS 5×2,5	25
ВРУ- ЩО1.1	2,62	2,62	26,489	ВА47-29	6	30	1	0,75	3,49	1	5,33	ВВГнг-LS 5×1,5	19

ВРУ- ЦР1.2	8,455	8,455	10,569	BA47-29	10	30	1	0,85	9,947	1	11,765	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ВРУ- ЦО1.2	2,38	2,38	18,460	BA47-29	4	20	1	0,85	2,8	1	4,7	BBГнГ-LS 5×1,5	19
ВРУ- ЦР1.3	38,595	115,785	144,731	BA47-29	40	200	1	1	38,595	1	40,000	BBГнГ-LS 5×6	42
ВРУ-ЦР.X	5,909	11,818	14,773	BA47-29	6	30	1	1	5,909	1	6,000	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ЦР1.1- Пом. 1.1	0,418	0,418	0,523	BA47-29	0,5	1,5	1	1	0,418	1	0,500	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ЦР1.1- Пом. 1.10	3,682	3,682	4,603	BA47-29	4	20	1	1	3,682	1	4,000	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ЦР1.1- Пом. 1.11	3,682	3,682	4,603	BA47-29	4	20	1	1	3,682	1	4,000	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ЦР1.1- Пом. 1.12	1,509	1,509	1,886	BA47-29	2	10	1	1	1,509	1	2,000	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ЦР1.1- Пом. 1.13	1,095	1,095	1,369	BA47-29	1,5	5	1	1	1,095	1	1,500	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ЦР1.2- Пом. 1.5	5,482	5,482	6,853	BA47-29	6	20	1	1	5,482	1	6,000	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ЦР1.2- Пом. 1.8	0,886	0,886	1,108	BA47-29	1	5	1	1	0,886	1	1,000	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ЦР1.2- Пом. 1.14	1,095	1,095	1,369	BA47-29	1,5	5	1	1	1,095	1	1,500	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ЦР1.2- Пом. 1.16	0,991	0,991	1,239	BA47-29	1	5	1	1	0,991	1	1,000	BBГнГ-LS 5×2,5	25

ЦП1.3- Пом. 1.18	38,595	115,785	144,731	BA47-29	40	200	1	1	38,595	1	40,000	BBГнГ-LS 5×6	42
ЦП.Х- Пом. 1.18	5,909	11,818	14,773	BA47-29	6	30	1	1	5,909	1	6,000	BBГнГ-LS 5×2,5	25
2 Этаж													
ВРУ- ЦП2.1	7,041	7,041	8,801	BA47-29	8	30	1	0,75	9,388	1	10,667	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ВРУ- ЦО2.1	2,6	2,6	25,069	BA47-29	6	30	1	0,75	3,47	1	5,33	BBГнГ-LS 5×1,5	19
ВРУ- ЦП2.2	3,282	3,282	4,103	BA47-29	4	20	1	0,85	3,861	1	4,706	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ВРУ- ЦО2.2	2,49	2,49	11,699	BA47-29	4	20	1	0,85	2,93	1	4,706	BBГнГ-LS 5×1,5	19
ЦП2.1- Пом. 2.1	1,305	1,305	1,631	BA47-29	1,5	5	1	1	1,305	1	1,500	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ЦП2.1- Пом. 2.2	2,668	2,668	3,335	BA47-29	3	10	1	1	2,668	1	3,000	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ЦП2.1- Пом. 2.9	1,095	1,095	1,369	BA47-29	1,5	5	1	1	1,095	1	1,500	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ЦП2.1- Пом. 2.10	1,095	1,095	1,369	BA47-29	1,5	5	1	1	1,095	1	1,500	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ЦП2.1- Пом. 2.11	0,886	0,886	1,108	BA47-29	1	5	1	1	0,886	1	1,000	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ЦП2.1- Пом. 2.12	12,609	12,609	15,761	BA47-29	13	40	1	1	12,609	1	13,000	BBГнГ-LS 5×2,5	25

ЦП2.2- Пом. 2.4	1,095	1,095	1,369	BA47-29	1,5	5	1	1	1,095	1	1,500	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ЦП2.2- Пом. 2.7	1,095	1,095	1,369	BA47-29	1,5	5	1	1	1,095	1	1,500	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ЦП2.2- Пом. 2.8	1,095	1,095	1,369	BA47-29	1,5	5	1	1	1,095	1	1,500	BBГнГ-LS 5×2,5	25
3 Этаж													
ВРУ- ЦП3.1	6,964	6,964	8,705	BA47-29	8	30	1	0,75	9,285	1	10,667	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ВРУ- ЦО3.1	2,6	2,6	13,176	BA47-29	4	20	1	0,75	3,467	1	5,333	BBГнГ-LS 5×1,5	19
ВРУ- ЦП3.2	3,282	3,282	4,103	BA47-29	4	20	1	0,85	3,861	1	4,706	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ВРУ- ЦО3.2	2,49	2,49	26,029	BA47-29	6	30	1	0,85	2,929	1	4,706	BBГнГ-LS 5×1,5	19
ЦП3.1- Пом. 3.3	1,095	1,095	1,369	BA47-29	1,5	5	1	1	1,095	1	1,500	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ЦП3.1- Пом. 3.4	0,886	0,886	1,108	BA47-29	1	1,5	1	1	0,886	1	1,000	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ЦП3.1- Пом. 3.5	1,095	1,095	1,369	BA47-29	1,5	5	1	1	1,095	1	1,500	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ЦП3.1- Пом. 3.6	1,095	1,095	1,369	BA47-29	1,5	5	1	1	1,095	1	1,500	BBГнГ-LS 5×2,5	25
ЦП3.2- Пом. 3.1	1,095	1,095	1,369	BA47-29	1,5	5	1	1	1,095	1	1,500	BBГнГ-LS 5×2,5	25

ЩРЗ.2- Пом. 3.7	1,095	1,095	1,369	ВА47-29	1,5	5	1	1	1,095	1	1,500	ВВГнг-LS 5×2,5	25
ЩРЗ.2- Пом. 3.8	1,095	1,095	1,369	ВА47-29	1,5	5	1	1	1,095	1	1,500	ВВГнг-LS 5×2,5	25

Таблица 15.1 – Выбор сечений проводников сети ниже 1000 В

Участок	пц	Расчетная нагрузка		Марка и сечение	I _{доп} , А	Допустимая нагрузка	
		I _{расч} , А	I _{п.ав} , А			$I_{доп} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$	$K_{пер} \cdot I_{доп} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$
КТП-ВРУ	2	61,879	123,758	АВБбШв - 2(5×50)	132	146,52	168,498
КТП-ППУ	2	13,62	27,24	ВВГнг-LS - 2(5×4)	33	33	37,95

Таблица 15.2 – Определение потерь напряжения

Участок	U _{ном} , кВ	Марка провода	L _{факт} , км	I _{расч} , А	пц, шт	γ ₀ , Ом/км	χ ₀ , Ом/км	cosφ	sinφ	ΔU _{ном} , %
КТП- ВРУ	0,38	АВБбШв - 2(5×50)	0,276	61,879	2	0,64	0,0625	0,98	0,18	4,3
КТП- ППУ	0,38	ВВГнг-LS - 2(5×4)	0,006	13,62	2	4,63	0,095	-	-	0,5

2.5 Оценка установившегося отклонения напряжений

Отклонение напряжения в силовых сетях не должно превышать $\pm 5\%$ от номинального напряжения.

Возьмем в расчет два варианта: для самого мощного и для самого удаленного приемника.

Рассмотрим цепочку КТП – ВРУ – ЩР1.3 – Пом. 1.18, расчетная схема которой представлена на рисунке 13.

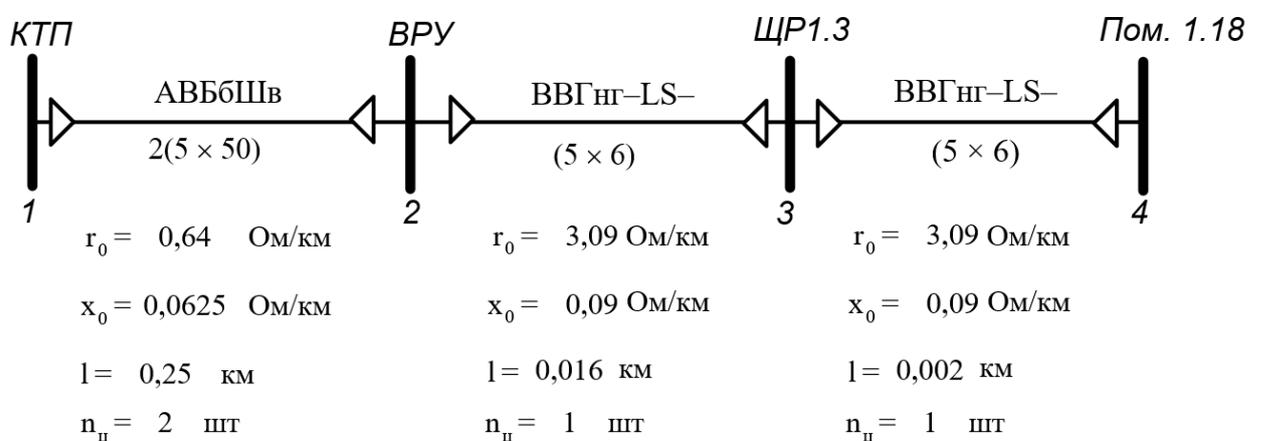


Рисунок 13 – Расчетная схема

Расчет максимального режима

Расчет максимального режима характеризуется увеличением номинального напряжения на 5 % $U_1 = U_{ном} \cdot 1,05 = 420 \text{ В}$.

1. Участок 1-2:

а) Сопротивление участка кабельной линии:

$$R_{12} = \frac{r_{12} \cdot l_{12}}{n_{ц}} = \frac{0,64 \cdot 0,25}{2} = 0,08 \text{ Ом},$$

$$X_{12} = \frac{x_{12} \cdot l_{12}}{n_{ц}} = \frac{0,0625 \cdot 0,25}{2} = 0,008 \text{ Ом}.$$

б) Потеря напряжения на участке:

$$U_{12\%} = \frac{(R_{12} \cdot P_{12} + X_{12} \cdot Q_{12})}{10 \cdot U_{\text{НОМ}}^2} = \frac{(0,08 \cdot 46,256 + 0,008 \cdot 8,486)}{10 \cdot 0,42^2} = 2,14\% ,$$

$$U_{12} = U_{12\%} \cdot \frac{0,420}{100} = 2,14 \cdot \frac{0,420}{100} = 0,009 \text{кВ} ,$$

$$U_2 = U_{\text{НОМ}} - U_{12} = 0,420 - 0,009 = 0,411 \text{кВ} .$$

2. Участок 2-3:

а) Сопротивление участка:

$$R_{23} = \frac{r_{23} \cdot l_{23}}{n_{\text{ц}}} = \frac{3,09 \cdot 0,016}{1} = 0,049 \text{Ом} ,$$

$$X_{23} = \frac{x_{23} \cdot l_{23}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,09 \cdot 0,016}{1} = 0,0014 \text{Ом} .$$

б) Потеря напряжения на участке:

$$U_{23\%} = \frac{(R_{23} \cdot P_{23} + X_{23} \cdot Q_{23})}{10 \cdot U_2^2} ,$$

$$U_{23\%} = \frac{(0,049 \cdot 8,558 + 0,0014 \cdot 0,305)}{10 \cdot 0,411^2} = 0,25\% ,$$

$$U_{23} = U_{23\%} \cdot \frac{U_2}{100} = 0,25 \cdot \frac{0,411}{100} = 0,001 \text{кВ} ,$$

$$U_3 = U_2 - U_{23} = 0,411 - 0,001 = 0,410 \text{кВ} .$$

3. Участок 3-4:

а) Сопротивление участка ПРЗ – ЭП:

$$R_{34} = \frac{r_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{3,09 \cdot 0,002}{1} = 0,006 \text{Ом} ,$$

$$X_{34} = \frac{x_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{л}}} = \frac{0,09 \cdot 0,002}{1} = 0,0002 \text{ Ом}.$$

б) Потеря напряжения на участке:

$$U_{34\%} = \frac{(R_{34} \cdot P_{34} + X_{34} \cdot Q_{34})}{10 \cdot U_3^2},$$

$$U_{34\%} = \frac{(0,006 \cdot 8,558 + 0,0002 \cdot 0,305)}{10 \cdot 0,410^2} = 0,03\%,$$

$$U_{34} = U_{34\%} \cdot \frac{U_3}{100} = 0,03 \cdot \frac{0,410}{100} = 0,0001 \text{ кВ},$$

$$U_4 = U_3 - U_{34} = 0,410 - 0,0001 = 0,410 \text{ кВ}.$$

Для расчёта режима минимальной нагрузки необходимо по графикам нагрузки (рисунок 14) определить коэффициенты минимальной нагрузки по активной и реактивной мощности. В соответствии с графиком минимальная активная мощность $0,1 \cdot P_{\text{max}}$, минимальная реактивная мощность $0,1 \cdot Q_{\text{max}}$. Напряжение равно номинальному.

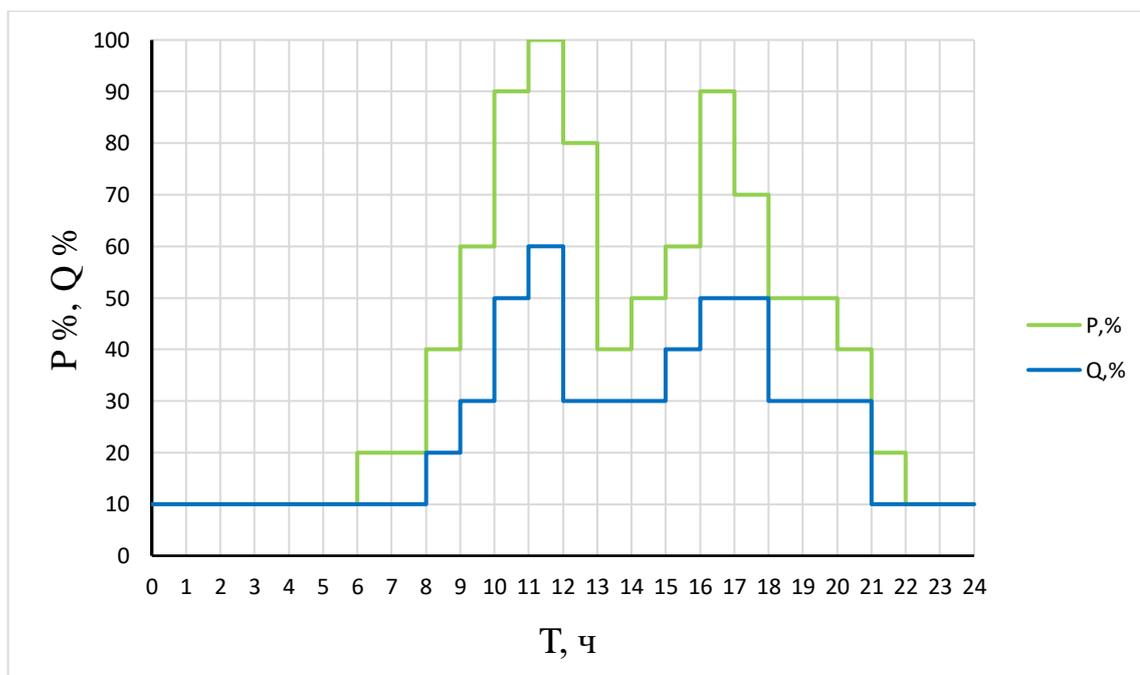


Рисунок 14 – Суточный график активной и реактивной нагрузки в %

В качестве послеаварийного режима рассмотрим выход из строя одного трансформатора в подстанции, отключение одной из цепей, питающей школу.

Дальнейший расчет сведем в таблицу 16.

Таблица 16 – Расчётные данные для построения эпюр отклонения напряжений

Максимальный режим			
Участок	1–2	2–3	3–4
P_i , кВт	46,256	8,558	8,558
Q_i , кВАр	8,486	0,305	0,305
R_i , Ом	0,08	0,049	0,006
X_i , Ом	0,008	0,0014	0,0002
ΔU_i , %	2,14	0,25	0,03
ΔU_i , кВ	0,009	0,001	0,0001
U_i , кВ	0,411	0,410	0,410
Минимальный режим			
Участок	1–2	2–3	3–4
P_i , кВт	4,6256	0,8558	0,8558
Q_i , кВАр	0,8486	0,0305	0,0305
R_i , Ом	0,08	0,049	0,006
X_i , Ом	0,008	0,0014	0,0002
ΔU_i , %	0,236	0,026	0,003
ΔU_i , В	0,001	0,0001	0
U_i , В	0,399	0,399	0,399
Послеаварийный режим			
Участок	1–2	2–3	3–4
P_i , кВт	46,256	8,558	8,558
Q_i , кВАр	8,486	0,305	0,305
R_i , Ом	0,16	0,049	0,006
X_i , Ом	0,016	0,0014	0,0002
ΔU_i , %	4,273	0,260	0,032
ΔU_i , В	0,018	0,001	0,0001
U_i , В	0,402	0,401	0,401

Эпюры отклонения напряжений представлены на рисунке 15.

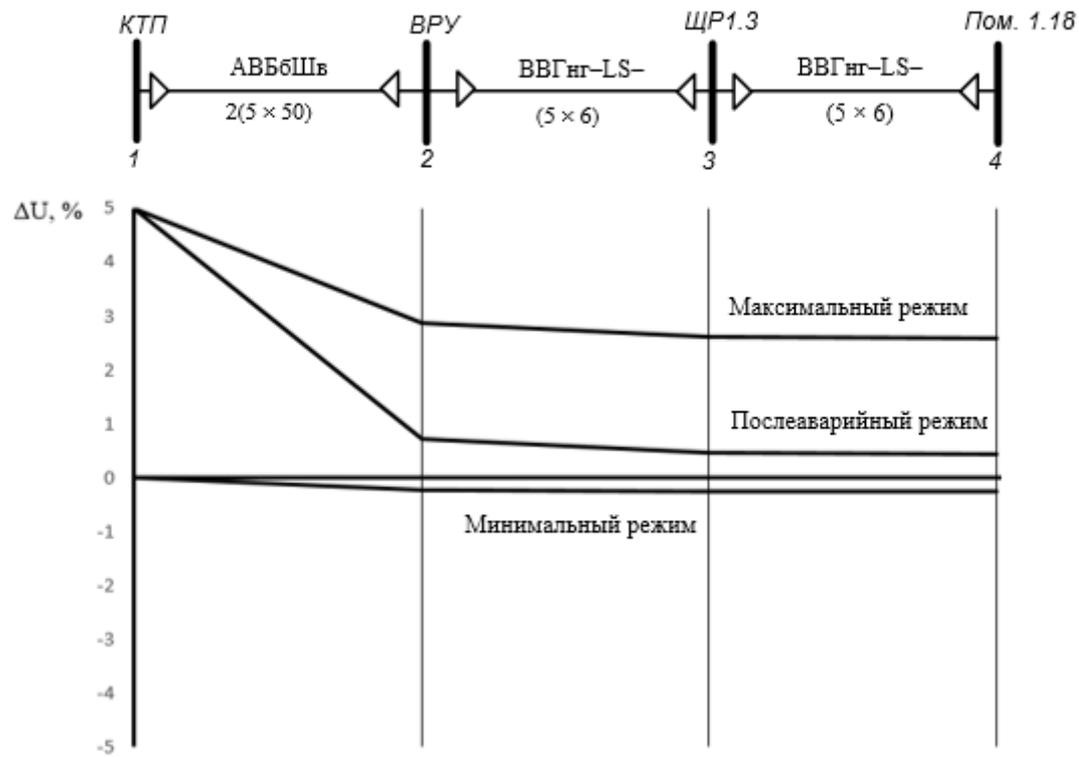


Рисунок 15 – Эпюры отклонения напряжений

Рассмотрим цепочку КТП – ВРУ – ЩР3.2 – Пом. 3.7, расчетная схема которой представлена на рисунке 16.

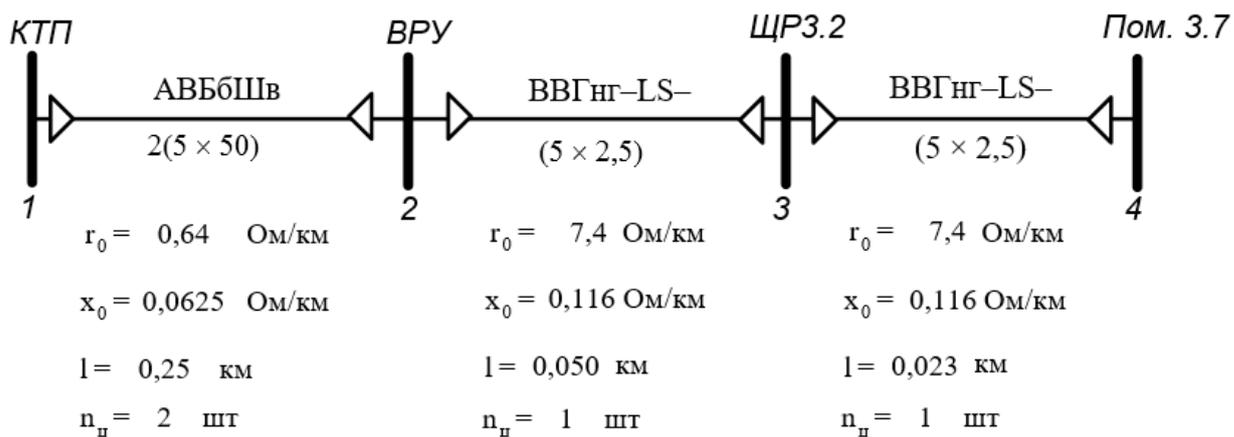


Рисунок 16 – Расчетная схема

Расчет максимального режима

Расчет максимального режима характеризуется увеличением номинального напряжения на 5 % $U_1 = U_{ном} \cdot 1,05 = 420 В$.

1. Участок 1-2:

а) Сопротивление участка кабельной линии:

$$R_{12} = \frac{r_{12} \cdot l_{12}}{n_{ц}} = \frac{0,64 \cdot 0,25}{2} = 0,08 \text{ Ом},$$

$$X_{12} = \frac{x_{12} \cdot l_{12}}{n_{ц}} = \frac{0,0625 \cdot 0,25}{2} = 0,008 \text{ Ом}.$$

б) Потеря напряжения на участке:

$$U_{12\%} = \frac{(R_{12} \cdot P_{12} + X_{12} \cdot Q_{12})}{10 \cdot U_{ном}^2} = \frac{(0,08 \cdot 46,256 + 0,008 \cdot 8,486)}{10 \cdot 0,42^2} = 2,14\% ,$$

$$U_{12} = U_{12\%} \cdot \frac{0,42}{100} = 2,14 \cdot \frac{0,42}{100} = 0,009 \text{ кВ},$$

$$U_2 = U_{ном} - U_{12} = 0,420 - 0,009 = 0,411 \text{ кВ}.$$

2. Участок 2-3:

а) Сопротивление участка:

$$R_{23} = \frac{r_{23} \cdot l_{23}}{n_{ц}} = \frac{7,4 \cdot 0,05}{1} = 0,37 \text{ Ом},$$

$$X_{23} = \frac{x_{23} \cdot l_{23}}{n_{ц}} = \frac{0,116 \cdot 0,05}{1} = 0,0058 \text{ Ом}.$$

б) Потеря напряжения на участке:

$$U_{23\%} = \frac{(R_{23} \cdot P_{23} + X_{23} \cdot Q_{23})}{10 \cdot U_2^2},$$

$$U_{23\%} = \frac{(0,37 \cdot 480 + 0,0058 \cdot 525)}{10 \cdot 0,411^2} = 0,11\%,$$

$$U_{23} = U_{23\%} \cdot \frac{U_2}{100} = 0,11 \cdot \frac{0,411}{100} = 0,0004 \text{ кВ},$$

$$U_3 = U_2 - U_{23} = 0,411 - 0,0004 = 0,411 \text{ кВ}.$$

3. Участок 3-4:

а) Сопротивление участка ПРЗ – ЭП:

$$R_{34} = \frac{r_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{7,4 \cdot 0,023}{1} = 0,170 \text{ Ом},$$

$$X_{34} = \frac{x_{34} \cdot l_{34}}{n_{\text{ц}}} = \frac{0,116 \cdot 0,023}{1} = 0,003 \text{ Ом}.$$

б) Потеря напряжения на участке:

$$U_{34\%} = \frac{(R_{34} \cdot P_{34} + X_{34} \cdot Q_{34})}{10 \cdot U_3^2},$$

$$U_{34\%} = \frac{(0,170 \cdot 0,160 + 0,003 \cdot 0,175)}{10 \cdot 0,411^2} = 0,016\%,$$

$$U_{34} = U_{34\%} \cdot \frac{U_3}{100} = 0,016 \cdot \frac{0,411}{100} = 0,0001 \text{ кВ},$$

$$U_4 = U_3 - U_{34} = 0,411 - 0,0001 = 0,411 \text{ кВ}.$$

Для расчёта режима минимальной нагрузки необходимо по графикам нагрузки (рисунок 17) определить коэффициенты минимальной нагрузки по активной и реактивной мощности. В соответствии с графиком минимальная активная мощность $0,1 \cdot P_{\text{max}}$, минимальная реактивная мощность $0,1 \cdot Q_{\text{max}}$. Напряжение равно номинальному.

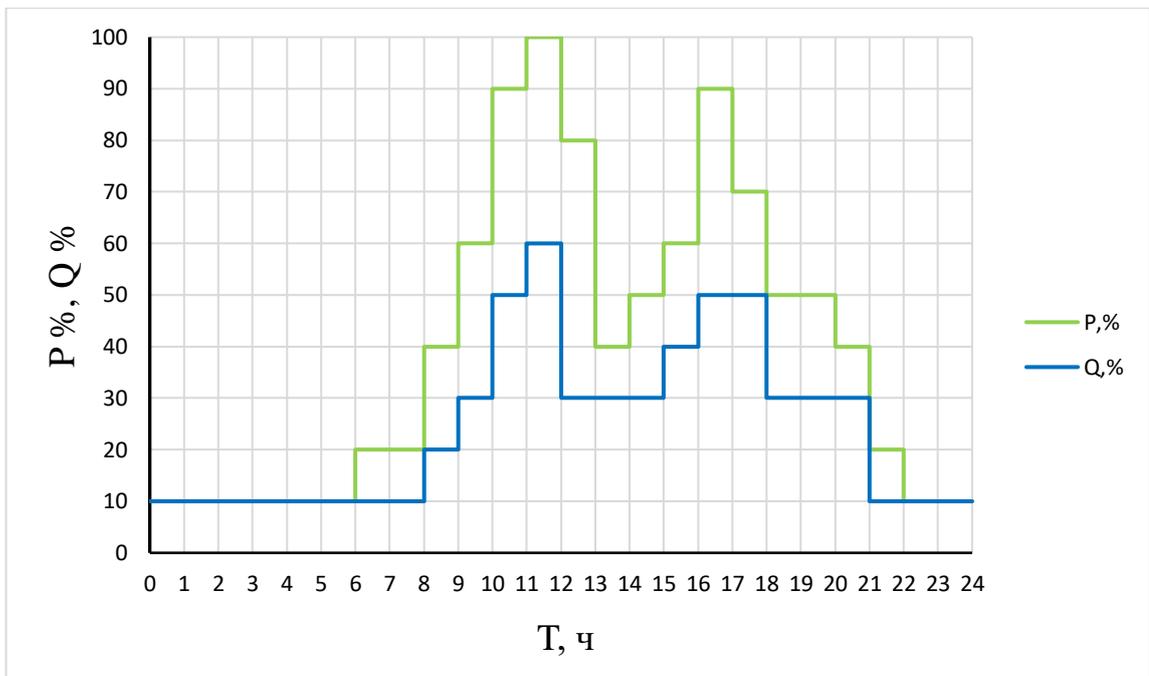


Рисунок 17 – Суточный график активной и реактивной нагрузки в %

В качестве послеаварийного режима рассмотрим выход из строя одного трансформатора в подстанции, отключение одной из цепей, питающей школу.

Дальнейший расчет сведем в таблицу 17.

Эпюры отклонения напряжений представлены на рисунке 18.

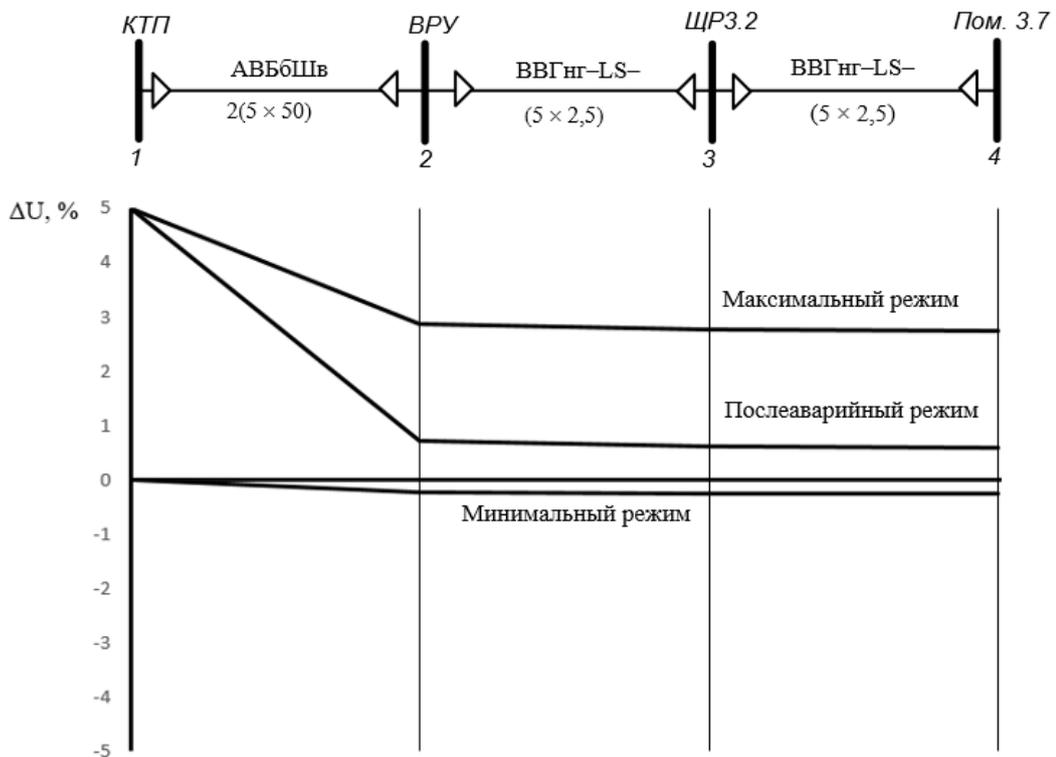


Рисунок 18 – Эпюры отклонения напряжений

Таблица 17 – Расчётные данные для построения эпюр отклонения напряжений

Максимальный режим			
Участок	1–2	2–3	3–4
P_i , кВт	46,256	0,48	0,16
Q_i , кВАр	8,486	0,525	0,175
R_i , Ом	0,08	0,37	0,17
X_i , Ом	0,008	0,0058	0,003
ΔU_i , %	2,136	0,107	0,016
ΔU_i , В	0,009	0,0004	0,0001
U_i , В	0,411	0,411	0,411
Минимальный режим			
Участок	1–2	2–3	3–4
P_i , кВт	4,6256	0,048	0,016
Q_i , кВАр	0,8486	0,0525	0,0175
R_i , Ом	0,08	0,37	0,17
X_i , Ом	0,008	0,0058	0,003
ΔU_i , %	0,236	0,011	0,002
ΔU_i , В	0,001	0,000	0,000
U_i , В	0,399	0,399	0,399
Послеаварийный режим			
Участок	1–2	2–3	3–4
P_i , кВт	46,256	0,48	0,16
Q_i , кВАр	8,486	0,525	0,175
R_i , Ом	0,16	0,37	0,17
X_i , Ом	0,016	0,0058	0,003
ΔU_i , %	4,273	0,112	0,017
ΔU_i , В	0,018	0,000	0,0001
U_i , В	0,402	0,402	0,402

Из эпюр отклонения напряжений видно, что потеря напряжения в линиях соответствует норме и принятые сечения пригодны для эксплуатации. На основании данных расчетов разработана электрическая принципиальная схема, показана в приложении В.

3 Определение и разработка подходящих мер по энергосбережению

Правительство может оказать существенное влияние на сокращение потребления энергии путем разработки специальных законов. Следует отметить, что правительство заинтересовано в этом, потому что такие меры показывают, что технологии в стране развиваются. Таким образом, могу сказать, что государственная поддержка играет большую роль в стимулировании реализации мер по повышению энергоэффективности.

Согласно рисунку 4, значительная часть потребления электроэнергии в учебных заведениях составляет потребление электроэнергии осветительными установками. Его анализ помогает влиять на установку освещения и снижает энергопотребление. Однако такая мера требует относительно больших вложений.

В настоящее время разработка мер по повышению энергоэффективности определяет все более популярное направление. Существуют различные исследования, описывающие попытки и практику реализации мер по повышению энергоэффективности в этой области в зависимости от различных климатических условий и различных типов зданий.

Такие меры могут быть разделены на две категории в зависимости от инвестиций (рисунок 17).

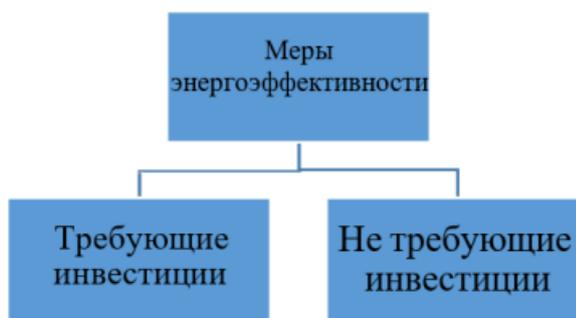


Рисунок 17 - Основные категории мер по повышению энергоэффективности

Для разработки энергоэффективных мероприятий, которые не требуют инвестиций, необходимо провести тщательный анализ существующей ситуации в здании. Важно знать, какие технологии используются в настоящее время в строительстве и возможные способы воздействия на них. Например, это может быть модернизация системы отопления, системы вентиляции и любых других систем, которые используются в здании. При детальном анализе потребления электроэнергии в здании могут быть выявлены «слабые места», места, где имеются потери энергии или использование энергии неэффективно. В случае мер, требующих инвестиций, необходимо провести детальную экономическую оценку, а также найти источник инвестиций. Такие меры включают замену осветительных установок, разработку системы управления, замену источника энергии на более эффективную и т. д.

В зависимости от способа реализации все меры можно разделить на следующие шесть групп:



Рисунок 18 - Пути реализации мер по повышению энергоэффективности

Используя меры контроля, информация об уровне первичного потребления отслеживается и контролируется, а также оценивается эффективность существующих установок. Меры по снижению нагрузки направлены на корректировку существующих технологий в здании. Например, эти меры включают замену системы освещения, управление освещением с помощью различных датчиков или настройку системы отопления. Меры по теплоизоляции включают использование более эффективных материалов для изоляции стен и кровли. Более того, примером таких мер может быть замена окон на более эффективные модели. Многие авторы рекомендуют использовать возобновляемые источники энергии, однако такая мера может применяться не для всех типов зданий. Наконец, последняя категория - это поведение человека. Эта мера предлагает людям стимул использовать меньше энергии или рациональнее использовать энергию.

3.1 Проектирование освещения

3.1.1 Выбор светильников

Требования к освещению по ГОСТ Р 57710-2013: освещенность кабинета не менее 300 лк, равномерность освещения не менее 0,60, пульсации света не более 15 %, рабочая поверхность на высоте стола (0,85 м). Для остальных помещений данные представлены в таблице 18. [16]

Таблица 18 – Нормы освещения

Наименование помещения	E, лк	U ₀ , не менее	K _л , %, не более
Классы, комнаты преподавателей	300	0,6	15
Компьютерные классы	300	0,6	5

Продолжение таблицы 18

Лестницы, коридоры, тех. помещения	150	0,4	-
Спортзал, раздевалки	300	0,6	20
Столовая	200	0,4	20
Кухня	500	0,6	10
Медицинский кабинет	300	0,6	15
Актовый зал	200	0,4	20

Принимаем следующие марки светильников:

- для спортивного зала - ASM/S 158 HF
- для учебных классов и прочего – ОПЛ/С 228 ВЧ

Номинальная нагрузка осветительных приемников определяется проектированием каждого этажа в программе DIALux, на начальном этапе используются люминесцентные светильники.

Пример расчета для Подвала:

ASM/S 158 HF [17]:

$$P_{н.о.} = P_{ном} \cdot n = 0,058 \cdot 20 = 1,16 \text{ кВт},$$

где $P_{ном}$ – мощность одного светильника, кВт;

n – общее число светильников.

ОПЛ/С 228 ВЧ [17]:

$$P_{н.о.} = P_{ном} \cdot n = 0,056 \cdot 50 = 2,8 \text{ кВт},$$

где $P_{ном}$ – мощность одного светильника, кВт;

n – общее число светильников.

Расчетная нагрузка осветительных приемников:

$$P_{p.o.} = K_{c.o.} \cdot P_{н.о.} = 0,8 \cdot (1,16 + 2,8) = 3,168 \text{ кВт},$$

$$Q_{p.o.} = \operatorname{tg} \varphi \cdot P_{p.o.} = 0,4 \cdot 3,168 = 1,267 \text{ кВар},$$

$$S_{p.o.} = \sqrt{P_{p.o.}^2 + Q_{p.o.}^2} = 3,413 \text{ кВА},$$

где $K_{c.o.}$ – коэффициент спроса осветительной нагрузки;

$\operatorname{tg} \varphi$ – для люминесцентных ламп.

Данные по всем этажам сведем в таблицу 19.

Таблица 19 – Осветительная нагрузка

Светильник	$P_{ном.}$ кВт	п, шт	$K_{c.o.}$	$\operatorname{tg} \varphi$	$P_{p.o.}$, кВт	$Q_{p.o.}$ кВар	$S_{p.o.}$ кВА
Подвал							
ASM/S 158 HF	0,058	20	0,8	0,4	3,168	1,267	3,413
ОПЛ/С 228 ВЧ	0,056	50	0,8	0,4			
1 Этаж							
ОПЛ/С 228 ВЧ	0,056	79	0,8	0,4	3,539	1,416	3,812
2 Этаж							
ОПЛ/С 228 ВЧ	0,056	77	0,8	0,4	3,450	1,380	3,715
3 Этаж							
ОПЛ/С 228 ВЧ	0,056	76	0,8	0,4	3,405	1,362	3,667
ИТОГО							14,607

Заменяем люминесцентные лампы на светодиодные. Принимаем следующую марку светильников: OPTIMA.OPL ECO LED 1200 4000K CRI90 SCHOOL.

Номинальная нагрузка осветительных приемников определяется проектированием каждого этажа в программе DIALux.

Пример расчета для Подвала:

OPTIMA.OPL ECO LED 1200 4000K CRI90 SCHOOL [17]:

$$P_{н.о.} = P_{ном} \cdot n = 0,032 \cdot 38 = 1,22 \text{ кВт},$$

где $P_{ном}$ – мощность одного светильника, кВт;

n – общее число светильников.

Расчетная нагрузка осветительных приемников:

$$P_{р.о.} = K_{с.о.} \cdot P_{н.о.} = 0,8 \cdot 1,22 = 0,98 \text{ кВт},$$

$$Q_{р.о.} = \text{tg}\varphi \cdot P_{р.о.} = 0,2 \cdot 0,98 = 0,196 \text{ кВар},$$

$$S_{р.о.} = \sqrt{P_{р.о.}^2 + Q_{р.о.}^2} = 1 \text{ кВА},$$

где $K_{с.о.}$ – коэффициент спроса осветительной нагрузки;

$\text{tg}\varphi_0$ – для светодиодных ламп.

Данные по всем этажам сведем в таблицу 20.

Таблица 20 – Осветительная нагрузка

Светильник	$P_{ном}$, кВт	n , шт	$K_{с.о.}$	$\text{tg}\varphi_0$	$P_{р.о.}$, кВт	$Q_{р.о.}$ кВар	$S_{р.о.}$ кВА
Подвал							
ОПТИМА.ОPL ECO LED	0,032	38	0,8	0,2	0,98	0,196	1
1 Этаж							
ОПТИМА.ОPL ECO LED	0,032	42	0,8	0,2	1,08	0,215	1,1
2 Этаж							
ОПТИМА.ОPL ECO LED	0,032	43	0,8	0,2	1,1	0,22	1,12
3 Этаж							
ОПТИМА.ОPL ECO LED	0,032	43	0,8	0,2	1,1	0,22	1,12
ИТОГО							4,34

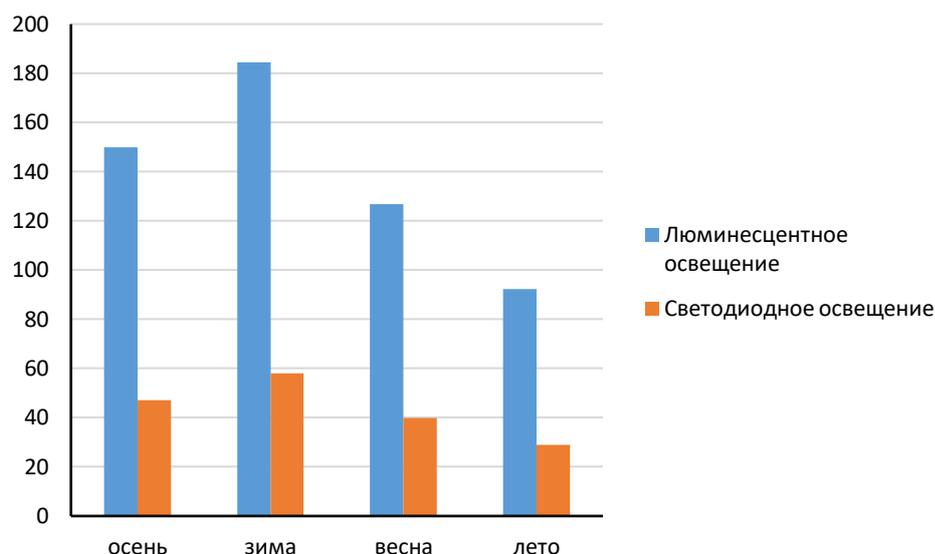


Рисунок 19 – Средние значения затрачиваемой мощности на освещение за сутки по сезонам

3.1.2 Выбор выключателей

Автоматический выключатель предназначен для защиты электрических сетей от токов тепловой перегрузки и токов коротких замыканий. Автоматический выключатель имеет в своем составе два расцепителя: тепловой, который должен сработать при длительной работе электросети с током незначительно превышающем расчетный; электромагнитный, который должен сработать мгновенно, при резком увеличении тока сети выше максимальных значений, наблюдаемых при запуске оборудования.

Пример расчета выключателя на фазу А:

1. Расчетный ток:

$$I_p = \frac{S_{p.o.1} \cdot n_{um}}{U_{ном}} = \frac{0,033 \cdot 12}{0,22} = 1,8 \text{ А.}$$

2. Пиковый ток:

$$I_{пик} = I_{пуск}^{max} + (I_p - K_i \cdot I_{ном}^{max}) = 0,15 + (1,8 - 0,85 \cdot 0,15) = 1,82 \text{ А.}$$

Намечаем к установке автомат марки ВА47-29 с $I_{\text{НОМ}} = 2 \text{ А}$ [13].

Выполняем проверку намеченного автомата:

1. По нагреву расчетным током:

$$I_{\text{Т}} \geq I_{\text{р}},$$

$$2\text{А} \geq 1,8\text{А}.$$

2. По условию перегрузки пиковым током:

$$I_{\text{расц.э}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пик}},$$

$$20\text{А} \geq 1,25 \cdot 1,8 = 2,25\text{А}.$$

Выбранный автомат прошел проверку.

Выключатель одноклавишный:

1. Расчетный ток:

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{р.о.1}} \cdot n_{\text{шт}}}{U_{\text{НОМ}}} = \frac{0,033 \cdot 12}{0,22} = 1,8\text{А}.$$

2. Пиковый ток:

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск}}^{\text{max}} + (I_{\text{р}} - K_{\text{и}} \cdot I_{\text{НОМ}}^{\text{max}}) = 0,15 + (1,8 - 0,85 \cdot 0,15) = 1,82\text{А}.$$

Намечаем к установке выключатель одноклавишный IP44 6А [13].

Таблица 21 – Автоматические выключатели

Место установки	Фаза А	Фаза В	Фаза С
Подвал			
ЩО 0.1	ВА47-29	ВА47-29	ВА47-29
	$I_{\text{НОМ}} = 2$	$I_{\text{НОМ}} = 2$	$I_{\text{НОМ}} = 2,5$

Продолжение таблицы 21

1 Этаж			
ЩО 1.1	ВА47-29	ВА47-29	ВА47-29
	$I_{\text{НОМ}} = 1,6$	$I_{\text{НОМ}} = 1,6$	$I_{\text{НОМ}} = 1,6$
ЩО 1.2	ВА47-29	ВА47-29	ВА47-29
	$I_{\text{НОМ}} = 1,6$	$I_{\text{НОМ}} = 1,6$	$I_{\text{НОМ}} = 1,6$
2 Этаж			
ЩО 2.1	ВА47-29	ВА47-29	ВА47-29
	$I_{\text{НОМ}} = 1,6$	$I_{\text{НОМ}} = 1,6$	$I_{\text{НОМ}} = 1,6$
ЩО 2.2	ВА47-29	ВА47-29	ВА47-29
	$I_{\text{НОМ}} = 1,6$	$I_{\text{НОМ}} = 1,6$	$I_{\text{НОМ}} = 1,6$
3 Этаж			
ЩО 3.1	ВА47-29	ВА47-29	ВА47-29
	$I_{\text{НОМ}} = 1,6$	$I_{\text{НОМ}} = 1,6$	$I_{\text{НОМ}} = 1,6$
ЩО 3.2	ВА47-29	ВА47-29	ВА47-29
	$I_{\text{НОМ}} = 1,6$	$I_{\text{НОМ}} = 1,6$	$I_{\text{НОМ}} = 1,6$

3.1.3 Выбор проводников

Кабель для прокладки в помещении должен иметь изоляцию не поддерживающую горение. В помещении не прокладывают бронированные кабели. Число жил кабеля определяется режимом работы нейтрали сети. При TN-C подключить однофазный электроприемник можно тремя жилами, трехфазный пятью.

Выбор кабеля Лин.1:

Намечаем выбор кабеля марки ВВГнг-LS – (5×1,5) с $I_{\text{доп}} = 19 \text{ А}$ [15].

1. Сечение по допустимому нагреву:

$$I_{\text{доп}} = 19 \text{ А} \geq \frac{I_p}{K_1 \cdot K_2} = \frac{4,54}{1 \cdot 1} = 4,54 \text{ А},$$

$K_1 = 1$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры [9, табл. 9.1] для нормальной среды $t = +25$ °С длительно находящейся в таком состоянии (более 1 дня); $K_2 = 1$ – коэффициент прокладки 1-2 линий, проложенных пучками [9, табл. 9.2].

2. Согласование с аппаратом защиты:

$$I_{\text{доп}} = 19A \geq \frac{K_{\text{заш}} \cdot I_{\text{заш}}}{K_1 \cdot K_2} = \frac{1 \cdot 6}{1 \cdot 1} = 6A,$$

где $I_{\text{заш}}$ – ток уставки срабатывания защитного аппарата; $K_{\text{заш}}$ – кратность длительно допустимого тока для провода или кабеля по отношению к току срабатывания защитного аппарата. Значения $K_{\text{заш}}$ и $I_{\text{заш}}$ определяют [9, таблица 9.4] в зависимости от характера сети, типа изоляции проводов и кабелей, условий окружающей среды.

Принятый кабель проходит по результатам проверок.

Результаты выбора и проверки проводников сведем в таблицу 22.

Таблица 22 – Выбор проводников

Участок	I _p	K _{п1}	K _{п2}	$\frac{I_p}{K_{п1} \cdot K_{п2}},$ А	K _з	$\frac{K_з \cdot I_з}{K_{п1} \cdot K_{п2}},$ А	Кабель	
							Марка	I _{доп,} А
Подвал								
Лин. 1	4,54	1	1	4,54	1	6	ВВГнг-LS - (5 × 1,5)	19
Лин. 1.1	1,4			1,4		2	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.2	1,4			1,4		2	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3	1,67			1,67		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.1	0,1			0,1		2	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.2	0,1			0,1		2	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин.1.1.3	0,1			0,1		2	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.4	0,1			0,1		2	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.5	0,1			0,1		2	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.6	0,1			0,1		2	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.7	0,2			0,2		2	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.8	0,2			0,2		2	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.9	0,2			0,2		2	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.10	0,2			0,2		2	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.11	0,5			0,5		2	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.12	0,5			0,5		2	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.2.1	0,1			0,1		2	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.2.2	0,1			0,1		2	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.2.3	1,1			1,1		2	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.2.4	1,1			1,1		2	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.1	0,3			0,3		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.2	0,3			0,3		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.3	0,1			0,1		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.4	0,1			0,1		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21

Лин. 1.3.5	0,1			0,1		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.6	0,1			0,1		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.7	0,1			0,1		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.8	0,1			0,1		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.9	0,1			0,1		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.10	0,1			0,1		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.11	0,1			0,1		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.12	0,1			0,1		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.13	0,1			0,1		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.14	0,1			0,1		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.15	0,1			0,1		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.16	0,1			0,1		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.17	0,1			0,1		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.18	0,1			0,1		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.19	0,1			0,1		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.20	0,1			0,1		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.21	0,2			0,2		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.22	0,2			0,2		2,5	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
1 Этаж								
Лин. 1	2,62			2,62		4	ВВГнг-LS - (5 × 1,5)	19
Лин. 1.1	0,83			0,83		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.2	1,07			1,07		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3	0,71			0,71		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.1	0,1	1	1	0,1	1	1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.2	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.3	0,3			0,3		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.4	0,3			0,3		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.5	0,3			0,3		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.6	0,3			0,3		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21

Лин. 1.2.1	0,2			0,2		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.2.2	0,2			0,2		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.2.3	0,7			0,7		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.2.4	0,7			0,7		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.1	0,4			0,4		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.2	0,4			0,4		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.3	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.4	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.5	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.6	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2	2,38			2,38		4	ВВГнг-LS - (5 × 1,5)	19
Лин. 2.1	0,71			0,71		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2	0,95			0,95		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.3	0,71			0,71		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.1.1	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.1.2	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.1.3	0,6			0,6		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.1.4	0,6			0,6		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.1	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.2	0,1	1	1	0,1	1	1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.3	0,3			0,3		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.4	0,3			0,3		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.5	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.6	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.7	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.8	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.9	0,3			0,3		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.10	0,3			0,3		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.3.1	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21

Лин. 2.3.2	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.3.3	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.3.4	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.3.5	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.3.6	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.3.7	0,3			0,3		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.3.8	0,3			0,3		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
2 Этаж								
Лин. 1	2,6	1	1	2,6	1	4	ВВГнг-LS - (5 × 1,5)	19
Лин. 1.1	0,83			0,83		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.2	0,83			0,83		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3	0,95			0,95		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.1	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.2	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.3	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.4	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.5	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.6	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.7	0,47			0,47		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.8	0,47			0,47		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.2.1	0,2			0,2		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.2.2	0,2			0,2		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.2.3	0,6			0,6		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.2.4	0,6			0,6		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.1	0,36			0,36		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.2	0,36			0,36		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.3	0,6			0,6		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.4	0,6			0,6		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2	2,49	1	1	2,49	1	4	ВВГнг-LS - (5 × 1,5)	19

Лин. 2.1	0,83			0,83		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2	0,83			0,83		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.3	0,83			0,83		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.1.1	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.1.2	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин.2.1.3	0,71			0,71		1,6	ВВГнг-LS - (3× 1,5)	21
Лин. 2.1.4	0,71			0,71		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.1	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.2	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.3	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.4	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.5	0,6			0,6		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.6	0,6			0,6		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.3.1	0,2			0,2		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.3.2	0,2			0,2		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.3.3	0,6			0,6		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.3.4	0,6			0,6		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
3 Этаж								
Лин. 1	2,6			2,6		4	ВВГнг-LS - (5 × 1,5)	19
Лин. 1.1	0,83			0,83		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.2	0,83			0,83		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3	0,95			0,95		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.1	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.1.2	0,1	1	1	0,1	1	1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин.1.1.3	0,6			0,6		1,6	ВВГнг-LS - (3× 1,5)	21
Лин. 1.1.4	0,6			0,6		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.2.1	0,2			0,2		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.2.2	0,2			0,2		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.2.3	0,6			0,6		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21

Лин. 1.2.4	0,6			0,6		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.1	0,36			0,36		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.2	0,36			0,36		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.3	0,6			0,6		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 1.3.4	0,6			0,6		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2	2,49			2,49		4	ВВГнг-LS - (5 × 1,5)	19
Лин. 2.1	0,83			0,83		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2	0,83			0,83		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.3	0,83			0,83		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.1.1	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.1.2	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин.2.1.3	0,71			0,71		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.1.4	0,71			0,71		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.1	0,1	1	1	0,1	1	1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.2	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.3	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.4	0,1			0,1		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.5	0,6			0,6		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.2.6	0,6			0,6		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.3.1	0,2			0,2		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.3.2	0,2			0,2		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.3.3	0,6			0,6		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21
Лин. 2.3.4	0,6			0,6		1,6	ВВГнг-LS - (3 × 1,5)	21

3.2 Уличное освещение

Требования и нормы освещения в детском саду и школе приведены в СанПиН 2.4.2.2821-10. [18] Норма наружного освещения в школе по СанПиН составляет не менее 10 лк на уровне поверхности земли. Утилитарное освещение можно организовать с помощью опор высотой 5-8 м.

В последнее время широкое распространение получили уличные светильники на солнечных батареях, сочетающие экономичность и привлекательный дизайн.

Главным плюсом подобных устройств является их экономичность: поскольку для функционирования изделий не требуется электричество, газ, керосин или иные источники энергии, расходы на освещение значительно снижаются. Значительно упрощается прокладка линий освещения, исчезает необходимость в проведении земляных работ, отпадает потребность в большом количестве дорогостоящего кабеля.

Один из наиболее важных плюсов — полная безопасность. Падение столба, обрыв проводов или иные происшествия со стационарными фонарями способны создать массу проблем и причинить увечья людям. Провод под напряжением, упавший на землю, является весьма коварной ловушкой для пешехода. При использовании светильников на солнечных батареях об этих опасностях можно забыть. [19]

Необходимо учесть, что каждый светильник должен обладать собственным комплектом солнечных батарей и накопительной емкостью, позволяющей лампе работать на протяжении всего темного времени суток.

Выбираем для наружного освещения светильник: ЭРА Консольный светильник на солн. бат., SMD, 60W, с датч. движ., ПДУ, 1000lm, 5000K, IP65.

Описание: Возможность использования в тех местах, где отсутствует доступ к централизованной электрической сети. В светильниках используются специальные морозоустойчивые аккумуляторы Li-FeP04, которые обеспечивают

устойчивую работу при температурах от -20 С до +60 С. Отсутствие расходов на электроэнергию. Нетребовательность в уходе. Фонари на солнечных батареях не нуждаются в заправке топливом и проведении профилактического обслуживания. Пылеводонепроницаемый плафон. Возможность быстрой замены АКБ. Дистанционное управление для изменения режимов. Датчик движения. Комплект для установки и монтажа.



Рисунок 20 - ЭРА Консольный светильник на солнечных батареях

Характеристики

1 Категория сайта
Освещение > Садовые светильники > Уличное освещение на солнечных батареях

Бренд
[ЭРА](#)

Мощность
60 W

Цветовая температура
5000

Материал
ABS-пластик, стекло, поликристаллические солнечные панели

Цвет
Черный

Модель
GRAKSS60-01

Наличие категории ЛВЖ и ГЖ
нет

Температура эксплуатации, °C
от - 20° до + 50°

Изготовитель
АТЛ Бизнес (Шэньчжэнь) ко., Лтд (адрес: 518054, КИР, Шэньчжэнь Наньшань дистрикт Наньхай роуд Чуанье стрит Нос Баоличэн билдинг рум 901)

Срок службы изделия
2 года

Степень защиты
IP 65

Тип кривой силы света
Д

Световой поток, Лм
1000Lm

Светодиоды
SMD

Аккумулятор
3 x 32650 3,2 В 13500 мАч Li-FePO4

Датчик движения
Есть

Пульт ДУ
есть

Время перехода в дежурный режим
30 секунд

Наличие аллергенов и резких запахов
нет

Температурные ограничения хранения и перевозки
нет

Рисунок 21 – Характеристики светильника [20]

3.3 Возобновляемая энергетика

Более подробно остановимся на альтернативных источниках энергии. Исследователи из Стэнфордского университета пришли к выводу, что установка в школах крышных солнечных панелей поможет обеспечить до 75% необходимого им электричества и сократить углеродные выбросы образовательного сектора на 28%. Примерно у 90% учебных заведений есть хоть немного места на крыше. По данным Министерства энергетики, школы с 11-летним обучением тратят более 6 млрд долл. в год на энергию. Это – вторая по величине статья расходов после зарплат. В сфере высшего образования ежегодные затраты на энергию превышают 14 млрд долл. [21]

Рассмотрим возможность установки солнечных панелей на крыше школы как в учебно-воспитательных, так и в энергосберегающих целях. Важно начинать изучение альтернативных источников энергии со школы и продолжать делать это в высших учебных заведениях. С помощью этой установки можно повысить вовлечение обучающейся молодежи в процессы применения фотоэлектрических источников энергии в быту и на производстве.

3.3.1 Определение энергетических характеристик ветра

При решении задач по оценке ветроэнергетического потенциала, его вклада в систему энергоснабжения того или иного объекта и экологию района необходимо наличие большого объема информации об особенностях ветрового режима в данном районе в зависимости от времени в течении всего года.

Для анализа ветрового потенциала в данном поселке обратимся к архиву погоды на сайте: <http://www.pogodaiklimat.ru> [22].

Произведем выборку значений скорости ветра для выбранной территории.

Таблица 23 – Скорость ветра за месяц, м/с

Дата	Скорость ветра для каждого часа, м/с							
	0	3	6	9	12	15	18	21
01.09.2021	1	1	1	2	2	0	1	1
02.09.2021	1	1	2	2	1	1	0	0
03.09.2021	0	0	1	2	1	1	0	0
04.09.2021	0	0	2	2	1	1	0	0
05.09.2021	0	0	1	1	1	1	2	2
06.09.2021	3	2	2	3	2	2	1	1
07.09.2021	0	1	1	1	1	1	0	0
08.09.2021	1	3	3	4	2	3	2	1
09.09.2021	1	0	2	2	1	2	0	0
10.09.2021	0	0	1	1	1	0	0	0
11.09.2021	0	0	1	1	2	1	0	0
12.09.2021	0	0	1	2	2	1	0	0
13.09.2021	0	0	1	1	1	1	1	1
14.09.2021	1	1	1	1	1	1	1	0
15.09.2021	1	0	0	0	1	0	0	0
16.09.2021	0	0	1	1	1	2	1	0
17.09.2021	0	0	1	1	1	0	0	0
18.09.2021	0	0	1	1	1	1	1	1
19.09.2021	1	2	2	2	2	2	2	2
20.09.2021	2	1	1	1	1	0	0	0
21.09.2021	0	0	1	1	1	1	1	1
22.09.2021	1	0	1	1	1	1	1	0
23.09.2021	0	0	1	2	2	2	2	2
24.09.2021	1	3	3	2	1	1	0	0
25.09.2021	0	1	1	1	0	0	0	0
26.09.2021	0	0	1	1	1	0	0	0
27.09.2021	0	0	0	1	1	1	1	1
28.09.2021	2	2	2	1	1	0	1	0
29.09.2021	0	0	0	1	1	0	0	0
30.09.2021	0	1	1	2	2	0	1	0

Составим таблицу градаций скоростей ветра:

Таблица 24 – Градации скорости ветра и количество их повторений за месяц

Скорость ветра, м/с	Часы, ч	Вероятность
0	87	36,25
1	104	43,33
2	41	17,08
3	7	2,92
4	1	0,42
Итого:	240	100

Построим график, отражающий повторяемость различных скоростей ветра в данном регионе за месяц. График представлен на рисунке 22.

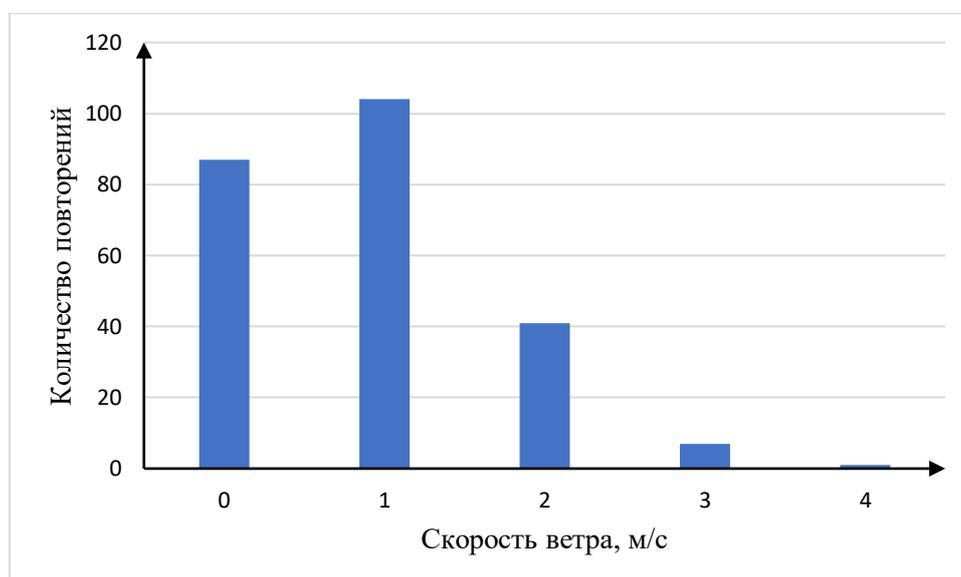


Рисунок 22 – График повторяемости различных скоростей ветра за месяц

Определим удельную месячную энергию ветра:

$$W_{\text{мес.уд}} = 0,5\rho \sum_{V_i=1}^{V_{i,\text{max}}} (T_i \cdot V_i^3) = 0,5 \cdot 1,23 \cdot \sum 87 \cdot 0^3 + \dots + 1 \cdot 4^3 = 421,28 \text{ Втч.}$$

Определим примерную годовую энергию ветра:

$$W_{\text{год.уд}} = W_{\text{мес.уд}} \cdot 12 = 421,28 \cdot 12 = 5055,36 \text{ Втч.}$$

В результате проделанной работы был определен ветроэнергетический потенциал поселка Поварово. В условиях данной местности ветер обладает

стабильностью в низких диапазонах скоростей, что не позволяет использовать его в качестве источника энергии.

3.3.2 Определение энергетических характеристик солнца

Солнечное излучение характеризуется широким спектральным диапазоном - от радиоволн до гамма-излучения. На расстоянии 1 а.е. от Солнца плотность потока его излучения составляет 1360 Вт/м^2 . Эта величина называется солнечной постоянной, которая в действительности не является постоянной: она немного изменяется в течение года, достигая максимального значения в январе, когда Земля находится максимально близко к Солнцу. Выражение «плотность потока излучения» используется для обозначения мощности излучения, приходящего на 1 м^2 поверхности.

Плотность потока (мощности) солнечного излучения для сокращения называют инсоляцией. Часто пользуются также понятием солнечной постоянной на поверхности Земли, которая равна значению инсоляции на поверхности, расположенной на уровне моря и ориентированной на Солнце. Эту константу для удобства принимают равной 1000 Вт/м^2 , что примерно соответствует потоку солнечного излучения при ясном небе около полудня. В реальности плотность потока излучения на поверхности Земли изменяется во времени и на ее значение влияет большое число факторов [23].

На поступление солнечной радиации влияет множество различных факторов: режим облачности в различных формах рельефа, широта, высота местности над уровнем моря, закрытость горизонта, различная экспозиция склонов и прозрачность атмосферы.

Для оценки возобновляемого энергетического потенциала солнечной энергии необходимо определить энергетический потенциал солнечной инсоляции в заданном регионе.

Для получения значений солнечной инсоляции для наклонной поверхности, необходимо пересчитать значения для горизонтальной поверхности согласно следующей методике [24]. Расчет будем вести для 15 числа каждого месяца. Солнечные панели предполагается размещать на крыше с южной стороны, наклон крыши составляет 30° , имеющаяся площадь под размещение панелей $182,5 \text{ м}^2$, что позволяет установить до 107 панелей (при условии $S_1=1,67 \text{ м}^2$).

Расчет инсоляции выполняем в среде Mathcad. В качестве примера произведем расчет для весны задав координаты дачный поселок Поварово $56^\circ 4' 00''$ с. ш. $37^\circ 3' 00''$ в. д. и выбрав день 15 апреля (105-й день).

Исходные данные

Восход солнца в 5:24, заход в 19:38; продолжительность светлого времени суток 14ч 14 минут; солнечную радиацию рассчитывают через каждый час с 6ч до 19ч;

$$S_0 = 1395 \text{ Вт/м}^2;$$

$$N = 105;$$

$$c = 0,43 \text{ для нормальной прозрачности атмосферы};$$

$$\varphi = 0,3113\pi;$$

$$\gamma = 0, \text{ плоскость ориентирована на юг};$$

$$a = 0,383;$$

$$b = 0,38;$$

$$n = 0,5;$$

$$\omega = \pi/2 \dots (-7\pi/12), \text{ изменение часового угла};$$

$$s = \pi/6, \text{ угол наклона плоскости к горизонту.}$$

Порядок расчета приведен в Приложении Б.

Получаем количество энергии солнечной радиации, приходящее на плоскость, наклоненную к горизонту под углом $\pi/6$. Переводим радианы в час: $1888 \text{ Вт*рад/м}^2 = 1848 * 12/3,14 = 7,062 \text{ кВт*ч/м}^2$.

В таблице 25 представлены данные о солнечной активности для расположения панелей под углом.

Таблица 25 – Значения солнечной инсоляции

Месяц	Солнечная инсоляция, λ кВтч/м ² /мес	Солнечная инсоляция, λ кВтч/м ² /день
Декабрь	32,860	1,06
Январь	59,923	1,933
Февраль	89,992	3,214
Среднее значение за зиму	60,925	2,069
Март	157,666	5,086
Апрель	211,860	7,062
Май	243,536	7,856
Среднее значение за весну	204,354	6,668
Июнь	246,360	8,212
Июль	250,542	8,082
Август	225,680	7,280
Среднее значение за лето	240,861	7,858
Сентябрь	175,620	5,854
Октябрь	121,427	3,917
Ноябрь	60,060	2,002
Среднее значение за осень	119,036	3,924

Как видно из таблицы 25, максимальные значения солнечной инсоляции соответствуют весеннему и летнему времени года.

Для построения графиков значения солнечной энергии в зависимости от времени суток необходимо знать временные отрезки светового дня. В таблице 26 представлена средняя продолжительность светового дня по сезонам [25].

Таблица 26 – Средняя продолжительность светового дня

Время года	Восход	Зенит	Закат	Продолжительность светового дня
Зима	08:56	12:30	16:34	7 ч 38 мин
Весна	05:29	12:36	19:43	14 ч 14 мин
Лето	04:12	12:42	21:12	17 ч
Осень	07:08	12:34	17:36	10 ч 28 мин

На рисунке 23 представлены графики поступления суммарной солнечной радиации на плоскость, наклоненную под углом 30° , площадью 1 м^2 в течение суток, сгруппированные по сезонам: зима, весна, лето, осень. Данные графические зависимости отражают уровень инсоляции, поступающей на приёмную поверхность фотоэлектрического модуля площадью 1 м^2 .

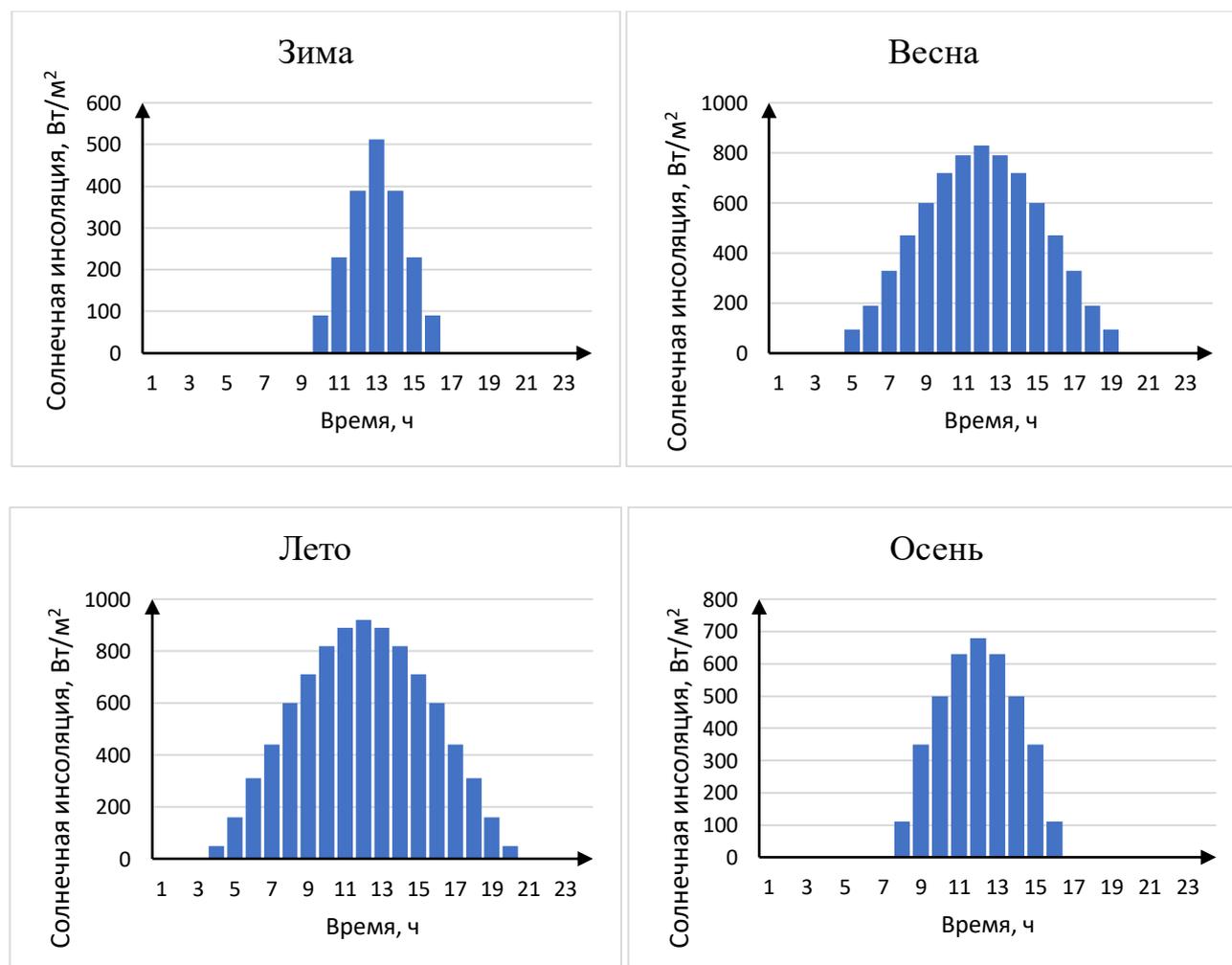


Рисунок 23 – Сезонные графики вырабатываемой активной мощности за счёт солнечной энергии с 1 м^2 за сутки

3.3.3 Обоснование при выборе оборудования солнечной станции

Выше был проанализирован потенциал солнечной энергии на территории дачного поселка Поварово. Было установлено что на 1 м^2 в зависимости от времени года падает от 1,060 до 8,212 кВт солнечной энергии за сутки.

В качестве солнечных модулей выберем ФЭ Модуль Моно-350Вт. [26] Технические характеристики солнечного модуля приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Технические характеристики солнечного модуля

Электрические характеристики	
Максимальная мощность (Pmax)	350 Вт
Напряжение на Pmax	33,5 В
Ток при Pmax (Im)	7,86 А
Напряжение холостого хода (Voc)	43,9 В
Ток короткого замыкания	10,18 А
Максимальное напряжение системы	1000/1500 В
Рабочий температурный диапазон	От -60°C до +90°C
Максимальная температура без снижения мощности	+47°C
Механические характеристики	
Солнечные элементы	Моно-кристаллические клетки с КПД до 20,74%
Покрытие	3.2 мм закаленное текстурированное антибликовое ударопрочное стекло
Диоды	6 диодов
Кабели	Длина: 1000 мм Сечение: 4.00 мм ²
Габариты	1684 × 1002 × 35 мм
Вес	19 кг
Цена, руб.	17500

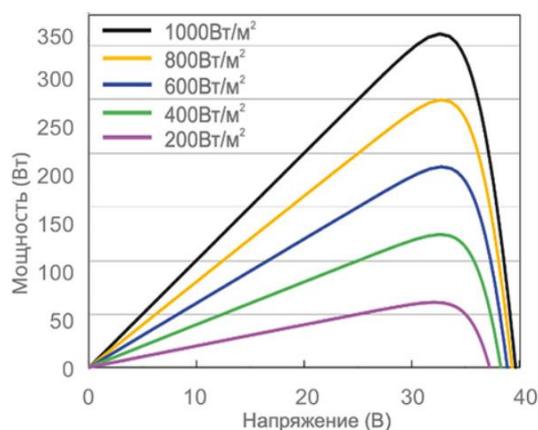


Рисунок 24 – Зависимости мощности от напряжения

Рассчитаем количество вырабатываемой энергии одним солнечным модулем в течение года по отдельным месяцам, таблица 28, по полученной таблице построим график вырабатываемой мощности, рисунок 25.

Количество электроэнергии, вырабатываемой одним модулем, в течение выбранного периода:

$$W_1 = k \cdot \eta \cdot S \cdot \lambda,$$

где λ - значение инсоляции за выбранный период, кВтч/м²;

η – коэффициент полезного действия ФЭУ, принимаем равным $\eta = 0,2$;

S – площадь солнечной панели, м²;

k – коэффициент, учитывающий поправку на потерю мощности солнечных элементов при нагреве на солнце, а также наклонное падение лучей на поверхность модулей в течении дня.

Значение солнечной инсоляции пересчитано на наклонную поверхность, коэффициентом можно пренебречь.

Пример расчета для декабря: $W_1 = \eta \cdot S \cdot \lambda = 0,2 \cdot 1,67 \cdot 32,860 = 10,52 \text{ кВт}$.

Таблица 28 – Количество вырабатываемой мощности солнечными модулями по месяцам

Месяц	W_1 , кВтч	$W_{\text{нагр}}$, кВтч	$N_{\text{см}}$, шт	W_{106}	ΔW , кВтч
Январь	19,18	13765,83	717,89	2032,59	11733,24
Февраль	28,80	12433,65	431,76	3052,53	9381,12
Март	50,45	11012,66	218,28	5348,03	5664,63
Апрель	67,80	10657,42	157,20	7186,29	3471,12
Май	77,93	11012,66	141,31	8260,74	2751,92
Июнь	78,84	6668,03	84,58	8356,53	-1688,50
Июль	80,17	6890,30	85,94	8498,38	-1608,08
Август	72,22	6890,30	95,41	7655,07	-764,76
Сентябрь	56,20	11323,50	201,49	5957,03	5366,47
Октябрь	38,86	11700,95	301,13	4118,80	7582,15
Ноябрь	19,22	11323,50	589,18	2037,24	9286,27
Декабрь	10,52	13765,83	1309,14	1114,61	12651,22
ИТОГО	600,17	127444,65	-	63617,84	63826,81

Из таблицы 28 видно, что для покрытия мощности нагрузки в зимний период необходимо свыше 1000 солнечных модулей, по предварительным расчётам это свыше 17 млн. рублей. Возьмём 106 панели, суммарная годовая выработка, которых будет соответствовать примерно 1/2 годовой мощности нагрузки. Составим график вырабатываемой мощности одной солнечной панели рисунок 25 и график баланса мощностей при использовании всех солнечных модулей, рисунок 26.

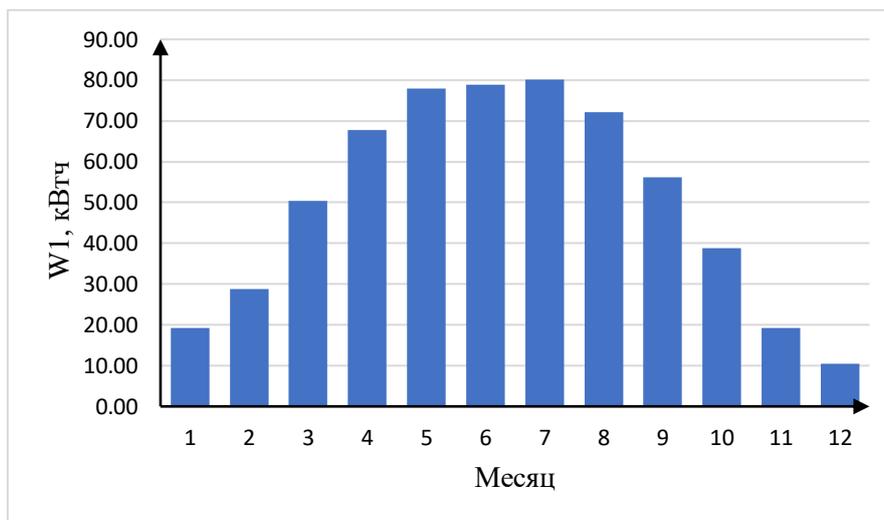


Рисунок 25 – График вырабатываемой мощности одного солнечного модуля

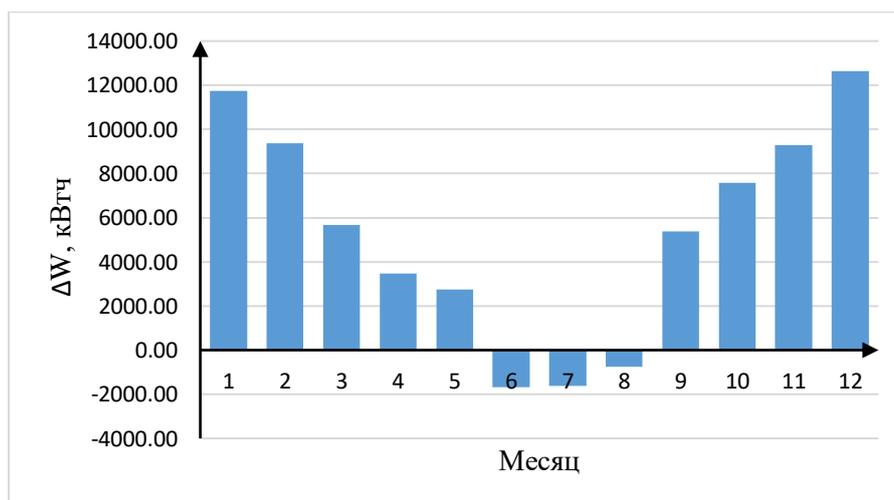


Рисунок 26 – Годовой баланс мощностей при использовании солнечных модулей

По полученному графику баланса, можно сделать вывод, что в сезон работы (сентябрь-май) существует дефицит энергии, обусловленный низкой

солнечной активностью в этот период. В летний период выработка электроэнергии заметно выше, достаточна для полного покрытия нагрузки. Примерная стоимость 106 солнечных модулей составляет 1,855 млн. рублей.

Из расчетов получаем примерное годовое потребление электроэнергии 127 445 кВтч, с использованием 106 солнечных модулей можно сэкономить 63 718 кВтч, что составляет 50% от общего потребления.

Для подробного рассмотрения возьмем график нагрузки для зимнего периода, так как зимой потребление электроэнергии самое высокое, а солнечная энергия наоборот минимальна. На рисунке 27 представлен график нагрузки и возможной выработки солнечной энергии.

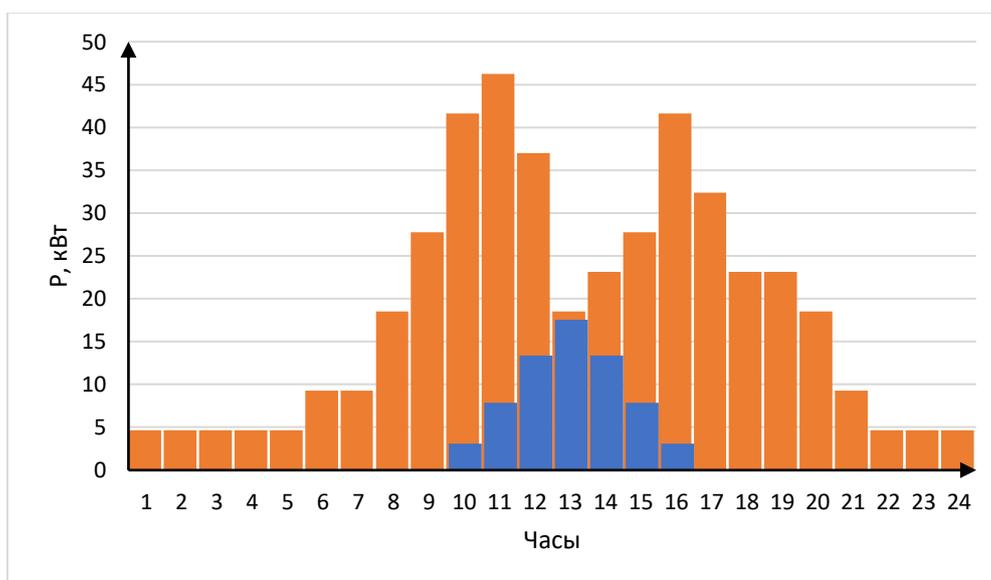


Рисунок 27 - Суточный график активной нагрузки и вырабатываемой мощности солнечными модулями

Можно сделать вывод, что максимальная солнечная активность наблюдается в период с 12-14 часов дня, но ее недостаточно для покрытия всей нагрузки. Тем не менее за сутки можно сэкономить до 66 кВт электроэнергии, что составляет $\approx 15\%$ от суточного потребления в зимнее время.

3.3.4 Структура солнечной системы электроснабжения

Фотоэлектрические преобразователи энергии характеризуются следующими показателями:

- 1) Периодичность генерирования энергии, так: генерирование электроэнергии происходит только в светлое время суток;
- 2) Непостоянство электроснабжения в течение одного периода, вследствие непостоянства солнечного излучения;
- 3) Невысокая мощность генерируемой энергии, в сравнении с атомными, гидро- и теплоэнергостанциями.

Исходя из описанных ранее свойств, типовая структура солнечной электростанции имеет вид, изображенный на рисунке 28.

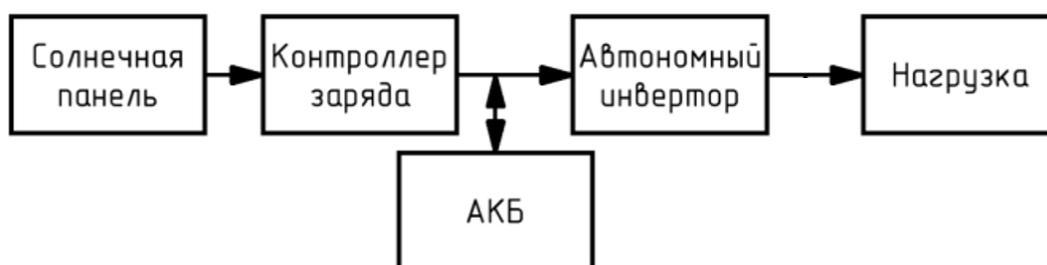


Рисунок 28 – Структура солнечной системы электроснабжения

Принцип работы данной схемы заключается в следующем: фотоэлектрические элементы солнечной панели преобразуют энергию солнечной радиации в электрическую энергию, которая поступает на вход контроллера заряда. Контроллер выполняет функцию управляющего звена, коммутируя электрическую энергию и следя за состоянием АКБ. Автономный инвертор преобразовывает сигнал аккумуляторной батареи в напряжение сети, для потребления нагрузкой.

3.3.4.1 Аккумуляторные батареи

Выходное напряжение солнечного контроллера определяется напряжением на клеммах аккумуляторных батарей, которое в свою очередь зависит от степени заряженности батареи (SoC) и температуры T батареи. Исходя из того, что установка аккумуляторных батарей планируется в помещении, то температура принимается равной $+ 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Выбираются свинцово-кислотные аккумуляторные батареи, выполненные по технологии AGM, графическая зависимость напряжения холостого хода от степени разряда которых представлена на рисунке 29. Зависимость справедлива для одного элемента свинцово-кислотных АБ с номинальным напряжением 12 В, состоящей из 6 элементов.

Количество АКБ, соединенных последовательно, определяется заданным номинальным напряжением массива АКБ (96 В). Для получения требуемого значения номинального напряжения восемь АКБ соединяются последовательно ($N_S = 8$).

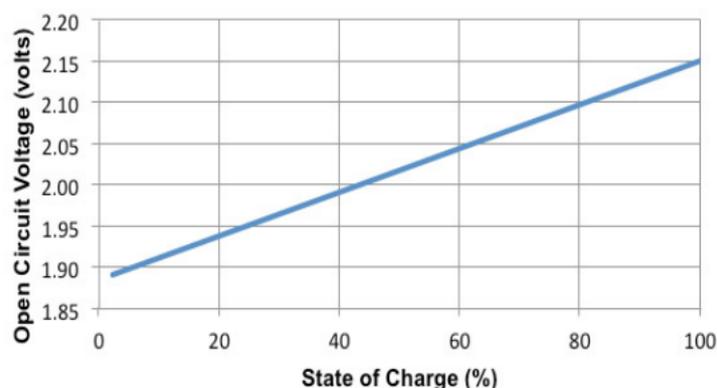


Рисунок 29 – Зависимость напряжения холостого хода (V_{oc}) от степени разряда (SoC) для свинцово-кислотных аккумуляторных батарей, выполненных по технологии AGM

По справочной литературе выбирается к установке АКБ типа Delta DTM 12200 L, технические характеристики которой приведены на рисунке 31 [27].

Энергия, которую можно запасти в одном аккумуляторе с учетом потерь и минимального остаточного заряда, равна:

$$W_{AB} = \frac{0,7 \cdot U \cdot I \cdot t}{1000} = \frac{0,7 \cdot 12 \cdot 200}{1000} = 1,68 \text{ кВтч.}$$

Рассчитаем количество АКБ исходя из условия запаса энергии, поступающей от солнечных модулей, в часы, когда она превышает нагрузку:

$$N = \frac{W_{сум}}{W_{AB}} = \frac{20}{1,68} = 12 \text{ шт, возьмем } 16 \text{ шт } (N_p = 2).$$



Рисунок 30 – АКБ типа Delta DTM 12200 L

Технические характеристики:

Напряжение, В	12
Емкость, Ач	200
Длина, мм	522
Ширина, мм	238
Высота, мм	218
Высота с клеммой, мм	223
Вес, кг	65.5
Срок службы АКБ, лет	12
Тип клеммы	под болт М8
Гарантия, мес.	12

Технические характеристики

Номинальное напряжение 12 В	
Число элементов	6
Срок службы	10-12 лет
Номинальная емкость (25°C)	
10 часовой разряд (22 А; 1.80 В/эл)	200 Ач
5 часовой разряд (36 А; 1.75 В/эл)	180 Ач
1 часовой разряд (128 А; 1,60 В/эл)	128 Ач
Саморазряд	3% емкости в месяц при 20°C
Внутреннее сопротивление полностью заряженной батареи (25°C)	3.5 МОм

Рисунок 31 – Технические характеристики АКБ типа Delta DTM 12200 L

3.3.4.2 Контроллер заряда

Контроллер заряда КЭС DOMINATOR MPPT 200/100 [26], представленный на рисунке 32, рассчитан для работы в солнечных электростанциях средней мощности при токе заряда до 100 А и напряжении аккумуляторов от 12 до 96 В. Контроллер работает по технологии MPPT, отслеживая точку максимальной мощности солнечных панелей. Применение датчиков тока позволяет контроллеру учитывать дополнительные внешние зарядные/разрядные токи от инвертора. Это позволяет автоматически уменьшить ток заряда, если он будет превышать максимально допустимый ток для АКБ. Так же, применение этого датчика для контроля зарядно/разрядных токов от инвертора, позволяет мгновенно, при необходимости, добавить необходимый ток от солнечных панелей, который требуется инвертору (для нагрузки), даже если АКБ заряжены и контроллер вышел на маленький зарядный ток (большой ток заряда в конце заряда недопустим).



Рисунок 32 – Контроллер КЭС DOMINATOR MPPT 200/100

Технико-экономические характеристики КЭС DOMINATOR MPPT 200/100 приведены в таблице 29.

Рассчитаем необходимое количество контроллеров, для этого определим располагаемую мощность одного контроллера $96\text{В} \cdot 100\text{А} = 9600\text{Вт}$. Будем считать, что максимальная проходящая мощность за час 31 кВт. Следовательно, нам необходимо установить 4 контроллера ($31\text{кВт}/9,6\text{кВт} = 4\text{шт}$).

Таблица 29 – Технико-экономические характеристики КЭС DOMINATOR MPPT 200/100

Ток заряда, А	100
Максимальное входное напряжение от солнечных батарей, В	200
КПД, %	98
Напряжение АКБ, В	12/24/36/48/96
Тип используемых АКБ	GEL, AGM, закрытые, открытые, щелочные, LiFePO4
Размеры, мм	350x120x210
Степень защиты	IP30
Вес, кг	5
Температура эксплуатации, °С	от -25 до +60
Стоимость, руб	74000

3.3.4.3 Инвертор

Инверторы, это электронные устройства, преобразующие постоянное низкое напряжение от аккумуляторов в переменное напряжение 220 В.

МАП DOMINATOR, вид которого представлен на рисунке 33, может обеспечить большие токи заряда, что позволяет использовать внешние аккумуляторы даже с очень большой ёмкостью, и, соответственно, время автономной работы может составлять до нескольких суток. Наличие собственного встроенного микрокомпьютера позволяет работать и собирать данные на флешку независимо от того, пользуетесь ли вы монитором или нет (функция чёрного ящика) [26].

Такой инвертор умеет синхронизироваться с сетью 220В и, при необходимости не переключаться на генерацию 220В от АКБ, а добавлять энергию от АКБ к энергии от сети, процесс происходит плавно, добавляется именно столько, сколько не хватает. Умеет добавлять энергию от альтернативных источников энергии в домашнюю сеть, как с использованием

АКБ, так и не задействуя АКБ. Может являться преобразователем однофазного напряжения в трехфазное с высоким КПД. Объединим три инвертора в 3 фазы, получим суммарную мощность $15\text{кВт} \cdot 3 = 45\text{кВт}$.



Рисунок 33 – Инвертор модели DOMINATOR

Технико-экономические параметры выбранного инвертора типа МАП DOMINATOR на 3 кВт приведены в таблице 30.

Таблица 30 – Технико-экономические параметры инвертора типа МАП DOMINATOR

Номинальная мощность, кВт	15
Номинальное напряжение, В	48
Выходное напряжение, В	220
Выходная частота, Гц	50
Пиковая мощность, кВт	19
Максимальная мощность, кВт	15
КПД, %	96
Типичный массив АКБ	600 Ач 48 В
Минимальная суммарная емкость АКБ	300 Ач 48 В
Максимальный ток заряда, А	до 80
Размеры, мм	560×210×460
Вес, кг	51
Температура эксплуатации, °С	от -25 до +35
Класс защиты	IP20
Стоимость, руб	296200

Благодаря выбранному гибриднему инвертору, можно рассмотреть его в схеме с аккумуляторными батареями как источник бесперебойного питания. К

установке приняли 16 АБ с возможностью запаса 27 кВт, что вполне достаточно для питания критичной нагрузки (1 категория): система пожаротушения, сигнализация, аварийное освещение.

3.4 Выбор ценовой категории

С 1 января 2012г. Постановлением правительства №442 введено понятие: ценовые категории электроэнергии. Ценовые категории – это варианты тарифа для потребителя. От ценовой категории зависит то, каким образом в конечную цену включается цена электроэнергии и мощности, и какой в цену заложен тариф на передачу, а также потребует ли потребителю планировать почасовое потребление на сутки вперед.

Предельные уровни нерегулируемых цен на электрическую энергию были взяты у АО «Мосэнергосбыт» за март 2023г. [28]

3.4.1 Первая ценовая категория

Первая ценовая категория - находятся все небольшие организации, которые не высказали никаких предпочтений в момент заключения договора электроснабжения с гарантирующим поставщиком. Цена покупки мощности на оптовом рынке электроэнергии и мощности (далее ОРЭМ) уже учтена в цене электроэнергии, поэтому потребитель оплачивает весь потребленный объем за месяц по одной цене, в счете за электроэнергию – одна строчка. Передача электроэнергии заложена в цену по одноставочному тарифу.

Определим объем потребления за зимний период:

$$W_{зима} = \left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i \right) \cdot 90 = W_{сут} \cdot 90 = 444,059 \cdot 90 = 39,97 \text{ МВт} \cdot \text{ч.}$$

Определим объем потребления за весенний период:

$$W_{весна} = \left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i \right) \cdot 92 = W_{сут} \cdot 92 = 377,450 \cdot 92 = 34,73 \text{ МВт} \cdot \text{ч.}$$

Определим объем потребления за летний период:

$$W_{лето} = \left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i \right) \cdot 92 = W_{сут} \cdot 92 = 333,044 \cdot 92 = 30,64 \text{ МВт} \cdot \text{ч.}$$

Определим объем потребления за осенний период:

$$W_{осень} = \left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i \right) \cdot 91 = W_{сут} \cdot 91 = 399,65 \cdot 91 = 36,37 \text{ МВт} \cdot \text{ч.}$$

Платеж по первой ценовой категории определяется как для простого одноставочного тарифа с учетом НДС:

$$П_{ЭЭ} = W_{год} \cdot T \cdot 1,2 = (39,97 + 34,73 + 30,64 + 36,37) \cdot 6674,6 \cdot 1,2 = 1,135 \text{ млн.руб.},$$

где T – предельный уровень нерегулируемых цен для НН.

3.4.2 Вторая ценовая категория

Вторая ценовая категория подразумевает дифференцированный учет электроэнергии по зонам суток. Существует двузонный учет: день/ночь и трехзонный: день/ночь/пик. Для оплаты электроэнергии по данным тарифам должны использоваться многотарифные электросчетчики.

При расчете платежа по второй ценовой категории рекомендуется использовать временные зоны суточного графика нагрузки:

Таблица 31 – Продолжительность зон суточного графика нагрузки зимой

Время	$T, ч$	$P, кВт$	Зона
Ночь	0	4,626	Ночная
Ночь	1	4,626	Ночная
Ночь	2	4,626	Ночная
Ночь	3	4,626	Ночная
Ночь	4	4,626	Ночная
Ночь	5	4,626	Ночная
Ночь	6	9,251	Ночная

Продолжение таблицы 31

День	7	9,251	Дневная
День	8	18,502	Дневная
День	9	27,754	Дневная
День	10	41,630	Дневная
День	11	46,256	Дневная
День	12	37,005	Дневная
День	13	18,502	Дневная
День	14	23,128	Дневная
День	15	27,754	Дневная
День	16	41,630	Дневная
День	17	32,379	Дневная
День	18	23,128	Дневная
День	19	23,128	Дневная
День	20	18,502	Дневная
День	21	9,251	Дневная
День	22	4,626	Ночная
Ночь	23	4,626	Ночная
День	16	402,426	Итого
Ночь	8	41,633	

Платеж по второй ценовой категории:

$$P_{\text{зима}} = (W_{\text{день}} \cdot T_{\text{день}} + W_{\text{ночь}} \cdot T_{\text{ночь}}) \cdot 90 \cdot 1,2 = (0,402 \cdot 9450,43 + 0,042 \cdot 5077,85) \cdot 90 \cdot 1,2 = 0,433 \text{ млн. руб.}$$

$$P_{\text{весна}} = (W_{\text{день}} \cdot T_{\text{день}} + W_{\text{ночь}} \cdot T_{\text{ночь}}) \cdot 92 \cdot 1,2 = (0,342 \cdot 9450,43 + 0,035 \cdot 5077,85) \cdot 92 \cdot 1,2 = 0,376 \text{ млн. руб.}$$

$$P_{\text{лето}} = (W_{\text{день}} \cdot T_{\text{день}} + W_{\text{ночь}} \cdot T_{\text{ночь}}) \cdot 92 \cdot 1,2 = (0,302 \cdot 9450,43 + 0,031 \cdot 5077,85) \cdot 92 \cdot 1,2 = 0,332 \text{ млн. руб.}$$

$$P_{\text{осень}} = (W_{\text{день}} \cdot T_{\text{день}} + W_{\text{ночь}} \cdot T_{\text{ночь}}) \cdot 91 \cdot 1,2 = (0,362 \cdot 9450,43 + 0,037 \cdot 5077,85) \cdot 91 \cdot 1,2 = 0,394 \text{ млн. руб.}$$

$$P_{\text{ЭЭ}} = P_{\text{зима}} + P_{\text{весна}} + P_{\text{лето}} + P_{\text{осень}} = 1,535 \text{ млн. руб.}$$

3.4.3 Ценовая категория с учетом возобновляемой энергетики

Рассмотрим каждый сезон по отдельности, так как в зависимости от сезона меняется солнечная энергия и потребность в электроэнергии.

Таблица 32 – Баланс мощностей за сутки зимой

Нагрузка в зимнее время		
Время, ч	P_n , кВт	$P_{см}$, кВт
1	4,626	0
2	4,626	0
3	4,626	0
4	4,626	0
5	4,626	0
6	9,251	0
7	9,251	0
8	18,502	0
9	27,754	0
10	41,63	3,082
11	46,256	7,875
12	37,005	13,354
13	18,502	17,531
14	23,128	13,354
15	27,754	7,875
16	41,63	3,082
17	32,379	0
18	23,128	0
19	23,128	0
20	18,502	0
21	9,251	0
22	4,626	0
23	4,626	0
24	4,626	0
ИТОГО		
		$P_n - P_{см}$, кВт
сутки	444,059	377,907
день	402,426	336,274
ночь	41,633	41,633

Таблица 33 – Баланс мощностей за сутки весной

Нагрузка в зимнее время			
Время, ч	Р _н , кВт	Р _{см} , кВт	
1	3,932	0	
2	3,932	0	
3	3,932	0	
4	3,932	0	
5	3,932	3,253	
6	7,863	6,506	
7	7,863	11,299	
8	15,727	16,093	
9	23,591	20,544	
10	35,386	24,653	
11	39,318	27,050	
12	31,454	28,419	
13	15,727	27,050	
14	19,659	24,653	
15	23,591	20,544	
16	35,386	16,093	
17	27,522	11,299	
18	19,659	6,506	
19	19,659	3,253	
20	15,727	0	
21	7,863	0	
22	3,932	0	
23	3,932	0	
24	3,932	0	
ИТОГО			Р_н – Р_{см}, кВт
сутки	377,450	247,213	130,237
день	342,062		104,608
ночь	35,388		25,630

Таблица 34 – Баланс мощностей за сутки летом

Нагрузка в зимнее время		
Время, ч	Р _н , кВт	Р _{см} , кВт
1	3,470	0
2	3,470	0
3	3,470	0
4	3,470	1,712
5	3,470	5,478
6	6,938	10,614
7	6,938	15,066
8	13,877	20,544
9	20,816	24,310
10	31,223	28,077

Продолжение таблицы 34

11	34,692	30,474	
12	27,754	31,501	
13	13,877	30,474	
14	17,346	28,077	
15	20,816	24,310	
16	31,223	20,544	
17	24,284	15,066	
18	17,346	10,614	
19	17,346	5,478	
20	13,877	1,712	
21	6,938	0	
22	3,470	0	
23	3,470	0	
24	3,470	0	
ИТОГО			Р_н – Р_{см}, кВт
сутки	333,044	304,051	28,993
день	301,820		15,573
ночь	31,225		13,420

Таблица 35 – Баланс мощностей за сутки осенью

Нагрузка в зимнее время		
Время, ч	Р _н , кВт	Р _{см} , кВт
1	4,163	0
2	4,163	0
3	4,163	0
4	4,163	0
5	4,163	0
6	8,326	0
7	8,326	0
8	16,652	3,766
9	24,979	11,984
10	37,467	17,120
11	41,630	21,571
12	33,305	23,283
13	16,652	21,571
14	20,815	17,120
15	24,979	11,984
16	37,467	3,766
17	29,141	0
18	20,815	0
19	20,815	0
20	16,652	0
21	8,326	0

Продолжение таблицы 35

22	4,163	0	
23	4,163	0	
24	4,163	0	
ИТОГО			$P_n - P_{см},$ кВт
сутки	399,653	116,416	283,237
день	362,183		245,767
ночь	37,470		37,470

На рисунке 34 представлен графики нагрузки и возможной выработки солнечной энергии по сезонам года.

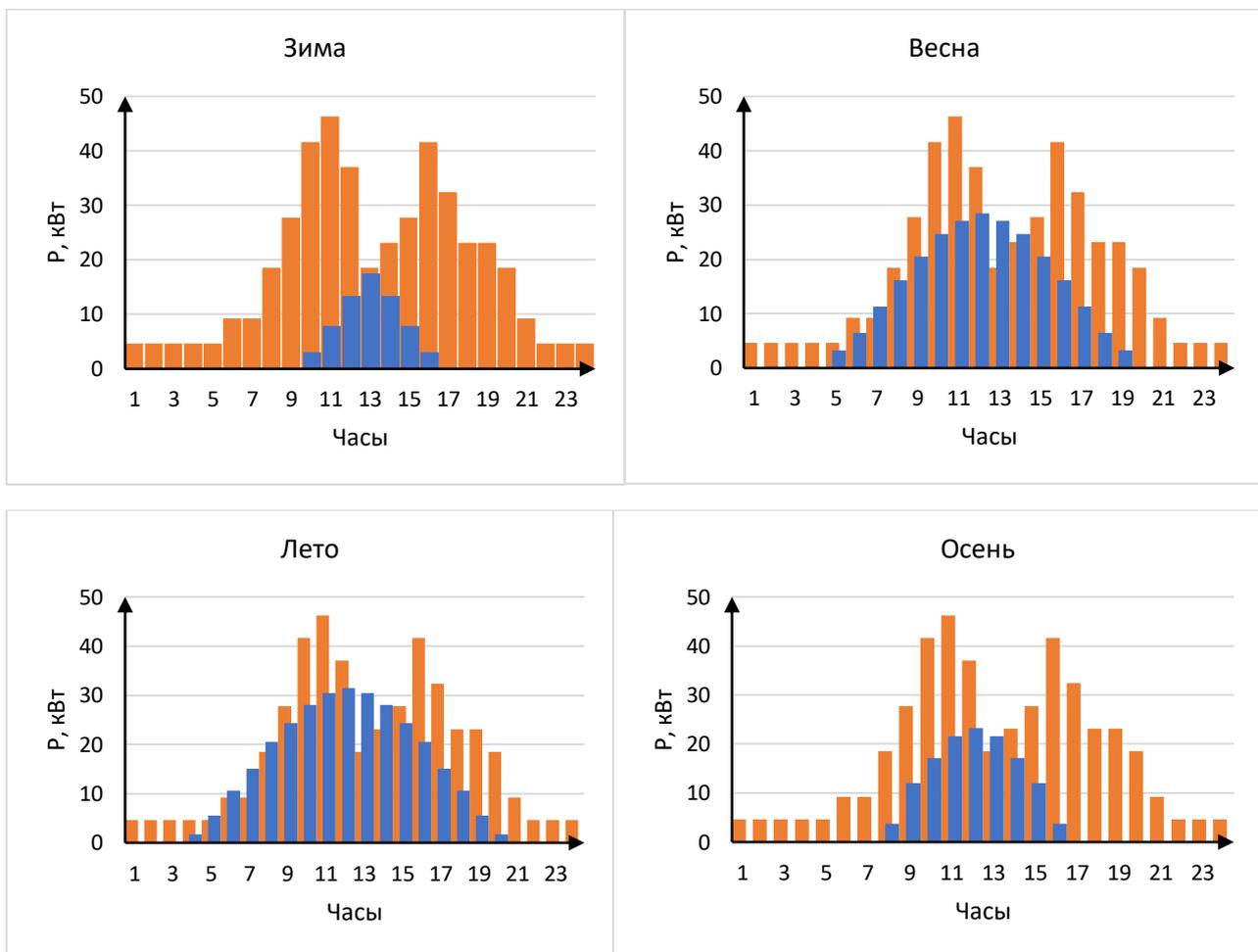


Рисунок 34 - Суточные графики активной нагрузки и вырабатываемой мощности солнечными модулями по сезонам года

Произведем расчет по приведенным выше данным для 1 и 2 ценовой категории.

Первая категория:

Определим объем потребления за зимний период:

$$W_{\text{зима}} = \left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i \right) \cdot 90 = W_{\text{сут}} \cdot 90 = 377,907 \cdot 90 = 34,011 \text{ МВт} \cdot \text{ч.}$$

Определим объем потребления за весенний период:

$$W_{\text{весна}} = \left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i \right) \cdot 92 = W_{\text{сут}} \cdot 92 = 130,237 \cdot 92 = 11,982 \text{ МВт} \cdot \text{ч.}$$

Определим объем потребления за летний период:

$$W_{\text{лето}} = \left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i \right) \cdot 92 = W_{\text{сут}} \cdot 92 = 28,993 \cdot 92 = 2,667 \text{ МВт} \cdot \text{ч.}$$

Определим объем потребления за осенний период:

$$W_{\text{осень}} = \left(\sum_{i=1}^n P_i \cdot t_i \right) \cdot 91 = W_{\text{сут}} \cdot 91 = 283,237 \cdot 91 = 25,775 \text{ МВт} \cdot \text{ч.}$$

Платеж по первой ценовой категории с учетом НДС:

$$\Pi_{\text{ЭЭ}} = W_{\text{год}} \cdot T \cdot 1,2 = (34,011 + 11,982 + 2,667 + 25,775) \cdot 6674,6 \cdot 1,2 = 0,596 \text{ млн. руб.},$$

Вторая категория:

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{зима}} &= (W_{\text{день}} \cdot T_{\text{день}} + W_{\text{ночь}} \cdot T_{\text{ночь}}) \cdot 90 \cdot 1,2 = (0,336 \cdot 9450,43 + 0,042 \cdot 5077,85) \cdot \\ &\quad \cdot 90 \cdot 1,2 = 0,366 \text{ млн. руб.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{весна}} &= (W_{\text{день}} \cdot T_{\text{день}} + W_{\text{ночь}} \cdot T_{\text{ночь}}) \cdot 92 \cdot 1,2 = (0,105 \cdot 9450,43 + 0,026 \cdot 5077,85) \cdot \\ &\quad \cdot 92 \cdot 1,2 = 0,124 \text{ млн. руб.} \end{aligned}$$

$$\Pi_{\text{лето}} = (W_{\text{день}} \cdot T_{\text{день}} + W_{\text{ночь}} \cdot T_{\text{ночь}}) \cdot 92 \cdot 1,2 = 0,029 \cdot 5077,85 \cdot 92 \cdot 1,2 = 0,016 \text{ млн. руб.}$$

$$P_{осень} = (W_{день} \cdot T_{день} + W_{ночь} \cdot T_{ночь}) \cdot 91 \cdot 1,2 = (0,246 \cdot 9450,43 + 0,037 \cdot 5077,85) \cdot 91 \cdot 1,2 = 0,274 \text{ млн. руб.}$$

$$P_{\Sigma} = P_{зима} + P_{весна} + P_{лето} + P_{осень} = 0,78 \text{ млн. руб.}$$

3.4.4 Ценовая категория с учетом ИБП

Можно рассмотреть вариант установки большего количества АКБ, так как выбранный инвертор может работать в гибридном режиме. Ночью в отсутствии солнца можно запасать в аккумуляторах энергию из сети, так как она будет иметь меньшую стоимость, а днем эту энергию выдавать на нагрузку. По предварительным расчетам необходимо ночью накапливать минимум 150 кВт (150/1,68 = 90 шт АБ), чтобы было выгодно переходить на 2 ценовую категорию.

Цена по первой ценовой категории останется не изменена, а для второй выполним новый расчет.

Вторая категория:

$$P_{зима} = (W_{день} \cdot T_{день} + W_{ночь} \cdot T_{ночь}) \cdot 90 \cdot 1,2 = ((0,336 - 0,150) \cdot 9450,43 + (0,042 + 0,150) \cdot 5077,85) \cdot 90 \cdot 1,2 = 0,295 \text{ млн. руб.}$$

$$P_{весна} = (W_{день} \cdot T_{день} + W_{ночь} \cdot T_{ночь}) \cdot 92 \cdot 1,2 = ((0,105 - 0,105) \cdot 9450,43 + (0,026 + 0,105) \cdot 5077,85) \cdot 92 \cdot 1,2 = 0,073 \text{ млн. руб.}$$

$$P_{лето} = (W_{день} \cdot T_{день} + W_{ночь} \cdot T_{ночь}) \cdot 92 \cdot 1,2 = 0,029 \cdot 5077,85 \cdot 92 \cdot 1,2 = 0,016 \text{ млн. руб.}$$

$$P_{осень} = (W_{день} \cdot T_{день} + W_{ночь} \cdot T_{ночь}) \cdot 91 \cdot 1,2 = ((0,246 - 0,150) \cdot 9450,43 + (0,037 + 0,150) \cdot 5077,85) \cdot 91 \cdot 1,2 = 0,203 \text{ млн. руб.}$$

$$P_{\Sigma} = P_{зима} + P_{весна} + P_{лето} + P_{осень} = 0,587 \text{ млн. руб.}$$

Выбор оптимального варианта:

Таблица 36 – Сравнение рассмотренных вариантов

	1 вариант	2 вариант (солнечная энергия)	Разница 1вар/2вар, млн руб.	3 вариант (ИБП)	Разница 2вар/3вар, млн руб.
1 ценовая категория	1,135	0,596	0,539	0,596	0
2 ценовая категория	1,535	0,780	0,755	0,587	0,193
Разница 1кат/2кат, млн руб.	-0,400	-0,184	Итого 2 вариант 1 категория	0,009	Итого 3 вариант 2 категория

Можно заметить, что с установкой солнечных модулей сокращается потребление электроэнергии из сети, тем самым происходит экономия в денежном эквиваленте в размере 0,539 млн. руб. за год по 1 ценовой категории.

Переход на 2 категорию становится выгодным только с использованием ИБП, но для существенной экономии потребуется значительное количество АКБ, что делает этот вариант не выгодным. Так как при использовании 90 АКБ за год экономия составила примерно 9000 руб., а стоимость установки более 4 млн. руб. Срок службы у АКБ всего 12 лет, следовательно, затраты на покупку оборудования никогда не окупятся.

4 Оценка предложенных мероприятий

С целью сокращения объемов потребления электроэнергии и соответственно платы за нее были предложены мероприятия по энергосбережению, к которым относится замена системы освещения (установка светодиодных источников света) и установка солнечных панелей на южной стороне крыши, позволяющих использовать возобновляемую энергию солнца, а также накапливать ее в аккумуляторных батареях, что в свою очередь существенно сокращает затраты на потребление электроэнергии из сети. Для оценки влияния предложенных мероприятий по энергосбережению было проанализировано годовое потребление электроэнергии учебным заведением.

В таблице 37 в численном выражении представлен экономический эффект от мероприятий программы энергосбережения.

Таблица 37 – Экономический эффект реализации программы по энергосбережению

№	Мероприятие	Экономия ЭЭ в год, кВтч	Экономия платы за ЭЭ, руб./год	Затраты, руб.	Срок окупаемости, лет
1	Замена источников света	36 589	293 059	1 328 000	4,5
2	Установка ФЭС	67 264	538 751	3 761 100	7
ИТОГО		103 853	831 810	5 089 100	11,5

Таким образом, внедрение предложенных мероприятий позволяет снизить годовое потребление электроэнергии примерно на 103 853 кВтч, что в свою очередь сократит плату за ЭЭ на 831 810 руб./год. Срок окупаемости внедрения предложенных мероприятий составляет 11,5 лет.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Выпускная квалификационная работа заключается в оптимизации системы электроснабжения образовательного учреждения согласно всем нормативным документам, используя все возможные пути повышения энергосбережения и снижения потребления электрической энергии (ЭЭ).

Целью данного раздела является подтверждение целесообразности разработки технического проекта электроснабжения, согласно всем нынешним требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа существующей конкуренции необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Основным продуктом, получаемым в ходе научно-исследовательской работы, является схема электроснабжения учебного заведения.

В отрасли освещения выделяют следующие основные виды оказываемых услуг: разработка световых приборов, продажа электрооборудования, проектирование освещения.

В таблице 38 приведена карта сегментирования предприятий по приоритету оказываемых услуг в Томске, обосновывающая продвижение проектных услуг по освещению, оказываемых разработчиком.

Для сегментации рынка услуг были выделены основные предприятия, занимающиеся проектированием освещения, разработкой световых приборов, электромонтажными работами и продажей электрооборудования. Рассмотрены следующие компании: ООО ТМК «РосЭнерго», «АВАНГАРД ФМ», ООО Торговый Дом «Свет».

Таблица 38 – Карта сегментирования

Наименование организации	Проектирование освещения	Разработка световых приборов	Монтажные работы	Продажа электрооборудования
ООО ТМК «РосЭнерго»				
«АВАНГАРД ФМ»				
ООО Торговый Дом «Свет»				

Таким образом, карта сегментирования позволяет сделать вывод, что из трех рассмотренных компаний в городе Томске, только одна занимается проектированием освещения. Таким образом, услуги проектирования освещения, предлагаемые в рамках данной работы, будут востребованы со стороны потенциальных потребителей и должны развиваться в этом направлении.

Согласно Федеральному закону от 23 ноября 2009г. №261-ФЗ образовательные учреждения должны обеспечить снижение энергопотребления (объема потребляемой воды, дизельного или иного топлива, мазута, природного газа, тепловой и электрической энергии) минимум на 3% в год в течение пяти лет. Поэтому данное исследование имеет большой спектр применения.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

На первом этапе необходимо произвести анализ конкурентных технических решений, которые могут быть приняты при проектировании схемы электроснабжения. Такой анализ сможет помочь внести изменения в текущий проект для достижения его конкурентоспособности. Анализ будем проводить с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения с помощью сравнительной оценочной карты. Для этого будем проводить сравнение

возможных вариантов схем электроснабжения сетей систем 3-х фазного тока напряжением до 1000 В:

- 1) Радиальная схема;
- 2) Магистральная схема;
- 3) Смешанная схема.

Итогом данного сравнения будет выявление наиболее конкурентоспособной схемы электроснабжения, которая будет отвечать требованиям надежности, безопасности, ресурсосбережения, оптимальной цены и качества.

Анализ конкурентоспособности схем электроснабжения будет определяться по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях ед.);

B_i – балл i-показателя.

Оценочная карта сравнения конкурентных решений приведена в таблице 39.

Таблица 39 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бр	Бм	Бс	Кр	Км	Кс
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Энергоэкономичность (минимум потерь)	0,10	3	5	3	0,30	0,50	0,30
2. Надежность	0,20	5	2	4	1,00	0,40	0,80
3. Безопасность	0,10	5	3	4	0,50	0,30	0,40
4. Простота эксплуатации	0,15	5	4	4	0,75	0,60	0,60
5. Ремонтопригодность	0,10	5	4	4	0,50	0,40	0,40

Продолжение таблицы 39

6.Уровень материалоемкости	0,05	3	5	4	0,15	0,25	0,20
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Цена установки	0,05	2	4	3	0,20	0,40	0,30
2.Затраты на монтаж схемы	0,15	3	5	4	0,30	0,50	0,40
3.Предполагаемый срок эксплуатации	0,10	5	3	4	0,50	0,30	0,40
Итого	1,00	36	36	34	4,20	3,65	3,80

По расчетным данным видно, что наиболее привлекательный вариант №1 – радиальная схема.

5.1.3 SWOT – анализ

SWOT-анализ является инструментом стратегического менеджмента. Он представляет собой комплексное исследование технического проекта [29]. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Анализ будем проводить с помощью таблицы матрицы, в которой представлены слабые и сильные стороны проекта, возможности и угрозы (таблица 3).

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 40 – матрица SWOT

	<p>Сильные стороны:</p> <p>С1. Высокая надежность электроснабжения.</p> <p>С2. Энергоэффективность и энергосбережение технологии.</p> <p>С3. Удобство эксплуатации.</p> <p>С4. Гибкость системы.</p> <p>С5. Значительная ремонтпригодность.</p> <p>С6. Актуальность проекта.</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1. Относительно высокая стоимость электротехнического оборудования.</p> <p>Сл2. Относительно низкая мобильность.</p> <p>Сл3. Нехватка квалифицированных кадров для реализации проекта.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Возможность сотрудничества с зарубежными энергетическими компаниями.</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В3. Установка дополнительного оборудования.</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Несвоевременное и в недостаточном объеме финансирование со стороны государственного бюджета.</p> <p>У2. Угрозы выхода из строя электротехнического оборудования.</p> <p>У3. Высокий уровень развития конкуренции в технологии проектирования.</p>		

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта приведена в таблице 41.

Таблица 41 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта						Слабые стороны проекта		
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	Сл1	Сл2	Сл3
Возможности проекта	B1	0	+	+	0	+	+	-	0	-
	B2	+	+	+	0	0	0	-	0	-
	B3	0	+	+	+	0	+	-	-	+
Угрозы проекта	У1	-	-	-	-	-	+	+	-	+
	У2	+	+	+	-	+	-	+	-	+
	У3	-	-	-	-	-	+	-	-	-

В рамках *третьего этапа* должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в таблице 42.

Таблица 42 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны:</p> <p>C1. Высокая надежность электроснабжения.</p> <p>C2. Энергоэффективность и энергосбережение технологии.</p> <p>C3. Удобство эксплуатации.</p> <p>C4. Гибкость системы.</p> <p>C5. Меньшие затраты для ремонта оборудования.</p> <p>C6. Актуальность проекта.</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1. Относительно высокая стоимость электротехнического оборудования.</p> <p>Сл2. Относительно низкая мобильность.</p> <p>Сл3. Нехватка квалифицированных кадров для реализации проекта.</p>
<p>Возможности:</p> <p>B1. Возможность сотрудничества с зарубежными энергетическими компаниями.</p> <p>B2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>B3. Установка дополнительного оборудования.</p>	<p>-Возможность наладить партнерские отношения с ведущими энергетическими компаниями.</p> <p>-При наличии вышеперечисленных достоинств имеется большой потенциал для получения оборудования с высокими эксплуатационными характеристиками.</p> <p>-Получение большей выдаваемой мощности за счет снижения потерь.</p>	<p>-Развитие технологий и научно-технических разработок снизит стоимость оборудования.</p> <p>-Необходимо повышение квалификации персонала и его числа.</p>

Продолжение таблицы 42

<p>Угрозы: У1. Несвоевременное и в недостаточном объеме финансирование со стороны государственного бюджета. У2. Угрозы выхода из строя электротехнического оборудования. У3. Высокий уровень развития конкуренции в технологии проектирования.</p>	<p>-Необходимость повышения квалификации персонала т.к. тема актуальна и есть современное оборудование. -Возможность привлечения сторонних организаций -Высокая конкуренция способствует повышению экономичности и энергоэффективности технологии.</p>	<p>-Увеличение цены на оборудование возможно при нестабильной экономической обстановке. -Импорт нового оборудования будет требовать больших затрат.</p>
---	--	--

Благодаря анализу можно увидеть, что сильных сторон больше, чем слабых сторон. НТИ содержит важные преимущества (надежность, высокая энергоэффективность), которые повышают производительность и снижают затраты при долговременном использовании. Также в проекте присутствуют и слабые стороны. Дороговизна оборудования и сложность эксплуатации имеют весомое значение, но не столь важное. Это можно решить переквалификацией персонала. Но при возможном усилении слабых сторон нужно найти баланс между ценой, качеством и надежностью НТИ.

5.2 Инициация проекта

Данное научное исследование направлено на анализ потребления электроэнергии и построения схемы электроснабжения, повышающей энергоэффективность.

5.2.1 Цели и результат проекта

Информация по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 43. Цели и результаты проекта представлены в таблице 44.

Таблица 43 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Научный руководитель	Получение актуальной схемы электроснабжения, позволяющей снизить потребление электроэнергии
Магистрант	
«МБОУ СОШ им. 8 Марта»	

Таблица 44 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Реконструкция системы электроснабжения «МБОУ СОШ им. 8 Марта» с целью повышения энергоэффективности
Ожидаемые результаты проекта:	Получение актуальной схемы электроснабжения, позволяющей снизить потребление электроэнергии
Критерии приемки результата проекта:	Снижение потребления электроэнергии
Требования к результату:	Снижение платы за электроэнергию не менее 5%

Потенциальным потребителем результатов исследования является «МБОУ СОШ им. 8 Марта». Это связано с тем, что верно произведенная реконструкция электроснабжения даст возможность снизить потребление электроэнергии, что в свою очередь приведет к экономии финансовых затрат на оплату электроэнергии и содержание объектов учебного заведения.

5.2.2 Организационная структура проекта

В этом разделе необходимо рассмотреть рабочую группу данного проекта, роль каждого участника в данном проекте, а также функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в данном научно-исследовательском проекте.

Трудозатраты были рассчитаны на основании следующих данных: проект выполнялся 4 месяца, руководитель проекта принимал участие 2 раза в неделю на протяжении 3 часов, исполнитель работал в среднем 5 дней в неделю по 6 часов.

Таблица 45 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1.	Плотников И.А. Доцент ОЭЭ	Руководитель проекта	Координирует деятельность участников проекта, постановка целей и задач, контроль сроков выполнения научных работ по проекту, обсуждение результатов.	102
2.	Штайгер Д.Г., магистрант	Исполнитель проекта	Выполнение научного проекта	510

5.3. Планирование научно-исследовательских работ

5.3.1 Структура работы в рамках научного исследования

Планирование комплекса работ отражено в таблице 46 и будет происходить в таком порядке:

- Определение этапов и содержания работы;
- Определение исполнителей на каждую работу;
- Установление необходимой продолжительности работы;
- Построение графика Ганта проведения работ.

Таблица 46 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания (схемы проектирования)	Руководитель

Продолжение таблицы 46

Выбор направления технического проектирования	2	Изучение и подбор необходимых материалов, составление примерного плана работ	Магистрант
	3	Выбор направления изучения задач	Руководитель
	4	Календарное планирование работ по данной теме	Руководитель
Теоретические исследования (расчеты)	5	Выбор схемы электроснабжения. Расчет электрических нагрузок.	Магистрант
	6	Выбор количества, мощности и расположения трансформаторов	Магистрант
	7	Выбор защитных сечений линий аппаратов и сечений линий	Магистрант
	8	Построение эпюры отклонения напряжения	Магистрант
	9	Проектирование освещения. Выбор светильников и проводников.	Магистрант
	10	Выбор ценовой категории	Магистрант
	11	Проектирование установки солнечных панелей	Магистрант
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
Разработка технической документации	13	Оценка надежности полученных результатов	Руководитель
	14	Разработка принципиальной схемы электроснабжения	Магистрант
Оформление отчёта по проекту	15	Составление пояснительной записки по проекту	Магистрант

5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Определение трудоемкости работ руководителя и магистранта является важным этапом, позволяющий определить трудоемкость выполняемой работы, трудовые затраты на которую является значительной частью, учитываемой в конечной стоимости разработки.

Для определения ожидаемого значения трудоемкости используется формула:

$$t_{ожи} = \frac{3 \cdot t_{\min i} \cdot 2 \cdot t_{\max i}}{5},$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -й работы, чел/дн; t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения i -й работы, чел/дн; t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения i -й работы, чел/дн.

Из ожидаемой трудоемкости работ необходимо определить продолжительность каждой работы в рабочих днях, которая учитывает выполнение работы несколькими участниками:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{C_i},$$

где T_{pi} – продолжительность работы, раб.дн; $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -й работы, чел/дн; C_i – число исполнителей, выполняющих одну работу одновременно, чел.

5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

График проекта удобно представить в формате диаграммы Гантта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. (таблица 48)

Продолжительность работы в календарных днях определяется:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

где T_{ki} – продолжительность работы, календ.дн; T_{pi} – продолжительность работы, раб.дн; $k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}},$$

где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

Пример для работы «Изучение и подбор необходимых материалов, составление примерного плана работ»:

1. Ожидаемое значение трудоемкости:

$$t_{\text{ож2}} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 5}{5} = 4,4 \approx 4 \text{ чел/дн};$$

2. Продолжительность в рабочих днях:

$$T_{\text{р2}} = \frac{4}{1} = 4 \text{ раб.дн};$$

3. Коэффициент календарности:

– для магистранта по пятидневной рабочей неделе:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,477;$$

– для руководителя с шестидневной рабочей неделей:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 67} = 1,2207;$$

4. Продолжительность работы в календарных днях:

$$T_{\text{к1}} = 4 \cdot 1,477 = 5,91 \approx 6 \text{ кал.дней}.$$

Аналогичные операции проведем для остальных работ, результаты расчетов сведены в таблицу 47.

Таблица 47 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работы	Исполнитель	Трудоёмкость работ			Длительность работ в рабочих днях, $T_{\text{рi}}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{\text{кi}}$
			t_{min} , чел/дни	t_{max} , чел/дни	$t_{\text{ож}}$, чел/дни		
1	Составление и утверждение технического задания (схемы проектирования)	Руководитель	7	9	8	8	10

Продолжение таблицы 47

2	Изучение и подбор необходимых материалов, составление примерного плана работ	Магистрант	4	5	4	4	6
3	Выбор направления изучения задач	Руководитель	3	4	3	3	4
4	Календарное планирование работ по данной теме	Руководитель	1	2	1	1	1
5	Выбор схемы электроснабжения. Расчет электрических нагрузок.	Магистрант	3	4	3	3	4
6	Выбор количества, мощности и расположения трансформаторов	Магистрант	6	8	7	7	10
7	Выбор защитных сечений линий аппаратов и сечений линий	Магистрант	7	9	8	8	12
8	Построение эпюры отклонения напряжения	Магистрант	3	4	3	3	4
9	Проектирование освещения. Выбор светильников и проводников.	Магистрант	5	7	6	6	9
10	Выбор ценовой категории	Магистрант	2	3	2	2	3
11	Проектирование установки солнечных панелей	Магистрант	2	3	2	2	3
12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	3	5	4	4	6
13	Оценка надежности полученных результатов	Руководитель	3	4	3	3	4
14	Разработка принципиальной схемы электроснабжения	Магистрант	7	8	7	7	9
15	Составление пояснительной записки по проекту	Магистрант	7	9	8	8	12

5.4 Бюджет научно-технического исследования

При формировании бюджета проекта необходимо полностью и достоверно отразить все виды расходов, которые связаны с его выполнением.

Используются следующие статьи затрат:

- На специальное оборудование для научных работ;
- Основная заработная плата исполнителей;
- Дополнительная заработная плата;
- Отчисления во внебюджетные фонды;
- Накладные расходы.

5.4.1 Расчет затрат на специальное оборудование

Специальным оборудованием в ходе проектирования системы электроснабжения на стадии выполнения научно-технического задания является персональный компьютер, монитор, принтер.

Пример расчета амортизационных отчислений персонального компьютера:

1. Линейным способом, норма амортизационных отчислений составляет:

$$H_A = \frac{1}{n} \cdot 100\% = \frac{1}{4} \cdot 100\% = 25\%,$$

где n – предполагаемая продолжительность работы оборудования в месяцах.

2. Амортизационные отчисления специального оборудования:

$$A_c = S \cdot \frac{H_A \cdot T_{\text{раб.дн}}}{100 \cdot 365} = 47000 \cdot \frac{25 \cdot 90}{100 \cdot 365} = 2897,26 \text{ руб.},$$

где S – стоимость персонального компьютера; $T_{\text{раб.дн}}$ – рабочие дни (дни использования персонального компьютера).

Таблица 49 – Затраты на специальное оборудование

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед.,руб.	Амортизация, руб.
Персональный компьютер	ед	1	47000,00	2897,26
Монитор	ед	1	11000,00	678,08
Принтер	ед	1	20000,00	205,48

5.4.2 Заработная плата исполнителей

Заработная плата исполнителей включает в себя оплату труда руководителя и инженера, участвующих в выполнении проекта.

Статья включает в себя сумму основной и дополнительной заработной платы:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где $Z_{зп}$ – суммарная заработная плата; $Z_{осн}$ – основная заработная плата; $Z_{доп}$ – дополнительная оплата труда (составляет 10-15% от $Z_{осн}$). [29]

Основная заработная плата представляет собой:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

где T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб./дн.

Среднедневная заработная плата:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d},$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб./месяц; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года [29]:

- при отпуске в 28 раб. дня, $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;
- при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней.

Баланс рабочего времени работников, занятых в выполнении данного проекта сведен в таблицу 50.

Таблица 50 – Баланс рабочего времени [30][31]

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные/праздничные	67	118
Потери рабочего времени - отпуск	56	28
- невыходы по болезни	14	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	228	209

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p,$$

где Z_b – базовый оклад, руб./месяц; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{тс}$) [29]; k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5; k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска, как для северного района РФ).

Дополнительная заработная плата есть вознаграждение за труд сверх установленной нормы, за трудовые успехи и за особые условия труда:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн},$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принимаемый 0,12 [29].

Расчет заработной платы произведем на примере руководителя:

1. Месячный оклад руководителя:

$$Z_{\text{м}} = 31000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 60450 \text{ руб./месяц}$$

2. Среднедневная заработная плата руководителя:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{60450 \cdot 10,4}{228} = 2757,37 \text{ руб./день}$$

3. Основная заработная плата руководителя:

$$Z_{\text{осн}} = 2757,37 \cdot 25 = 68934,25 \text{ руб.}$$

4. Дополнительная заработная плата руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = 0,12 \cdot 68934,25 = 8272,11 \text{ руб.}$$

5. Итоговая заработная плата руководителя:

$$Z_{\text{зп}} = 68934,25 + 8272,11 = 77206,36 \text{ руб.}$$

Аналогичные расчеты произведем для инженера. Результаты расчетов заработной платы сведем в таблицу 51.

Таблица 51 – Расчёт заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{ис}}$, руб./месяц	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб./месяц	$Z_{\text{дн}}$, руб./день	$T_{\text{р}}$, раб.дн	$Z_{\text{осн}}$, руб.	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{доп}}$, руб	Итого, руб.
Руководитель	31000	0,3	0,2	1,3	60450	2757,37	25	68934,25	0,12	8272,11	77206,36
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1776,46	72	127905,07		15348,61	143253,68

5.4.3 Отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления во внебюджетные фонды – обязательные страховые отчисления, установленные на законодательном уровне Российской Федерации нормами государственного социального страхования, пенсионного фонда, медицинского страхования.

$$Z_{\text{внсб}} = k_{\text{внсб}} \cdot Z_{\text{зп}},$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, установленный на уровне 30,2% на основании ФЗ от 24.07.2009 №212-ФЗ [32].

Результаты расчетов отчислений сведем в таблицу 52.

Таблица 52 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	$Z_{зп}$, руб.	$k_{внеб}$	$Z_{внеб}$, руб	Итого, руб.
Руководитель	77206,36	0,302	23316,32	100522,68
Ассистент	143253,68	0,302	43262,61	186516,29

5.4.4 Накладные расходы

Накладные расходы – все прочие затраты, которые не попали в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы и т.д., учитываются прочими затратами организации.

$$Z_{накл} = (Z_{осн} + Z_{доп} + Z_{внеб} + A_c) \cdot k_{нр},$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, равный 0,16.

Суммарные накладные расходы проекта:

$$Z_{накл} = (196839,32 + 23620,72 + 66578,93 + 3780,82) \cdot 0,16 = 46531,17 \text{руб.}$$

5.4.5 Формирование бюджета затрат научно-технического проекта

Раздел представляет собой итоговые затраты (таблица 53) на научно-технический проект по разработке системы электроснабжения среднего учебного заведения.

Таблица 53 – Расчет бюджета затрат НТИ

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	% к итогу
1	Амортизация	3780,82	1,12
2	Затраты по основной заработной плате	196839,32	58,35
3	Затраты по дополнительной заработной плате	23620,72	7
4	Отчисления во внебюджетные фонды	66578,93	19,74
5	Накладные расходы	46531,17	13,79
Бюджет затрат проекта		337350,96	100

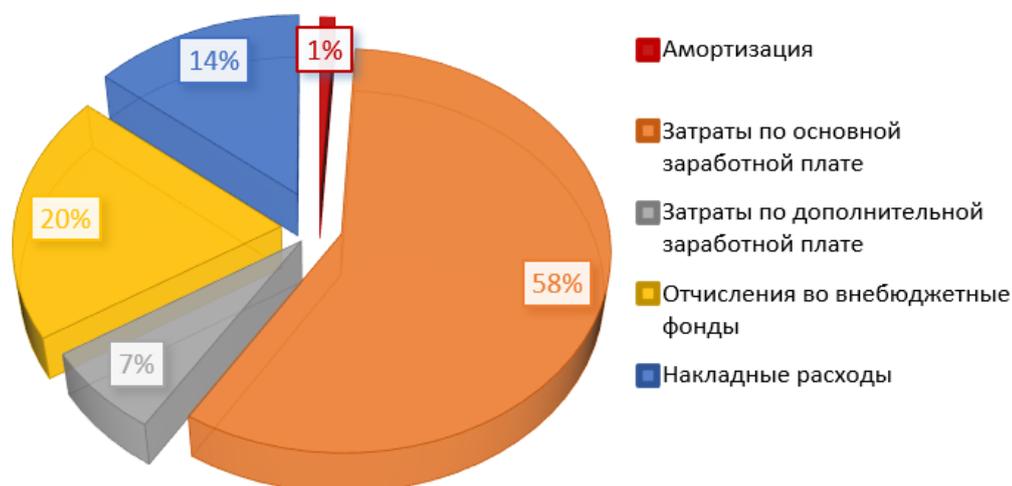


Рисунок 35 – Диаграмма бюджета

5.5 Оценка ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности произведем на основе интегрального показателя ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности; a_i – весовой коэффициент i -го варианта; b_i – балльная оценка проекта.

Результаты расчета интегрального показателя ресурсоэффективности сведем в общую таблицу 54.

Таблица 54 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии оценки	Весовой коэффициент, a_i	Бальная оценка, b_i		
		Р	М	С
1.Надежность	0,3	5	2	4
2.Безопасность	0,2	5	3	4
3.Простота эксплуатации	0,2	5	4	4
4. Энергоэкономичность (минимум потерь)	0,1	3	5	3
5.Ремонтопригодность	0,1	5	4	4
6.Уровень материалоемкости	0,1	3	5	4
Итого	1,0	4,6	3,4	3,9

Ресурсоэффективность:

$$I_{p-R} = 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,1 = 4,6$$

$$I_{p-M} = 2 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1 = 3,4$$

$$I_{p-C} = 4 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1 = 3,9$$

При анализе конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения в качестве перспективной предварительно была выбрана радиальная схема электроснабжения.

Ресурсоэффективность радиальной схемы электроснабжения была подтверждена ($I_{p-R}=4,6$) с помощью расчета интегрального показателя ресурсоэффективности и сравнения его с другими схемами.

Таким образом, анализ конкурентных технических решений с учетом различных требований к схеме электроснабжения показал, что наиболее конкурентоспособной среди всех схем является радиальная схема.

Вывод

С помощью SWOT-анализа была проанализирована радиальная сеть с точки зрения конкурентоспособности. В SWOT-анализе были оценены сильные, слабые стороны проекта, угрозы и возможности.

При планировании НТИ создан список этапов работ в рамках проектирования научного исследования, распределены исполнители по типам работ, было произведено календарное планирование работ, при котором длительность работ составила 96 календарных дней. На основе рассчитанных данных была построена диаграмма Ганта.

Итоговые затраты на научно-исследовательский проект составили 337350,96, около 60% затрат приходится на выплату основной заработной платы исполнителям проекта.

Радиальная схема электроснабжения, применяемая при проектировании системы электроснабжения, обладает высокой конкурентоспособностью по сравнению с другими схемами. Проектируемый объект относится к II категории по надежности электроснабжения, питание объекта осуществляется от одной из действующих подстанций. Схема обеспечивает высокую надёжность, так как авария на одной линии не влияет на работу ЭП, подключенных к другой линии, то в соответствии с категорией надежности она нам подходит.

С практической точки зрения из данного раздела видно, что выбранная радиальная схема электроснабжения является наиболее выгодным вариантом, так как она помимо обеспечения надежности, безопасности системы электроснабжения, она удовлетворяет минимуму затрат как финансовых, так и трудовых ресурсов, что было описано и проанализировано в данном разделе.