

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

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Энергосбережение и энергоэффективность
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Разработка комплекса энергосберегающих мероприятий в ГБОУ
Общеобразовательная школа № 3 г. Бахчисарай

Обучающийся

А.С. Рыжков

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., доцент, А.Н. Черненко

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

Тольятти 2024

Содержание

1	Комплексное обследование здания общего технического состояния и определения класса энергоэффективности.....	3
1.1	Общие сведения об объекте энергетического исследования	6
1.2	Техническое обследование здания	9
1.3	Система электроснабжения здания, источники питания, состав электроприемников, установленные кабели и коммутационно-защитные аппараты.....	11
2	Обследование технического состояния здания.....	15
2.1	Теплотехническое обследование наружных ограждающих конструкций.....	15
2.2	Обследование инженерного оборудования.....	18
2.2.2	Система вентиляции	24
2.2.3	Система электроснабжения.....	24
2.3	Обработка результатов исследования и их анализ.....	25
2.3.1	Техническое состояние наружных ограждающих конструкций.....	25
2.3.2	Инженерное оборудование	27
2.3.3	Анализ фактических нормативных удельных расходов ресурсов.....	34
2.3.4	Разработка энергетического паспорта здания.....	37
2.4	Анализ финансовых затрат на потребление энергоресурсов	47
3	Мероприятия по повышению энергоэффективности здания	49
3.1	Энергосберегающие мероприятия потребления электроэнергии.....	49
3.2	Определение экономической эффективности мероприятий	68
	Заключение	73
	Список используемых источников.....	76
	Приложение А Расчетные условия.....	80

Введение

Актуальность и научная значимость настоящего исследования объясняются тем, что проведение мероприятий по энергосбережению в школах является важным шагом в направлении устойчивого развития и экологической осознанности. Это способствует экономии ресурсов и снижению затрат на коммунальные услуги для образовательных учреждений.

Кроме того, мероприятия по энергосбережению помогают привить детям и подросткам важные знания о рациональном использовании энергии, экологической ответственности и уважении к окружающей среде. Эти навыки и ценности будут сопровождать их на протяжении всей жизни, способствуя формированию экологически грамотного общества.

Проведение мероприятий по энергосбережению в школах не только экономически оправдано, но и обладает значительным образовательным и культурным потенциалом, способствуя созданию устойчивого и экологически осознанного общества.

Современные тенденции энергосбережения включают в себя использование более эффективных технологий и оборудования для снижения потребления энергии.

Также современные тенденции включают в себя повышение осознанности потребителей об энергосбережении и стимулирование экологически ответственного поведения. Это может быть достигнуто через проведение информационных кампаний, разработку экологических сертификатов и стимулирование потребителей через различные программы поощрения.

Кроме того, все большее внимание уделяется развитию возобновляемых источников энергии, таких как ветроэнергетика, геотермальная энергия и биомасса. Использование этих источников поможет снизить зависимость от ископаемых ресурсов и сократить выбросы парниковых газов.

В целом, современные тенденции энергосбережения направлены на

создание более устойчивой и экологически чистой энергетики для будущих поколений.

Объектом изучения выступает ГБОУ города Бахчисарай, Средняя Общеобразовательная Школа №3.

Предмет исследования - комплекс энергосберегающих мероприятий в ГБОУ Общеобразовательная школа №3 города Бахчисарая.

Цель работы - разработка и внедрение всесторонней стратегии по снижению потребления энергии в ГБОУ города Бахчисарай, Средней Общеобразовательной Школы №3.

Гипотеза: предлагаемые мероприятия будут способствовать энергосбережению на объекте исследования.

Для того достижения поставленной цели в работе решался ряд задач:

- привести общие сведения об объекте энергетического исследования;
- привести данные о техническом обследовании здания;
- изучить систему электроснабжения здания;
- привести результаты теплотехнического обследования наружных ограждающих конструкций;
- произвести обследование инженерного оборудования и описать полученные результаты;
- провести обработку результатов исследования и их анализ;
- проанализировать финансовые затраты на потребление энергоресурсов;
- разработать энергосберегающие мероприятия потребления электроэнергии;
- определить экономической эффективности мероприятий.

Теоретико-методологическую основу исследования составили работы таких авторов, как: Н.С. Бодруг, М.В. Попова, Т.Н. Яшкова, С. С. Дюрменова, А. Ю. Махов и др.

Базовыми для настоящего исследования явились работы таких авторов, как: М.В. Еронина, Н.С. Бодруг, Н.И. Данилов, Я.М. Щелоков и др.

Методы исследования: исследовательский подход; экспериментирование; методы сопоставления и пр.

Опытно-экспериментальную базу исследования составляет ГБОУ города Бахчисарай, Средняя Общеобразовательная Школа №3.

Научная новизна обусловлена тем, что в данной работы предпринята попытка комплексного исследования состояния вопросов энергообеспечения и энергосбережения в учреждении школьного образования.

Теоретическая и практическая значимость работы: данные, полученные в результате исследования могут быть использованы при дальнейшей разработке темы энергообеспечения и энергосбережения в учреждениях образования.

Личное участие автора состоит в определении цели работы, постановке и решении задач, выборе объекта и предмета исследования, а также в поиске, сборе необходимой информации по теме магистерской диссертации.

Апробация и внедрение результатов работы велись в течении всего исследования. Основные положения и выводы диссертационного исследования будут изложены в научно-практических конференциях.

На защиту представляется набор действий, направленных на разработку комплекса энергосберегающих мероприятий в ГБОУ Общеобразовательная школа №3 города Бахчисарая.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, списка используемых источников, 1 приложения. Основной текст работы изложен на 84 страницах.

1 Комплексное обследование здания общего технического состояния и определения класса энергоэффективности

1.1 Общие сведения об объекте энергетического исследования

«В контексте текущих исследований, повышение эффективности использования энергетических ресурсов в государственных учреждениях является ключевым стратегическим направлением, на которое акцентируют внимание регулирующие органы» [11]. Осознание критической необходимости оптимизации потребления энергии подталкивает к разработке и внедрению всесторонних стратегий энергосбережения, что подтверждено источниками, например, об этом говорит М.В. Попова [11].

В наше время активно обсуждается важность энергетической эффективности и сохранения электроэнергии. Современный мир, где технологии играют ключевую роль, сталкивается с постоянно растущим спросом на электричество, особенно для освещения, что составляет около 30% от общего потребления [29]. Это приводит к тому, что электростанции вынуждены работать на пределе своих возможностей, особенно в холодное время года.

Однако значительная часть энергии тратится неэффективно. Например, в незанятых комнатах часто остаются включенными лампы, в результате чего до 20% электроэнергии расходуется без пользы. Такое расточительное отношение к электроэнергии обусловлено распространенным заблуждением о ее безграничности. В то же время стоимость электроэнергии продолжает расти, что делает вопрос ее экономии еще более актуальным.

В нашем мире, где информационные потоки постоянно наполняются новостями об экологических вызовах, становится очевидной необходимость бережного отношения к энергетическим ресурсам. Это не только экономический вопрос, но и экологический. В прошлом эти два аспекта часто

рассматривались отдельно, однако теперь осознана важность их интеграции в единую стратегию [11].

Слоган «Сохраняйте электроэнергию» приобретает новое звучание в контексте этих вызовов. Многие из нас, сталкиваясь с повседневными экологическими новостями, могут чувствовать себя бессильными перед лицом глобальных проблем. Но именно эта осведомленность и осознание могут стать катализатором для изменений в повседневных привычках, направленных на экономию энергии и защиту окружающей среды [1, с.30].

Многие люди ошибочно полагают, что экологические угрозы - это что-то отдаленное и не затрагивающее их непосредственно. Проблемы, такие как вырубка лесов, загрязнение воздуха или повышение уровня радиации, кажутся чем-то далеким и несвязанным с их жизнью. Однако важно изменить это восприятие и сфокусироваться на действиях, которые мы можем предпринять на местном уровне. Например, внедрение мер по экономии энергии в учебных заведениях может не только способствовать экологической устойчивости, но и принести значительные экономические преимущества. [4, с.40].

Для осуществления действий по экономии энергии первоначально требуется собрать определенные данные о школе, включая: «информацию, которая описывает детали архитектурного проекта и управленческие аспекты, включая детальный обзор конструкции зданий, их внешний вид и внутреннее устройство, начиная от даты возведения, используемых строительных технологий, до планировки и размеров. Также упоминаются данные о людях, работающих и обучающихся в этих помещениях, их режим работы, а также информация о расходах на энергию и стоимости энергоносителей» [4].

С 01 сентября 1966 года по 31 декабря 1993 года – Бахчисарайская средняя школа № 3 Бахчисарайского района Крымской области.

С 01 января 1994 года по 31 декабря 1995 года – Бахчисарайская средняя школа № 3 Бахчисарайского района Республики Крым.

С 01 января 1996 года по 31 декабря 1999 года – Бахчисарайская средняя школа № 3 Бахчисарайского района Автономной Республики Крым.

С 01 января 2000 года по 31 декабря 2004 года – Бахчисарайская общеобразовательная школа I-III ступеней № 3 Бахчисарайского района Автономной Республики Крым

С 01 января 2005 года по 04 июля 2007 года – Бахчисарайская общеобразовательная школа I-III ступеней № 3 Бахчисарайского районного совета Автономной Республики Крым.

Общее количество работников учреждения в 2022 году – 92 человека.

Общее количество воспитанников – 1480 человек.

«Архитектурный дизайн данного сооружения опирается на внутренние стены, выполняющие функцию опор, и укреплен с помощью поперечных стен и стен лестничных маршей, которые взаимодействуют с внешними стенами и перекрытиями между этажами для создания устойчивой структуры, согласно Своду правил: СП 118.13330.2012» [15].

Состояние здания – рисунок 1.

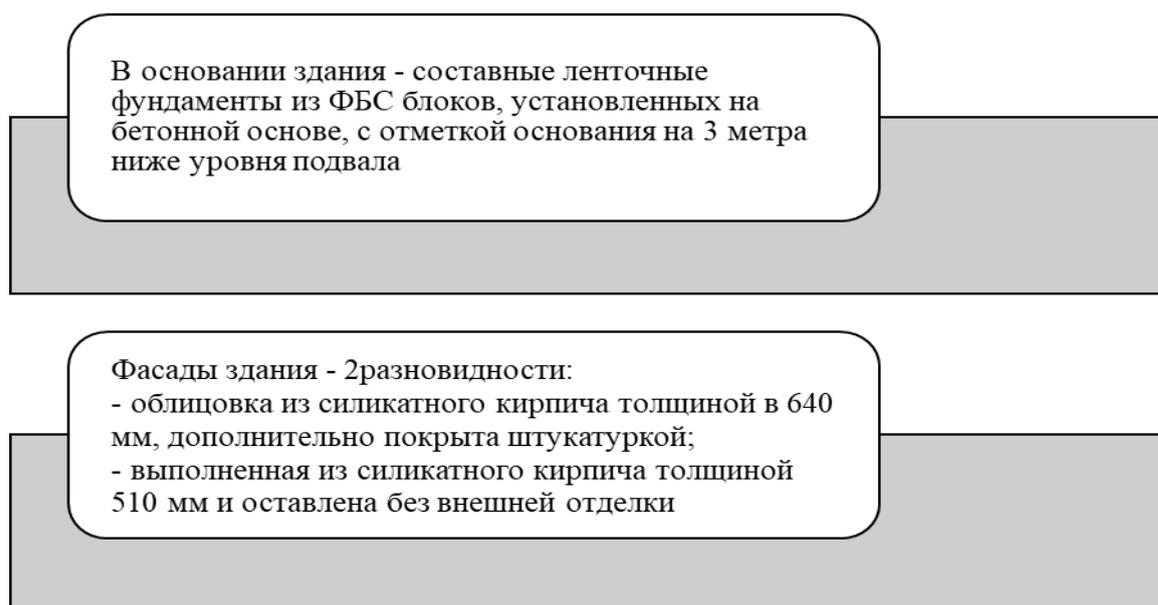


Рисунок 1 – Состояние здания школы

«В здании школы используются элементы из железобетона, которые представляют собой составные плиты с многочисленными пустотами и

толщиной в 220 мм, для создания перекрытий. Для оформления проемов предусмотрены окна из ПВХ и дерева, а двери – металлические и ПВХ. Внутренние поверхности стен обработаны несколькими слоями водорастворимых красок после тщательного оштукатуривания. Что касается полов, то в помещениях, где поддержание чистоты является приоритетом, таких как кухня, столовая и санузлы, применяется керамическая плитка. В то время как для остальных зон, включая кабинеты, коридоры и вестибюли, выбран линолеум» [5].

«Для обеспечения комфортного микроклимата в помещениях школы предусмотрена современная система отопления. Она подключена к центральным сетям и выполнена по двухтрубной схеме, что обеспечивает эффективное распределение тепла по всему зданию» [5].

Для отопления в школе используются чугунные радиаторы, в которые подается горячая вода из внешних систем. Для обеспечения потребностей в питьевой воде и воде для пожаротушения используются соединения с внешними водопроводами. Воздушный обмен в помещении обустроен с помощью системы с принудительной подачей и обогревом воздуха снаружи и естественным отводом воздуха внутри. Отведение сточных вод происходит через подключение к городской канализации.

Электроснабжение оборудования в школе зависит от локальной электросети низкого напряжения. Недельный график занятий для учеников и рабочих часов персонала составляет по 42 часа.

1.2 Техническое обследование здания

Исследование направлено на определение возможности внедрения энергосберегающих технологий. В ходе работы особое внимание уделялось архитектурной композиции и ключевым несущим конструкциям здания. Для оценки качества строительных элементов и формирования заключений использовались визуальные осмотры и проектные данные, действия

регламентировались ГОСТ 31937-2011 [3], СП 13-102-2003 [16].

«Для измерения геометрических параметров строительных объектов используются стальные рулетки и лазерные измерители расстояний. Проводят выборочные замеры размеров, высот и поперечных сечений, чтобы понять особенности конструкции и геометрии строений. При инспекционном обзоре строительства осуществляется детальный осмотр элементов, инженерных систем и электросетей, выявляются и фиксируются обнаруженные недостатки и ущерб, а также анализируются причины их возникновения. Для полной документации все выявленные дефекты и повреждения также фотографируются для дальнейшего изучения» [4].

Чтобы установить, насколько текущее состояние здания согласуется с существующими документами, проводятся избирательные замеры. Эти замеры направлены на анализ структурных и размерных атрибутов, включая колонны, стены, элементы перекрытий и кровли. По завершении этого исследования формируется доклад, который выявляет техническую категорию объекта на основе установленных критериев, указанных в СП 13-102-2003 [16]. В докладе также содержатся советы и требования к будущему использованию здания, а также оценка целесообразности внедрения мер по энергосбережению. Детали и выводы этого анализа представлены в Приложении А.

В соответствии с СП 13-102-2003 [16], «существует пятиуровневая классификация состояний строительных элементов и зданий в целом» [16].

«Для улучшения эффективности потребления энергии необходимо проводить соответствующие меры для зданий, которые находятся в хорошем, удовлетворительном или частично удовлетворительном состоянии. Однако, в случае критического или аварийного состояния зданий, где есть угроза потери несущей способности, экономия энергии нецелесообразна, за исключением случаев, когда это имеет экономический смысл» [24].

1.3 Система электроснабжения здания, источники питания, состав электроприемников, установленные кабели и коммутационно-защитные аппараты

Школьное здание получает электричество от электросетей Бахчисарайского РЭС ГУП «Крымэнерго».

Типы и виды распределительных и питающих щитов (щитков):

- «для силовой нагрузки школы – это щитки распределительные силовые (ЩРС)» [9];
- «для осветительной нагрузки – это щитки рабочего (ЩРО) и аварийного (ЩАО) освещения» [9];
- «для питания компьютерных сетей используются щитки распределительные компьютерные (ЩРК)» [9]

«Для питания щитков потребителей второй и первой категории надёжности, к которой относится рассматриваемая школа – (вводной щит ГРЩ), применяется двухлучевая схема без АВР» [22], которая показана на рисунке 2.

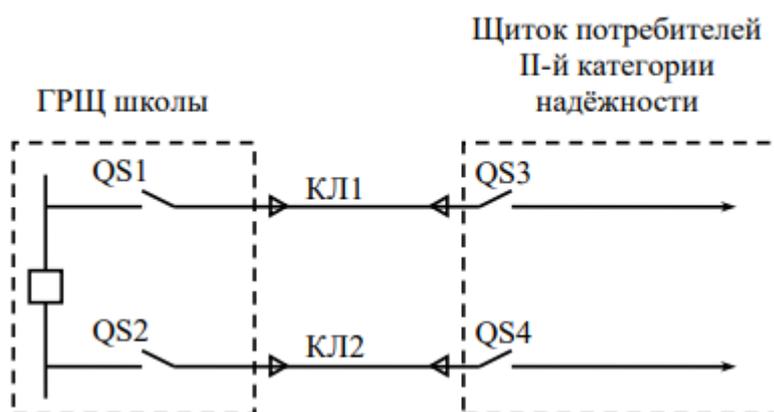


Рисунок 2 – Двухлучевая схема без АВР для питания потребителей I-й и II-й категории надёжности

«При этом каждая отдельная группа потребителей первой и второй категорий надёжности питается двумя кабельными линиями от разных секций шин ГРЩ школы, так как они требуют двух независимых источников питания» [13]

«От указанных щитков выполняется распределение электроэнергии по конечным потребителям» [23] учебного здания ГБОУ Бахчисарая Средней Общеобразовательной Школы №3, а «именно: розеточным группам и электроприёмникам (от ЩРС), розеточным группам, предназначенным для питания компьютерной техники (от ЩРБ), осветительным устройствам (от ЩРО и ЩАО)» [14].

С монтажной электрической схемой внешнего электроснабжения школы, а также примыкающей к ней территории можно ознакомиться по рисунку 3.

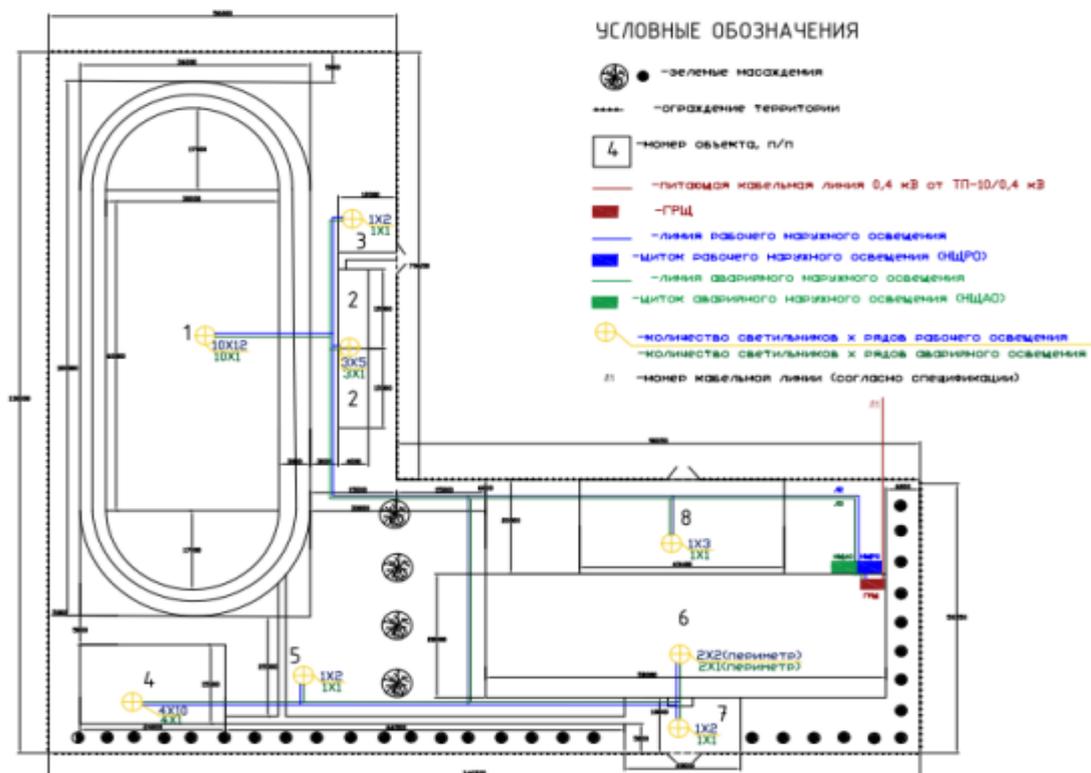


Рисунок 3 – Монтажная электрическая схема внешнего электроснабжения школы и школьной территории

Монтажная электрическая схема внутреннего электроснабжения школы (внутреннего электроснабжения учебного здания) представлена на рисунке 4.



Рисунок 4 – Монтажная электрическая схема внутреннего электроснабжения школы

На рисунке 5 представлены сведения об оснащённости школы приборами учета энергоресурсов.

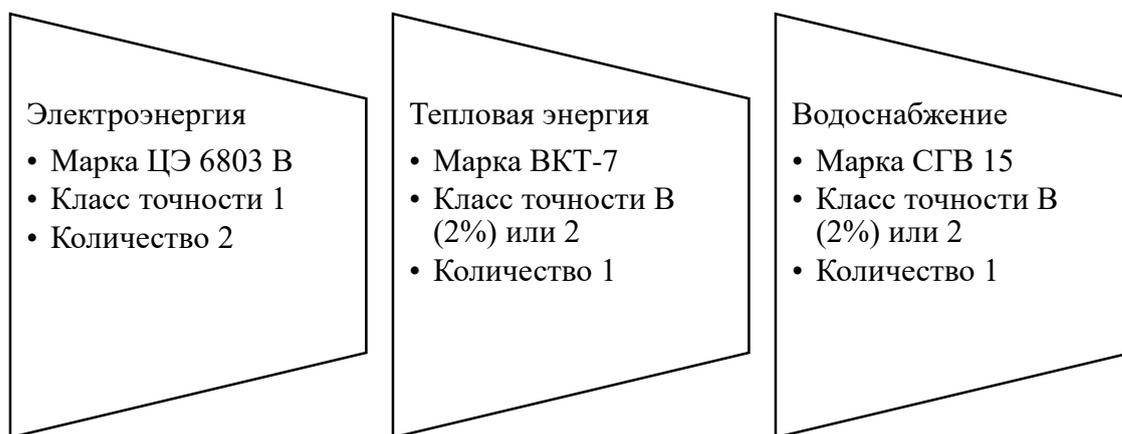


Рисунок 5 – Сведения об оснащённости приборами учета

Выводы по разделу 1.

Школьное здание имеет общий отапливаемый объем 9377,94 кубических метров и площадь всех этажей 2688,59 квадратных метров.

Общественные зоны занимают 1955,9 квадратных метров, а вместимость школы составляет 335 человек. Общая площадь внешних границ здания, включая ограждающие элементы, составляет 5057,94 квадратных метров, из которых 2556,0 квадратных метров приходится на фасады.

Если рассматривать наружные стены, то их площади различаются в зависимости от типа: для первого типа она составляет 1176,01 квадратных метров, а для второго – 921,57 квадратных метров. Площадь, покрываемая чердаком, равна 487,18 квадратных метров, а кровельные покрытия имеют общую площадь в 130,01 квадратных метров.

На основании проведенного обследования школы, был произведен расчет класса энергоэффективности, зданию был присвоен класс энергоэффективности D «Пониженный».

Были проведены расчеты для определения финансовых затрат, связанных с энергопотреблением школы. Результаты показали, что основной путь к энергосбережению и сокращению расходов лежит через составление планов действий, направленных на снижение потребления тепла и электричества.

2 Обследование технического состояния здания

2.1 Теплотехническое обследование наружных ограждающих конструкций

«Целью термографического анализа является оценка фактической эффективности изоляции зданий путем сопоставления измеренных значений сопротивления теплопередаче с заранее рассчитанными показателями. Этот процесс включает в себя использование технологий, которые не повреждают структуру объекта, таких как инфракрасная съемка, для анализа теплоизоляционных свойств стен и оборудования. Инфракрасные изображения позволяют увидеть участки с необычно высокими или низкими температурами, которые называются контрольными точками» [9]. «Эти точки показывают, как тепло распределяется по поверхности и помогают оценить, сколько тепла теряется через определенные участки» [11].

«При анализе теплотехники основное внимание уделяется изучению характеристик строительных элементов с помощью безразрушающих методов и вычислений. Для этого используются специальные методы измерения сопротивления теплопередаче и температур на поверхностях при помощи тепловизионного оборудования. Важно фиксировать температурные показатели как внутри, так и снаружи объекта, оценивать температуру и интенсивность тепловых потоков, а также использовать данные из визуального и инструментального мониторинга, а также информацию, полученную при помощи термографии [11].

Для определения эффективности удержания тепла в здании и его соответствия нормам проводится тщательная проверка. Ее начало состоит в изучении проектных документов и анализе условий внутреннего микроклимата» [26]. Затем специалисты осуществляют выборочное обследование внешних и внутренних поверхностей здания, обращая особое внимание на участки с аномальными температурными показателями. Этот

этап позволяет установить реальную картину тепловых потерь и оценить, насколько практические строительные решения соответствуют теоретическим требованиям и нормам.

«Перед тем как начать анализ тепловых характеристик объекта, важно провести комплексные действия. Сначала необходимо выявить ключевые участки структур, которые ограничивают пространство объекта. Затем следует измерить температуру внешних и внутренних элементов, включая стены, потолки и проёмы, такие как окна с их остеклением и двери» [1]. В процессе исследования нужно также оценить интенсивность теплового излучения этих поверхностей.

Особое внимание стоит уделить выявлению точки, при которой влага, содержащаяся в воздухе, начинает конденсироваться, тем самым оценивая риск образования конденсата на конструкциях. После сбора данных на месте следует их тщательный анализ в офисных условиях. Это включает в себя расчёты, направленные на определение эффективности теплоизоляционных свойств конструкций и их соответствие установленным нормам [31].

Финальным этапом является подведение итогов всего исследования и документирование выводов в отчёт, который отражает все аспекты проведённой работы и её результаты [30].

Исследуемое учебное заведение расположено в Бахчисарае, в Республике Крым.

Климатические условия данной территории, согласно СП 131-13330.2012 [17], описываются рядом спецификаций: «область относится к засушливым регионам; для расчетов используется предполагаемая температура внешнего воздуха в период зимних холодов, основанная на средних показателях самой холодной пятидневки, с вероятностью наступления 0,92, и составляет минус $1\text{e}^{\circ}\text{C}$; в периоды, когда среднесуточная температура внешнего воздуха не превышает $8,0^{\circ}\text{C}$, средняя температура колеблется около минус $5,2^{\circ}\text{C}$ » [17].

«Для анализа теплоизоляционных характеристик объектов применяются

исследования на месте в холодное время года, между осенью и весной, когда температурный градиент между внутренним и внешним пространством достигает минимум 20°C , как указано в Методических рекомендациях по комплексному теплотехническому обследованию наружных ограждающих конструкций с применением тепловизионной техники» [8].

Исследование проводилось вечером 18 февраля 2024 года, и было отмечено, что отопительный сезон длится 203 дня. Кроме того, были зафиксированы показатели влажности воздуха 84 % и постоянная скорость ветра 4 м/с.

Инвентарный каталог включает в себя разнообразное оборудование, в том числе инфракрасный термометр от компании «Bosch», модель PTD1, и устройство для измерения скорости воздушного потока под маркой «Testo», модель 405-V, камера «Nikon» и инструменты для проведения измерений.

«В процессе анализа зон с отклонениями температуры, именуемых также контрольными пунктами, на стенах и других элементах строений, используются указанные приборы. Контактное измерение не применяется; вместо этого, пирометр фиксирует инфракрасное излучение, испускаемое поверхностью, чтобы определить её температуру. Анемометр, в свою очередь, измеряет скорость воздушного потока и помогает регистрировать температурные показатели и влажность воздуха в заданных точках» [5].

Чтобы обеспечить точность при проведении измерений, критически важно адаптировать настройки измерительного оборудования в соответствии с характеристиками анализируемой поверхности, в частности, скорректировать значение коэффициента отражения света. Настройки такого прибора предусматривают три различных уровня этого коэффициента. Материалы с высоким уровнем отражения, которые имеют значение в пределах 0,95, включают в себя такие поверхности как цемент, кирпич и плитка, а также дерево и стекло. Такие материалы, как гранит и ДВП, которые классифицируются как материалы со средней отражательной способностью, имеют коэффициент около 0,85. Однако при измерении температуры

поверхности важно учитывать материалы, обладающие способностью пропускать или отражать свет, поскольку они могут нарушить точность измерений. Чтобы решить эту проблему, прозрачные поверхности покрывают матовой темной бумагой, которая равномерно распределяет тепло. Как только температура поверхности стабилизируется, можно приступать к эффективным измерениям [5].

«Термическое сопротивление рассчитывается по результатам измерений температур и плотностей теплового потока для каждого n-го измерения, по формуле:

$$R_t = \frac{(t_B - t_H)}{Q_n} \quad (1)$$

где t_B , t_H – температура соответственно внутреннего и наружного поверхности ограждающей конструкции, °С;

Q_n – величина плотности теплового потока, Вт/м²;

Истинное значение термического сопротивления на реперном участке вычисляется, как среднее значение, по формуле:

$$R_t = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n R_{t_i} \quad (2)$$

где n – число измерений на участке» [5].

2.2 Обследование инженерного оборудования

«После проверки общего состояния здания и изучения его тепловых особенностей, следующим этапом является анализ работы инженерных систем и оборудования здания. На этом этапе происходит поиск и диагностика различных неисправностей и повреждений, которые могут влиять на работу систем.

Процесс оценки состояния инженерных систем включает в себя

сравнение реального времени работы оборудования с заданными нормами и сроками. Факторы, такие как износ и уменьшение первоначальных характеристик оборудования, играют важную роль в определении эффективности инженерных систем, особенно в случае систем отопления и водоснабжения.

При проверке систем отопления и водоснабжения делается анализ нескольких параметров: какая система используется (центральное или автономное отопление, одно- или двухтрубная система), какая система водоснабжения установлена (открытая или закрытая)» [5], какое оборудование используется и его модель, важные элементы как клапаны, автоматические системы управления и насосы, водомеры и вентили. Также важно выявлять любые недостатки, например, коррозию, незавершенный ремонт, сварочные дефекты, утечки или проблемы с изоляцией, а также отклонения от проектных характеристик. Мониторинг включает измерение температуры воды и радиаторов, давления в системе, а также наклона труб.

«Анализ состояния системы включает оценку коррозии труб и радиаторов. Определяется степень износа металла, сравнивая толщину стенок в наиболее пораженных участках с исходными значениями. Коррозия считается допустимой, если не превышает 50% от толщины новой трубы. Сужение пространства в трубах из-за отложений и коррозии должно соответствовать определенным стандартам, не превышая 30% первоначального пространства» [5]. Для конвекторов критическим показателем является сохранение до 90% толщины стенок для обеспечения эффективности обогрева.

Для поддержания здорового атмосферного равновесия в зданиях крайне важно регулярно осуществлять обслуживание и модернизацию системы вентиляции. Важным аспектом является анализ различных типов вентиляционных систем, таких как базовая вытяжная или более сложная приточно-вытяжная. «Эксперты тщательно осматривают все элементы системы, выявляя дефекты и повреждения, такие как течи в воздуховодах,

нестандартные размеры вентиляционных отверстий, потерю теплоизоляции или физические повреждения. Кроме того, проводятся испытания для определения общей эффективности системы и способности каналов поддерживать необходимый уровень воздухообмена.

Также при проверке системы электропитания необходимо внимательно изучить всю имеющуюся документацию, включая проектные и технические характеристики, а также ознакомиться с электрическими схемами.

В ходе инспекции обычно выполняются следующие процедуры:

- детальный осмотр электрического оборудования на предмет внешних повреждений;
- обнаружение любых неисправностей или нарушений, возникших в процессе эксплуатации;
- замеры потребления электроэнергии осветительными приборами и техникой;
- анализ количества и видов используемых электрических устройств и условий их использования» [5].

Бетонные блоки без трещин, наблюдается проникновение влаги, следы плесени, старая штукатурка, требующая замены. На стенах имеются поверхностные трещины, а также значительная трещина, протянувшаяся с третьего по второй этаж в районе лестничной клетки. Эти трещины свидетельствуют о том, что в фундаменте здания произошли изменения из-за постоянного увлажнения почвы. Чтобы предотвратить дополнительное насыщение почвы влагой, необходимо принять срочные меры. После устранения проблемы влажности необходимо заделать трещины и регулярно проверять состояние несущих стен.

«В приземельной части строения находится вестибюль, сконструированный из деревянных материалов. Похожая деревянная конструкция обнаружена на втором этаже в комнате для преподавателей. Обе эти конструкции необходимо заменить для соответствия требованиям пожарной безопасности. В подвальном помещении и на всех уровнях здания

вплоть до третьего этажа установлены железобетонные перекрытия, критических повреждений, влияющих на их надежность, не обнаружено. Тем не менее, были замечены места, где из швов между плитами выпал раствор, что требует ремонтных работ. В системе деревянного кровельного стропила выявлены признаки гниения стропил и мауэрлата, ослабление конструктивных соединений, увлажнение древесины, поражение грибком и насекомыми. В точке крепления флагштока к кровельной конструкции произошло разрушение деревянной части из-за его наклона под воздействием ветра, что вызвало повреждение в профнастиле» [5].

Кроме того, на крыше видны трещины, а также проблемы с водостоками и следы влаги на стенах. Кирпичная кладка наружных стен имеет локальные повреждения, в то время как монолитные блоки не имеют деформаций. Окна на первом этаже имеют рамы из ПВХ, в то время как на других этажах установлены деревянные рамы, которые со временем разрушились. Двери имеют частичные повреждения, а фурнитура неисправна. Кроме того, уровень земли был понижен, что привело к проникновению дождевой воды в фундамент и подвалы здания.

«Подвальные перекрытия и этажи до третьего включительно признаны безопасными для эксплуатации. Однако необходим ремонт соединений панелей. Крыша и стропильная система находятся в неудовлетворительном состоянии, требуется замена деревянных элементов крыши и частичный ремонт кровли. Некоторые конструкции здания функционируют с ограничениями» [5].

«Школа может продолжать функционировать во время ремонта, но нуждается в капитальном ремонте и улучшении энергоэффективности. Рекомендуется назначить специалиста для контроля за состоянием критических элементов здания, ведения документации и обеспечения безопасности в период ремонтных работ.

Здание должно быть временно закрыто для использования, если в подвале обнаружатся подземные воды, новые или усиливающиеся трещины в

несущих стенах, а также при неполадках в системе отопления на чердаке» [5]. Решение об энергосбережении и повышении эффективности использования энергии требует долгосрочного планирования. Это связано с изменениями на рынке энергетических ресурсов и необходимостью обновления и модернизации большого количества систем в производственной, инженерной и социальной сферах, опирающихся на новейшие технологии [28].

«Ключевая задача для организаций, занимающихся энергосбережением, – это рациональное использование энергии, замена устаревшего оборудования на более эффективное и применение инновационных технологий для экономии энергии» [5].

Основные усилия в секторе электроэнергии сосредоточены на сокращении потерь электричества и улучшении систем отслеживания его использования в сетях и у конечных пользователей. Планируются масштабные работы для повышения надежности и эффективности этих систем.

С развитием цивилизации тесно связано увеличение использования разнообразных энергетических ресурсов. За последний век потребление энергии увеличилось в несколько раз, что привело к росту расходов на добычу, обработку и использование энергетических ресурсов. Это также усиливает экологические проблемы, включая загрязнение окружающей среды. Необходимо уделить больше внимания и ресурсов для уменьшения этих отрицательных воздействий [27].

Важно модернизировать и адаптировать все системы потребления энергии к современным стандартам энергоэффективности. Это потребует комплексного подхода и постоянной работы для достижения этих целей.

2.2.1 Системы теплоснабжения, горячего и холодного водоснабжения

«В контексте систем отопления, а также горячего и холодного водоснабжения, критически важно собрать актуальную информацию во время обследования» [5].

«В области инженерных систем акцент делается на различные аспекты: начиная от разнообразия систем отопления и водоснабжения, которые могут быть организованы по-разному (например, централизованно или локально, используя однотрубные или двухтрубные схемы для отопления, а также тупиковые или кольцевые схемы для водоснабжения), до детального рассмотрения оборудования разных марок и моделей. Важность уделяется ключевым компонентам этих систем, включая, но не ограничиваясь, запорную арматуру, насосы, автоматику, водомеры и краны. Отдельное внимание уделяется обнаружению и анализу различных неисправностей и дефектов, таких как коррозия, некачественный ремонт, проблемы со сварными соединениями, утечки и нарушения теплоизоляции. Кроме того, особое внимание уделяется выявлению различий между реальным исполнением систем и их проектными параметрами, а также мониторингу ключевых показателей, таких как температура воды и отопительных приборов, давление в системах и правильный уклон трубопроводов» [5], что имеет решающее значение для надежной и эффективной работы инженерных систем.

«В процессе технической диагностики инфраструктуры, обеспечивающей распределение тепла и воды различных температур, ключевым моментом является оценка уровня износа и разрушения, вызванного коррозией, на элементах системы, таких как трубы и отопительные устройства» [13]. «Эксперты определяют серьезность повреждений, измеряя утрату толщины металла и сужение внутреннего пространства труб из-за отложений, по сравнению с их изначальным размером. Принято, что критическим показателем для глубины коррозионных дефектов является половина толщины стенок новой трубы, то есть 50%. В свою очередь, нормы предписывают, что сокращение диаметра трубопровода в результате накопления отложений не должно превышать 30%, такое ограничение опирается на данные, полученные из гидравлических исследований системы труб.

Для обеспечения эффективной работы отопительных устройств, важно не сокращать их сечение более чем на 10% в сравнении с толщиной стенок нового устройства, чтобы не произошло чрезмерного снижения их способности к теплоотдаче» [5].

2.2.2 Система вентиляции

«При анализе систем воздухообмена, важно провести диагностику и улучшения, если это необходимо, для достижения комфортабельного микроклимата в помещении. В процессе этого обследования, следует уделить внимание различным аспектам, включая виды вентиляционных систем (например, естественная вытяжная или механическая приточно-вытяжная системы), а также текущее техническое состояние их компонентов, выявляя любые дефекты или неисправности, такие как неплотности воздуховодов, несоответствующие габариты вентиляционных проемов, нарушение изоляционных свойств или физические повреждения оборудования» [5].

2.2.3 Система электроснабжения

«В рамках оценки систем электропитания, крайне важно погрузиться в анализ проектной и технической документации, а также изучить схемы, относящиеся к электроснабжению. Этот процесс обычно включает в себя несколько ключевых этапов:

- осмотр электрооборудования на предмет выявления внешних признаков износа или повреждений;
- идентификация любых дефектов или нарушений, возникших в результате использования системы;
- сбор данных о количестве использованной электроэнергии для освещения и работы оборудования» [5].

В данном образовательном учреждении, задействованном в предоставлении начального, среднего и высшего образования, включая образовательные программы для детей с особыми потребностями, происходит активное использование различных видов энергии. Это включает в себя электричество, отопление, а также потребление холодной и горячей воды.

Учет потребляемых ресурсов ведется посредством специализированных устройств, установленных в полном объеме.

Затраты на электроэнергию в школе в годовом исчислении составляют приблизительно 57310,48 рублей, что эквивалентно 10584 кВт×ч. Энергопотребление в учебном заведении распределяется на освещение учебных и служебных помещений, актового зала, спортзалов, мастерской, раздевалок, танцевального зала и туалетов.

2.3 Обработка результатов исследования и их анализ

2.3.1 Техническое состояние наружных ограждающих конструкций

В отдельном порядке стоит отметить важность выполнения измерений, касающихся систем вентиляции: это включает в себя проверку на наличие воздушного потока и анализ проходимости вентиляционных каналов.

Обследование и анализ результатов показывают, что при осмотре внешних ограждающих структур здания обнаружены определенные дефекты. Отделочный материал отслаивается, видимо присутствует грибок. Учитывая возраст здания, «рекомендуется провести гидроизоляцию стен подвала, обновить водоотвод и отремонтировать вентиляционную систему в подвальных помещениях.

Необходимо срочно устранить причины проникновения влаги, включая ремонт поверхности и улучшение системы водоотвода. После этого можно приступить к заполнению и восстановлению трещин в стенах из силикатного кирпича» [5].

«Следует регулярно проверять целостность структурных стен, используя для этого гипсовые метки и следить за их состоянием, как минимум, ежемесячно, согласно установленному плану наблюдений, фиксируя все данные в специальный журнал. В лобби на первом этаже установлена деревянная входная зона, в то время как на втором этаже в помещении для учителей выявлена деревянная перегородка, которая по нормам

противопожарной безопасности должна быть заменена. Железобетонные перекрытия, обнаруженные в подвале и на всех этажах здания, не имеют значительных дефектов, способных повлиять на их надёжность. Однако, были выявлены участки с выпадением раствора в швах между плитами, что требует проведения ремонтных работ» [5].

«При детальном осмотре крыши, выполненной из профилированных листов, уложенных на деревянную обрешетку, были обнаружены многочисленные недостатки. К ним относятся проблемы с примыканием элементов кровли, наличие свищей и просветов между конструкциями, что заметно с чердака, а также повреждения водосточных систем. Особое внимание привлекает состояние деревянных элементов кровли. Обнаружено, что детали крыши, включая стропила и мауэрлат из бруса, подверглись гниению, поражению деревоедом и общему ослаблению структуры из-за проблем с влажностью и неправильных соединений. Кроме того, фиксация флагштока к крыше оказалась нарушенной из-за его наклона после сильного ветра, что привело к разрушению деревянного элемента и образованию разорванного отверстия в кровельном материале» [5].

Выявлено наличие проблем, связанных с водой, что приводит к сырости стен. Для решения этой проблемы необходимы гидроизоляционные мероприятия, а также модернизация фундамента. К счастью, деформаций не обнаружено.

Однако заметны повреждения внешнего слоя кирпичной кладки, вызванные воздействием влаги, а также трещины на уровне подвала. Стоит отметить, что железобетонные монолитные балки размером 400x650(h) не имеют видимых деформаций.

Также были обнаружены повреждения возле фундамента здания и опущение грунта, что может привести к проникновению дождевой воды в стены подвала и основание здания. Эти наблюдения указывают на серьезные проблемы, требующие немедленного внимания для предотвращения дальнейшего ухудшения состояния здания.

Строительные элементы школьного здания от подвала до третьего этажа в хорошем рабочем состоянии и можно использовать. Однако обнаружена необходимость в ремонте соединений панелей. Также важно обратить внимание на состояние каркаса крыши и самой кровли: их функциональность ограничена, поэтому необходимо заменить деревянные части крыши и отремонтировать определенные участки кровельного покрытия. Несмотря на эти проблемы, школа все еще находится в приемлемом техническом состоянии и нет необходимости ограничивать учебный процесс.

«Настройка эффективного использования ресурсов и реконструкция помещений являются первостепенными задачами. Назначение квалифицированного специалиста, который будет осуществлять регулярный мониторинг структурных элементов помещения, ведение необходимой документации и обеспечение безопасности во время ремонта, является ключевым. Пользование помещением становится недопустимым, если обнаруживается проникновение подземных вод в подвальное помещение, появление новых трещин или расширение уже существующих в несущих стенах, а также в случае критических неисправностей в системе отопления, расположенной на чердаке» [1].

2.3.2 Инженерное оборудование

Как уже говорилось, электроснабжение учебного заведения осуществляется через подключение к сетям компании Бахчисарайский РЭС ГУП Крымэнерго. В школе установлены два трехфазных счетчика электроэнергии TsE-6803V для эффективного контроля и управления потреблением электроэнергии. Электроэнергия используется для различных целей, включая освещение школьных помещений и прилегающей территории, питание компьютеров, офисного оборудования и бытовых приборов. Полная картина потребления электроэнергии в школе и ее распределения представлена на рисунке 6.

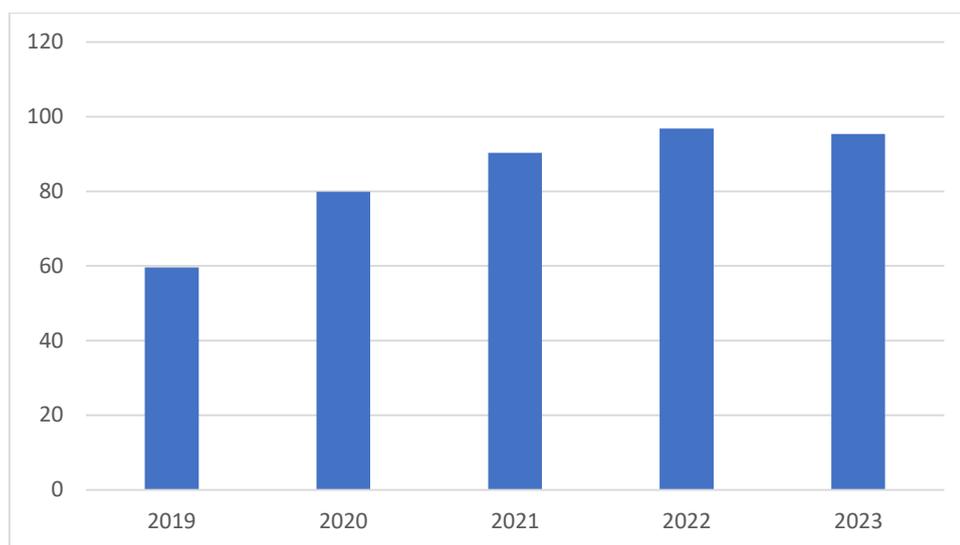


Рисунок 6 – Сведения о потреблении электроэнергии, тыс.кВт·ч

На рисунке 7 представлены данные о потреблении электроэнергии и ее распределении в школе в 2023 году.

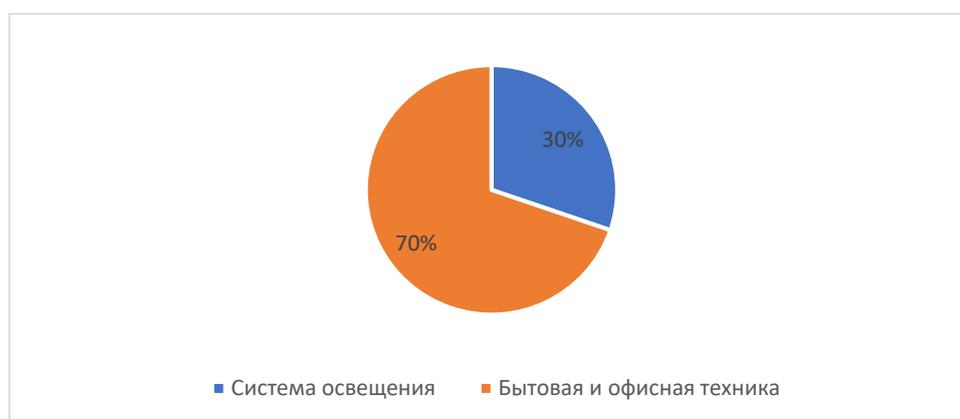


Рисунок 7 – Распределение потребления электроэнергии в 2023 году

В структуре потребления электроэнергии преобладают офисные и бытовые приборы, как показано на рисунке 7.

«Количество потребляемой энергии в год, для освещения, кВт·ч, рассчитывается по формуле:

$$W_{\text{осв}} = N \cdot P \cdot k_{\text{и}} \cdot k_{\text{пот}} \cdot t \cdot k_{\text{пр}} \quad (3)$$

где N – количество ламп, шт;

P – мощность ламп, кВт;

$k_{и}$ – коэффициент использования ламп;

$k_{пот}$ – коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре;

t – число часов работы ламп в год, ч;

$k_{пр}$ – коэффициент превышения или уменьшения освещенности относительно нормы» [20].

В таблице 1 представлены расчетные результаты нормативного потребления электроэнергии именно для целей освещения.

Таблица 1 – Расчеты нормативного потребления электроэнергии на освещение

Тип ламп	N ,шт	P , кВт	$k_{и}$	$k_{пот}$	t , ч	$k_{пр}$	$W_{оборуд'}$ кВт·ч
Накаливания	75	0,0747	1	1,0	824	1	4614,4
Люминесцентные	450	0,038	1	1,1	824	1	15499,4
Дуговые ртутные лампы (ДРЛ 250)	7	0,250	1	1,06	2920	1	5416,6
Всего	532	-	-	-	-	-	25530,4

«Нормативное потребление электроэнергии согласно данным по мощности и времени работы для бытовой и офисной техники, кВт·ч, рассчитано по формуле:

$$W_{оборуд} = k \cdot n \cdot P \cdot t \cdot n_t \quad (4)$$

где k – коэффициент загрузки;

n – количество электроприемников;

P – мощность электроприемников, кВт;

t – время работы в день, ч;

n_r – коэффициент дней работы в году» [4].

В таблице 2 приведены расчетные показатели нормативного потребления электроэнергии на работу бытовой и офисной техники.

Таблица 2 – Сводные значения нормативного потребления электроэнергии

Наименование	Ед.изм.	Кол-во	Процентное соотношение
Освещение	кВт·ч	25530,4	39,15%
Бытовая техника	кВт·ч	27291,91	41,85%
Офисная техника	кВт·ч	12393,95	19,0%
Суммарное потребление	кВт·ч	65216,26	100%

Внутри здания установлены чугунные обогреватели МС-140, каждый с примерно десятью секциями. Они подключены к системе отопления, которая функционирует по двухтрубному принципу, и «управляется через специализированный тепловой узел, известный как ИТП. Чтобы отслеживать использование тепловой энергии, в ИТП вмонтирован теплосчетчик ВКТ-7. Кроме того, важно отметить, что трубопроводы ИТП защищены запорной арматурой, покрытой масляной краской. Согласно стандартам, установленным для образовательных учреждений, разница температур между воздухом в помещении и внутренней поверхностью стен не должна превышать 4,0°С» [14]. В большинстве помещений этот критерий, как правило, выполняется, и соответствующие данные по потреблению тепла представлены на рисунке 8.

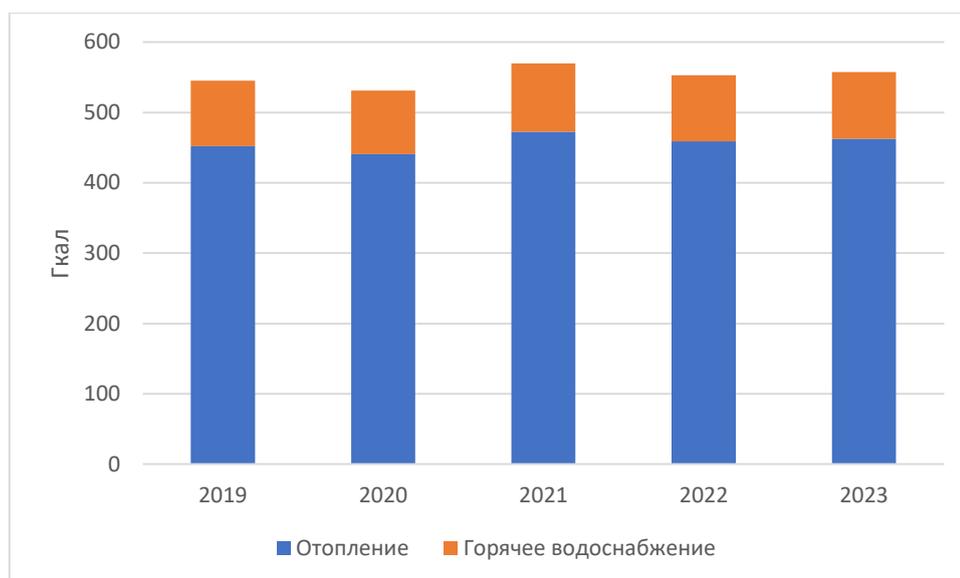


Рисунок 8 – Результаты потребления тепловой энергии

Утвержденные удельные нормы расхода по видам тепловой энергии отсутствуют. «Расчет нормативной нагрузки здания на отопление помещений, Гкал/ч, рассчитывается по формуле:

$$Q_{max} = 1 + K_{инфильт} \cdot V_{зд} \cdot \alpha \cdot q_0 \cdot T_{вн} - T_{нар} \cdot 10^{-6} \quad (5)$$

где $K_{инфильт}$ – поправочный коэффициент, учитывающий расход теплоты на инфильтрацию наружного воздуха в помещении, рассчитывается по формуле:

$$K_{инфильт} = 10^{-2} \cdot 2 \cdot g \cdot L \cdot \left(1 - \frac{273 + T_{нар}}{273 + T_{вн}}\right) + \omega_p^2 \quad (6)$$

где g – ускорение свободного падения, m/s^2 ;

L – свободная высота здания, м;

ω_p^2 – расчетная для данной местности скорость ветра в отопительный период, м/с;

q_0 – удельная отопительная характеристика здания, $kcal / (ч \cdot m^3 \cdot ^\circ C)$;

α – 0,98-коэффициент, учитывающий изменение удельной тепловой характеристики здания в зависимости от климатических условий;

$V_{зд}$ – объем здания по наружному обмеру, m^3 ;

$T_{вн}$ – температура внутри здания, $^{\circ}C$;

$T_{нар}$ – расчетная температура воздуха снаружи, $^{\circ}C$ » [5].

Количество теплоты, необходимое на отопительный период, Гкал, определяется по формуле:

$$Q_{от. п} = Q_0 \quad (7)$$

где Q_0 – количество тепловой энергии, необходимой для отопления зданий на отопительный период, Гкал.

Количество тепловой энергии, необходимое для отопления, Гкал, определяется по формуле:

$$Q_0 = \frac{Q_{от.ч} \cdot 24 \cdot T_{вн} - T_{ср} \cdot n}{T_{вн} - T_{нар}} \quad (8)$$

где $Q_{от.ч}$ – расчетное значение часовой тепловой нагрузки отопления, Гкал/ч;

$T_{вн}$ – усредненное расчетное значение температуры воздуха внутри отапливаемых зданий, $^{\circ}C$;

$T_{нар}$ – минус $30^{\circ}C$ – расчетное значение температуры наружного воздуха;

$T_{ср}$ – минус $5,2^{\circ}C$ – среднее значение температуры наружного воздуха за отопительный период, $^{\circ}C$, [10];

n – 203сут. – фактическая продолжительность отопительного периода.

«Расчетную удельную тепловую характеристику объекта вычисляют по формуле:

$$q = \frac{Q_{\text{от.п}} \cdot 1163 \cdot 10^3}{V_{\text{зд}} \cdot T_{\text{вн}} - T_{\text{нар}}} \gg [6] \quad (9)$$

Расчет нормативной нагрузки зданий на отопление помещений приведем в таблице 3.

Таблица 3 – Расчет нормативной нагрузки зданий на отопление помещений

$V_{\text{зд}}, \text{м}^3$	$q_0, \text{ккал/ч} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{С}$	$T_{\text{вн}}, ^\circ\text{С}$	$T_{\text{нар}}, ^\circ\text{С}$	$T_{\text{ср}}, ^\circ\text{С}$	α	$Q_{\text{от.п}}, \text{Гкал/ч;}$	$Q_0, \text{Гкал/ч;}$	$q, \text{Вт/м}^3 \cdot \text{С}$
7680	0,33	18	-30	-5,2	0,98	0,12	280,6	0,38

Суммарное, нормативное потребление тепловой энергии составит:

$$Q_{\text{от.п}} = Q_0 = 280,6 \text{ Гкал}$$

Для хозяйственных нужд школа использует холодное водоснабжение, предоставляемое ГУП РК «Вода Крыма». Установлен один прибор учета - КУВ-15. Подробная информация о годовом потреблении питьевой воды школой представлена на рисунке 9.

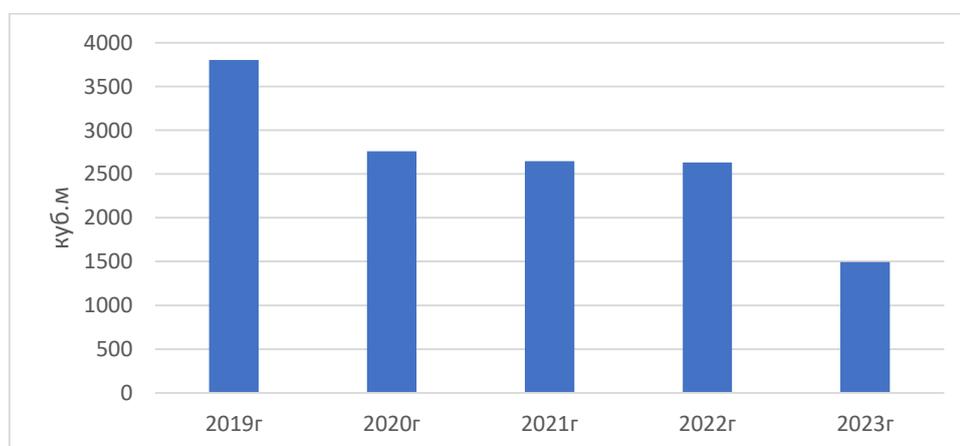


Рисунок 9 – График потребления воды по годам

«Нормативное потребление хозяйственно-питьевой воды, м³, рассчитываются по формуле:

$$M = \alpha \cdot Z \quad (10)$$

где α – среднее часовой расход холодной воды, согласно СП 30.13330.2012 [18], м³/ч;

Z – продолжительность работы системы водоснабжения, ч» [6].

На рисунке 10 показано расчетное нормативное потребление холодной воды.

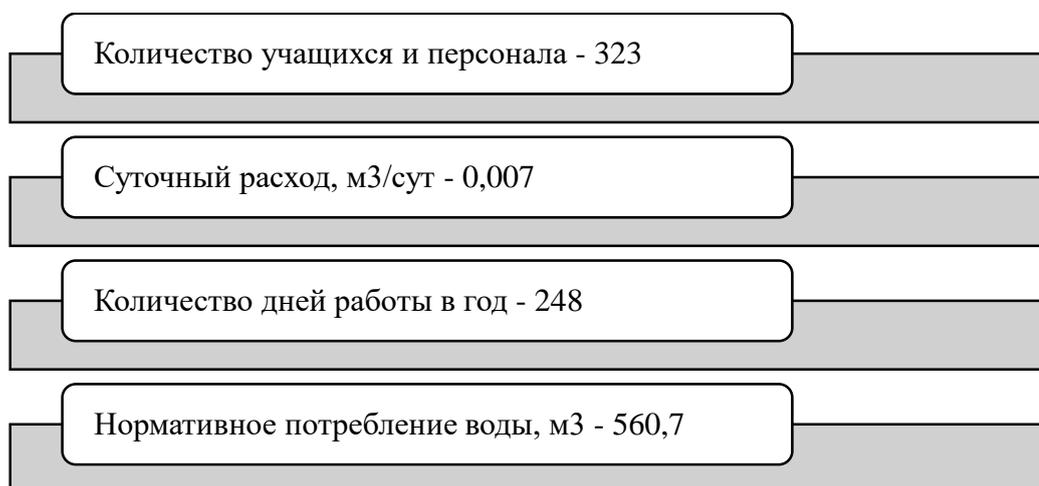


Рисунок 10 – Расчет нормативного годового потребления холодной воды

2.3.3 Анализ фактических нормативных удельных расходов ресурсов

Далее приводится сравнение фактического и нормативного потребления энергоресурсов.

На рисунке 11 показано сравнение расчетно-нормативного и фактического потребления электроэнергии на 2023 год.

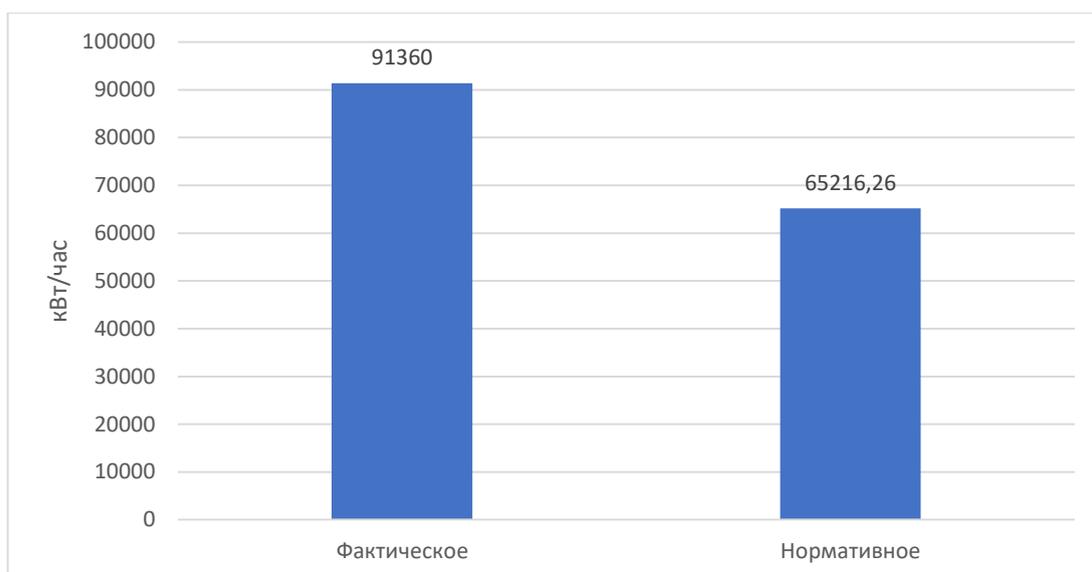


Рисунок 11 – Сравнение расчетно-нормативного и фактического потребления электроэнергии за 2023 год

Фактическое потребление электроэнергии превышает расчетное нормативное значение, что приводит к необходимости установления конкретных норм потребления электроэнергии. Для решения этой задачи будут проведены расчеты по определению этих норм. На рисунке 12 представлено визуальное представление нормативного и фактического потребления электроэнергии.

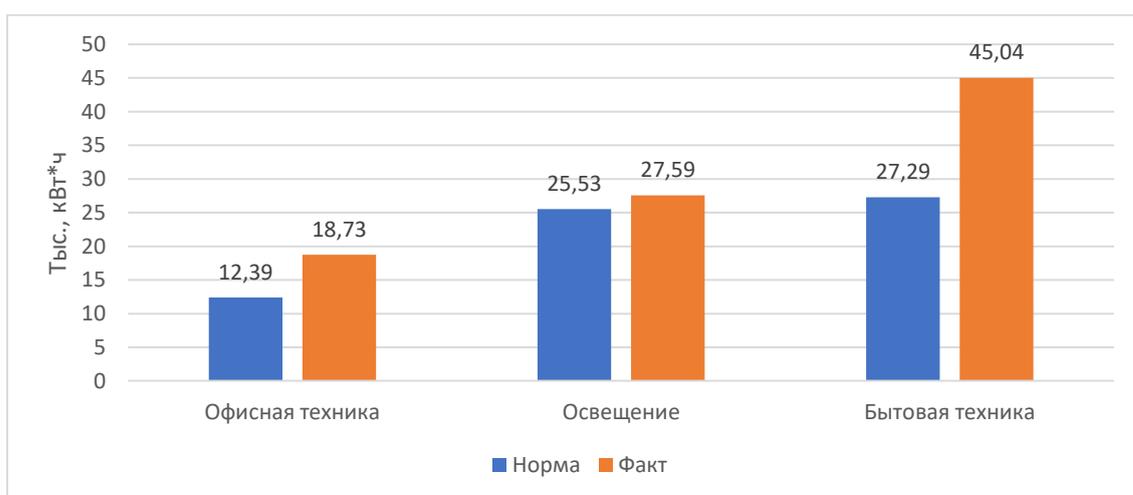


Рисунок 12 – Нормативное и фактическое потребление электроэнергии

Значения фактического и нормативного расхода тепла представлены на рисунке 13.

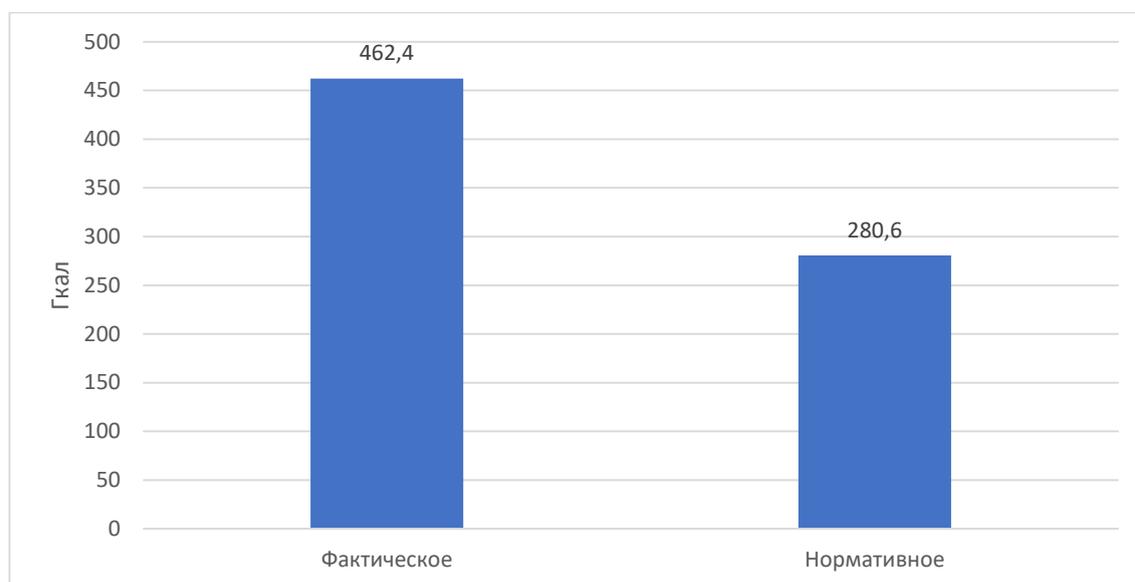


Рисунок 13 – Значения фактической и нормативной нормы потребления тепловой энергии

На рисунке 14 представлены фактические и нормативные нормы потребления холодной воды.

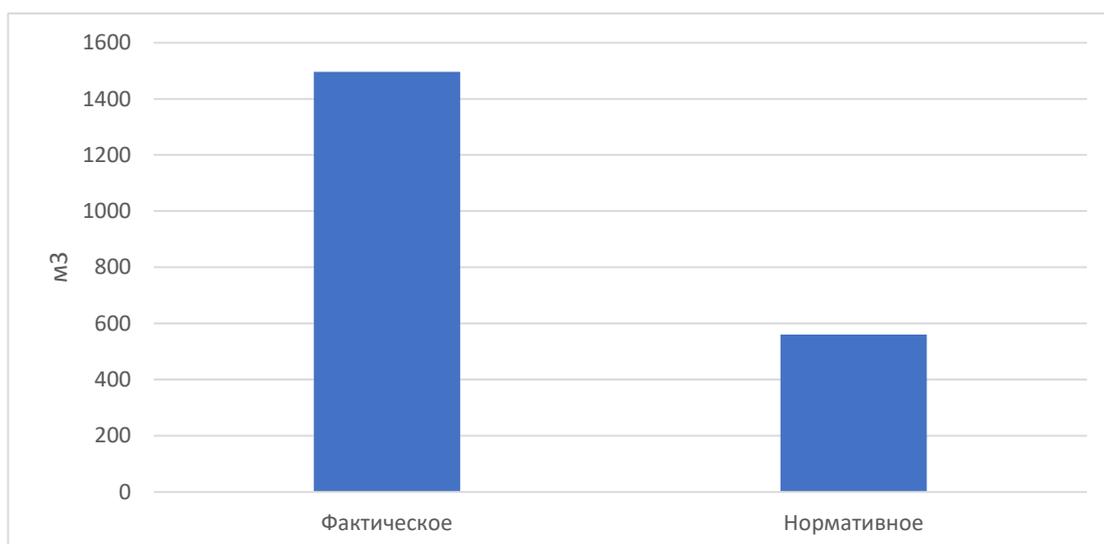


Рисунок 14 – Значения фактической и нормативной нормы потребления холодной воды

Далее произведем разработку энергетического паспорта исследуемого здания.

2.3.4 Разработка энергетического паспорта здания

Школьное здание имеет общий отапливаемый объем 9377,94 кубических метров и площадь всех этажей 2688,59 квадратных метров. Общественные зоны занимают 1955,9 квадратных метров, а вместимость школы составляет 335 человек. Общая площадь внешних границ здания, включая ограждающие элементы, составляет 5057,94 квадратных метров, из которых 2556,0 квадратных метров приходится на фасады. Если рассматривать наружные стены, то их площади различаются в зависимости от типа: для первого типа она составляет 1176,01 квадратных метров, а для второго - 921,57 квадратных метров. Площадь, покрываемая чердаком, равна 487,18 квадратных метров, а кровельные покрытия имеют общую площадь в 130,01 квадратных метров.

Объем и обогреваемые зоны вместе с внешними структурами были рассчитаны при измерении различных частей здания.

Размеры главных входов составили 22,59 квадратных метров, а площадь настила, непосредственно контактирующего с землей, достигла 1232,05 квадратных метров.

Стены, покрытые стеклом, придают зданию свет и объем, с разбросом площадей от 45,57 квадратных метров для северо-западной части до 53,25 квадратных метров для юго-восточной. Юго-западная и северо-восточная части здания имеют значительно большее остекление соответственно в 182,04 и 154,97 квадратных метров. В сумме, стеклянные фасады охватывают 435,83 квадратных метров.

Конструктивные аспекты здания оцениваются через коэффициенты, в частности, показатель компактности здания составляет 0,54, а доля остекленных поверхностей относительно общей площади - 0,17.

В процессе проектирования отопительных систем, используемые климатические исходные данные для Бахчисарая в Республике Крым, устанавливаются в соответствии с СП 131-13330.2012 [17]. «Для определения

необходимого количества тепла, выраженного в градусо-днях отопительного сезона, используется специализированная формула, зависящая от климатических условий региона и характеристик внутреннего микроклимата зданий» [5].

«На основании климатических показателей района строительства и микроклимата помещений определяется величина градусо-суток отопительного периода ГСОП, °С·сут, рассчитывается по формуле:

$$\text{ГСОП}=(t_{\text{в}}-t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}} \quad (11)$$

где $t_{\text{в}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, °С

$t_{\text{от}}$ – средняя температура наружного воздуха, °С;

$z_{\text{от}}$ – продолжительность отопительного периода, °С.

$$\text{ГСОП} = t_{\text{в}}-t_{\text{от}} \cdot z_{\text{от}} = 20+5,2 \cdot 203=5115,6 \text{ } ^\circ\text{C сут} \text{ } [21].$$

Определяем расчетную температуру внутреннего воздуха (ГОСТ 30494-2011 [2]), которая составила $t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C}$.

«Нормируемое значение сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций определяем по формуле:

$$R_0^{\text{норм}} = R_0^{\text{тр}} \cdot m_p \quad (12)$$

где $R_0^{\text{тр}}$ – базовое значение требуемого теплосопротивления наружной ограждающей конструкции $\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, определяется по формуле:

$$R_0^{\text{тр}} = a \cdot \text{ГСОП} + b \quad (13)$$

где a, b – коэффициенты, принимаемые по СП 50.13330.2012 [19];

m_p – коэффициент, определяющий особенности региона строительства, принимается равным 1» [6].

В таблице 4 приведены подробные сведения о тепловых

характеристиках.

Таблица 4 – Сведения о теплотехнических характеристиках

Наименование конструкции	а	в	R_o^{TP} М ² °С/Вт	$R_o^{норм}$ М ² °С/Вт
Наружные стены	0,00035	1,4	3,19	3,19
Чердачное покрытие	0,00045	1,9	4,2	4,2
Покрытие	0,0005	2,2	4,76	4,76
Окна	0,000075	0,15	0,53	0,53

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче входных дверей должно быть не менее, определяем по формуле:

$$R_o^{норм} = 0,6 \cdot \frac{(t_B - t_H)}{\Delta t_H \cdot \alpha_B} \quad (14)$$

где α_B – коэффициент теплопередачи внутренней поверхности конструкции, принимается равным 8,7 Вт/(м²·°С);

Δt_H – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемый для школ равным 4°С;

t_H – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года,

°С, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по СП 131-13330.2012 [17].

$$R_o^{норм} = 0,6 \cdot \frac{20+30}{4 \cdot 8,7} = 1,44 \text{ м}^2 \text{ °С/Вт}$$

«Расчетное термическое сопротивление слоев части ограждающей

конструкции $R_0^{пр}$, $м^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, определяемое для конструкций без воздушных прослоек по формуле:

$$R_0^{пр} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_n} \quad (15)$$

где α_n – коэффициент теплопередачи наружной поверхности конструкции, принимаемое равным для наружных стен и покрытий $8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ и для чердачных перекрытий $12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

δ_1, δ_n – толщина первого и n-го слоя, м;

λ_1, λ_n – теплопроводность материала первого и n-го слоя, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ » [6].

В таблице 5 представлены значения сопротивления для внешних ограждающих конструкций.

Таблица 5 – Значения сопротивлений для наружных ограждающих конструкций

сло й	Наименование материала	Тол щин ад,м	$\alpha_{в}$	$\alpha_{н}$	Коэффициент теплопроводнос ти λ_1 , $\text{Вт}/(\text{м}^\circ\text{C})$	$R_0^{пр}$ ($\text{м}^2\text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$)	R_{ϕ} ($\text{м}^2\text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$)
1 тип							
1	Силикатный кирпич	0,64	23	8,7	0,7	1,08	1,10
2	Штукатурка	0,01			0,93		
2 тип							
1	Силикатный кирпич	0,51	23	8,7	0,7	0,89	1,02
Чердачное покрытие							
1	Железобетонная плита покрытия	0,22	8,7	12	1,92	0,41	-
2	Шлаковая засыпка	0,15			0,21		
Покрытие							
1	Железобетонная плита покрытия	0,22	8,7	12	1,92	1,03	-
2	Два слоя рубероида	0,004			0,17		
3	Водоизоляционный ковер	0,02			0,27		

«В школьном строении полы установлены непосредственно на землю. Для того, чтобы определить, насколько хорошо эти поверхности удерживают тепло, осуществляется их разделение на воображаемые участки. Эти части пола имеют форму полос длиной 2 метра, идущих параллельно внешним стенам здания. Для комнат, находящихся в углах здания, полосы проходят параллельно каждой из внешних стен. В случае угловых помещений, сегмент пола, прилегающий к внешнему углу, учитывается в расчетах два раза» [11]. На рисунке 15 показано разделение полов по грунту на зоны.

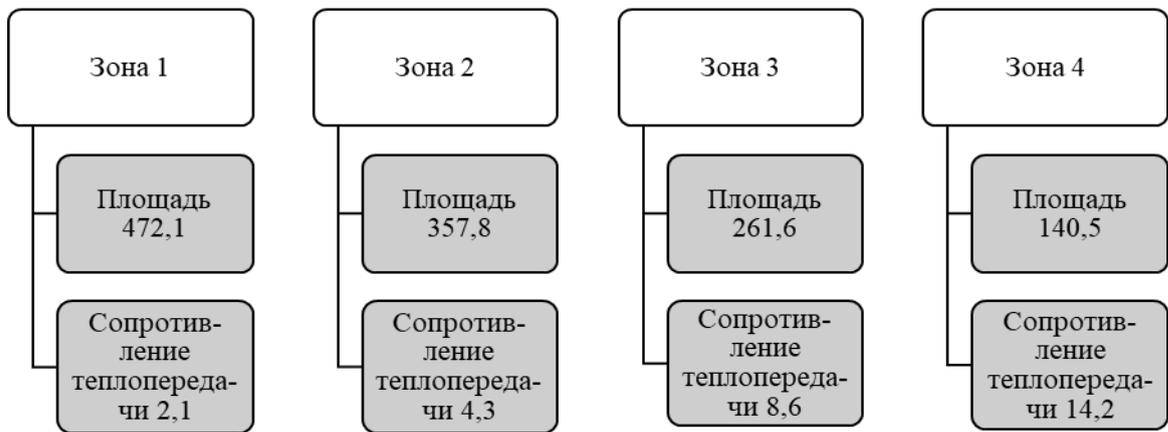


Рисунок 15 – Разбивка полов по грунту на зоны

Расчетное значение сопротивления теплопередачи полов по грунту рассчитывается по формуле:

$$R_0^{\text{пр}} = \frac{A_{\text{цок}}}{\frac{A_I}{R_I^{\text{пр}}} + \frac{A_{II}}{R_{II}^{\text{пр}}} + \frac{A_{III}}{R_{III}^{\text{пр}}} + \frac{A_{IV}}{R_{IV}^{\text{пр}}}} \quad (16)$$

$$R_0^{\text{пр}} = \frac{1232,05}{\frac{472,1}{2,1} + \frac{375,8}{4,3} + \frac{261,6}{8,6} + \frac{140,5}{14,2}} = 3,54 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

В таблице 6 приведены тепловые характеристики ограждающих конструкций школы.

Таблица 6 – Теплотехнические характеристики ограждающих конструкций

Наименование конструкции	$R_o^{норм} \text{ м}^2\text{C/Вт}$	$R_o^{пр} \text{ м}^2\text{C/Вт}$	$R_{\phi} \text{ м}^2\text{C/Вт}$
Стена тип1	3,19	1,08	1,10
Стена тип 2	3,19	0,89	1,02
Чердачное покрытие	4,20	0,41	-
Покрытие	4,76	1,03	-
Полы по грунту	-	3,54	-
Окна ПВХ	0,53	-	0,51
Деревянные окна	0,53	-	0,43
Двери	0,86	-	-

«Нормируемое сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть больше или равно расчетным значениям, согласно СП 50.13330.2012» [19]. Значение коэффициента теплопроводности препятствует достижению необходимой эффективности теплоизоляции, поэтому конструкция не отвечает требованиям по сохранению тепла.

«Удельная теплозащитная характеристика здания, $K_{об}$, Вт/($\text{м}^3\text{C}$), рассчитывается по формуле:

$$K_{об} = \frac{1}{V_{об}} \cdot i \cdot n_{ti} \cdot \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}} \quad (17)$$

где $V_{об}$ – отапливаемый объем здания м^3 ,

$A_{\phi,i}$ – площадь наружной ограждающей поверхности, м^2 » [5].

$$K_{об} = \frac{1}{9377,94} \cdot \frac{1176}{1,10} + \frac{921,6}{0,91} + \frac{487,2}{0,41} + \frac{782,7}{1,03} + \frac{102}{0,51} + \frac{333,8}{0,43} + \frac{22,6}{0,54} + \frac{1232,1}{3,54} =$$

$$0,601 \text{ Вт}/(\text{м}^3\text{C}).$$

«Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики

здания определяется по формуле:

$$K_{об}^{тр} = \frac{0,61 + \frac{10}{V_{от}}}{0,00013 \cdot ГСОП + 0,61} \gg [13] \quad (17)$$

Произведем расчет:

$$K_{об}^{тр} = \frac{0,61 + \frac{10}{93377,94}}{0,00013 \cdot 5115,6 + 0,61} = 0,206 \text{ Вт/м}^3\text{°C}$$

«Удельная теплозащитная характеристика здания не должна быть больше нормируемой величины» [5], требование выполняется.

«Удельная вентиляционная характеристика здания $k_{вент}$ определяется по формуле:

$$K_{вент} = 0,28 \cdot c \cdot n_v \cdot V_v \cdot \rho_B^{вент} \cdot 1 - K_{эф} \quad (18)$$

где c – удельная теплоемкость воздуха, равная 1 кДж/(кг·°C);

v_v – коэффициент снижения объема воздуха в здании, учитывающий наличие внутренних ограждающих конструкций, равный 0,85;

$K_{эф}$ – коэффициент эффективности работы рекуператора, равный 0;

$\rho_B^{вент}$ – средняя плотность наружного воздуха за отопительный период, кг/м³, определяемый по формуле:

$$\rho_B^{вент} = \frac{353}{273 + t_{от}} \gg [4] \quad (19)$$

Произведем расчет:

$$\rho_B^{вент} = \frac{353}{273 + 5,2} = 1,32 \text{ кг/м}^3$$

где $n_{вент}$ – число работы механической вентиляции;

$n_{инф}$ – число часов учета инфильтрации в течении недели для зданий с приточной механической вентиляцией;

$G_{\text{инф}}$ – количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции» [13], кг/ч, равно: $G_{\text{инф}} = 0,1 * \beta_v * V_{\text{от}} = 0,1 * 0,85 * 9377,9 = 797,12 \text{ кг/ч}$

$$n_B = \frac{\frac{13691,3 \cdot 45}{168} + \frac{797,12 \cdot 123}{168 \cdot 1,32}}{0,85 \cdot 9377,9} = 0,516 \text{ ч}^{-1}$$

$$k_{\text{вент}} = 0,28 \cdot 1 \cdot 0,516 \cdot 0,85 \cdot 1,32 \cdot 1 \cdot 0 = 0,160 \text{ Вт/м}^3 \text{°С.}$$

«Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, определяется по формуле:

$$K_{\text{быт}} = \frac{q_{\text{быт}} \cdot A_p}{V_{\text{от}}(t_B - t_{\text{от}})} \quad (20)$$

где « $q_{\text{быт}}$ – величина бытовых тепlopоступлений на 1 м² площади общественного здания, определяется по расчетному числу людей (90 Вт/чел), находящихся в здании, установочной мощности освещения и технологического оборудования» [5].

Тепловыделения в течение недели:

- от людей: $Q_1 = (90 \cdot 285 \cdot 42 + 90 \cdot 50 \cdot 42) / 168 = 7,54 \text{ кВт}$;
- от искусственного освещения: $Q_2 = (75 \cdot 0,0747) + (450 \cdot 0,038) = 7,43 \text{ кВт}$;
- от компьютеров и оргтехники: $Q_3 = 34,0 \text{ кВт}$.

$$K_{\text{быт}} = \frac{25,04 \cdot 1955,9}{9377,9(20 - 5,2)} = 0,207 \text{ Вт/м}^3 \text{°С.}$$

Удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации определяется по формуле:

$$K_{\text{рад}} = \frac{11,6 \cdot Q_{\text{рад}}^{\text{год}}}{V_{\text{от}} \cdot \text{ГСОП}} \quad (22)$$

где $Q_{\text{рад}}^{\text{год}}$ тепlopоступления через окна от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж, определяется по формуле:

$$Q_{\text{рад}}^{\text{год}} = \tau_{1\text{ок}} \cdot \tau_{2\text{ок}} A_{\text{ок1}} \cdot I_1 + A_{\text{ок2}} \cdot I_2 + A_{\text{ок3}} \cdot I_4 \quad (23)$$

где $\tau_{1\text{ок}}$ – коэффициент, затенения оконного проема соответственно непрозрачными элементами; при отсутствии данных следует принимать по своду правил;

$A_{\text{ок1}}, A_{\text{ок2}}, A_{\text{ок3}}, A_{\text{ок4}}$ – площадь светопроемов фасадов здания, ориентированных по четырем направлениям, м²;

I_1, I_2, I_3, I_4 – величина солнечной радиации на вертикальные поверхности, ориентированная по четырем фасадам здания, МДж/(м² · год), определяется по методике свода правил;

$$K_{\text{рад}} = \frac{11,6 \cdot 280976,4}{9377,9 \cdot 5115,6} = 0,068 \text{ Вт/ м}^3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период, Вт/(м³ · °С), определяется по формуле:

$$q_{\text{от}}^{\text{р}} = K_{\text{об}} + K_{\text{вент}} - K_{\text{быт}} + K_{\text{рад}} v \cdot \zeta (1 - \xi) \beta_{\text{n}} \quad (24)$$

где v – коэффициент уменьшения теплоступлений, в результате тепловой инерции ограждающих конструкций, рекомендуемые значения определяются по формуле:

$$v = 0,7 + 0,000025 \text{ ГСОП} - 1000 \quad (25)$$

$$v = 0,7 + 0,000025 \cdot 5115,6 - 1000 = 0,803.$$

« ζ – коэффициент эффективности авторегулирования отопления, при двухтрубной системе $\zeta = 0,95$;

ξ – коэффициент, определяющий понижение потребления тепла для жилых зданий, для общественных зданий принимается $\xi = 0$;

β_n – коэффициент, для зданий с отапливаемым подвалом = 1,07» [4].

$$q_{от}^p = 0,601 + 0,16 - 0,207 + 0,068 \cdot 0,803 \cdot 0,95 \cdot 1 - 1,07 = 0,589 \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°С}.$$

Расчетное значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания должно быть не больше нормируемого значения $q_{от}^{тр}$, Вт/(м³·°С).

$$q_{от}^p = 0,602 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{°С)} < q_{от}^{тр} = 0,417 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{°С)} - \text{условие не выполнено.}$$

Здание не удовлетворяет требованиям к удельной характеристике расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период.

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период $Q_{год}^{от}$, кВт·ч/год, определяется по формуле:

$$Q_{год}^{от} = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot V_{от} \cdot q_{от}^p \quad (26)$$

$$Q_{год}^{от} = 0,024 \cdot 5115,6 \cdot 9377,9 \cdot 0,6 = 678,28 \text{ кВт ч/год}$$

Общие потери тепла здания школы за отопительный период $Q_{общ}^{год}$, кВт·ч/год, определяются по формуле:

$$Q_{общ}^{год} = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot V_{от} \cdot K_{об} + K_{вент} \quad (27)$$

$$Q_{общ}^{год} = 0,024 \cdot 5115,6 \cdot 9377,9 \cdot 0,601 - 0,16 = 875,58 \text{ кВт·ч/год.}$$

Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период q_1 , кВт·ч/(м²·год) или q_2 , кВт·ч/(м³·год), определяется по формулам:

$$q_1 = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot q_{от}^p \cdot h \quad (28)$$

$$q_2 = 0,024 \cdot \text{ГСОП} \cdot q_{\text{от}}^p \quad (29)$$

где h – средняя высота этажа здания, м, равная отношению отапливаемого объема к площади этажей здания школы.

$$q_1 = 0,024 \cdot 5115,6 \cdot 0,589 \cdot 3,49 = 252,28$$

$$q_2 = 0,024 \cdot 5115,6 \cdot 0,589 = 72,33$$

После проведения обследования был определен класс энергоэффективности школы, в результате чего в настоящее время она относится к классу энергоэффективности D, что означает «Пониженная» эффективность. В приложении А приведен энергетический паспорт здания. Примечательно, что расчетное значение удельной характеристики потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию в здании отклоняется от нормативного значения на 41,27%.

2.4 Анализ финансовых затрат на потребление энергоресурсов

В таблице 7 представлен анализ счетов энергопотребления на период с 2019 по 2023 год.

Таблица 7 – Потребления энергии и воды объектом за год

Наименование ресурса	Ед.из м.	Фактический объем потребления	Нормативный объем потребления	Тариф, руб/ед.	Стоимость по фактическому потреблению, руб.	Стоимость по нормативному потреблению, руб.
Тепловая энергия	Гкал	462,4	280,6	1248,43	577274,03	350309,5
Электроэнергия	кВт ч	91360,0	65216,3	3,44	314278,40	224343,9
Холодная вода	м ³	1496,0	560,7	17,50	26180,00	9812,3
Всего	-	-	-	-	917732,4	584465,6

Основным вопросом в области экономии энергии и сокращения расходов является разработка планов действий по уменьшению потребления тепловой и электрической энергии.

Выводы по разделу 2.

В рамках проведенного научного анализа был создан набор действий, направленных на уменьшение потребления энергии и повышение уровня эффективности использования ресурсов в учебных заведениях, с использованием школы №3 в Бахчисарае. В процессе исследования осуществили следующее:

- осмотр состояния школьного здания был выполнен с помощью тепловизионных методов и оценки технического состояния.
- составлен энергетический профиль здания, что позволило классифицировать его по уровню энергоэффективности.
- сформулированы методики для сокращения энергопотребления.

3 Мероприятия по повышению энергоэффективности здания

3.1 Энергосберегающие мероприятия потребления электроэнергии

Среди современных тенденций по энергосбережению в школьных учреждениях по итогам анализа литературы можно выделить следующее.

Во-первых, использование солнечных панелей для генерации электроэнергии;

Во-вторых, установка энергоэффективного освещения. Замена обычных ламп на энергоэффективные светодиодные или компактные люминесцентные лампы помогает сократить энергопотребление в школьных помещениях;

В-третьих, внедрение систем управления энергопотреблением. С помощью специальных программ и технологий школы могут отслеживать и оптимизировать свое энергопотребление, например, путем автоматического выключения освещения и отопления в пустующих помещениях;

В-четвертых, обучение учащихся и персонала энергосбережению.

В-пятых, привлечение обучающихся к проектам по энергосбережению.

Школьные проекты по энергосбережению могут стать отличной площадкой для творчества, сотрудничества и обмена опытом среди учащихся, учителей и родителей. Они также могут стать стимулом для развития новых идей и инноваций в области энергосбережения.

Школьные проекты по энергосбережению имеют важное значение не только для обучения учащихся, но и для сохранения ресурсов планеты и создания устойчивого будущего для всех нас.

Современные тенденции освещения школ включают в себя использование энергоэффективных светодиодных светильников, которые потребляют меньше электроэнергии и имеют более длительный срок службы. Также популярными стали светильники с возможностью регулировки яркости и цветовой температуры, что позволяет создавать комфортное освещение в зависимости от цели помещения и времени суток.

Системы управления освещением часто используются для обеспечения равномерного освещения во всех школьных помещениях. Эти системы автоматически регулируют интенсивность освещения в зависимости от количества доступного естественного света и присутствия людей в помещении. Это не только повышает комфорт и удобство для учащихся и преподавателей, но и снижает энергопотребление и расходы на электроэнергию.

Кроме того, современные школы все чаще обращают внимание на эргономику и дизайн освещения помещений. Светильники с рассеянным или непрямым светом помогают уменьшить блики и отражения, что способствует более комфортному зрению и создает приятную атмосферу в учебных классах.

Основание:

- Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (в ред. от 13.06.2023) [25];
- Приказ Минэнерго России от 30 июня 2014 г. № 398 «Об утверждении требований к форме программ энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций с участием государства и муниципального образования, организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности, и отчетности о ходе их реализации» [12].

Цель разработки – установление и обеспечение снижения удельного потребления энергоресурсов и воды.

Задачи:

- планирование повышения энергетической эффективности;
- планирование и исполнение мероприятий энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- совершенствование системы управления энергосбережением и повышением энергетической эффективности.

Многие старые здания нуждаются в обновлении и реконструкции, так как они построены по устаревшим стандартам. Из-за отсутствия учета потребления энергии становится сложно определить точное количество используемых ресурсов и утечек в системах, что приводит к ошибкам при расчете стоимости коммунальных услуг. На данный момент нет однозначных методов регулирования потребления энергии в государственных учреждениях из-за трудностей установления лимитов потребления. Это связано с необходимостью индивидуального подхода к каждому зданию при определении норм потребления энергоресурсов на основе его осмотра и анализа энергоэффективности.

Для того, чтобы эффективно управлять финансами и строить адекватные финансовые планы, «предприятиям необходимо создать систему ограничений по использованию различных видов энергии, включая электричество, системы отопления и водоснабжения. Без четких стандартов потребления энергоресурсов компании могут столкнуться с проблемами в бюджетировании и точной оценке энергетических затрат. Хотя установление пределов может помочь в регулировании затрат на коммунальные услуги, это само по себе не приведет к значительному снижению потребления энергии. С другой стороны, поскольку учебные заведения оплачивают энергосчета из муниципальных средств, у них отсутствует мотивация к экономии, что только усугубляет проблему рационального использования ресурсов» [5].

Текущий подход к определению лимитов на основе исторического потребления не обещает успеха и требует пересмотра. Чтобы полностью реализовать возможности снижения потребления энергии в социальной сфере, критически важно стимулировать интерес руководства к эффективному использованию ресурсов.

«В различных регионах нашей страны были внедрены новшества, касающиеся способов расчета стоимости использования энергетических ресурсов, основываясь на стандартизированных показателях их потребления» [9].

Для повышения энергоэффективности зданий, ключевым является внедрение интегрированного подхода к сбережению ресурсов. Это подразумевает глобальное обновление систем отопления, электроснабжения и водопровода. В процессе заполнения заявлений, государственные организации должны учитывать определенные информационные параметры.

Особое внимание при разработке мероприятий по энергосбережению уделяется осветительным устройствам, используемым в здании. Освещение в школе комбинирует естественный и искусственный свет, при этом оба типа должны обеспечивать достаточную и равномерную освещенность, исключая сильные тени и световые разрывы. Рекомендуется использовать светлые оттенки в отделке стен и потолков для усиления естественного света. Основным типом ламп, применяемых в школе, традиционно были лампы накаливания.

Традиционные лампы накаливания работают по простому механизму: свет возникает вследствие разогрева тонкой проволочной спирали при прохождении через неё электричества. Эта спираль располагается внутри запаянной стеклянной колбы, наполненной инертным газом. Несмотря на простоту конструкции, у этих ламп имеются значимые минусы. Главный из них – низкая эффективность: большая часть энергии (около 95%) тратится на тепло, а не на свет.

Хотя срок службы лампы накаливания в среднем составляет всего около 1000 часов, существуют исключения. Например, в одном из городов Германии до сих пор работает лампа, изготовленная более ста лет назад. Это связано с тем, что раньше лампы делались более надежно, в отличие от массового современного производства. Со временем нить накаливания истончается из-за вылетания микрочастиц, что приводит к её перегоранию. Это можно увидеть по тонкому серебристому налету на внутренней поверхности стекла перегоревшей лампы. К другим недостаткам можно отнести высокую рабочую температуру и чувствительность к колебаниям напряжения.

На рынке осветительных устройств присутствуют альтернативные типы ламп, которые предлагают более высокую эффективность энергопотребления по сравнению с традиционными лампами дневного света [33]. Энергосберегающие лампы, являясь улучшенной версией люминесцентных ламп, способны преобразовывать в свет до 70% потребляемой энергии, что значительно превосходит их обычные аналоги. Они потребляют на 3-6 раз меньше электричества при аналогичном уровне светоотдачи и служат значительно дольше – в 8-12 раз больше обычных ламп

Кроме того, в ассортименте имеются галогенные лампы, которые являются усовершенствованными вариантами ламп накаливания. Главное отличие галогенных ламп заключается в наличии галогенов в газовой среде, что повышает их надежность. Галогены помогают восстановить испарившиеся частицы вольфрама, возвращая их обратно на нить накала, тем самым продлевая срок службы лампы.

Галогенные лампы отличаются устойчивостью к высоким температурам и химическому воздействию благодаря своей колбе из прочного кварцевого стекла.

В последнее время на пике популярности находятся светодиодные светильники, которые отличаются долгим сроком службы (80-100 тыс. часов) и работают на низком напряжении. Они не нагреваются, что позволяет использовать их в самых разных условиях, включая встраивание в полы и стены или установку на улице, например, для освещения дорожек возле домов.

Среди множества преимуществ светодиодных ламп выделяются следующие ключевые характеристики:

- экономичность: светодиоды потребляют в десять раз меньше энергии по сравнению с традиционными лампами, обеспечивая такой же уровень освещения;
- отсутствие вредного ультрафиолетового излучения, что положительно сказывается на здоровье глаз;

- низкое тепловыделение, благодаря чему уменьшаются расходы на кондиционирование воздуха;
- продолжительный срок службы, достигающий 40 000-50 000 часов, что при ежедневном использовании на протяжении пяти часов обеспечивает работу лампы более 10 лет;
- экологическая безопасность, в отличие от ламп, содержащих ртуть.
- легкость и устойчивость к механическим воздействиям;
- быстрый запуск: светодиоды загораются мгновенно;
- эффективность в экономии электроэнергии.

Для поддержания чистоты светильников доступны различные средства, включая специальные химические растворы и микроволоконные тряпки, упрощающие уход за ними. В современных помещениях применяются разнообразные системы освещения: общее, местное и комбинированное. Общее освещение подходит для деятельности, не требующей интенсивного зрительного внимания.

Экономия электроэнергии может быть достигнута через ряд мероприятий:

- использование стабилизаторов напряжения, которые уменьшают световой поток ламп на 3-4% при понижении напряжения на 1%;
- регулярная чистка светильников от пыли и грязи, поскольку неочищенные осветительные устройства теряют до 30% своей эффективности в течение года;
- уменьшение освещенности в вспомогательных помещениях, таких как коридоры и туалеты;
- использование светорегуляторов для изменения уровня освещенности в зависимости от потребностей;
- установка реле времени и/или освещенности, которые автоматически выключают свет после определенного времени;
- применение энергосберегающих выключателей с оптическими датчиками и микрофонами, которые включают свет автоматически

при обнаружении звуковых сигналов, таких как шаги или голос, в радиусе 5 метров, и выключают его при достаточном уровне освещенности. Такие устройства могут экономить до 250 кВт·ч в год.

В учебных заведениях, включая классные комнаты, коридоры и туалеты, освещение обычно контролируется с помощью стандартных выключателей. Часто свет остается включенным на протяжении всего дня, даже при достаточном уровне дневного света.

Для более эффективного управления освещением используются датчики освещенности, которые регулируют интенсивность света в соответствии с естественными условиями освещения. Эти устройства могут быть применены в различных помещениях, от классов до складских помещений, и способны адаптироваться к различным уровням света благодаря настройкам чувствительности. Датчики оснащены фильтрами, которые делают их подходящими для измерения как естественного, так и искусственного света высокой цветовой температуры.

Использование такой системы контроля освещения позволяет значительно экономить средства, окупая стоимость оборудования и установки уже в первый год эксплуатации. Это не только снижает затраты, но и способствует улучшению образовательной среды, создавая комфортные условия для обучения и работы.

Россия относится к числу стран с высокой степенью энергетической самостоятельности. Однако такое положение привело к тому, что страна не всегда эффективно использует свои энергетические ресурсы. Это приводит к увеличению энергоемкости российской экономики, что снижает ее конкурентоспособность на мировом уровне.

Энергетическая безопасность является ключевым элементом для развития любого государства, и повышение эффективности использования энергоресурсов, а также внедрение мер по экономии энергии, являются важными факторами для обеспечения такой безопасности и стимулирования экономического роста.

Хотя Россия добилась значительного прогресса в сокращении энергоемкости своего ВВП, она по-прежнему остается одной из самых энергоемких стран мира. Решение проблемы энергосбережения на государственном уровне является сложной задачей, но в свете ограниченных мощностей в периоды пикового потребления и глобальных вызовов, связанных с парниковыми газами, становится очевидной необходимостью переосмысления подходов к энергосбережению.

В решении задачи энергосбережения должны участвовать как организации, так и отдельные граждане. Это глобальное предприятие может быть успешным на уровне каждого местного сообщества, а также в масштабах всей страны. В следующем году мы намерены начать разработку систем для снижения потребления тепловой энергии в наших учреждениях.

Одним из ключевых аспектов этого процесса является максимальное использование естественного света. Это не только экономит энергию, но и способствует улучшению здоровья. В помещениях с окнами, выходящими на север, запад или восток, где преобладает рассеянный свет, рекомендуется использовать светлые оттенки стен. Это позволит отражать свет и усиливать освещенность, в то время как темные поверхности будут поглощать свет.

Современные электронные устройства играют ключевую роль в уменьшении потребления электроэнергии. Существуют устройства, которые автоматически выключают электроприборы, когда они не используются. Например, в многоквартирных домах свет в подъездах может оставаться включенным всю ночь, хотя в определенные часы он не нужен, например, между 3 и 5 часами утра. В таких случаях решением становятся выключатели со встроенной временной задержкой. Они включают свет и через установленное время автоматически выключают его.

Благодаря таким устройствам возможна экономия от 14 до 20% электроэнергии. Альтернативой являются инфракрасные датчики движения, которые включают свет при обнаружении движения и выключают, когда комната пуста.

Кроме того, для экономии электричества используются регуляторы яркости света. Эти устройства заменяют обычные выключатели и позволяют регулировать интенсивность освещения. При помощи реле с импульсной функцией осуществляется контроль за освещением в разных частях квартиры. Это удобно, так как позволяет включать и выключать свет в разных комнатах, не проходя через всю квартиру, например, выключая все светильники одной кнопкой у кровати перед сном.

Для понимания причин высоких затрат на электроэнергию в школе ГБОУ в Бахчисарае, Средней Общеобразовательной Школе №3, необходимо учитывать несколько ключевых аспектов. Здание школы, построенное 50 лет назад, не подвергалось капитальному ремонту с момента строительства. Расход электроэнергии в школе, где уроки проводятся с 8:00 до 17:00, особенно высок зимой, когда освещение в коридорах включено постоянно из-за недостаточного дневного света.

Помимо этого, внедрение компьютеров, сканеров и мультимедийных проекторов в образовательный процесс привело к увеличению потребления электроэнергии. Все это делает актуальным вопрос разработки и внедрения комплексной программы по энергосбережению и повышению энергоэффективности здания школы. Такая программа должна основываться на проведении экспериментальных и экономических исследований и направлена на сокращение затрат на электроэнергию, учитывая рост тарифов на энергоресурсы [32].

«Хотя в области энергоэффективности существует множество разработанных методов, применение этих технологий в зданиях общественного назначения часто остается недооцененным» [7, с. 102]. Вклад в разработку энергосберегающих методов внесли такие известные российские ученые, как Б.А. Семенов, В.Н. Богословский и Е.Г. Малявина.

«Современная научная общественность активно изучает применение практик энергосбережения в различных секторах экономики, однако вопросы эффективного использования энергии в учреждениях бюджетной сферы и

общественных учреждениях часто остаются без должного внимания» [26, с. 131]. «Многие специалисты подчеркивают значимость точного отслеживания потребления энергетических ресурсов, но это не всегда достаточно для обеспечения полного контроля и улучшения энергоэффективности объектов. Существует потребность в разработке всесторонней программы по энергосбережению, учитывающей все факторы, влияющие на эффективность использования энергии. Эта тема имеет большое значение как с теоретической, так и с практической точки зрения, что отражено в целях и задачах данного исследования» [7, с. 412].

Проблема энергосбережения стоит на повестке дня не только у российских ученых, но и у международного научного сообщества, среди которых можно отметить таких исследователей, как Thollander, P., Rosenqvist, J., Zhang, S. и другие. Для определения энергоэффективности зданий были созданы специализированные экологические стандарты и методики оценки, включая системы LEED и BREEAM. Например, система LEED, разработанная Американским советом по «зеленым» зданиям в 1993 году, используется для оценки уровня энергоэффективности зданий, о чем сообщают И.Н. Сегаев, Н.П. Митянина, М.А. Сергеева, И.А. Сергеева [20, с. 996].

LEED оценивает энергоэффективность зданий на основе системы баллов, присваиваемых по различным категориям. Примером эффективного использования энергии служит здание EKONO-house в Отаниеми, Хельсинки. Это здание включает в себя ряд энергоэффективных решений, таких как минимизация площади наружных стен, высокоэффективная теплоизоляция, использование солнечной энергии для подогрева основания, окна с вентиляционными отверстиями, система вентиляции с рекуперацией тепла, энергосберегающее освещение и автоматизированное управление климатическими системами и освещением, пишет А.Н. Синкина [21, с. 13]. В результате этих мер, годовое потребление тепла в EKONO-house оказалось на 50% меньше по сравнению с типовыми зданиями.

Оптимизация энергопотребления может быть достигнута через

внедрение инновационных технологий в инфраструктуру электроснабжения. «Часто обнаруживается, что электрические системы эксплуатируются за пределами идеальных условий, ведущих к недостаточной или избыточной нагрузке на оборудование и сети, что увеличивает потери в трансформаторах и снижает эффективность всей системы. К тому же, устаревшее оборудование для учета энергии, не отражающее данные в реальном времени, и отсутствие регулярной проверки счетчиков, приводят к неточностям в данных о потреблении электричества, мешая эффективному реагированию на неожиданные изменения в использовании энергии» [21].

В настоящее время наиболее энергоэффективными вариантами освещения считаются светодиодные (LED), натриевые лампы высокого давления (ДНАТ), металлогалогенные лампы (ДРИ) и люминесцентные лампы (ЛБ).

Сопоставление характеристик светодиодных и люминесцентных ламп приведено в таблице 8.

Таблица 8 – Зависимость параметров светильников при измерении напряжения

Напряжение, В	Люминесцентный светильник			Светодиодный светильник		
	Ток, А	Освещенность, Лк	Потребляемая мощность, Вт	Ток, А	Освещенность, Лк	Потребляем ая мощность, Вт
194	0,40	160	78	0,21	300	41
200	0,47	180	94	0,20	300	40
210	0,55	190	116	0,19	300	40
220	0,61	210	134	0,18	300	40
230	0,71	227	163	0,18	300	40
240	0,78	237	187	0,17	300	41
250	0,85	250	213	0,16	300	41

«В ситуации колебаний напряжения, светодиодные осветительные приборы демонстрируют впечатляющую устойчивость, поддерживая одинаковый уровень потребления энергии и освещенности. В отличие от них,

люминесцентные источники света потребляют в два раза больше электричества, даже если их световая отдача возрастает незначительно, что ведет к излишнему расходу энергоресурсов. При соблюдении стандартов освещения, энергоэффективные световые решения могут быть интегрированы в текущую систему электроснабжения без необходимости в ее полной модернизации» [6].

«Использование современных осветительных устройств, таких как отражающие пленки и специальные короба, обеспечивает снижение необходимости в установке дополнительных светильников, что ведет к уменьшению расходов на обновление осветительной инфраструктуры. К примеру, инновационные промышленные осветительные элементы включают в себя отражатели с электрохимически полированным алюминием, которые обеспечивают значительно более высокий уровень отражения света по сравнению с традиционными моделями, тем самым сокращая общее количество ламп, требующихся для достижения желаемого освещения. Кроме того, применение датчиков движения в помещениях способствует эффективному управлению осветительными приборами, активируя их только при необходимости» [20].

«Устройства, обнаруживающие движение, регулируют свет в помещениях, включая его при обнаружении активности людей и адаптируясь к уровню естественного освещения. Их функционирование завязано на отслеживании вариаций в инфракрасном спектре, которые возникают вследствие движений человека» [20]. Эти инновации способствуют сокращению потребления электроэнергии, в среднем на треть, становясь ключевым компонентом системы автоматического управления освещением.

«Внедрение определенных технических изменений в систему освещения оказывается целесообразным, когда уровень освещенности в помещениях значительно отстает от установленных стандартов. Это часто бывает результатом плохого состояния помещения или осветительного оборудования. Простые действия, включающие в себя тщательную очистку осветительных

приборов, прозрачных элементов, покраску стен в светлые оттенки, а также своевременную замену неисправных ламп, могут привести к уменьшению потребления энергии на 30-40%» [9] или даже больше.

К источникам света предъявляются требования по средней горизонтальной освещенности – в среднем 20-30 лк, и 150 лк для постов охраны и консьержей. Коэффициент пульсации не должен превышать 20-25%. Пылевлагозащищенность – это один из немаловажных параметров особенно для уличных светильников.

Автоматизация освещения – это выгодное вложение в комплекс технологических решений, позволяющий в любое время суток обеспечивать необходимый уровень света с минимальными затратами на электроэнергию.

Один из ярких примеров – интеллектуальная система освещения «умный свет». Умное управление освещением в таких случаях заключается не только в установке специального оборудования, но и в автоматизации сценариев, связанных с ежедневными действиями человека.

Системы умного света представляют собой инновационные технологии освещения, которые обеспечивают удобство и эффективность использования света в помещении.

Основная идея систем умного света заключается в том, что освещение может быть управляемым и программируемым, что позволяет создавать различные настроения и обеспечить оптимальные условия для работы, отдыха или развлечений.

Чаще всего системы умного света включают в себя светодиодные лампы, которые могут менять цвет и яркость, а также управляться при помощи смартфона, планшета или голосового управления.

Благодаря технологиям умного света можно создавать различные сценарии освещения для различных моментов дня или действий, а также экономить энергию, управляя светом только там, где он действительно нужен.

Такие системы могут быть установлены как в нежилых зданиях, так и в домах, обеспечивая комфорт и современный уровень автоматизации. В целом,

системы умного света считаются одним из важных компонентов умного дома и современной технологической инфраструктуры.

Автоматизированное управление освещением может быть дискретным - когда на время отключается часть или вся линия светового оборудования. Система умного освещения умного предполагает оснащение датчиками присутствия – когда свет включается только по необходимости, а также датчиками уровня освещенности – когда в зависимости от естественного освещения регулируется свет. Автоматизация может охватывать и уровень температуры, влажности, включение/выключение звуковых систем - все что делает среду комфортной для жизнедеятельности.

Диспетчеризация освещения – это объединение нескольких систем управления в режим контроля одним оператором. Она позволяет снизить аварийность, повысить продуктивность и безопасность труда, исключить технологические ошибки в работе оборудования, упростить взаимодействие со световым оборудованием.

Сценарии автоматизации управления освещением позволяют дистанционно определить вероятную поломку оборудования, утечку газа или присутствие посторонних, что существенно влияет на безопасность и позволяет моментально окупить любые вложения в «умный свет» – рисунок 16.

Определенный уровень комфорта можно обеспечить как за счет проводной, так и беспроводными системами. Управляя сценариями с телефона, можно уменьшить яркость уличной подсветки или настроить включение света по расписанию.

Автоматизация систем освещения позволяет экономить электроэнергию, одновременно поддерживая уровень света на достаточном уровне для разного времени суток, погодных условий или при смене времен года. Базовые настройки достаточно запрограммировать один раз, а некоторые периодически корректировать вручную.

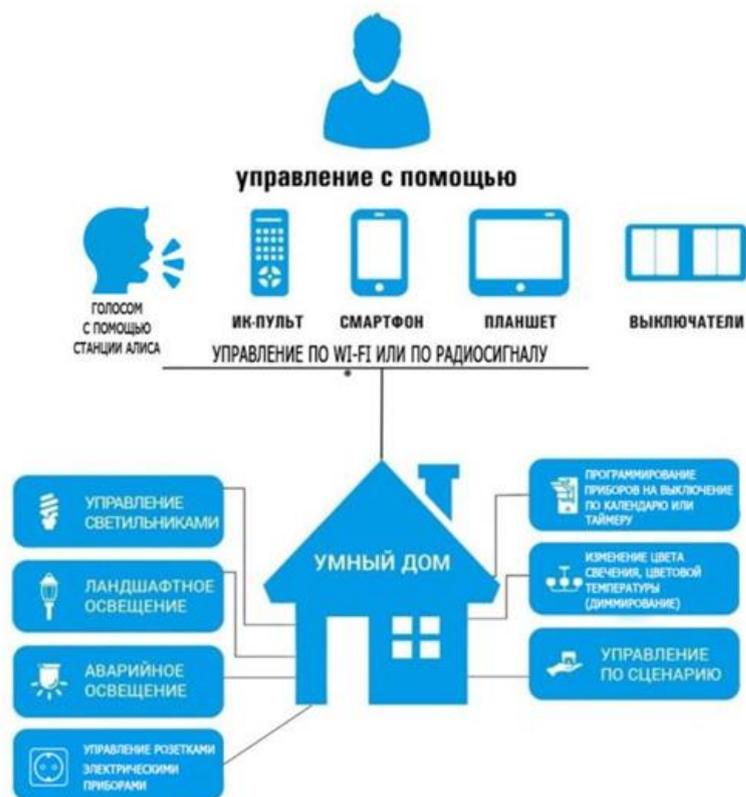


Рисунок 16 – Умный свет

Существенная часть теплопотерь в здании возникает из-за неэффективности теплоизоляционных характеристик фасадов, включая окна, двери, крышу и пол.

В контексте предотвращения нецелесообразного расхода энергии, важно обратить внимание на ключевые участки утечки тепла и разработать меры по их устранению, включенные в общую стратегию энергосбережения.

Используя инновационные изоляционные решения, включая пленки, газонаполненные пространства и различные герметики, достигается повышенная эффективность теплоизоляции для дверей и окон. Тепловизионная диагностика выявляет участки с отсутствием герметичности и избыточным теплообменом в местах стыков дверей и оконных рам. Опыт показывает резкое различие температур, при этом можно заключить что окна эффективно теплоизолированы.

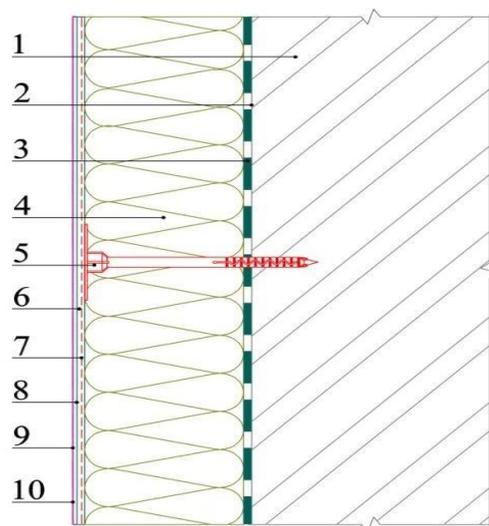
Практика показывает, что благодаря методике теплоизоляции в холодное время года можно обходиться без установки дополнительных отопительных приборов. Кроме того, улучшается герметичность помещений, что препятствует сквознякам и сохраняет чистоту между рамами, свидетельствуя о надежности уплотнения.

Исследование энергоэффективности здания школы №3 выявило, что простая замена или улучшение изоляции дверей и окон может оказаться недостаточной для существенного снижения тепловых потерь, здесь необходимо провести работы по замене оконных блоков в указанном учебном заведении.

Реализация мер по теплоизоляции имеет решающее значение для минимизации тепловой энергии, необходимой для поддержания микроклимата в помещениях. Эти меры включают в себя повышение теплоизоляционных свойств не только стен и полов, но и крыш, фасадов, а также технических подпольев и подвалов. Эти меры способствуют снижению потерь тепла из зданий, что позволяет уменьшить зависимость от внешних источников тепла и, как следствие, существенно сократить затраты на отопление.

Экономическая выгода мероприятия по энергосбережению основывается не на всеобъемлющей изоляции стен, а на более целенаправленных методах сокращения теплоубытков.

Процесс улучшения теплоизоляции зданий включает в себя несколько этапов: начиная с подготовки поверхностей и установки начальных профилей, за которыми следует грунтовка. Затем происходит наклеивание теплоизоляционных плит на стеновые поверхности и их дополнительное закрепление при помощи специальных дюбелей. Важным этапом является обеспечение плотного прилегания теплоизоляционных материалов к оконным и дверным проемам с помощью специальных уплотнителей. Завершающие действия включают штукатурку и покраску внешних стен здания.



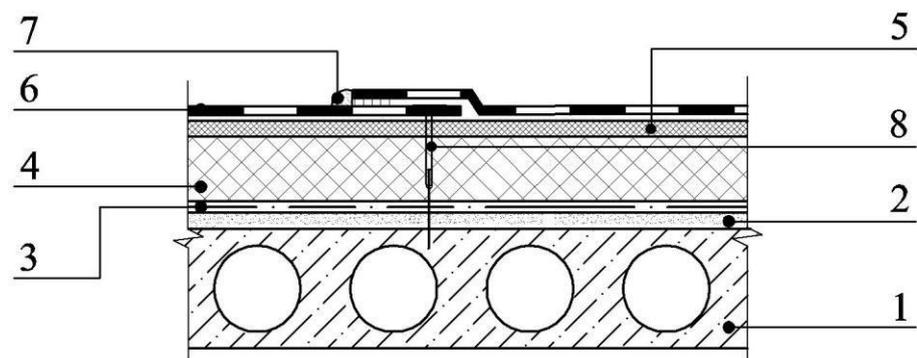
- 1 – основание;
- 2 – грунтовка;
- 3 – клеевой состав;
- 4 – утеплитель;
- 5 – дюбель;
- 6 – базовый клеевой состав;
- 7 – армирующая сетка;
- 8 – грунтовка по декоративную штукатурку;
- 9 – декоративная штукатурка;
- 10 – фасадная краска

Рисунок 17 – Система фасадной теплоизоляции

Для обеспечения эффективной теплоизоляции кровли используются самые современные изоляционные материалы. На рисунке 18 показаны состав и структура теплоизоляционного покрытия, используемого в кровельной системе.

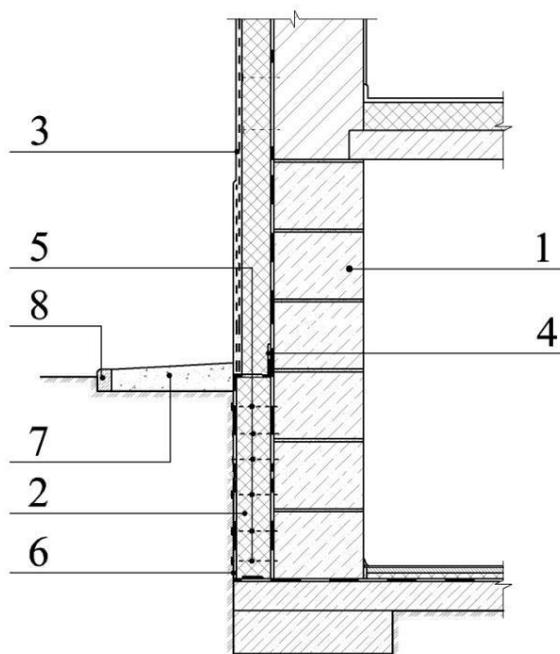
Схематическое изображение метода утепления стен подвала демонстрируется на рисунке 19.

Повышение эффективности теплоизоляции стен способствует снижению расходов на отопление помещений.



- 1 – несущая железобетонная плита основания;
- 2 – выравнивающая цементно-песчаная стяжка;
- 3 – пароизоляционная полиэтиленовая пленка;
- 4 – нижний слой теплоизоляционных плит;
- 5 – верхний слой теплоизоляционных плит;
- 6 – дополнительный слой ПВХ – мембраны;
- 7 – крепежный элемент;
- 8 – уклонообразующий слой из легкого бетона или плит каменной ваты

Рисунок 18 – Устройство теплоизоляции покрытия



- 1 – несущая часть стены;
- 2 – утеплитель;
- 3 – отделочный штукатурный слой;
- 4 – клеевой слой для крепления теплоизоляции;
- 5 – крепежные элементы;
- 6 – битумно-полимерная гидроизоляция;
- 7 – отмоска;
- 8 – бортовой камень

Рисунок 19 – Устройство теплоизоляции цоколя

Внедрение отопительной системы, которая функционирует в определенные часы и дни, позволяя понижать температуру в помещениях вовремя, когда они не используются, например, по праздникам и выходным.

В таких случаях для быстрого и эффективного повышения температуры пространства используется система водяного отопления, способная оперативно реагировать на изменения тепловых требований.

Эффективность обогрева зданий тесно связана с характеристиками теплоизоляции стен, крыш и полов. Это обусловлено тем, что уровень теплоизоляции влияет на необходимое время для подогрева помещения. В современных системах отопления используется автоматическое регулирование, позволяющее поддерживать установленные параметры тепла благодаря программному обеспечению.

Комбинированная система отопления, объединяющая в себе водяное и воздушное отопление, предоставляет наиболее гармоничный способ регулирования температуры.

Обеспечение оптимального климата в зданиях включает в себя использование технологий, таких как тепловые ширмы, особенно в области входных зон. Эти системы должны быть интегрированы с отопительными установками, а также с системами притока и очистки воздуха.

Изоляционные материалы, известные как тепловые отражатели, часто применяются позади отопительных устройств на стенах, чтобы повысить их эффективность. Стенки, соприкасающиеся с обогревателями, обычно поглощают часть тепла, но, если использовать специальную алюминиевую фольгу, способную отражать тепло обратно в комнату, можно заметно сократить потери энергии.

Схема установки теплоотражателя показана на рисунке 20.

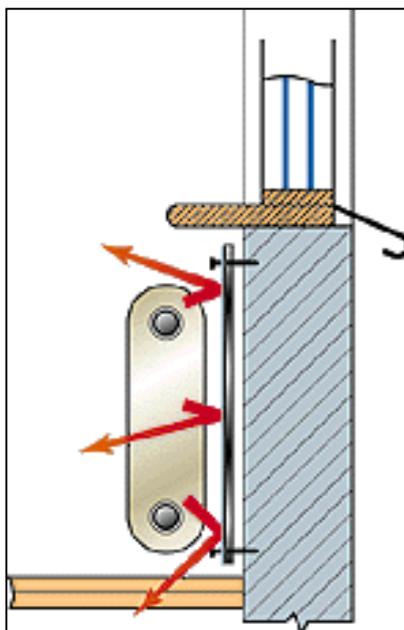


Рисунок 20 – Схема установки теплоотражателя

Дополнительно, использование датчиков для контроля освещения обеспечивает значительную экономию электроэнергии, которая может достигать до 75%. Скорость возврата инвестиций в такие датчики напрямую коррелирует с их подключенной мощностью – чем она выше, тем инвестиции возвращаются быстрее.

Предлагаемые мероприятия, направленные на снижение электропотребления, отражают современные научно-технические достижения в области энергосбережения. Затраты на выполнение соответствующего мероприятия будут компенсированы суммарной величиной экономического эффекта от реализации данного мероприятия. Срок окупаемости мероприятий не превышает нормативный срок эксплуатации оборудования.

3.2 Определение экономической эффективности мероприятий

«Расчетное потребление электроэнергии на освещение помещений школы $W_{л}$, кВт·ч определяется по формуле:

$$W_{л} = N \cdot P \cdot t \cdot \tau \cdot 10^{-3} \quad (30)$$

где N – количество ламп, шт;

P – мощность лампы, Вт;

t – время работы системы в день, ч;

τ – число рабочих дней в году» [10].

«Экономия электроэнергии при внедрении мероприятий ΔW , кВт·ч, определяется по формуле:

$$\Delta W = W_0 - W_1 \quad (31)$$

где W_0, W_1 – расчетное потребление электроэнергии до и после замены ламп на энергосберегающие, кВт·ч» [10].

«Экономия денежных средств в год ΔE , тыс.руб, определяется по формуле:

$$\Delta E = \Delta W \cdot T_{л} \cdot 10^{-3} \quad (32)$$

где $T_{л}$ – тариф на электроэнергию, руб/кВт·ч» [10].

«Окупаемость замены $T_{л}$, год, люминесцентных ламп и ламп накаливания на светодиодные светильники рассчитывается по формуле:

$$T_{л} = \frac{K_{л}}{E} \quad (33)$$

где $K_{л}$ – капитальные вложения в проект, тыс. руб;

E – экономия энергии за год, тыс. руб.» [10]

В таблице 9 приведены показатели для оценки экономической эффективности замены ламп накаливания и люминесцентных ламп.

Таблица 9 – Показатели для расчета экономической эффективности замены люминесцентных и ламп накаливания на светодиодные

Наименование показателя	Ед.изм.	Замена ламп накаливания на светодиодные		Замена люминесцентных ламп на светодиодные	
		Накаливания	Светодиодные	Люминесцентные	Светодиодные
Количество ламп, N	шт	75	75	450	450
Мощность лампы, P	Вт	74,7	15,0	38,0	14,0
Время работы, t	ч	9	9	9	9
Число рабочих дней в году, τ	дней	247	247	247	247
Потребление электроэнергии, W	кВт·ч	12454,4	2500,9	38013,3	14004,9
Экономия электроэнергии, ΔW	кВт·ч	9953,48		24008,4	
Тариф на электроэнергию, T _л	руб/кВт·ч	3,44		3,44	
Годовая экономия денежных средств, ΔE	тыс.руб	34,24		82,59	
Капитальные вложения в проект, K _л	тыс. руб.	515,19		515,19	
Окупаемость замены, T _л	год	4,4			

Успешное внедрение целевых мер по энергосбережению дает ощутимую экономию ресурсов, о чем свидетельствуют данные, приведенные на рисунке 21. В этой оценке используется информация, полученная в ходе энергоаудита и финансового анализа, для выявления возможностей снижения энергопотребления.

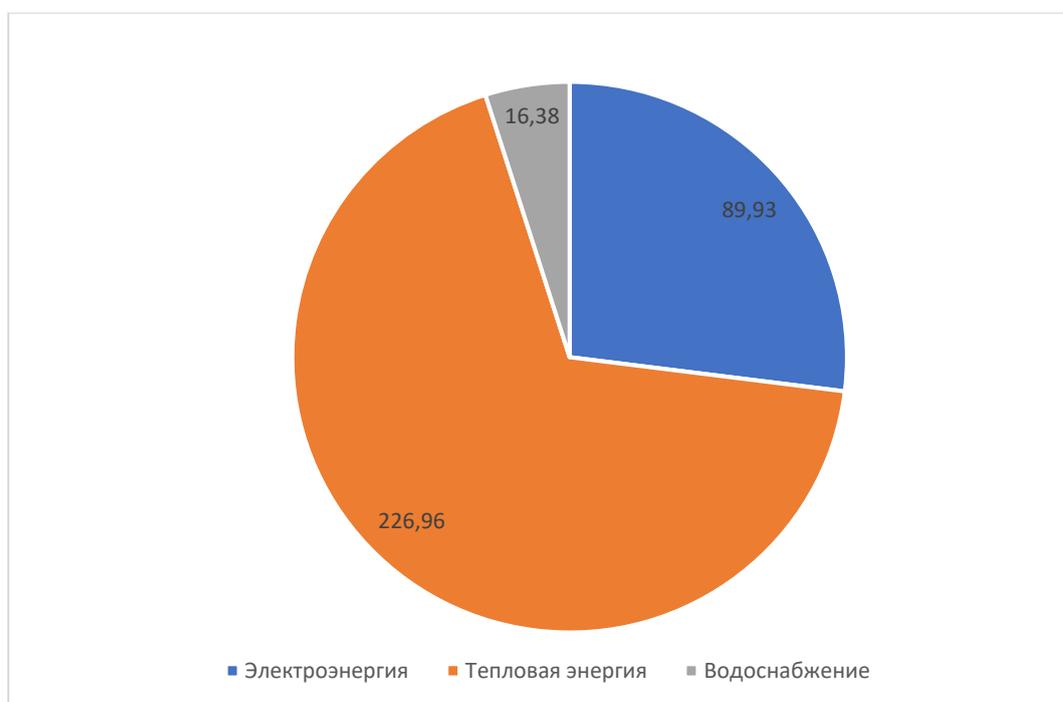


Рисунок 21 – Потенциал энергосбережения школы, тыс. руб.

Таким образом, годовой потенциал школы №3 города Бахчисарай составляет 333,28 тыс. руб. в год.

Выводы по разделу 3.

Исследование было направлено на определение возможности внедрения энергосберегающих технологий в работу учреждения школьного образования. В ходе работы особое внимание уделялось архитектурной композиции и ключевым несущим конструкциям здания. Для оценки качества строительных элементов и формирования заключений использовались визуальные осмотры и проектные данные.

Цель разработки – установление и обеспечение снижения удельного потребления энергоресурсов и воды.

Задачи:

- планирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- планирование и исполнение мероприятий энергосбережения и повышения энергетической эффективности;

- совершенствование системы управления энергосбережением и повышением энергетической эффективности.

В качестве мер по энергосбережению было предложено: замена светильников на светодиодные, автоматизация освещения, меры по усилению теплоизоляции и пр.

После внедрения ряда мер, направленных на уменьшение потребления энергии, оценка эффективности использования энергии в здании улучшилась. Теперь школа относится к категории А, что означает очень высокий уровень энергоэффективности. Потребление энергии на отопление и вентиляцию сократилось на 41,48% по сравнению с нормами. Инвестиции в обновление освещения за счет перехода на светодиоды окупятся уже через 4,4 года. Экономические прогнозы подтверждают выгоду от этих энергосберегающих улучшений как в долгосрочной, так и в краткосрочной перспективе.

Заключение

В наше время активно обсуждается важность энергетической эффективности и сохранения электроэнергии. Современный мир, где технологии играют ключевую роль, сталкивается с постоянно растущим спросом на электричество, особенно для освещения, что составляет около 30% от общего потребления. Это приводит к тому, что электростанции вынуждены работать на пределе своих возможностей, особенно в холодное время года.

Однако значительная часть энергии тратится неэффективно. Например, в незанятых комнатах часто остаются включенными лампы, в результате чего до 20% электроэнергии расходуется без пользы. Такое расточительное отношение к электроэнергии обусловлено распространенным заблуждением о ее безграничности.

В то же время стоимость электроэнергии продолжает расти, что делает вопрос ее экономии еще более актуальным

В рамках проведенного научного анализа был создан набор действий, направленных на уменьшение потребления энергии и повышение уровня эффективности использования ресурсов в учебных заведениях, с использованием школы №3 в Бахчисарае. В процессе исследования осуществили следующее:

- осмотр состояния школьного здания был выполнен с помощью тепловизионных методов и оценки технического состояния;
- составлен энергетический профиль здания, что позволило классифицировать его по уровню энергоэффективности;
- сформулированы методики для сокращения энергопотребления.

Исследование было направлено на определение возможности внедрения энергосберегающих технологий в работу учреждения школьного образования. В ходе работы особое внимание уделялось архитектурной композиции и ключевым несущим конструкциям здания. Для оценки качества строительных элементов и формирования заключений использовались визуальные осмотры

и проектные данные.

Школьное здание имеет общий отопливаемый объем 9377,94 кубических метров и площадь всех этажей 2688,59 квадратных метров. Общественные зоны занимают 1955,9 квадратных метров, а вместимость школы составляет 335 человек. Общая площадь внешних границ здания, включая ограждающие элементы, составляет 5057,94 квадратных метров, из которых 2556,0 квадратных метров приходится на фасады. Если рассматривать наружные стены, то их площади различаются в зависимости от типа: для первого типа она составляет 1176,01 квадратных метров, а для второго - 921,57 квадратных метров. Площадь, покрываемая чердаком, равна 487,18 квадратных метров, а кровельные покрытия имеют общую площадь в 130,01 квадратных метров.

На основании проведенного обследования школы, был произведен расчет класса энергоэффективности, зданию был присвоен класс энергоэффективности D «Пониженный».

Были проведены расчеты для определения финансовых затрат, связанных с энергопотреблением школы. Результаты показали, что основной путь к энергосбережению и сокращению расходов лежит через составление планов действий, направленных на снижение потребления тепла и электричества.

Цель разработки – установление и обеспечение снижения удельного потребления энергоресурсов и воды.

Задачи:

- планирование энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- планирование и исполнение мероприятий энергосбережения и повышения энергетической эффективности;
- совершенствование системы управления энергосбережением и повышением энергетической эффективности.

В качестве мер по энергосбережению было предложено: замена светильников на светодиодные, автоматизация освещения, меры по усилению

теплоизоляции и пр.

После внедрения ряда мер, направленных на уменьшение потребления энергии, оценка эффективности использования энергии в здании улучшилась. Теперь школа относится к категории А, что означает очень высокий уровень энергоэффективности. Потребление энергии на отопление и вентиляцию сократилось на 41,48% по сравнению с нормами. Инвестиции в обновление освещения за счет перехода на светодиоды окупятся уже через 4,4 года. Экономические прогнозы подтверждают выгоду от этих энергосберегающих улучшений как в долгосрочной, так и в краткосрочной перспективе.

Таким образом, все вышесказанное свидетельствует о том, что предложенные мероприятия позволяют повысить энергоэффективность, снизить потребление электроэнергии, а также имеют экономический эффект, следовательно разработанные рекомендации можно внедрять в практику управления энергоэффективностью образовательного учреждения.

Список используемых источников

1. Бодруг Н.С. Энергосбережение в школах / Н.С. Бодруг // Проблемы региональной энергетики. сб. статей. Благовещенск, 2012. 101 с.
2. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные: Параметры микроклимата в помещениях. // <https://docs.cntd.ru/document/1200095053> (дата обращения 20.03.2024).
3. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Москва: Изд-во стандартов, 2011. 89 с.
4. Дюрменова С.С. Пути повышения энергоэффективности в зданиях // Молодой ученый. 2020. № 31 (321). С. 18-21.
5. Еронина М.В. Методика проведения энергосберегающих мероприятий образовательных учреждений // Символ науки: международный научный журнал. 2016. № 3-3(15). С. 45-48.
6. Климова Г.Н. Электроэнергетические системы и сети. Энергосбережение. Учебное пособие. М.: Юрайт. 2016. 180 с.
7. Крупнов Б.А. Об энергоэффективности и экономии тепловой энергии в зданиях различного назначения // Вестник МГСУ. 2011. № 3-1. С. 411-414.
8. Методическая документация в строительстве: МДС 23-1.2007. Методические рекомендации по комплексному теплотехническому обследованию наружных ограждающих конструкций с применением тепловизионной техники: нормативно-технический материал. Москва: ФГУП «НИЦ «Строительство». - М.: ОАО «ЦПП», 2008. 75 с.
9. Неклепаев Б. Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для ВУЗов. 5-е издание, перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат. 2018. 608 с.
10. Нурахов Н.Н. Методические рекомендации по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий. Москва: ФГБУ ИПК

Минобрнауки России, 2010. 51 с.

11. Попова М.В. Методы повышения энергоэффективности зданий: учебное пособие. Владимир: ВГУ, 2014. 111 с.

12. Приказ Министерства энергетики РФ от 30 июня 2014 г. N 398 «Об утверждении требований к форме программ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций с участием государства и муниципального образования, организаций, осуществляющих регулируемые виды деятельности, и отчетности о ходе их реализации» // Российская газета. 2014. N 205.

13. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. Москва: ИЦ Академия. 2018. 448 с.

14. Свириденко Э.А. Основы электротехники и электроснабжения. Москва: Техноперспектива. 2018. 436 с.

15. Свод правил: СП 118.13330.2012. Общественные здания и сооружения.- Введ.2013-01-01.-М. Минрегиона России,2011 (Актуализированная версия СНиП 31-06-2009). 70 с.

16. Свод правил: СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений: нормативно-технический материал. Москва: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2004. 32 с.

17. Свод правил: СП 131-13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП23-01-99×: нормативно-технический материал. Москва: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2012. 109 с.

18. Свод правил: СП 30.13330.2012. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП2.04.01-85×: нормативно-технический материал. Москва: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2012. 35 с.

19. Свод правил: СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий: нормативно-технический материал. Москва: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2013. 139 с.

20. Сегаев И.Н., Митянина Н.П., Сергеева М.А., Сергеева И.А. Анализ уровня и факторов, влияющих на энергоэффективность жилого сектора в России на фоне опыта зарубежных стран // Экономика и предпринимательство. 2016. № 11–2 (76–2). С. 996–1003.

21. Синкина А.Н. Проблемы повышения энергетической эффективности зданий и пути их решения в работах зарубежных и отечественных ученых // Молодой ученый. 2019. № 24 (262). С. 12-14.

22. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: ЭНАС. 2018. 312 с.

23. СТО 56947007- 29.240.30.047-2010. «Рекомендации по применению типовых принципиальных электрических схем распределительных устройств подстанций»// <https://docs.cntd.ru/document/1200088422> (дата обращения 18.03.2024).

24. Учинина Т.В., Бабичева Н.В. Обзор методов повышения энергоэффективности жилых зданий. // Молодой ученый. 2017. № 10 (144). С. 101-105.

25. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ №Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (в ред. от 13.06.2023). // Собрание законодательства Российской Федерации. 2009. N 48 ст. 5711.

26. Червяков М.А. Совершенствование системы организационно-технологических решений при строительстве школ с применением энергоэффективных технологий // Молодой ученый. 2023. № 19 (466). С. 131-135.

27. Хакимьянов М.И., Шафиков И.Н. Анализ потребления электроэнергии при механизированной добыче нефти электроцентробежными насосами / М.И. Хакимьянов, И.Н. Шафиков // Electrical and data processing facilities and systems - 2013. - №3 (9). - С.37 - 41.

28. Хохлов А.С., Баулин Е.С., Боронин А.Б., Гайнет-динова А.Н.

Энергоэффективность нефтепереработки: методики, технологии, модели: Учебное пособие. - М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2018. - 108 с.

29. Carlander J., Thollander P. Barriers to implementation of energy-efficient technologies in building construction projects - Results from a Swedish case study // Resources, Environment and Sustainability. 2023. Vol.11. Pp. 100097. DOI: 10.1016/j.resenv.2022.100097.

30. Zhang S. et al. Potential to decarbonize the commercial building operation of the top two emitters by 2060 // Resources, Conservation and Recycling. 2022. Vol.185. Pp. 106481.

31. Wang X. et al. Low-carbon city and its future research trends: a bibliometric analysis and systematic review // Sustainable Cities and Society. 2022. Vol.90. Pp. 104381.

32. Jaloldinova N.D., Sultonov R.A. Renewable sources of energy advantages and disadvantages [Electronic Resource]. Zhurnal «Dostizheniya nauki i obrazovaniya». № 8-3 (49), 2019. С. 26-28. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/renewable-sources-of-energy-advantages-and-disadvantages/> (date of access: 16.04.2024).

33. Umurzakova G.R., Mukhtorov D.N., Mukhammadzhonov M.Sh. Preimushchestva alternativnykh istochnikov energii // Vestnik nauki i obrazovaniya, 2019. № 19-3 (73). [Electronic Resource]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/preimushchestva-alternativnyh-istochnikov-energii/> (date of access: 16.04.2024).

Приложение А
Расчетные условия

Таблица А.1 – Расчетные условия

Наименование параметра	Обозначение параметра	Ед.изм.	Значение
Расчетная температура воздуха снаружи для расчета теплозащиты	t_n	°С	Минус 30
Средняя температура воздуха снаружи за отопительный период	$t_{от}$	°С	Минус 5,2
Продолжительность отопительного периода	$z_{от}$	Сут/год	203
Градусо-сутки отопительного периода	ГСОП	°С·сут/год	5115,6
Расчетная температура внутреннего воздуха для расчета тепловой защиты	t_v	°С	20
Расчетная температура чердака	$t_{черед}$	°С	-
Расчетная температура подвала	$t_{под}$	°С	19

Таблица А.2 – Показатели геометрические

Наименование показателя	Обозначение и единица измерения	Расчетное проектное значение
Суммарная площадей этажей объекта	$A_{от}, м^2$	2688,6
Полезная площадь (общественных зданий)	$A_p, м^2$	1955,9
Отапливаемый объем	$V_{от}, м^3$	9377,94
Коэффициент остекления фасада	f	0,17
Показатель компактности объекта	$K_{комп}$	0,54
Суммарная площадь наружных ограждающих конструкций здания, в том числе:	$A_n^{сум}, м^2$	5057,9
фасадов:	$A_{фас}, м^2$	2556,0
стены тип 1	$A_{ст1}, м^2$	1176,0
стены тип 2	$A_{ст2}, м^2$	921,6
ПВХ окна	$A_{ок1}, м^2$	102,0
деревянные окна	$A_{ок2}, м^2$	333,8
входных дверей и ворот (раздельно)	$A_{дв2}, м^2$	22,6
покрытий (совмещенных)	$A_{покp}, м^2$	782,7
чердачных перекрытий	$A_{черд}, м^2$	487,2
стен в земле и пола по грунту (раздельно) зона I	$A_{цокз}, м^2$	1232,1
зона II зона III		472,1
зона IV		357,8
		261,6
		140,5

Таблица А.3 – Показатели теплотехнические

Наименование показателя	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
Приведенное термическое сопротивление наружных ограждений, в том числе:	$R_0^{пр}$, $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	-	-	-
стен (раздельно по типу конструкции)	$R_{0,ст}^{пр}$	-	-	-
стена тип 1	$R_{0,ст1}^{пр}$	3,19	1,08	1,10
стена тип 2	$R_{0,ст2}^{пр}$	3,19	0,89	1,02
ПВХ окна	$R_{0,ок1}^{пр}$	0,53	-	0,51
деревянные окна	$R_{0,ок2}^{пр}$	0,53	-	0,43
входные двери	$R_{0,дв}^{пр}$	0,86	-	0,54
покрытия плоские	$R_{0,пок}^{пр}$	4,76	0,41	-
чердачные перекрытия	$R_{0,черд}^{пр}$	4,20	1,03	-
стен в земле и пола по грунту	$R_{0,док4}^{пр}$	-	3,54	-
I зона	-	-	2,10	-
II зона	-		4,30	
III зона	-		8,60	
IV зона	-		14,20	

Таблица А.4 – Показатели вспомогательные

Наименование показателя	Обозначение показателя и ед.изм.	Нормируемое значение показателя	Расчетное проектное значение показателя
Термический коэффициент объекта	$K_{общ}, \text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$	-	1,11
Средняя кратность воздухообмена объекта за отопительный период при удельной норме воздухообмена	$n_B, \text{ч}^{-1}$	-	0,516
Удельные бытовые тепловыделения в объекта	$q_{быт}, \text{Вт}/\text{м}^2$	-	25,04

Таблица А.5 – Удельные характеристики

Наименование показателя	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормируемое значение показателя	Проектное значение показателя
Удельная теплозащитная характеристика	$K_{общ}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$	0,206	0,601
Удельная вентиляционная характеристика	$K_{вент}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$	-	0,160
Удельная характеристика бытовых тепловыделений	$K_{быт}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$	-	0,207
Удельная характеристика теплопоступлений от солнечной радиации	$K_{рад}, \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$	-	0,068

Таблица А.6 – Коэффициенты

Наименование показателя	Обозначение показателя	Значение
Коэффициент эффективности авторегулирования отопления	ξ	0,95
Коэффициент эффективности рекуператора	$K_{эф}$	0,00
Коэффициент, учитывающий уменьшения использования теплопоступлений в период превышения их над теплотерями	ν	0,803
Коэффициент учета добавочных теплотер системы отопления	β_n	1,07

Таблица А.7 – Комплексные данные расхода теплоэнергии

Наименование показателя	Обозначение показателя и ед.изм.	Значение
Удельная расчетная характеристика потребления теплоэнергии на вентиляцию и отопление объекта заотопительный период	$q_{от}^p$, Вт/(м ³ ·°С)	0,589
Удельная нормируемая характеристика потребления теплоэнергии на вентиляцию и отопление и объекта заотопительный период	$q_{от}^p$, Вт/(м ² ·°С)	0,417
Класс энергосбережения	-	D
Соответствие объекта требованию по теплозащите	-	нет

Таблица А.8 – Энергетические нагрузки здания

Наименование показателя	Обозначение	Ед.изм.	Значение
Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию объекта заотопительный период	q	кВт·ч/(м ³ ·год)	72,33
	q	кВт·ч/(м ² ·год)	252,28
Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию объекта за отопительный период	$Q_{от}^{гот}$	кВт·ч/(год)	678280,8
Общие потери тепла объектом за отопительный период	$Q_{от}^{гот}$	кВт·ч/(год)	875577,3