



## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Комплексный анализ текущего состояния энергосбережения образовательных учреждений .....	8
2 Энергетическое обследование здания.....	10
2.1 Общие сведения об объекте энергетического исследования .....	10
2.2 Обследование технического состояния здания .....	11
2.3 Теплотехническое обследование наружных ограждающих конструкций..	13
2.4 Обследование инженерного оборудования.....	16
2.4.1 Системы теплоснабжения, горячего и холодного водоснабжения .....	17
2.4.3 Систем вентиляции .....	18
2.4.4 Систем электроснабжения .....	18
2.5 Обработка результатов обследований и их анализ .....	19
2.5.1 Техническое состояние наружных ограждающих конструкций .....	19
2.5.2 Инженерное оборудование .....	22
2.5.3 Анализ фактических и нормативных удельных расходов ресурсов .....	30
2.5.4 Разработка энергетического паспорта здания .....	32
2.6 Оснащенность здания приборами учета.....	42
2.7 Анализ финансовых затрат на потребление энергоресурсов .....	43
3 Мероприятия по повышению энергоэффективности здания .....	44
3.1 Энергосберегающие мероприятия потребления тепловой энергии .....	46
3.2 Энергосберегающие мероприятия потребления электроэнергии.....	55
3.3 Мероприятия по повышению эффективности водопотребления .....	58
3.4 Организационные мероприятия .....	59
4 Определение экономической эффективности мероприятий .....	61
4.1 Энергосберегающие мероприятия теплоснабжения .....	61
4.2 Энергосберегающие мероприятия электроснабжения.....	62

4.3 Оценка потенциала энергосбережения.....	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	66
ПРИЛОЖЕНИЕ А Отчет о техническом состоянии здания.....	70
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Отчет о тепловизионном обследовании ограждающих конструкций.....	71
ПРИЛОЖЕНИЕ В Энергетический паспорт здания до проведения комплекса энергосберегающих мероприятий.....	72
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Сравнение вариантов утепления конструкций.....	77
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Энергетический паспорт здания после проведения комплекса энергосберегающих мероприятий.....	79
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Расчет экономической эффективности в системе теплоснабжения.....	82
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Расчет экономической эффективности в системе электроснабжения .....	83

# ВВЕДЕНИЕ

## Актуальность темы исследования

Вопрос о энергоэффективности был и остается одним из приоритетных направлений в экономике России. Актуальность энергосбережения и повышение энергетической эффективности зданий обусловлена высокими затратами и постоянным ростом тарифов на энергоресурсы. Высокий износ общественных зданий, недостаточная осведомленность работников бюджетной сферы о возможностях энергосбережения, отсутствие реальных стимулов у руководителей организаций к повышению энергетической эффективности – факторы, свидетельствующие о реальных преградах внедрения программ энергосбережения. Энергоаудит позволяет получить данные о существующем состоянии объекта, для разработки комплекса мероприятий по повышению энергоэффективности и оценки потенциала энергосбережения, а так же дает возможность выявить причины энергопотерь и в конечном итоге снизить расходы на энергетические ресурсы.

## Степень разработанности проблемы

В настоящее время проблемам внедрения энергосберегающих мероприятий в разные сферы хозяйства посвящены многие научные работы и уделяется значительное внимание. Однако разработкам энергосберегающих мероприятий бюджетных в общественных организациях не уделяется должного значения. В работах многих специалистов акцент ставится на совершенствовании учета потребления энергоносителей, что, конечно, важно, но недостаточно. Для учета всех факторов, влияющих на энергоэффективность объекта, необходимо разработать комплексную программу энергосбережения. Высокая значимость для теории и практики указанных проблем обусловила выбор цели, задач, объекта и предмета данного диссертационного исследования.

## Цели и задачи исследований

Разработка комплексной программы энергосберегающих мероприятий для повышения энергоэффективности образовательных учреждений на примере средней школы №4 на основании экспериментальных и экономических исследований, является целью данной работы.

Для достижения цели исследований были поставлены следующие основные задачи:

- Проведение энергетического обследования здания школы.
- Выполнение теплотехнического расчета существующих ограждающих конструкций.
- Составление энергетического паспорта здания и установка класса энергоэффективности объекта.
- Разработка комплекса энергосберегающих мероприятий для ограждающих конструкций здания и инженерных систем.
- Сравнение класса энергоэффективности здания до и после проведения энергосберегающих мероприятий.
- Расчет стоимости внедряемых мероприятий и вычисление срока их окупаемости и потенциала энергосбережения.

## Научная новизна

На сегодняшний день существует множество методов повышения эффективности использования энергоресурсов, однако разработке энергосберегающих мероприятий общественных зданий не уделяется должного внимания. В области энергосбережения проводится большое количество исследований, которые чаще всего несут образный характер и не имеют привязки к реальным объектам, поэтому необходим конкретный пример реализации проекта повышения энергоэффективности. Объектом исследования

стала средняя общеобразовательная школа №4 в Центральном районе города Тольятти постройки 60-х годов.

#### Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость результатов исследования заключается в том, что в научно-исследовательской работе сформулирован перечень проблем перерасхода энергоресурсов, разработаны энергосберегающие мероприятия и описаны принципы внедрения энергосберегающих технологий, что является определенным вкладом в теорию о энергоэффективности общественных зданий. Практическая значимость исследования заключается в возможности использования выводов и рекомендаций всеми образовательными учреждениями ранней постройки, для эффективного использования энергетических ресурсов.

#### Методология и методы исследования

Методологическую основу данного исследования составляет комплексный анализ разработок энергосбережения в образовательных учреждениях. В основе методологии заложен экспериментальный метод исследования, он подразумевает изучение параметров объекта исследования в естественных условиях. Выявить оптимальные технические решения и экономическую эффективность позволяет метод сравнения. Методология исследований в области энергосбережения соответствует исследованиям, нацеленным на конкретные технологические и технические разработки, позволяющие снизить энергопотребление.

## Положения, выносимые на защиту

На защиту выносятся комплекс энергосберегающих мероприятий повышения энергоэффективности образовательного учреждения, на примере школы города Тольятти.

### Степень достоверности и апробация результатов

Основные положения и выводы диссертационного исследования были представлены, обсуждены и получили одобрение на конференции «Студенческие дни науки» в Тольяттинском государственном университете в 2015 году, с докладом на тему «Реконструкция школы №4 в центральном районе города Тольятти». По теме диссертационного исследования опубликованы две научные работы:

- «Реконструкция школы №4 в центральном районе города Тольятти» в сборнике статей «Студенческие дни науки в ТГУ». – Тольятти, 2015.
- «Методика проведения энергосберегающих мероприятий образовательных учреждений» в научном журнале «Символ науки». – Уфа, 2016.

# 1 Комплексный анализ текущего состояния энергосбережения образовательных учреждений

На сегодняшний день вопрос о повышении энергетической эффективности бюджетных организаций – одна из важнейших задач, сформулированных правительством. Проблема неэффективного и нерационального использования ресурсов требует комплексного подхода к управлению энергосбережением [1]. Энергетическое обследование (энергоаудит) позволяет оценить существующие энергетические расходы, выявить наибольшие потери энергии, определить потенциал энергосбережения и на основе полученных данных составить программу энергосберегающих мероприятий. Энергосберегающие мероприятия разработаны, согласно требованиям [2], в соответствии с которым, на основании обязательного энергетического обследования, необходимо оправданно и аргументировано уменьшать потребление энергетических ресурсов и повышать энергетическую эффективность зданий и сооружений.

На сегодняшний день, выделяют несколько проблем [3], ограничивающие проведение энергосберегающих мероприятий в сфере городского хозяйства:

- не достаточно реализована нормативно-правовая база по эксплуатации приборов учета;
- отсутствие стимулов к экономии энергоресурсов;
- нехватка необходимого количества квалифицированного инженерно-технического персонала на уровне научно-технических исследований, проектирования и эксплуатации систем теплоснабжения;
- отсутствие закона о теплоснабжении и правил пользования электрической энергией, что создает массу вопросов, конфликтов между поставщиками тепловой энергии и потребителями;

- нехватка финансирования, для внедрения энергосберегающих мероприятий;
- отсутствие организационно - правовой базы для притока инвестиций в энергосберегающие проекты;
- отсутствие экономических и финансовых механизмов, которые должны быть ориентированы на поддержание и развитие процесса энергосбережения, и во внедрении энергоэффективных проектов в сфере городского хозяйства.

В настоящее время, потенциал в сфере энергосбережения в России составляет около 400 млн. т у. т. Бюджетные организации используют около 20% от всего энергопотребления в стране. За счет проведения мероприятий по повышению энергоэффективности в зданиях бюджетной сферы может быть сэкономлено примерно 100 млрд. рублей. Энергосбережение образовательных учреждений является актуальным направлением в экономике, поскольку расходы на энергоресурсы ежегодно возрастают на 15–20%.

Затраты на энергетические ресурсы школы №4 составляют существенную часть расходов учреждения. В условиях увеличения тарифов и цен на энергоносители расточительное и неэффективное использование энергоресурсов недопустимо. Создание условий для повышения эффективности использования энергетических ресурсов становится одной из приоритетных задач образовательного учреждения.

## 2 Энергетическое обследование здания

### 2.1 Общие сведения об объекте энергетического исследования

Перед проведением энергосберегающих мероприятий необходимо собрать следующую информацию об организации, которая включает:

- состав основных зданий и их характеристики (дата постройки, конструктивные особенности, объемно-планировочное решение, состав наружных ограждающих конструкций, геометрические показатели;
- сведения о количестве сотрудников и учащихся, время их пребывания в здании;
- данные о потреблении и тарифах топливо энергетических ресурсах.

Здание школы №4 представляет собой трехэтажное строение с отапливаемым подвалом, образовательная деятельность в котором осуществляется с 1953 года. Объект разделен на два корпуса, предназначенных для определенного функционального назначения: 1 корпус – классы, кабинеты; 2 корпус – актовый зал, библиотека, столовая. Конструктивная схема здания – бескаркасная с продольными несущими стенами, пространственная жесткость обеспечивается внутренними поперечными стенами, а так же стенами лестничных клеток, соединяющимися с наружными продольными стенами и междуэтажными перекрытиями, согласно [4].

Фундаменты сборные ленточные из бетонных блоков типа ФБС на бетонной подушке, глубина заложения в подвале минус 3,0 м.

Наружные стены двух типов: 1 тип – кладка из силикатного кирпича толщиной 640 мм со штукатуркой; 2 тип – кладка из силикатного кирпича толщиной 510мм без фасадной отделки. Перекрытия - сборные железобетонные многопустотные плиты, толщиной 220мм. Заполнение оконных проемов двух типов: поливинилхлоридные окна (ПВХ); деревянные окна. Заполнение дверных проемов: металлические и ПВХ полотна. Внутренние стены

оштукатурены и окрашены вододисперсионными составами в несколько слоев. Напольное покрытие: санитарные узла, помещения кухни и столовой – плитка керамическая; кабинеты, коридоры, вестибюли – линолеум.

В здание школы предусмотрена центральная водяная, двухтрубная, от наружных сетей, система отопления. Нагревательными приборами в помещениях являются чугунные радиаторы. Горячая вода поступает от наружных сетей. В здании школы предусмотрен хозяйственно-питьевой и противопожарный водопровод от наружных сетей. Применена приточно-вытяжная система вентиляции, с механическим притоком и подогревом наружного воздуха и естественной вытяжкой. Канализация присоединена к наружным сетям. Питание электрооборудования осуществляется от местных низковольтных сетей. Продолжительность работы в неделю: учащихся – 42; сотрудники – 42 часа. Количество людей в школе: учеников – 285; сотрудники – 50 человек.

## 2.2 Обследование технического состояния здания

Целью обследования является оценка состояния строительных конструкций и рекомендаций по устранению выявленных дефектов и дальнейшей эксплуатации здания, для решения целесообразности в проведении энергосберегающих мероприятий.

При обследовании здания объектами рассмотрения являлись объемно-планировочное решение объекта, и основные несущие конструкции. Обследование основных строительных конструкций здания и анализ результатов выполняется в соответствии с [5], [6]. Материалы и конструктивные решения здания определяются визуально, с учетом использования проектной документации.

Геометрические характеристики конструкций здания, в том числе линейные размеры, высоты, сечения конструктивных элементов, детали и узлы,

измеряются при помощи механических стальных рулеток и лазерного дальномера. Обмеры здания выполняются выборочно для получения необходимой и достаточной информации о конструктивном решении и геометрических характеристиках строительных конструкций.

При проведении обследования производится осмотр строительных конструкций, инженерных систем и сетей электроснабжения с фиксацией дефектов и повреждений, с определением характера и причин их возникновения. Все дефекты и повреждения в конструкциях здания фиксируются и фотографируются [7].

Проведение выборочных обмерных работ, с целью определения соответствия с имеющейся документацией. Определение конструктивных и геометрических характеристик колонн, стенового ограждения, конструкций перекрытий и покрытий.

После проведения обследования составляется отчет, определяется категория технического состояния здания в соответствии с [6], с рекомендациями и условиями дальнейшей эксплуатации здания, а так же решение о необходимости и целесообразности проведения энергосберегающей программы отчет представлен в приложении А. Согласно [6], разделяют пять категорий технического состояния строительных конструкций и объекта в целом. При исправном, работоспособном и ограниченно-работоспособном состояниях проведение мероприятий по повышению энергоэффективности целесообразно. При недопустимом и аварийном состоянии, характеризующиеся снижением или истощением несущей способности конструкций, проведение энергосберегающих мероприятий нецелесообразно, возможно при экономическом обосновании реализации таких мероприятий.

### 2.3 Теплотехническое обследование наружных ограждающих конструкций

Выявление реальных значений сопротивлений теплопередачи конструкций и сравнение их с расчетными значениями является основной целью обследования. Тепловизионное обследование предусматривает определение теплотехнических параметров конструкций, используя при этом неразрушающие и расчетные методы исследования. Оно заключается в тепловизионной съемке фасадов здания и инженерного оборудования, с получением инфракрасного изображения участков с температурными аномалиями (реперные зоны), где по цветам можно определить температуру на поверхности конструкций, а так же определить величину теплового потока через выбранный участок площади.

При проведении обследования необходимо определить температуру наружного и внутреннего воздуха, температуру и плотности тепловых потоков. Результаты визуально-инструментальных наблюдения и информация о термографировании представлены в приложении Б. Теплотехническое обследование выявляет теплотехнические характеристики конструкций зданий и сооружений, применяя неразрушающие и расчетные способы исследования, которые базируются на определении сопротивления теплопередаче и температур поверхностей объекта, с помощью тепловизионной техники. Измерению подвергаются внутренние и наружные поверхности здания, на которых выбирают места с температурными аномалиями и по ним проводят детальное обследование. Это позволяет количественно определить теплотехнические показатели объекта, установить действительные теплопотери, проверить соответствие конструктивных решений с нормативными документами.

Комплексное теплотехническое обследование проводят в несколько этапов:

- анализ проектной и исполнительной документации;
- определение микроклимата внутри помещений;
- подготовка к тепловизионному обследованию объекта;
- определение реперных зон ограждающих конструкций;
- определение температур наружной и внутренней поверхности стен, перекрытий, окон и дверей (остекления, рам и глухого заполнения);
- измерение плотности теплового потока;
- определение точки россы;
- камеральная обработка полученных данных;
- проведение расчетов сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций и сравнение их с нормативными документами;
- составление отчета по результатам обследования.

Обследуемое здание школы, находится в Самарской области в городе Тольятти, то есть во второй климатической зоне. В соответствии с [8], данный регион характеризуется следующими параметрами:

- зона влажности района строительства – сухая;
- расчетная температура наружного воздуха в холодный период года, принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки, с обеспеченностью 0,92 минус 30°C;
- средняя температура наружного воздуха, для периода со средней суточной температурой воздуха снаружи не более 8,0°C минус 5,2°C;
- продолжительность отопительного периода – 203суток;
- скорость ветра – 4м/с;
- влажность воздуха – 84%.

Оценку теплозащитных свойств конструкций осуществляют в натуральных условиях в период с осени по весну при разности температур внутри и снаружи здания не менее чем 20°C, согласно [9]. Тепловизионное обследование проводилось 18 февраля 2016 года, в вечернее время, при температуре наружного воздуха днем минус 3°C, скорости ветра 4м/с, погодные условия удовлетворяют проведению тепловизионного обследования. В момент проведения измерений грязь, снег, наледь и другие налеты, на обследуемых поверхностях были убраны, поверхности не были подвержены воздействиям прямых солнечных лучей.

Перечень приборов и оборудования:

- пирометр «Bosch PTD1»;
- анемометр «Testo 405-V»;
- фотоаппарат «Nikon»;
- рулетка, максимальной длиной 5 метров;
- линейка металлическая, длиной 300 мм.

Для определения температуры поверхности осуществляется бесконтактное измерение естественного теплового инфракрасного излучения, которое испускает объект, на который направлен инструмент. На выбранных участках, с температурными аномалиями, еще их называют реперными зонами, ограждающих конструкций, при помощи пирометра и анемометра регистрируем температуру и тепловые потоки, а также температуру и влажность воздуха.

Для правильности измерения необходимо проверять настроенный на измерительном инструменте коэффициент излучения и при необходимости подгонять его под объект измерения. Измерительный инструмент имеет три коэффициента излучения. Высокий коэффициент излучения 0,95: бетон, кирпич, песчаник, рубероид, штукатурка, цементный раствор, ПВХ, обои, плитка, стекло, древесина. Средний коэффициент излучения 0,85 имеет: гранит, брусчатка, ДВП. Низкий коэффициент излучения имеет 0,75: фарфор, лак

(светлый), пробковые покрытия, хлопок. Поверхности, сильно отражающие свет, или прозрачные материалы могут неблагоприятно сказаться на измерении температуры поверхности. Обклеиваем измеряемые прозрачные поверхности темной матовой бумагой, хорошо проводящей тепло, после стабилизации температуры на поверхности материала проводим измерения.

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

$$R_T^p = \frac{(t_s - t_n)}{q_n}, \quad (1)$$

где  $t_s, t_n$  – температура соответственно внутреннего и наружного поверхности ограждающей конструкции, °C;

$q_n$  – величина плотности теплового потока, Вт/м<sup>2</sup>;

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

$$R_T^p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_T^p, \quad (2)$$

где  $n$  – число измерений на участке.

## 2.4 Обследование инженерного оборудования

Анализ технического состояния инженерных систем и оборудования производят после обследования технического состояния здания, а так же с тепловизионным обследованием. В ходе обследования определяют дефекты, повреждения и неисправности систем. По нормативным срокам службы инженерного оборудования оценивают техническое состояние инженерных систем. Потеря первоначальных эксплуатационных параметров оборудования сказывается на работе инженерных систем.

#### 2.4.1 Системы теплоснабжения, горячего и холодного водоснабжения

При обследовании необходимо собрать данные о:

- типах систем (системы отопления – центральная, местная, двухтрубная, однострунная; систем водоснабжения - тупиковая, кольцевая);
- марках и типах приборов;
- наиболее значимых элементах систем (запорная арматура, автоматические устройства, насосы, водомеры, краны);
- неисправностях и дефектах (степень коррозионного поражения, участки некачественного ремонта, расстройство сварных соединений, течи на трубопроводах, нарушение теплоизоляции)
- выявленных отклонений в системах от проекта;
- температуре воды, температуре отопительных приборов, давлении в системах, уклонах трубопроводов.

При обследовании систем отопления, горячего и холодного водоснабжения оценивают коррозионное состояние трубопроводов и нагревательных приборов. Степень коррозии оценивается по толщине максимального коррозионного поражения металлических стенок и по значению уменьшения сечения трубопроводов коррозионно-накипными отложениями в сравнении с первоначальным диаметром. Максимальное допустимое значение глубины коррозионного поражения труб принимают 50% от толщины стенки новой трубы. Допустимое значение уменьшения сечения трубопроводов из-за коррозионно-накипных отложениями определяют по гидравлическим расчетам труб и принимают с сужением сечения труб не более чем на 30%. Сужение сечения для конвекторов, при условии допустимого уменьшения теплоотдачи отопительного прибора, следует принимать не более 10% от толщины стенок нового прибора.

### 2.4.3 Систем вентиляции

Обследование и возможная модернизация систем вентиляции необходима для создания в помещениях комфортного для человека микроклимата. При обследовании систем необходимо собрать данные о:

- типах систем (вентиляции – вытяжная естественная, механическая приточно-вытяжная);
- техническом состоянии элементов систем, выявленных дефектах и неисправностях (герметичность воздуховодов, несоответствие размеров сечения вентиляционных отверстий, нарушение теплоизоляции, механические повреждения приборов);
- проведение измерений (объем вытяжки воздуха, проверка на проходимость вентиляционных каналов).

### 2.4.4 Систем электроснабжения

При обследовании систем электроснабжения необходимо ознакомиться с проектно-технической документацией, схемами электроснабжения.

В ходе обследования выполняются, как правило, следующие работы:

- визуальное обследование состояния электроприемников;
- выявление дефектов, повреждений, нарушений в процессе эксплуатации;
- сведения о потреблении электроэнергии на освещение и питание техники;
- определение количества и типов электроприемников, режим их работы.

## 2.5 Обработка результатов обследований и их анализ

### 2.5.1 Техническое состояние наружных ограждающих конструкций

При визуальном обследовании здания выявлено, что на стенах ниже отметки 0.000 из бетонных блоков типа ФБС, наличие трещин не обнаружено. Обнаружено частичное отслоение отделочного слоя из-за периодического замачивания. Имеются следы поражения конструкций грибком, так же свидетельствующие о периодическом увлажнении конструкций и нарушении воздухообмена в помещениях подвала. Штукатурный слой эксплуатируется более 50 лет, требует замены. Необходимо выполнить гидроизоляцию стен подвала, а также восстановить отмостку и организацию правильного водоотвода от здания, а так же восстановить вентиляцию в помещениях.

Стены выше отметки 0.000 из силикатного кирпича, толщиной 510-640 мм. Выявлены "волосяные" трещины в несущих стенах, в лестничной клетке с третьего по второй этаж обнаружена трещина, расширяющаяся кверху. Ширина раскрытия до 3-х мм.

Характер развития трещины свидетельствует о местных деформациях грунтового основания, появившихся, в результате регулярного замачивания грунтов. Необходимо выполнить мероприятия исключающие возможность замачивания грунтов (ремонт отмостки, организация водоотведения от здания), после выполнения вышеуказанных мероприятий необходимо произвести заделку данных трещин.

Осуществлять регулярный мониторинг состояния несущих стен, путем установки гипсовых маяков и контроля их состояния в соответствии с программой мониторинга, но не реже 1 раза в месяц с обязательной записью в соответствующем журнале.

На первом этаже выполнен тамбур главного входа из деревянных элементов, на втором этаже в учительской обнаружена перегородка,

выполненная из деревянных элементов, по требованиям пожарной безопасности подлежат замене.

В подвальной части, на 1-м, 2-м и 3-м этажах перекрытия железобетонные. Дефектов влияющих на несущую способность не обнаружено. Обнаружены места с частичным выпадением раствора заделки стыков, межплитные швы требуют ремонта.

В стропильной системе покрытия из деревянного бруса, выявлены поражение гнилью стропильных ног и мауэрлата, ослабление соединений и врубок, увлажнение древесины, поражение гнилью и жучком древесины деталей крыши, в месте крепления флагштока к затяжке произошло разрушение деревянного элемента из-за наклона флагштока порывом ветра. В данном месте произошло образование отверстия в профлисте с рваными очертаниями.

Кровельное покрытие - профилированный лист на деревянной обрешетке. Выявлены свищи, отверстия, нарушения примыканий конструкций, просветы при осмотре чердака, повреждения настенных желобов.

При визуальном обследовании спортивного зала выявлены следы намокания стен из-за плохой гидроизоляции, необходимо выполнить гидроизоляцию стен и замену отмостки вокруг здания. Фундаменты ленточные монолитные, столбчатые отдельно стоящие монолитные.

Стены из силикатного кирпича, снаружи оштукатурены и окрашены. Различных деформаций, влияющих на несущую способность, не обнаружено.

Обнаружены местные разрушения наружной версты кладки от периодического замачивания, местные разрушения облицовки и окрасочного слоя, трещины в штукатурке в цокольной части. Железобетонные монолитные балки (сечением 400х650(h)), с опиранием на колонны и стену здания. Различных деформаций, влияющих на несущую способность, не обнаружено.

В главном корпусе, в помещениях первого этажа установлены однокамерные стеклопакеты из ПВХ профиля. На втором и третьем этажах и в

корпусе актового зала и столовой установлены деревянные оконные блоки с раздельным листовым остеклением. Деревянные оконные переплеты покоробились, рассохлись, расшатаны в углах, часть оконных приборов повреждена или отсутствует. Выявлено разрушение лакокрасочного покрытия и частичное загнивание, что не удовлетворяет современным требованиям теплотехники и энергоэффективности.

Дверные полотна осели или имеют неплотный притвор по периметру коробки, дверные приборы частично утрачены или неисправны. Деревянные коробки перекошены, наличники повреждены.

Обнаружены места разрушения отмостки здания и проседания грунта под отмосткой, что ведёт к попаданию ливневых вод к стенам подвала и под фундаменты.

После выполнения визуального обследования здания школы № 4, расположенного по адресу ул. Горького д. 88 выявлено, что стены здания имеют категорию технического состояния, как ограничено-работоспособное. Перекрытие школы в подвале, на 1-м, 2-м и 3-м этажах имеет категорию технического состояния, как работоспособное. Требуется выполнить ремонт межпанельных стыков. Стропильная система кровли и кровля имеет категорию технического состояния – ограниченно-работоспособное, необходимо произвести полную замену деревянной конструкции крыши и частичный ремонт покрытия.

Состояние части строительных конструкций здания школы, на момент обследования, оценивается как ограниченно-работоспособное. Техническое состояние здания позволяет осуществлять его эксплуатацию без остановки учебного процесса. Необходим капитальный ремонт здания и проведение мероприятий по повышению энергоэффективности. Для контроля состояния конструктивных элементов следует назначить ответственное лицо, имеющее соответствующую квалификацию, в функции который будет контролировать

состояние ограничено-работоспособных конструкций, вести техническую документацию объекта, соблюдать технику безопасности при производстве ремонтных работ. Эксплуатация здания запрещена при появлении в подвале грунтовых вод, новых, либо увеличения существующих трещин в несущих стенах здания; аварийных прорывов в отопительной системе на чердаке.

### 2.5.2 Инженерное оборудование

Здание школы снабжается электрической энергией от электросетей отделения ОАО Самараэнерго в городе Тольятти. Оплата за потребление электричества производится по выставленным счетам на основании приборов учета. Электроэнергия в основном расходуется на внутреннее и наружное освещение, питание бытовой и офисной техники. В школе установлены приборы учета электроэнергии – трехфазный электросчетчик ЦЭ-6803В-2 шт.

Данные о количестве потребляемой электроэнергии и ее распределении в школе приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Сведения о потреблении электроэнергии

Ед.изм.	2011	2012	2013	2014	2015
Тыс.кВт·ч	57,58	75,85	87,5	93,54	91,36

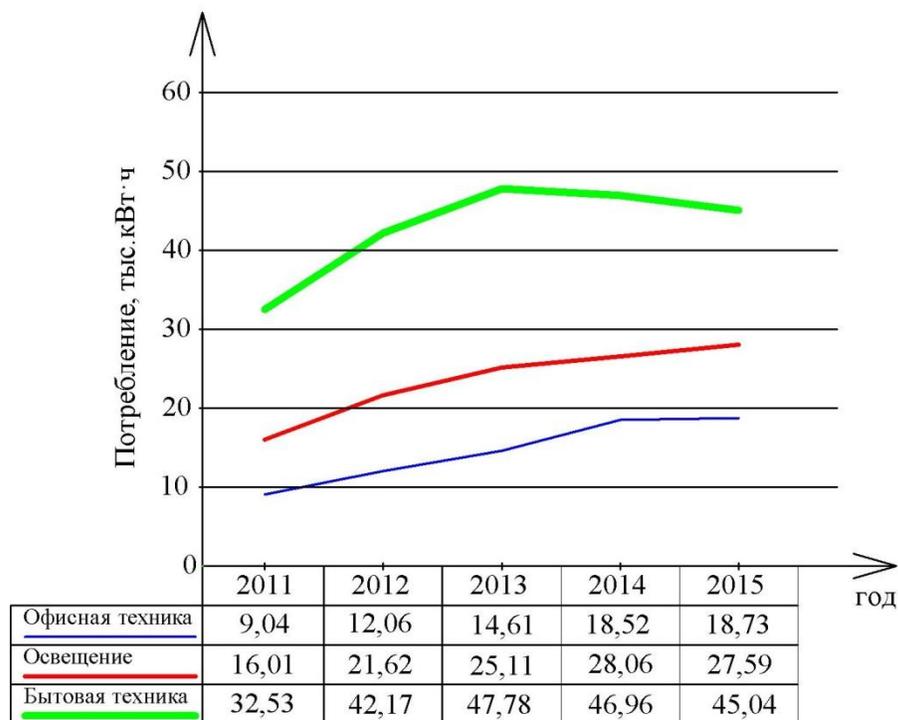


Рисунок 1 – График распределения потребления электроэнергии по годам

Данные о количестве потребляемой электроэнергии и ее распределении в школе приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение потребления электроэнергии в 2015 году

Наименование	Ед.изм.	Кол-во	Процентное соотношение
Система освещения	кВт·ч	27628,4	30,2%
Бытовая и офисная техника	кВт·ч	63731,6	69,8%

Из таблицы 2 видно, что основную долю в структуре потребления электроэнергии занимает офисная и бытовая техника.

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;

$k_{\text{и}}$  - коэффициент использования ламп;

$k_{\text{пот}}$  - коэффициент потерь в пускорегулирующей аппаратуре;

$t$  - число часов работы ламп в год, ч;

$k_{\text{пр}}$  - коэффициент превышения или уменьшение освещенности относительно нормы.

Результаты расчетов нормативного потребления электроэнергии на освещение, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчеты нормативного потребления электроэнергии на освещение

Тип ламп	N,шт	P, кВт	$k_{\text{и}}$	$k_{\text{пот}}$	t, ч	$k_{\text{пр}}$	$W_{\text{оборуд}}$ , 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
<b>Всего</b>	<b>532</b>						<b>25530,4</b>

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

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

где  $k$ - коэффициент загрузки;

$n$ - количество электроприемников;

$P$ -мощность электроприемников, кВт;

$t$ - время работы в день, ч;

$n_t$ - коэффициент дней работы в году;

Результаты расчетов нормативного потребления электроэнергии на питание бытовой и офисной техники, приведены в таблице 4, 5 и таблице 6.

Таблица 4 – Расчеты нормативного потребления электроэнергии на питание бытовой техники

Наименование оборудования	п, шт	P, кВт	k	t, ч	n <sub>t</sub> , ч	W <sub>оборуд.</sub> , кВт·ч
Холодильник	3	0,35	0,3	24	206	1557,36
Мясорубка	1	1,5	0,3	5	206	463,5
Шкаф жарочный	1	14,0	0,3	5	206	4326
Посудомоечная машина	1	9,0	0,3	5	206	2781
Электроплита	2	12,0	0,1	3	206	1483,2
Котел	1	9,0	0,3	5	206	2781
Тестомесилка	1	1,1	0,1	4	206	90,64
Овощерезка	1	0,55	0,1	3	206	33,99
Стол охлаждения	1	0,5	0,3	4	206	123,6
Мармит	2	4,0	0,3	5,45	206	2694,48
Протирочная машина	1	1,5	0,1	3	206	92,7
Электроводонагреватель	1	15,0	0,3	5	206	4635
Пароконвектомат	1	16,8	0,3	6	206	6229,44
<b>Всего</b>	<b>15</b>					<b>27291,91</b>

Таблица 5 – Расчеты нормативного потребления электроэнергии на питание офисной техники

Наименование оборудования	п, шт	P, кВт	k	t, ч	n <sub>t</sub> , ч	W <sub>оборуд.</sub> , кВт·ч
Компьютеры	60	0,3	0,4	8	206	11865,6
Принтеры	12	0,29	0,5	1	206	358,4
Сканер	2	0,3	0,5	1	206	61,8
Ксерокс	3	0,35	0,5	1	206	108,15
<b>Всего</b>	<b>77</b>					<b>12393,95</b>

Таблица 6 – 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%

Здание подключено к тепловым сетям через индивидуальный тепловой пункт ИТП. Тип системы отопления – двухтрубная. Количество потребляемой тепловой энергии контролируется теплосчетчиком ВКТ-7, установленным в ИТП. Запорная арматура трубопровода ИТП окрашена масляной краской. Нагревательные приборы - чугунные радиаторы МС-140. Количество секций нагревательных приборов составляет в среднем 10 шт. Нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающих конструкций, согласно [10], для школ должен быть не более 4,0°С. В большинстве помещений этот норматив соблюдается, результаты потребления представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты потребления тепловой энергии

Наименование	Ед.изм.	2011	2012	2013	2014	2015
Отопление	Гкал	452,15	440,71	472,64	458,74	462,4
Горячее водоснабжение	Гкал	92,8	90,5	97,0	94,15	94,9
Всего		544,95	531,21	569,64	552,89	557,3

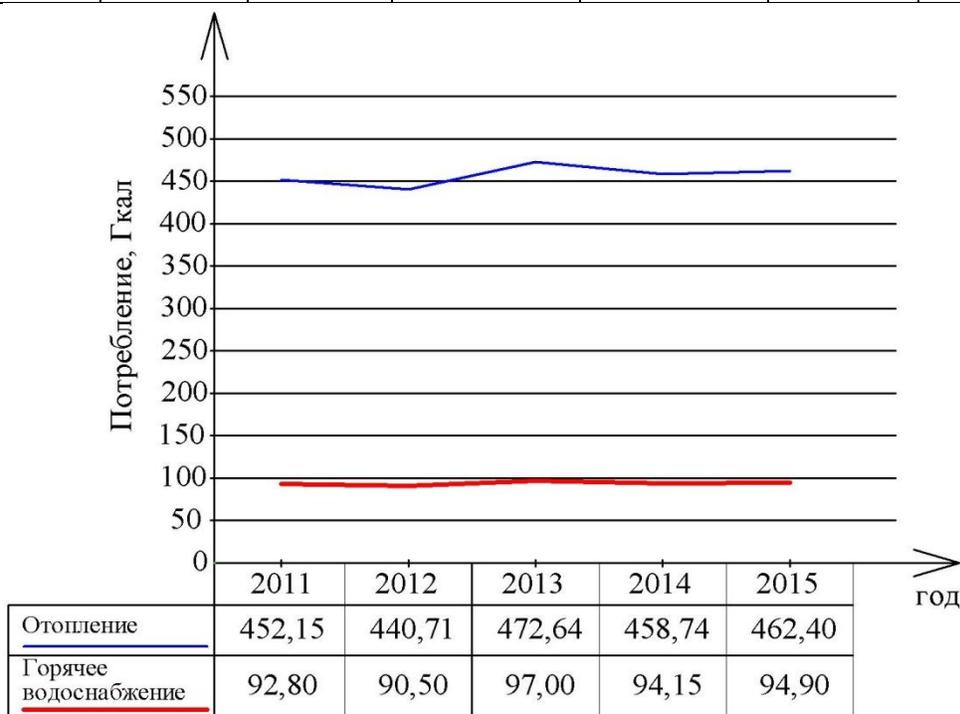


Рисунок 2 – График распределения потребления тепловой энергии по годам

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

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

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

$$K_{\text{инфильт}} = 10^{-2} \cdot \frac{2 \cdot g \cdot L}{1 - \frac{273+t_{\text{нар.}}}{273+t_{\text{в}}}} + \omega_p^2, \quad (6)$$

где  $g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$L$  - свободная высота здания, м;

$\omega_p^2$  - расчетная для данной местности скорость ветра в отопительный период, м/с;

$q_0$  - удельная отопительная характеристика здания, ккал/(ч·м<sup>3</sup>·°С);

$\alpha$  - 0,98-коэффициент, учитывающий изменение удельной тепловой характеристики здания в зависимости от климатических условий;

$V_{\text{зд}}$  - объем здания по наружному обмеру, м<sup>3</sup>;

$T_{\text{вн.}}$  - температура внутри здания, °С;

$T_{\text{нар.}}$  - расчетная температура воздуха снаружи, °С;

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

$$Q_{\text{от.п.}} = Q_0, \quad (7)$$

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

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

$$Q_0 = \frac{Q_{0\max} \cdot 24 \cdot T_{\text{вн.}} - T_{\text{ср.}} \cdot n}{T_{\text{вн.}} - T_{\text{нар.}}}, \quad (8)$$

где  $Q_{0max}$  - расчетное значение часовой тепловой нагрузки отопления, Гкал/ч;

$T_{вн.}$  - усредненное расчетное значение температуры воздуха внутри отапливаемых зданий, °С;

$T_{нар.}$  - минус 30 °С – расчетное значение температуры наружного воздуха;

$T_{ср.}$  - минус 5,2°С - среднее значение температуры наружное воздуха за отопительный период, °С, [10];

$n$  - 203сут.- фактическая продолжительность отопительного периода.

Расчетную удельную тепловую характеристику объекта вычисляют по формуле:

$$q = \frac{Q_{0max} \cdot 1163 \cdot 10^3}{V_{зд} \cdot T_{вн.} - T_{нар.}}, \quad (9)$$

Таблица 8 – Расчет нормативной нагрузки зданий на отопление помещений

$V_{зд},$ м <sup>3</sup>	$Q_0,$ ккал/ч·м <sup>3</sup> ·°С	$T_{вн.},$ °С	$T_{нар.},$ °С	$T_{ср.},$ °С	$\alpha$	$Q_{0max},$ Гкал/ч;	$Q_0,$ Гкал/ч;	$q,$ Вт/м <sup>3</sup> ·°С
7680	0,33	18	-30	-5,2	0,98	0,12	280,6	0,38

Суммарное, нормативное потребление тепловой энергии составит:

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

Холодное водоснабжение в школе используется на хозяйственно-бытовые нужды. Поставщиком является ООО «Волжские коммунальные системы». Установлен прибор учета-СГВ-15-1шт. Данные о годовом потреблении питьевой воды в школе представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Годовое потребление питьевой воды

2011	2012	2013	2014	2015
м <sup>3</sup>				
3805	2759	2648	2632	1496

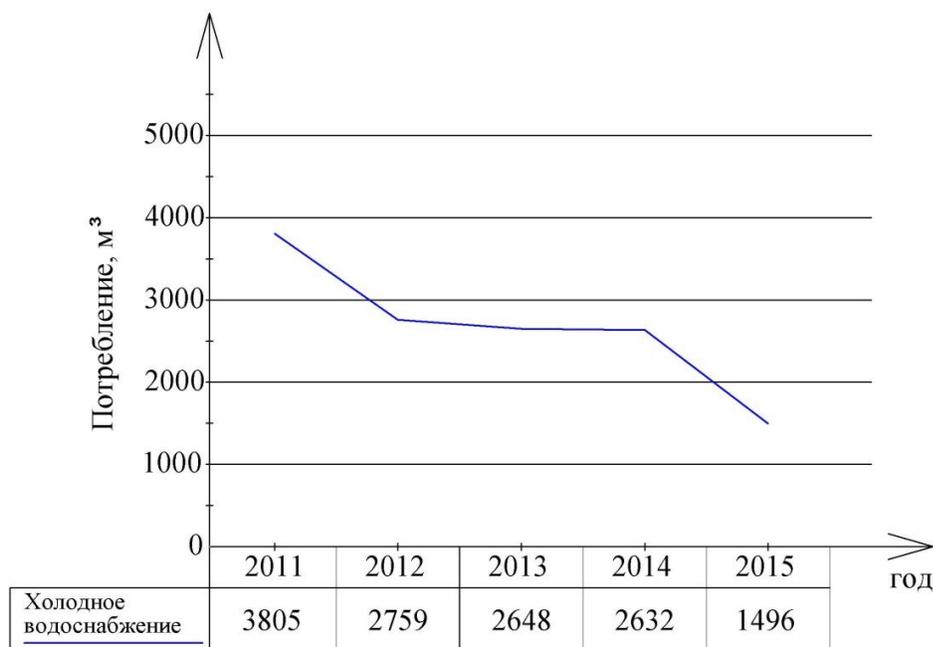


Рисунок 3 – График потребления воды по годам

Нормативное потребление хозяйственно-питьевой воды, м<sup>3</sup>, рассчитываются по формуле:

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

где  $\alpha$  – среднее часовой расход холодной воды, согласно [11], м<sup>3</sup>/ч;

Z- продолжительность работы системы водоснабжения, ч.

Таблица 10 – Расчет нормативного годового потребления холодной воды

Количество учащихся и персонала	Суточный расход, м <sup>3</sup> /сут	Количество дней работы в год	Нормативное потребление воды, м <sup>3</sup>
323	0,007	248	560,7

### 2.5.3 Анализ фактических и нормативных удельных расходов ресурсов

Сравнение фактического и нормативного потребления энергоресурсов представлено в таблицах 11, 12, 13, 14.

Таблица 11 – Сравнение расчетно-нормативного и фактического потребления электроэнергии за 2015год

Фактическое	91 360,00 кВт·ч
Нормативное	65 216,26 кВт·ч

Фактическое потребление электроэнергии превышает расчетно-нормативного значения. В связи с отсутствием разработанных и утвержденных удельных норм потребления электроэнергии произведем их расчет.

Таблица 12 – Фактические удельные нормы потребления электрической энергии

Наименование	Ед.изм.	Фактическое	Нормативное
Потребление	кВт·ч	91 360,00	65 216,26
Площадь	м <sup>2</sup>	1370	1370
Число учащихся и сотрудников	323чел.	323чел.	323чел.
Норма потребления	кВт·ч/ м <sup>2</sup>	66,69	47,60
Норма потребления	кВт·ч/чел	282,85	201,91

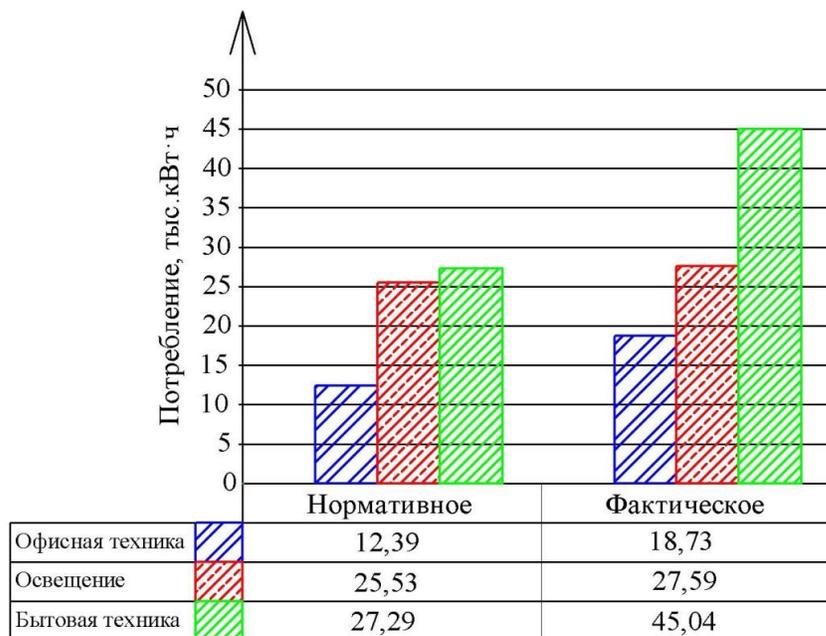


Рисунок 4 – Гистограмма сравнения нормативного и фактического потребления электроэнергии

Таблица 13 – Значения фактической и нормативной нормы потребления тепловой энергии

Наименование	Ед.изм.	Фактическое	Нормативное
Потребление	Гкал	462,4	280,6
Площадь	м <sup>2</sup>	1370	1370
Число учащихся и сотрудников	323чел.	323чел.	323чел.
Норма потребления	Гкал / м <sup>2</sup>	0,38	0,20
Норма потребления	Гкал /чел	1,43	0,87

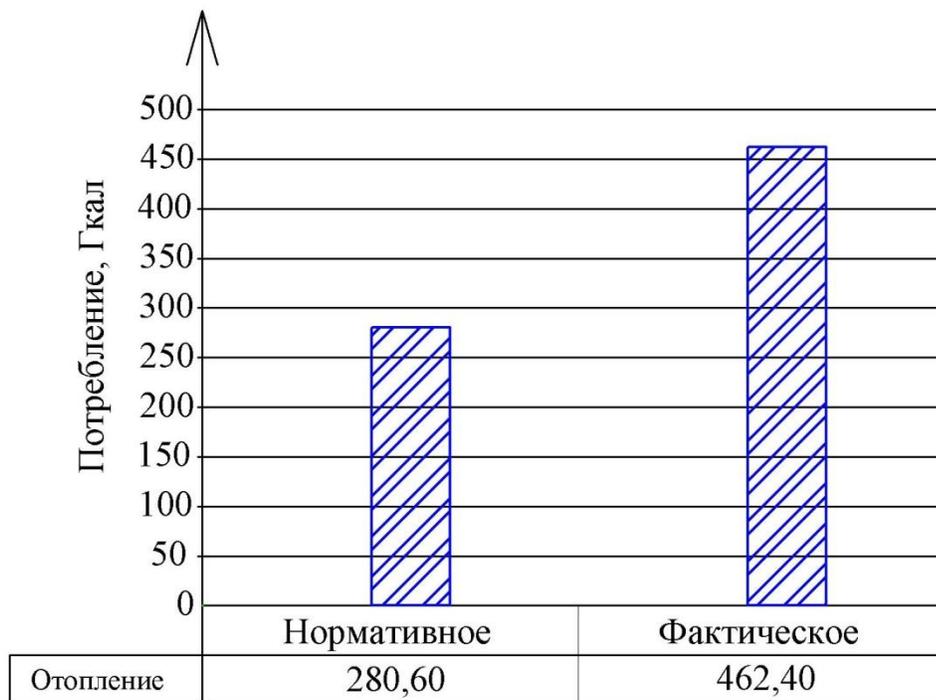


Рисунок 5 – Гистограмма сравнения нормативного и фактического потребления тепловой энергии

Таблица 14 – Значения фактической и нормативной нормы потребления холодной воды

Наименование	Ед.изм.	Фактическое	Нормативное
Потребление	м <sup>3</sup>	1496	560,7
Площадь	м <sup>2</sup>	1370	1370
Число учащихся и сотрудников	чел.	323	323
Норма потребления	м <sup>3</sup> / м <sup>2</sup>	1,09	0,4
Норма потребления	м <sup>3</sup> /чел	4,63	1,74

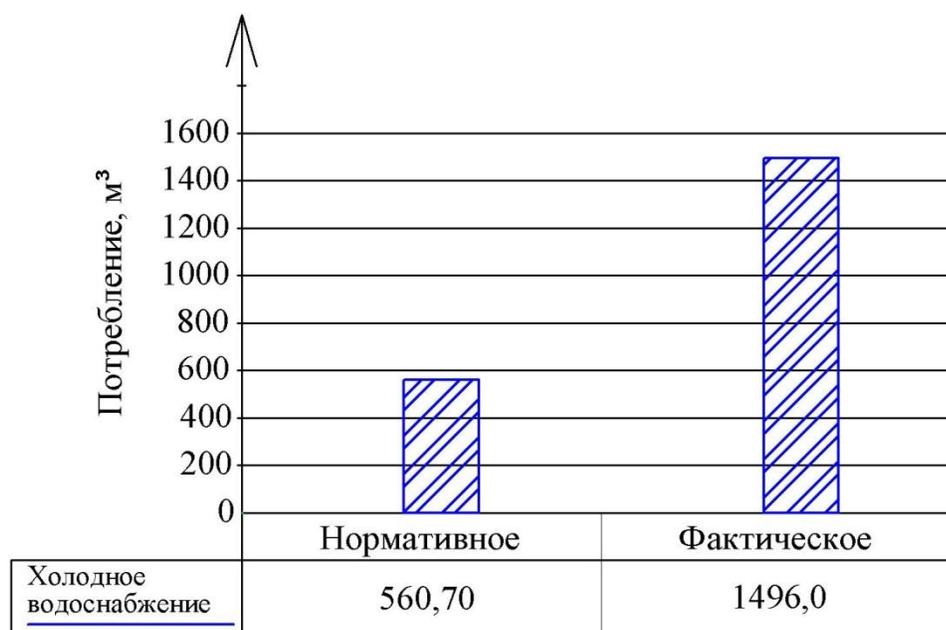


Рисунок 6 – Гистограмма сравнения нормативного и фактического потребления холодной воды

#### 2.5.4 Разработка энергетического паспорта здания

Объемно-планировочные показатели здания школы:

- отапливаемый объем,  $V_{от} = 9377,94 \text{ м}^3$ ;
- сумма площадей всех этажей,  $A_{от} = 2688,59 \text{ м}^2$ ;
- расчетная площадь общественных помещений,  $A_p = 1955,9 \text{ м}^2$ ;
- расчетное количество людей,  $m_{ж}$ : 335 чел;
- площадь наружных ограждающих конструкций,  $A_n^{сум} = 5057,94 \text{ м}^2$ ;
- фасадов здания,  $A_{фас} = 2556,0 \text{ м}^2$ ;
- площадь наружных стен (тип 1),  $A_{с.1} = 1176,01 \text{ м}^2$ ;
- площадь наружных стен (тип 2),  $A_{с.2} = 921,57 \text{ м}^2$ ;
- площадь чердачного покрытия,  $A_{черд.} = 487,18 \text{ м}^2$ ;
- площадь покрытий,  $A_{покр.} = 130,01 \text{ м}^2$ ;
- площадь полов по грунту,  $A_{цок.} = 1232,05 \text{ м}^2$ ;
- площадь входных дверей,  $A_{дв.} = 22,59 \text{ м}^2$ ;

Площадь остекления: северо-западного фасада – 45,57м<sup>2</sup>, юго-западного – 182,04м<sup>2</sup>, северо-восточного – 154,97 м<sup>2</sup> и юго-восточного фасада – 53,25 м<sup>2</sup>.  
Общая площадь остекления составила - 435,83 м<sup>2</sup>.

- коэффициент компактности здания:  $K_{\text{комп}} = 0,54$ ;
- коэффициент остекленности здания:  $f = 0,17$ .

Площади наружных ограждающих конструкций, отапливаемые площадь и объем здания, необходимые для расчета энергетического паспорта и теплотехнические характеристики ограждающих конструкций здания определялись в соответствии с [10].

При теплотехнических расчетах климатические параметры района строительства принимаются по [8], для г. Тольятти Самарской области. Эти параметры имеют следующие значения:

- средняя температура наиболее холодной пятидневки  $t_n =$  минус 30 °С;
- средняя температура отопительного периода  $t_{\text{от}} =$  минус 5,2 °С;
- продолжительность отопительного периода  $z_{\text{от}} = 203$  суток.

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

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

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

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

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

$$\text{ГСОП} = t_{\text{в}} - t_{\text{от}} \times z_{\text{от}} = 20 + 5,2 \times 203 = 5115,6 \text{ °С} \times \text{сут}$$

По ГОСТ30494, определяем расчетную температуру внутреннего воздуха, которая составила  $t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C}$ .

Нормируемое значение сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций  $R_o^{\text{норм}}$ , м<sup>2</sup>°С/Вт определим по формуле

$$R_o^{норм} = R_o^{тп} \times m_p, \quad (12)$$

где  $R_o^{тп}$  - базовое значение требуемого теплосопротивления наружной ограждающей конструкции,  $\text{м}^2\text{°C/Вт}$ , определяется по формуле

$$R_o^{тп} = a \times \text{ГСОП} + b, \quad (13)$$

где  $a, b$  – коэффициенты, принимаемые по СП50

$m_p$ -коэффициент, определяющий особенности региона строительства, принимается равным 1.

Значения нормируемого и требуемого сопротивления теплопередачи для ограждающих конструкций здания школы приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Сведения о теплотехнических характеристиках

Наименование конструкции	$a$	$b$	$R_o^{тп},$ $\text{м}^2\text{°C/Вт}$	$R_o^{норм},$ $\text{м}^2\text{°C/Вт}$
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

$$R_o^{норм} = 0,6 \times \frac{(t_g - t_n)}{\Delta t^n \times \alpha_g} = 0,6 \times \frac{20 + 30}{4 \times 8,7} = 1,44 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$$

где  $\alpha_g$  - коэффициент теплопередачи внутренней поверхности конструкции, принимается равным  $8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{°C})$ ;

$\Delta t^n$  – нормируемый температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемый для школ равным  $4 \text{ °C}$ ;

$t_n$  - расчетная температура наружного воздуха в холодный период года,  $\text{°C}$ , принимаемая равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по [8].

Расчетное термическое сопротивление слоев части ограждающей конструкции  $R_o^{пр}, м^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$  определяемое для конструкций без воздушных прослоек по формуле

$$R_o^{пр} = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_н}, \quad (14)$$

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

$\delta_1, \delta_n$ -толщина первого и n-го слоя, м;

$\lambda_1, \lambda_n$ -теплопроводность материала первого и n-го слоя,  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{°C})$ .

Значения расчетных  $R_o^{пр}, м^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$ , и фактических  $R_\phi, м^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$ , термических сопротивлений для наружных ограждающих конструкций здания школы приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Значения сопротивлений для наружных ограждающих конструкций

№ слоя	Наименование материала	Толщина $\delta, \text{м}$	$\alpha_в$	$\alpha_н$	Коэффициент теплопроводности $\lambda_1, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{°C})$	$R_o^{пр}$ $\text{м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$	$R_\phi$ $\text{м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$
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		

Полы в здании школы выполнены по грунту. Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, контактирующих с грунтом, определяется по разбивки на условные зоны, представляющие собой полосы шириной 2м, параллельные наружной стене, а для угловых помещений – параллельные обеим наружным стенам, при этом для угловых помещений участок поверхности пола, примыкающий к наружному углу, учитывается дважды. Значения площадей и сопротивления теплопередачи зон приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Разбивка полов по грунту на зоны

Номер зоны	Площадь $A_i, \text{м}^2$	Сопротивление теплопередачи $R_i^{\text{пр}} \text{ м}^2\text{°C/Вт}$
I	472,1	2,1
II	357,8	4,3
III	261,6	8,6
IV	140,5	14,2

Расчетное значение сопротивления теплопередачи полов по грунту рассчитывается по формуле

$$R_0^{\text{пр}} = \frac{A_{\text{цок}}}{\frac{A_I}{R_I^{\text{пр}}} + \frac{A_{II}}{R_{II}^{\text{пр}}} + \frac{A_{III}}{R_{III}^{\text{пр}}} + \frac{A_{IV}}{R_{IV}^{\text{пр}}}}, \quad (15)$$

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

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

Данные о теплотехнических характеристиках ограждающих конструкций здания школы сведены в таблицу 18.

Таблица 18 – Теплотехнические характеристики ограждающих конструкций

Наименование конструкции	$R_o^{норм}$ , $м^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	$R_o^{пр}$ $м^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	$R_{\phi}$ $м^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$
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 [10]. Величина приведённого сопротивления теплопередаче больше требуемого, следовательно представленные ограждающая конструкция не соответствует требованиям по теплопередаче.

Удельная теплозащитная характеристика здания,  $k_{об}$ ,  $\text{Вт} / (\text{м}^3 \cdot \text{°C})$ , рассчитывается по формуле

$$k_{об} = \frac{1}{V_{об}} \times \sum_i n_{t,i} \times \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{пр}}, \quad (16)$$

где  $V_{об}$  - отапливаемый объем здания,  $\text{м}^3$ ;

$A_{\phi,i}$  - площадь наружной ограждающей поверхности,  $\text{м}^2$ .

$$\begin{aligned} k_{об} &= \frac{1}{V_{об}} \times \sum_i n_{t,i} \times \frac{A_{\phi,i}}{R_{o,i}^{пр}} = \\ &= \frac{1}{9377,94} \times \frac{1176,0}{1,10} + \frac{921,6}{0,91} + \frac{487,2}{0,41} + \frac{782,7}{1,03} + \frac{102,0}{0,51} + \frac{333,8}{0,43} + \frac{22,6}{0,54} + \frac{1232,1}{3,54} = \\ &= 0,601 \text{ Вт} / (\text{м}^3 \cdot \text{°C}) \end{aligned}$$

Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания определяется по формуле

$$k_{об}^{mp} = \frac{0,61 + \frac{10}{V_{от}}}{0,00013 \times ГСОП + 0,61}, \quad (17)$$

$$k_{об}^{mp} = \frac{0,61 + \frac{10}{V_{от}}}{0,00013 \times ГСОП + 0,61} = \frac{0,61 + \frac{10}{9377,94}}{0,00013 \times 5115,6 + 0,61} \\ = 0,206 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°С})$$

Удельная теплозащитная характеристика здания не должна быть больше нормируемой величины, требование выполняется.

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

$$k_{вент} = 0,28 \times c \times n_g \times \beta_v \times \rho_v^{вент} \times 1 - k_{эф}, \quad (18)$$

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

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

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

$\rho_v^{вент}$  – средняя плотность наружного воздуха за отопительный период, кг/м<sup>3</sup>, определяемый по формуле

$$\rho_v^{вент} = \frac{353}{273+t_{от}}, \quad (19)$$

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

$n_g$  – средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период, ч<sup>-1</sup>, определяется по формуле

$$n_g = \frac{L_{вент} \times n_{вент}}{168} + (G_{инф} \times n_{инф}) / (168 \times \rho_v^{вент}) / (\beta_v \times V_{от}), \quad (20)$$

где  $L_{вент}$  – количество приточного воздуха при механической вентиляции, м<sup>2</sup>, определяется равным  $L_{вент} = 7 \times A_p = 7 \times 1955,9 = 13691,3 \text{ м}^2$ ;

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

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

$G_{\text{инф}}$  – количество инфильтрующегося воздуха в здание через ограждающие конструкции, кг/ч, равное  $G_{\text{инф}} = 0,1 \times \beta_v \times V_{\text{от}} = 0,1 \times 0,85 \times 9377,9 = 797,12 \text{ кг/ч}$ .

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

$$k_{\text{вент}} = 0,28 \times c \times n_g \times \beta_v \times \rho_6^{\text{вент}} \times (1 - k_{\text{эф}}) = 0,28 \times 1 \times 0,516 \times 0,85 \times 1,32 \times (1 - 0) = 0,160 \text{ Вт/(м}^3\text{°C)}.$$

Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания  $k_{\text{быт}}$ , Вт/(м<sup>3</sup>°C), определяется по формуле

$$k_{\text{быт}} = \frac{q_{\text{быт}} \times A_p}{V_{\text{от}}(t_g - t_{\text{от}})}, \quad (21)$$

где  $q_{\text{быт}}$  – величина бытовых тепlopоступлений на 1 м<sup>2</sup> площади общественного здания, определяется по расчетному числу людей (90 Вт/чел), находящихся в здании, установочной мощности освещения и технологического оборудования.

Тепловыделения в течение недели:

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

$$k_{\text{быт}} = \frac{q_{\text{быт}} \times A_p}{V_{\text{от}}(t_{\text{в}} - t_{\text{от}})} = \frac{25,04 \times 1955,9}{9377,94(20 + 5,2)} = 0,207 \text{ Вт/(м}^3\text{°C)}$$

Удельная характеристика тепlopоступлений в здание от солнечной радиации определяется по формуле

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

где  $Q_{рад}^{zod}$  – теплопоступления через окна от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж, определяется по формуле

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

где  $\tau_{1ок}$  – коэффициент проникания солнечной радиации оконного проема через прозрачную часть;

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

$A_{ок1}, A_{ок2}, A_{ок3}, A_{ок4}$  – площадь светопроемов фасадов здания, ориентированных по четырем направлениям, м<sup>2</sup>;

$I_1, I_2, I_3, I_4$  – величина солнечной радиации на вертикальные поверхности, ориентированная по четырем фасадам здания, МДж/(м<sup>2</sup>·год), определяется по методике свода правил;

$$k_{рад} = \frac{11,6 \times Q_{рад}^{zod}}{V_{от} \times ГСОП} = \frac{11,6 \times 280976,4}{9377,9 \times 5115,6} = 0,068 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C}).$$

Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период  $q_{от}^p$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°C), определяется по формуле

$$q_{от}^p = k_{об} + k_{вент} - k_{быт} + k_{рад} \nu \times \zeta \quad 1 - \xi \beta_n, \quad (24)$$

где  $\nu$  – коэффициент уменьшения теплопоступлений, в результате тепловой инерции ограждающих конструкций, рекомендуемые значения определяются по формуле

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

$$\nu = 0,7 + 0,000025 \text{ ГСОП} - 1000 = 0,7 + 0,000025 \cdot 5115,6 - 1000 = 0,803$$

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

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

$\beta_h$  – коэффициент, для зданий с отапливаемым подвалом  $\beta_h = 1,07$ .

$$\begin{aligned} q_{от}^p &= k_{об} + k_{вент} - k_{быт} + k_{рад} \nu \times \zeta \quad 1 - \xi \beta_h = \\ &= 0,601 + 0,16 - 0,207 + 0,068 \cdot 0,803 \times 0,95 \quad 1 - 0 \cdot 1,07 = \\ &= 0,589 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C}) \end{aligned}$$

Расчетное значение удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания должно быть не больше нормируемого значения  $q_{от}^{тр}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°C).  $q_{от}^p = 0,602 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C}) < q_{от}^{тр} = 0,417 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$  – условие не выполняется.

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  $Q_{от}^{год}$ , кВт·ч/год, определяется по формуле

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

$$\begin{aligned} Q_{от}^{год} &= 0,024 \times ГСОП \times V_{от} \times q_{от}^p = 0,024 \times 5115,6 \times 9377,9 \times 0,6 = \\ &= 678,28 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{год} \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned} Q_{общ}^{год} &= 0,024 \times ГСОП \times V_{от} (k_{об} + k_{вент}) = 0,024 \times 5115,6 \times \\ &\times 9377,9 (0,601 + 0,16) = 875,58 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{год} \end{aligned}$$

Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период  $q_1$ , кВт·ч/(м<sup>2</sup>·год) или  $q_2$ , кВт·ч/(м<sup>3</sup>·год), определяется по формулам

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

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

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

$$q_1 = 0,024 \times \text{ГСОП} \times q_{\text{от}}^p \times h = 0,024 \times 5115,6 \times 0,589 \times 3,49 = 252,28$$

$$q_2 = 0,024 \times \text{ГСОП} \times q_{\text{от}}^p = 0,024 \times 5115,6 \times 0,589 = 72,33$$

На основании проведенных обследования, произведен расчет класса энергоэффективности школы, в настоящее время зданию присвоен класс энергоэффективности D «Пониженный». Энергетический паспорт здания приведен в Приложении В. Величина отклонения, расчетного значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, от нормируемого равна 41,27%,

## 2.6 Оснащенность здания приборами учета

Установка приборов учета не только метод сбережения энергоресурсов, но и также стимул к рациональному их использованию, а значит и экономии финансовых средств собственников. В таблице 19 представлены сведения об оснащенности школы приборами учета энергоресурсов.

Таблица 19 – Сведения об оснащенности приборами учета

Наименование	Тип прибора		Количество
	Марка	Класс точности	
Электроэнергия	ЦЭ 6803 В	1,0	2
Тепловая энергия	ВКТ - 7	В (2%) или 2	1
Водоснабжение	СГВ - 15	В (2%)	1

## 2.7 Анализ финансовых затрат на потребление энергоресурсов

Для оценки финансовых затрат на потребление электроэнергии, тепловой энергии, холодной и горячей воды был проведен анализ счетов потребления энергоресурсов, за 2011-2015 годы. Данные по энергопотреблению приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Потребления энергии и воды объектом за год

Наименование ресурса	Ед.изм.	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 <sup>3</sup>	1496,0	560,7	17,50	26180,00	9812,3
Всего					917732,4	584465,6

Приоритетным направлением по энергосбережению и снижению финансовых средств является разработка мероприятий по экономии тепловой и электрической энергии.

### 3 Мероприятия по повышению энергоэффективности здания

Большинство зданий построено с учетом старых строительных норм и нуждаются в реконструкции и модернизации. При отсутствии приборов учета расхода потребления энергоресурсов, расчет стоимости оплаты за коммунальные услуги ведется с большими погрешностями, поэтому невозможно точно определить количество используемой энергии и потери в системах. На сегодняшний день методов нормирования расходов энергоресурсов бюджетных организаций нет [12]. Сложность заключается в отсутствии технически обоснованных лимитов расхода энергоресурсов, поскольку для каждого конкретного объекта показатели норм расхода энергоресурсов индивидуальны и их разработку необходимо вести после проведения визуального и энергетического обследования здания.

Организациям необходимо иметь разработанные и утвержденные нормы расхода всех видов энергоресурсов, а именно электроэнергии, отопления, холодного и горячего водоснабжения, отсутствие же их приводит к трудностям в планировании, составлении бюджета и правильной оценке доли затрат на энергоресурсы. Лимитированная система позволит нормализовать оплату коммунальных услуг, но это не достаточно для снижения энергопотребления. Счета, образовательных учреждения, за потребление энергоресурсов оплачиваются средствами из городских бюджетов, поэтому у организаций отсутствуют стимулы экономии ресурсов. Опасаясь снижения выделяемых средств на оплату энергоресурсов, основанных на средних значениях потребления за отчетный период, руководство образовательных учреждений зачастую перерасходуют энергоресурсы. Существующая система лимитирования, основанная на среднестатистическом уровне потребления энергоресурсов, является бесперспективной и нуждается в корректировке. Экономическая заинтересованность руководства объектов бюджетной сферы в

рациональном использовании энергоресурсов является одним из ключевых факторов для реализации потенциала энергосбережения в социальной сфере. Необходимо разработать механизм использования средств, полученных от экономии энергоресурсов, для реализации новых энергосберегающих программ, а также для поощрения персонала.

Модернизация систем лимитирования и определение оплаты за энергоресурсы, на основании нормативного значения потребления любого вида энергии, реализованы во многих областях страны. Например, в Челябинской области контролирование потребления энергоресурсов в бюджетных организациях ведет лично губернатор, что привело к снижению потребления почти в два раза. Эта экономия вызвана переходом от планируемых лимитов по реальному потреблению энергоресурсов за год к планированию с использованием норм, характеризующими фактическое потребление ресурсов, с учетом индивидуальности каждого объекта. В Томском региональном центре энергосбережения предоставили свою методику на основании нормативно-расчетного способа, при котором нормы потребления определяются в зависимости от эффективности энергосберегающих мероприятий и учитываются погодные данные, объемы всех видов нагрузок и другие факторы. В Свердловской области постановлением правительства области одобрена процедура определения лимитов потребления энергоресурсов для организаций, финансируемых за счет областного бюджета и контролирования за рациональным использованием ресурсов. Согласно этому порядку, при оформлении заявки бюджетные учреждения применяют данные «Энергетического паспорта здания», «Технического паспорта котельной», а также результаты из отчета мероприятий по повышению энергоэффективности объекта.

Чтобы учесть все факторы, влияющие на энергоэффективность объекта, необходимо разработать комплексную программу энергосбережения, которая

направлена на модернизацию систем электроснабжения, теплоснабжения и водоснабжения.

### 3.1 Энергосберегающие мероприятия потребления тепловой энергии

Основные теплотери здания происходят через окна, двери, крышу, пол, стены. Только 40-50 % потерь тепла может уходить через некачественную изоляцию окна и дверей, что может снизить температуру в помещениях на 4-5 градуса и создать сквозняки.

С помощью современных изоляционных материалов (силикатных герметиков, уплотнителей, пленок, газовых заполнителей) можно производить утепление оконных и дверных проемов, на основании результатов тепловизионной съемки. По термограмме наглядно заметны дефекты установки, связанные с повышенной теплопроводностью и воздухопроницаемостью в притворах окон, дверей. Практика показывает, что при температуре 18°C внутри помещения максимальная температура на поверхности не утепленного окна 5°C, минимальная минус 1°C, температура поверхности утепленного окна составила максимальная 13°C, минимальная 8°C. Со стороны улицы разница температур окружающего воздуха и поверхности прозрачной части окон почти не была заметна, что свидетельствует о достаточной теплоизоляции окон. Утепление дверей и окон – это высокоэффективный, а главное недорогой метод снижения теплотерь здания. Как показывает практика, утепление окон и дверей дает ощутимый положительный эффект, даже в самые сильные холода зимой не приходится устанавливать в зданиях дополнительные электрообогревательные приборы. В классах заметно снижаются сквозняки, между рамами не накапливалась пыль и грязь, что говорит об их герметичности. Однако результаты тепловизионных съемок и замеры температуры ограждающих конструкций здания в целом пирометром могут показать весьма значительные теплотери через стены помещения. Таким образом, потенциал

энергосбережения может быть не достаточно велик, при замене или утеплении окон и дверей, поэтому необходимо выполнить мероприятия по повышению сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций. На основании энергетического обследования здания школы №4 приведена ведомость замены окон в таблице 21.

Таблица 21 – Ведомость замены окон

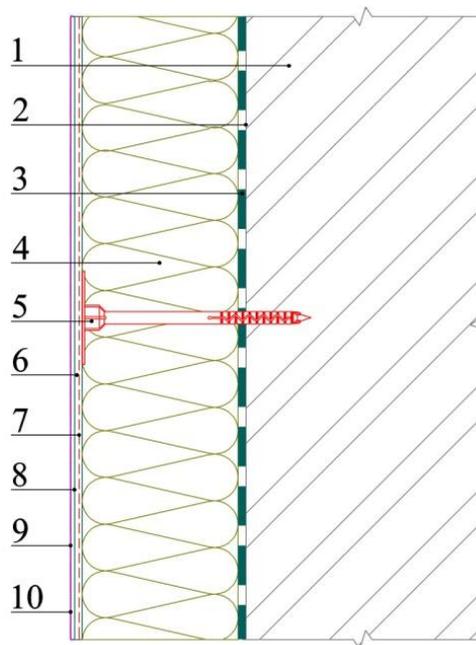
Наименование	Размер проема, м	Количество, шт	$R_{\phi}$ м <sup>2</sup> °C/Вт	$R_{н.}$ м <sup>2</sup> °C/Вт	$R_y$ м <sup>2</sup> °C/Вт
Замена деревянных оконных блоков с отдельным листовым остеклением на окна из ПВХ профилей с двухкамерным стеклопакетом с устройством подоконных досок отливов и откосов	1,2×1,2	7	0,43	0,53	0,55
	2,5×1,5	54			
	1,8×1,5	4			
	2,2×1,9	15			
	3,5×2,0	6			
	2,5×2,0	1			
2,5×1,2	5				
Замена оконных блоков из ПВХ профилей с однокамерным стеклопакетом на оконные блоки из ПВХ профилей с двухкамерным стеклопакетом с устройством подоконных досок отливов и откосов	2,5×1,5	24	0,51	0,53	0,55
Замена металлических наружных дверных блоков на утепленные металлические дверные блоки	2,3×1,3	3	0,54	0,86	1,0
	2,1×2,0	1			
	2,1×1,5	1			
Замена дверных блоков из ПВХ профилей на дверные блоки из ПВХ профилей (главный вход)	2,5×1,5	2	0,54	0,86	0,9

Снижение потерь тепловой энергии на отопление может быть достигнуто благодаря использованию дополнительного утепления фасадов, покрытий, перекрытий, а также стен и полов утепленных подвалов и техподполий. Утепление ограждающих конструкций уменьшает потери теплоты в здании, что

уменьшает количество тепловой энергии требуемой объекту, от источников теплоснабжения, для обеспечения нормативных показателей микроклимата помещений. Таким образом, утепление приводит к сокращению потребляемой в здании энергии и, следовательно, к уменьшению счетов за отопление. На этом заложена основа экономии, достигаемой при внедрении данного энергосберегающего мероприятия. Однако его реализация потребует дополнительных капитальных вложений. Важно отметить, что снижение теплопотерь можно достичь, без применения сплошного утепления ограждающих конструкций. Особенно это касается панельных зданий, в которых панельные швы в них со временем стали практически пустыми. Цементный раствор, герметики и утеплитель, которые наполняли стык между плитами под воздействием перепадов температур, атмосферных осадков, ветра разрушились. Кроме воздействия на теплотехнические характеристики, не герметичность швов может привести к избытку влаги в помещениях и возникновения грибка.

Согласно теплотехническим расчетам выявлены недостаточные сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций (стен, покрытий, стен подвала). Рекомендуемый способ уменьшения теплопотерь ограждающих конструкций – внешняя теплоизоляция. Устройство теплоизоляции фасада здания школы производится методом «мокрого» типа, такой метод содержит в себе следующие виды работ:

- подготовка поверхностей, монтаж цокольных профилей, оштукатуривание;
- приклеивание плит утеплителя на поверхность стен и крепление плит дюбелями;
- устройство уплотнений в местах примыкания плит утеплителя к оконным и дверным проемам;
- оштукатуривание и окраска поверхности фасадов.

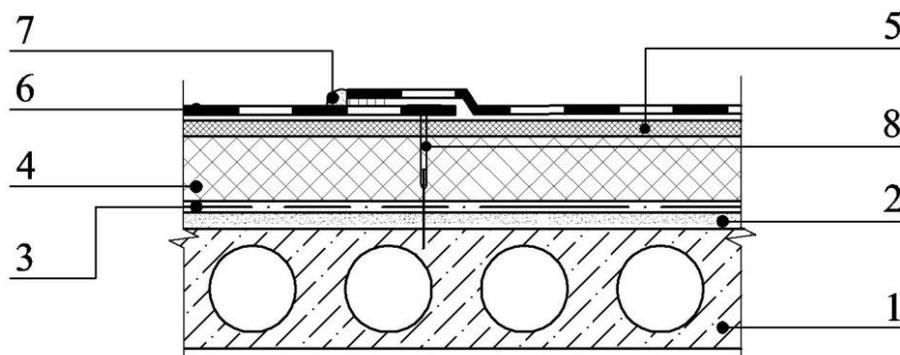


- 1 – основание; 2 – грунтовка; 3 – клеевой состав; 4 – утеплитель;  
 5 – дюбель; 6 – базовый клеевой состав; 7 – армирующая сетка;  
 8 – грунтовка по декоративную штукатурку; 9 – декоративная штукатурка;  
 10 – фасадная краска

Рисунок 7 – Система фасадной теплоизоляции

Утепление покрытий производится с применением современных теплоизоляционных материалов. Перед утеплением покрытия необходимо выровнять поверхность основания, после чего укладывается пароизоляционная пленка, а поверх нее утеплитель, толщина которого определяется теплотехническим расчетом. Поверх утеплителя укладывают полимерную гидроизоляционную мембрану, которая защищает покрытие от осадков. При утеплении плоской кровли в основном используют двухслойную систему теплоизоляции. Нижний слой утеплителя, считается основным, он обладает высоким термическим сопротивлением при малой прочности теплоизоляции. Его толщина составляет 70–170 мм. У верхнего слоя механическая нагрузка перераспределяется полностью на плоскую систему, его толщина составляет 30-50мм, однако, он имеет большую прочность. Такое функциональное

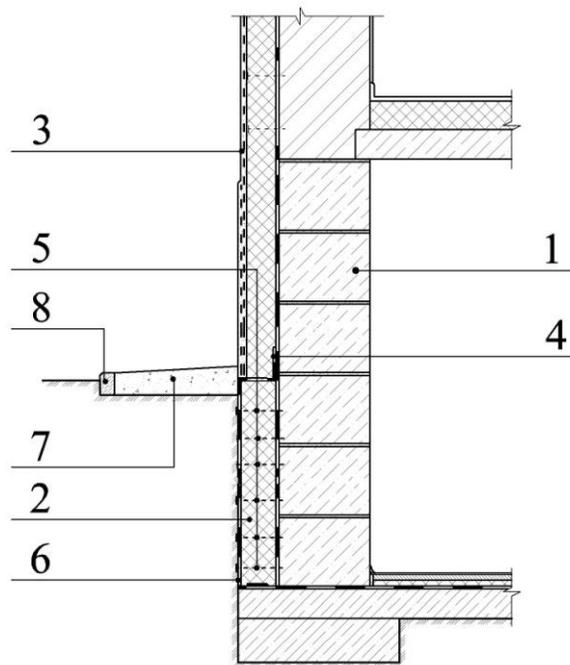
перераспределение между слоями теплоизоляционного материала позволяет значительно уменьшить толщину и вес утеплителя. На рисунке представлена схема теплоизоляции покрытия.



- 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 8 - Устройство теплоизоляции покрытия

Теплоизоляция отапливаемых подвалов значительно уменьшает неоправданные потери тепла, а также исключить образование конденсата на внутренних поверхностях заглубленного помещения. Наиболее подходящим материалом для утепления стен подвалов являются система утепления с применением плиты из экструдированного пенополистирола, которые крепятся к наружной поверхности стен поверх гидроизоляционного слоя. Система применяется для защиты подземной, эксплуатируемой части здания от проникновения грунтовых вод. В качестве гидроизоляционного материала рекомендуется использовать рулонные битумно-полимерные наплавляемые материалы. Перед началом работ по наружному утеплению стен подвала, необходимо выкопать по периметру здания траншею, для проведения внутренней работ. В грунтах с повышенным водонасыщением необходимо применение дренажных каналов для отвода воды от подвала в специальный колодец или канализацию. На рисунке представлена схема утепления стен подвала.



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 9 – Устройство теплоизоляции цоколя

Сравнение вариантов утепления ограждающих конструкций здания школы представлены в приложении Г.

Утепление ограждающих конструкций дает не только экономический эффект от снижения расходов на отопление, но приносит комфортные условия для организации учебного и рабочего процессов в школах. Не стоит забывать, что снижение энергопотребления имеет значительный экологический эффект. Например, для сжигания 1 тонны угля в атмосферу выделяется около 2 тонн углекислого газа, являющегося одним из основных парниковых газов, повышающих заболеваемость у учащихся.

Для снижения расходов на отопление здания, необходима модернизация работы системы теплоснабжения. Применение периодической системы отопления, работающей не полные сутки и определенные дни недели, в которой допускается уменьшение температуры внутри помещений в нерабочее время. В

рабочее время в системе отопления существует три рекомендованных режима:

- основной, когда в здание выдерживается заданная температура и влажность воздуха;
- дежурный, поддерживается пониженная температура в помещении;
- ускоренный, когда необходим быстрый разогрев помещений после охлаждения.

При таком распределении в помещениях выявляется недельный цикл, когда в выходные и праздничные дни в течение суток выдерживается дежурный режим отопления. Для стабилизации дежурного режима применяется водяное отопление, которое поддерживает минимальную температуру, но в результате охлаждения помещения понижается и температура поверхностей ограждающих конструкций, нагрев которых, к началу рабочего дня, требует времени и дополнительной мощности. Продолжительность нагрева помещений и соответственно ограждающих конструкций зависит от сопротивления теплопередачи наружных ограждений, поэтому модернизация системы отопления взаимосвязана с теплопроводностью стен, покрытий и перекрытий. Система периодического отопления автоматизирована, с помощью программного управления поддерживает заданный режим работы. Для контролирования работы системы, в помещениях устанавливают датчики допустимой минимальной температурой внутреннего воздуха. В случае резкого понижения температуры наружного воздуха, по сигналу датчиков система отопления переходит в дополнительный режим обогрева. Наиболее сбалансированным режимом является комбинированная система отопления, которая сочетает в себе основное водяное отопление и дополнительное воздушное. Сочетание с приточной вентиляцией воздушный приток тепла работает при ускоренном нагреве в режиме полной циркуляции воздуха. Воздух для отопления нагревается в калориферах или воздухоподогревателях горячей воды, паром, горячим воздухом или другим теплоносителем. Нагреваемый

воздух распределяется по каналам и поступает в помещение и смешивается с внутренним воздухом или нагретый воздух перемещается во внутренних каналах, окружающих помещения, нагревая при этом внутренние стены, передающие тепло в помещения. Охлажденный воздух, пройдя цикл, возвращается в калорифер для повторного нагрева или частично выбрасывается частично на улицу, когда температура помещений высокая. Воздушное отопление обеспечивает равномерность температуры по объему помещений, очистка и увлажнение воздуха. Недостатком такой системы является большая площадь занимаемая воздуховодами, теплотери при недостаточной изоляции каналов, площадь действия значительно меньше, по сравнению с трубами водяного отопления.

Для стабилизации температуры, влагосодержания и загрязненности, применяют периодический режим работы систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Такая система наиболее эффективна для общественных зданий, с помещениями большой площади (спортивные, актовые залы, столовые и библиотеки), где в течение суток влажность и состав воздуха периодически изменяется.

Воздушная завеса или воздушно-тепловая завеса - устройство, предотвращающее проникновение наружного холодного воздуха в помещение и защищающие от прохода воздуха из одного помещения в другое, таким образом, завеса обеспечивает разделение зон с различными параметрами воздушной среды. Воздушно-тепловые завесы могут использоваться также для дополнительного отопления помещений. Воздушные завесы, чаще всего, устраивают при входе (тамбурах). Основное требование к состоянию воздушной среды зданий, что воздушные завесы должны быть обеспечены системами отопления, приточной и вытяжной вентиляцией и кондиционирования воздуха в пределах расчетных параметров наружного воздуха. Энергосбережение осуществляется за счет уменьшения потребления тепла на нагрев приточного

воздуха и затрат электроэнергии на его перемещение.

Важнейшим мероприятием по энергосбережению в зданиях является установка батарей отопления с автоматическим регулированием, а так же устройства теплоотражателей. Тепловые зеркала или теплоотражатели – это теплоизоляционный материал устраиваемые за радиаторами на стене. Поскольку отопительный прибор значительную часть тепловой энергии отдает в виде теплового излучения, которое уходит через наружную стену, теплоотражатели целесообразно устанавливать экран алюминиевой фольги, отражающей тепло внутрь помещения. Если расстояние между отопительным прибором и стеной не позволяет установить теплоотражатели, то достаточно приклеить к стене блестящую алюминиевую фольгу, что позволяет уменьшить теплототери через участки стены за радиатором на 20-25%.

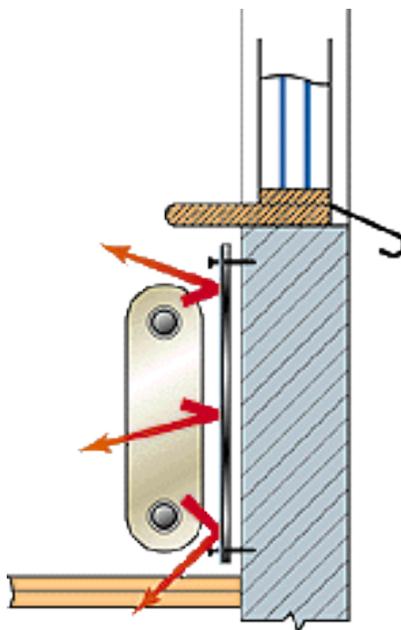


Рисунок 10 – Схема установки теплоотражателя

### 3.2 Энергосберегающие мероприятия потребления электроэнергии

Один из самых действующих методов увеличения эффективности использования энергии - применение современных технологий в системах электроснабжения.

Зачастую системы электроснабжения используются не в номинальных режимах, электрооборудование и распределительные сети оказываются недогруженными или перегруженными, что оказывает влияние на увеличение потерь в трансформаторах и приводит к снижению коэффициента мощности в системе электроснабжения. Устаревшие приборы учета, не способные отображать информацию в реальном времени, отсутствие систематических проверок электросчетчиков приводит к недостоверной информации об объемах потребления электроэнергии, что не позволяет своевременно принимать меры к незапланированному потреблению энергоресурсов. Практика показывает, что переход систем технического учета с устаревшими электросчетчиками на современные приборы учета, работающие в реальном режиме времени, позволяют экономить электроэнергию на 3 - 5%, за счет повышения достоверности информации об объемах потребления электроэнергии. Для образовательных учреждений наиболее энергоэффективна, модернизация системы освещения и контроль за электропотребляемым оборудованием.

Для внедрения мероприятий по энергосбережению и повышению энергоэффективности в системе освещения, необходимо определение степени использования естественного освещения и оснащенность эффективными источниками искусственного освещения, использование новых технологий его регулирования. При выборе типа и количества ламп и светильников регламентируются нормативными документами по освещенности, стоимостной составляющей, а энергоэффективностью как правило пренебрегают. Наиболее энергоэффективными, на сегодняшний день, считаются светодиодные (СД или

LED), натриевые высокого давления (ДНаТ), металлогалогенные (ДРИ) и люминесцентные (ЛБ) лампы, встроенные в современные светильники.

Как показывает практика, люминесцентные лампы в течение заявленного срока эксплуатации теряют до 35% своей излучающей способности, при этом потребляемая мощность увеличивается до 5%. Данные о проведенных тестовых исследованиях представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Данные тестового испытания люминесцентных светильников

Наименование	Ток, А	Напряжение, В	Освещенность, Лк	Мощность, Вт
Новые светильники	0,59	220	270	130
Светильники, отработавшие 5-6 месяцев	0,60	220	240	132
Светильники, отработавшие более года	0,61	220	200	134

Сравнение характеристик люминесцентных и светодиодных светильников приведено в таблице 23.

Таблица 23 – Зависимость параметров светильников при измерении напряжения

Напряжение, В	Люминесцентный светильник			Светодиодный светильник		
	Ток, А	Освещенность, Лк	Потребляемая мощность, Вт	Ток, А	Освещенность, Лк	Потребляемая 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

При изменении напряжения в сети люминесцентные светильники работают нестабильно. Потребляемая ими мощность может увеличиться в два раза при незначительном увеличении светового потока, что приводит к значительному перерасходу электроэнергии. Светодиодные светильники,

наоборот, при изменении напряжения в сети ведут себя стабильно, потребляемая ими мощность и световой поток не изменяется.

При соблюдении норм освещенности, в системе электроснабжения возможна замена на энергосберегающие источники света без перемонтажа всей осветительной системы. Это исключает подключение новых светильников и уменьшает затраты на модернизацию системы освещения. Применение новых осветительных приборов (отражающих пленок, коробов) позволит сократить количество заменяемых светильников и сократить число ламп. Например, промышленные светильники имеют отражающую пленку из алюминия с электрохимической полировкой, с высокой отражающей способностью, что на много превышает обычные светильники. Использование в помещениях датчиков движения позволяет контролировать работу светильников. Датчик присутствия людей автоматически включает и выключает освещение в помещении в зависимости от присутствия людей и от интенсивности потока естественного света. Принцип их работы основан на регистрации изменения инфракрасного излучения, вызванного перемещением или деятельностью человека. При помощи данных приборов достигается значительная экономия электроэнергии. Расход электричества на освещение в среднем может быть сокращен на 30%.

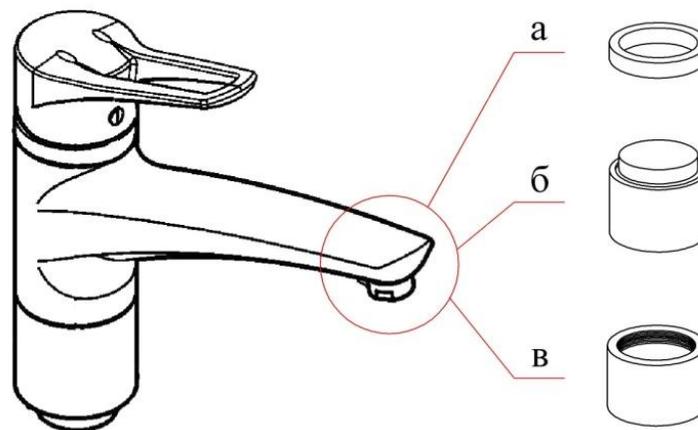
В аудиториях и учебных помещениях целесообразно применять датчики присутствия с функцией мониторинга освещенности естественным светом. Например, чтобы охватить класс полностью, требуется устройства нескольких датчиков присутствия. Для этой цели особенно удобны датчики присутствия с квадратной диаграммой обнаружения. При их установке обеспечивается точное зонирование, когда нет перехлестов зон обнаружения соседних датчиков. Часто освещения от окон может оказаться достаточно для тех, кто находится ближе к окнам и не хватать для нормального освещения столов, расположенных далеко от окон. Датчики движения и присутствия является элементом автоматизации,

позволит снизить расход электроэнергии до 75%. Сроки окупаемости зависят от суммарной мощности ламп, подключенных к датчику. Чем мощность больше, тем быстрее окупятся датчики.

Технические мероприятия в системе освещения следует применять в тех случаях, когда данные по освещенности оказываются значительно ниже нормированных значений освещенности. Обычно такое положение возникает из-за не качественного санитарного состояния помещения или осветительной арматуры. В этом случае применение простых мер, таких как: очистка светильников, очистка стекол и световых проемов, окраска помещений в светлые тона, своевременная замена вышедших из строя ламп, может снизить энергопотребление на 30-40 % и более.

### 3.3 Мероприятия по повышению эффективности водопотребления

Расход воды в смесителях, умывальниках и раковинах при рабочем давлении 0,05МПа должно быть не менее 0,07 л/с, а при давлении 0,3 МПа – 0,2л/с, согласно [13]. Для снижения расхода воды применяются регуляторы расхода воды для смесителей. Аэраторы снижают расход средств на водопотребление, обеспечивают постоянный напор воды, выравнивают давление в системах, обеспечивают комфортный поток воды и снижают шум в смесителях. Регулятор воды состоит из уплотнительного кольца, регулятора воды и металлического корпуса. При открытии водонапорного крана эластичное кольцо вдавливаются в пропускные отверстия и мере увеличения давления ограничивает поток воды, что обеспечивает постоянный нормированный поток воды.



а – уплотнительное кольцо; б – аэратор с регулятором расхода воды;  
в – металлический корпус

Рисунок 11 - Схема установки аэратора

### 3.4 Организационные мероприятия

Организационные мероприятия энергосбережения подразумевает под собой информационное обеспечение энергопотребителей, руководителей о возможностях экономии энергии, наличии и стоимости различных типов энергосберегающего оборудования, приборов и услуг по энергосбережению.

Для решения проблем энергосбережения необходимо охватить всех участников образовательного процесса. Организационные мероприятия с учащимися поможет им осознанно и обдуманно использовать и экономить энергоресурсы. Учителя школы помогут сформировать полезные привычки в потреблении и сбережении энергии как в школе так и дома. Пропаганда энергосбережения среди школьников организовывается также в форме часов общения, конкурсов сочинений, мультимедийных презентаций, выпуска школьной газеты, ученических плакатов, рисунков. Благодаря таким мероприятиям у учащихся и у сотрудников развивается устойчивый интерес к проблемам энергосбережения, что выражается в научных проектах. Перечень организационных мероприятий представлен в таблице 24.

Таблица 24 – Организационные мероприятия по энергосбережению

Наименование мероприятия	Срок выполнения	Ответственный
Проверка установленных приборов учета	Раз в год	Заместитель директора по хозяйственной части
Принятие нормативных и распорядительных документов по мотивации персонала в энергосбережении	Раз в год	Заместитель директора по хозяйственной части, администрация
Проведении с учениками уроков по теме проблем энергосбережения	В течении года	Заместитель директора по внеучебной работе
Организовать контроль за техническим состоянием инженерного оборудования	Постоянно	Заместитель директора по хозяйственной части
Проводить анализ расходов на энергоресурсы	Каждый месяц	Заместитель директора по хозяйственной части
Проводить инструктаж сотрудников по потреблению электроэнергии, горячей и холодной воды, своевременным отключением оборудования, компьютерной или иной техники.	Постоянно	Заместитель директора по хозяйственной части
Своевременная замена и ремонт неисправных кранов, сантехники, светильников	По необходимости	Заместитель директора по хозяйственной части
Выпуск информативных плакатов, листовок и школьных газет по энергосбережению	Постоянно	Заместитель директора по внеучебной работе
Проводить мероприятия, направленные на пропаганду энергосбережения	В течении года	Заместитель директора по внеучебной работе, классные руководители
Провести общешкольное тематическое родительское собрание по проблемам экономии энергоресурсов	В течении года	Заместитель директора по внеучебной работе, классные руководители
Организовать привлечение родителей в проведении уроков бережливости, в реализации проектов по энергосбережению	В течении года	Заместитель директора по внеучебной работе, классные руководители

## 4 Определение экономической эффективности мероприятий

Расчет стоимости капитальных затрат на реконструкцию производится на основании сметных нормативов для составления сметной документации [17], [18], а так же на основании сборников текущих цен [19].

Общая сметная стоимость затрат на утепление МБУ СОШ №4 в текущем уровне цен на май 2016 года, с лимитированными затратами и налогами на добавленную стоимость составляет – 24 455,08 тыс.руб.

Общая сметная стоимость затрат на замену светильников МБУ СОШ №4 в текущем уровне цен на май 2016 года, с лимитированными затратами и налогами на добавленную стоимость составляет – 515,19 тыс.руб.

### 4.1 Энергосберегающие мероприятия теплоснабжения

Расчет стоимости эксплуатационных затрат  $\mathcal{E}$ , руб/м<sup>2</sup>, через участок конструкции площадью 1м<sup>2</sup> за один отопительный период, согласно [14], [15], определяется по формуле

$$\mathcal{E} = Q \cdot C_T, \quad (30)$$

где  $C_T$ , - тарифная стоимость, руб/Гкал;

$Q$  – теплопотери через участки наружной стены площадью 1м<sup>2</sup>, м<sup>2</sup>·°С/Вт;

$$Q = \frac{U \cdot \text{ГСОП} \cdot 24}{1000 \cdot 1163}, \quad (31)$$

где  $U$  – коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

Разность эксплуатационных затрат  $\Delta\mathcal{E}$ , руб/м<sup>2</sup>, учитывающая теплопотери до и после проведения утепления, рассчитывают по формуле

$$\Delta\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = (Q_1 - Q_2)C_T = (U_1 - U_2) \cdot \frac{0,024 \cdot \text{ГСОП}}{1163} \cdot C_T, \quad (32)$$

где  $U_1$ ,  $U_2$  – коэффициенты теплопередачи, конструкций до и после проведения утепления, Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

Срок окупаемости  $T_y$ , год, рассчитывается по формуле

$$T_y = \frac{K_y}{\Delta \varepsilon}, \quad (33)$$

где  $K_y$  – величина капитальных затрат на утепление  $1\text{ м}^2$ , руб/  $\text{м}^2$ , согласно [16], [17], [18], [19].

Показатели для расчета экономической эффективности утепления ограждающих конструкций здания школы, приведены в приложении Е.

#### 4.2 Энергосберегающие мероприятия электроснабжения

Расчетное потребление электроэнергии на освещение помещений школы  $W_{л}$ , кВт·ч, согласно [16], определяется по формуле

$$W_{л} = N \cdot P \cdot t \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (34)$$

где  $N$  – количество ламп, шт;

$P$  – мощность лампы, Вт;

$t$  – время работы системы в день, ч;

$\tau$  – число рабочих дней в году.

Экономия электроэнергии при внедрении мероприятий  $\Delta W$ , кВт·ч, определяется по формуле

$$\Delta W = W_0 - W_1, \quad (35)$$

где  $W_0, W_1$  – расчетное потребление электроэнергии до и после замены ламп на энергосберегающие, кВт·ч.

Экономия денежных средств в год  $\Delta E$ , тыс.руб, определяется по формуле

$$\Delta E = \Delta W \cdot T_{л} \cdot 10^{-3}, \quad (36)$$

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

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

$$T_{л} = \frac{K_{л}}{E}, \quad (37)$$

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

Е – экономия энергии за год, тыс. руб;

Показатели для расчета экономической эффективности замены ламп накаливания и люминесцентных ламп, приведены в приложении Ж.

### 4.3 Оценка потенциала энергосбережения

Объем ресурсов, который можно сберечь в результате применения энергосберегающих мероприятий является потенциалом энергосбережения. Потенциал энергосбережения рассчитывается на основании энергетического обследования и экономических расчетов. Потенциал энергосбережения представлен в таблице 25.

Таблица 25 – Потенциал энергосбережения школы

Наименование энергетического ресурса	Потенциал энергосбережения в год			
	Ед. изм.	в натуральном выражении	в стоимостном выражении, тыс.руб	в процентном выражении, %
Электроэнергия	тыс.кВт·ч	26,14	89,93	27,0
Тепловая энергия	Гкал	181,80	226,96	68,1
Водоснабжение	м <sup>3</sup>	935,30	16,38	4,9
		Итого	333,28	100

Таким образом, годовой потенциал школы №4 города Тольятти составляет 333,28 тыс. руб. в год.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе научно-исследовательской работы был разработан комплекс энергосберегающих мероприятий для повышения энергоэффективности образовательных учреждений на примере школы №4 города Тольятти на основании экспериментальных и экономических исследований:

- проведено энергетическое обследование здания, которое включало обследование технического состояния здания и тепловизионное;
- на основании разработанного энергетического паспорта здания, установлен класс энергоэффективности здания;
- разработаны энергосберегающие мероприятия;
- установлен класс энергоэффективности здания после проведения энергосберегающих мероприятий;
- выполнены экономические расчеты и вычислен срок окупаемости и потенциал энергосбережения.

При внедрении предложенного комплекса энергосберегающих мероприятий класс энергоэффективности здания школы – А «Очень высокий». Величина отклонения, расчетного значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, от нормируемого равна минус 41,48%, приложение Д. Срок окупаемости, утепления наружных ограждающих конструкций, замены окон и дверей, составляет 27 лет. Срок окупаемости замены ламп накаливания и люминесцентных на светодиодные составляет 4,4 года.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Попова М.В. Методы повышения энергоэффективности зданий: учебное пособие / М.В. Попова, Т.Н. Яшкова. – Владимир: ВГУ, 2014. – 111 с.
- 2 ФЗ №261 от 23.11.2009 г. «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», 2009. – 56 с.
- 3 Бодруг, Н.С. Энергосбережение в школах / Н.С. Бодруг // Проблемы региональной энергетики. сб. статей. – Благовещенск, 2012. – 101 с.
- 4 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.
- 5 ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.- Москва: Изд-во стандартов, 2011. – 89 с.
- 6 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.
- 7 Методика проведения энергетических обследований (энергоаудита) бюджетных организаций / Е.В. Рякшин, Е.А. Герасимов, А.В. Неплохов и др. - Екатеринбург: ГБУ СО «Институт энергоснабжения», ООО НПП «Элеком», 2010. – 251 с.
- 8 Свод правил: СП 131-13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП23-01-99\*: нормативно-технический материал.- Москва: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2012. – 109 с.
- 9 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.

- 10 Свод правил: СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП23-02-2003: нормативно-технический материал.- Москва: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2004. – 95 с.
- 11 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.
- 12 Алушкин, В.М. Определение лимитов потребления электроэнергии бюджетными организациями / В.М. Алушкин, Л.Д. Зуев и др. // Опыт энергосбережения: сб. статей. – Москва, 2002. – 6 с.
- 13 ГОСТ 19681-94 Арматура санитарно-техническая водоразборная. Общие технические условия. – Москва: Изд-во стандартов, 1994. – 20 с.
- 14 Краснопольский, А.И. Разработка и реализация мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в МБУК «ОМКС»: в.к.р. / Краснопольский А.И.; СПбГЭУ. – Омск, 2014. – 14 с.
- 15 Немова, Д.В. Технико-экономическое обоснование мероприятий по утеплению ограждающих конструкций индивидуального жилого дома / Н.И. Ватин, А.С. Горшков, А.В. Кашабин, П.П. Рымкевич, Д.Н. Цейтин // Строительство уникальных зданий и сооружений: сб.статей. – Санкт-Петербург, 2014. – 115 с.
- 16 Нурахов, Н.Н. Методические рекомендации по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий / Н.Н. Нурахов. – Москва: ФГБУ ИПК Минобрнауки России, 2010. – 51 с.
- 17 Государственные элементные сметные нормы на строительные работы (ГЭСН-2001, редакция 2016г), 2016. – 423 с.
- 18 Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации (МДС 81-35.2004), 2004. – 145 с.
- 19 Сборник текущих цен Регионального Центра Ценообразования Самарской области, май 2016. – 458 с.
- 20 Методические указания по определению величины накладных расходов в строительстве Российской Федерации (МДС 81-33.2004), 2004. – 137с.

21 Методические указания по определению величины сметной прибыли в строительстве (МДС 81- 25.2001), 2001. – 184с.

22 Пособие к СП С.04.00-2015 Пособие по проектированию и устройству кровель из битумно-полимерных материалов / В.А. Карлов, Е.П. Войлов. – Москва, 2015. – 135 с.

23 Руководство по проектированию и устройству кровель из битумно-полимерных материалов компании ТехноНИКОЛЬ», Москва. - 2002 г.

24 СТО 72746455-4.2.2-2014 Изоляционные системы ТехноНИКОЛЬ. Системы изоляции фундаментов. Техническое описание. Требования к проектированию, материалам, изделиям и конструкциям ООО «ТехноНИКОЛЬ — Строительные Системы», Москва, 2014 г

25 Фасадная система утепления с тонким наружным штукатурным слоем ROCKFACADE [Электронный ресурс]: альбом. / Моск. Центр проектирования ROCKWOOL – Электрон. альбом,. 2013. - режим доступа к альбому: [http://download.rockwool.ru/media/298711/album\\_rockfacade\\_05.2015.pdf](http://download.rockwool.ru/media/298711/album_rockfacade_05.2015.pdf). - 126с.

26 Материалы для проектирования. Чертежи узлов [Электронный ресурс]: альбом тех. решений / ОАО «ЦНИИПромзданий». – Электрон. альбом. – М, 2013. - режим доступа к альбому: [http://download.rockwool.ru/media/157455/album\\_sniipromzdaniy\\_01.2015.pdf](http://download.rockwool.ru/media/157455/album_sniipromzdaniy_01.2015.pdf). - 388с.

27 Рекомендации по проектированию и устройству тепловой изоляции наружных ограждающих конструкций зданий и сооружений с применением материалов Технониколь/ ООО «ТехноНИКОЛЬ». – Электрон. альбом. – М, 2015. - режим доступа к альбому: [http://www.tn.ru/library/?pp\\_id=rpo&select\\_mode=full](http://www.tn.ru/library/?pp_id=rpo&select_mode=full). - 24с.

28 Рекомендации по проектированию и монтажу изоляционных систем фундаментов с применением материалов компании Технониколь / ООО «ТехноНИКОЛЬ». – Электрон. альбом. – М, 2015. - режим доступа к альбому: [http://www.tn.ru/library/?pp\\_id=rpo&select\\_mode=full](http://www.tn.ru/library/?pp_id=rpo&select_mode=full). - 59с.

29 Фасады / ООО «ТехноНИКОЛЬ». – Электрон. альбом. – М, 2015. - режим доступа к альбому: [http://www.tn.ru/library/?pp\\_id=rpo&select\\_mode=full](http://www.tn.ru/library/?pp_id=rpo&select_mode=full). - 40с.

30 Каталог материалов для промышленного и гражданского строительства / ООО «ТехноНИКОЛЬ». – Электрон. альбом. – М, 2012. - режим доступа к альбому: [http://www.tn.ru/library/?pp\\_id=rpo&select\\_mode=full](http://www.tn.ru/library/?pp_id=rpo&select_mode=full). - 135с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Отчет о техническом состоянии здания

Таблица А.1 – Заключение по обследованию технического состояния объекта

Наименование	Пояснения
Адрес объекта:	г.о. Тольятти, ул. Горького, д.88
Время проведения обследования	май 2015 года
Год постройки	1957 год
Год и характер выполнения последнего капитального ремонта	Капитальный ремонт не производился
Собственник объекта	Муниципальная собственность г.о. Тольятти
Конструктивная схема здания	Здание бескаркасное.
Число этажей	Основной корпус 4 этажа (3 надземных и 1 подземный этаж).
Этажность	3 этажа
Крен объекта	Не установлен
Установление категории технического состояния здания в целом.	Здание школы находится в работоспособном состоянии при наличии в составе здания отдельных элементов и помещений, находящихся в ограниченно работоспособном состоянии.
Фундаменты здания.	Не обследовались.
Стены здания	Ограниченно-работоспособное состояние. Необходимо произвести капитальный ремонт с выполнением необходимого утепления стен здания, восстановления гидроизоляции стен подвала.
Лестничная клетка	Ограниченно-работоспособное состояние. Требуется капитальный ремонт
Внутренняя отделка.	Ограниченно-работоспособное состояние. Требуется ремонт.
Окна	Ограниченно-работоспособное состояние. Требуется замена
Полы	Ограниченно-работоспособное состояние. Требуется замена
Отмостка здания	Ограниченно-работоспособное состояние. Требуется капитальный ремонт.
Кровля	Ограниченно-работоспособное состояние. Стропильная система и покрытие подлежат замене.
Наружные крыльца	Ограниченно-работоспособное состояние. Требуется капитальный ремонт

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Отчет о тепловизионном обследовании ограждающих конструкций

Таблица Б.1 – Результаты тепловизионного обследования

Наименование	Обозначение	Стена тип 1					Стена тип 2					Окна деревянные			Окно ПВХ			Наружные двери ПВХ		
		36,0	33,0	34,0	36,0	33,0	33,0	34,0	32,0	33,0	32,0	33,0	34,0	32,0	33,0	34,0	32,0	30,0	30,0	30,0
Влажность воздуха	$\varphi$ , %	36,0	33,0	34,0	36,0	33,0	33,0	34,0	32,0	33,0	32,0	33,0	34,0	32,0	33,0	34,0	32,0	30,0	30,0	30,0
Температура точка росы	$t_{m.p.}$ , °C	5,2	4,6	5,1	6,0	5,0	6,2	7,0	6,2	6,3	7,2							6,0	6,0	6,0
Температура наружной поверхности	$t_{н.н.}$ , °C	-7,0	-7,9	-8,1	-8,0	-8,4	-7,0	-7,9	-7,9	-8,1	-8,0	-6,5	-6,9	-6,8	-7,7	-7,8	-7,9	-7,7	-7,6	-7,7
Температура внутренней поверхности	$t_{в.н.}$ , °C	20,9	20,7	20,2	20,3	20,6	19,4	19,5	19,6	19,9	20,2	15,9	15,7	15,6	17,1	17,9	17,7	12,8	10,8	11,8
Температура наружного воздуха	$t_{н.}$ , °C	-2,0	-1,9	-2,0	-2,1	-1,8	-2,0	-2,0	-1,9	-2,1	-1,8	-2,0	-1,9	-2,0	-2,0	-2,1	-1,8	-2,0	1,8	1,9
Температура внутреннего воздуха	$t_{в.}$ , °C	21,7	21,4	21,5	21,7	21,8	23,5	23,9	23,9	23,4	23,5	23,5	23,9	23,9	21,4	21,5	21,7	24,5	23,8	24,3
Плотность теплового потока	$q_{т.н.}$ , Вт/м <sup>2</sup>	26,5	26,8	24,9	25,0	25,9	27,0	26,5	26,9	27,1	26,8	52,8	52,7	52,7	48,8	49,4	49,6	36,1	35,8	35,6
Фактическое значение термического сопротивления	$R_{ф.}$ , м <sup>2</sup> ·°C/Вт	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5
Среднее фактическое значение термического сопротивления	$R_{ф.ср.}$ , м <sup>2</sup> ·°C/Вт	1,10					1,02					0,43			0,51			0,54		
Нормируемое термическое сопротивление	$R_{н.}$ , м <sup>2</sup> ·°C/Вт	3,19					3,19					0,53			0,53			0,86		
Расчетное термическое сопротивление	$R_{р.}$ , м <sup>2</sup> ·°C/Вт	1,08					0,89													

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Энергетический паспорт здания до проведения комплекса энергосберегающих мероприятий

Таблица В.1 – Общие данные

Дата проведения (число, месяц, год)	14.04.2015
Адрес объекта	ул. Горького, 88, Тольятти, Самарская область
Количество этажей	3
Количество сотрудников и учащихся	335
Размещение в застройке	Отдельно стоящее
Конструктивное решение	Бескаркасное

Таблица В.2 – 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	$t_{om}$	°С	Минус 5,2
Продолжительность отопительного периода	$z_{om}$	Сут/год	203
Градусо-сутки отопительного периода	ГСОП	°С·сут/год	5115,6
Расчетная температура внутреннего воздуха для расчета тепловой защиты	$t_e$	°С	20
Расчетная температура чердака	$t_{чepд}$	°С	-
Расчетная температура подвала	$t_{подп}$	°С	19

Таблица В.3 – Показатели геометрические

Наименование показателя	Обозначение и единица измерения	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
Суммарная площадей этажей объекта	$A_{om}, м^2$	2688,6	
Полезная площадь (общественных зданий)	$A_p, м^2$	1955,9	
Отапливаемый объем	$V_{om}, м^2$	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)	$A_{цок3}, м^2$	1232,1	
зона I		472,1	
зона II		357,8	
зона III		261,6	
зона IV		140,5	

Таблица В.4 – Показатели теплотехнические

Наименование показателя	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
Приведенное термическое сопротивление наружных ограждений, в том числе:	$R_o^{np}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт			
стен (раздельно по типу конструкции)	$R_{o,ст}^{np}$			
стена тип 1	$R_{o,ст1}^{np}$	3,19	1,08	1,10
стена тип 2	$R_{o,ст2}^{np}$	3,19	0,89	1,02
ПВХ окна	$R_{o,ок1}^{np}$	0,53		0,51
деревянные окна	$R_{o,ок2}^{np}$	0,53		0,43
входные двери	$R_{o,дв}^{np}$	0,86		0,54
покрытия плоские	$R_{o,покp}^{np}$	4,76	0,41	
чердачные перекрытия	$R_{o,чepд}^{np}$	4,20	1,03	
стен в земле и пола по грунту	$R_{o,чok4}^{np}$		3,54	
I зона			2,10	
II зона			4,30	
III зона			8,60	
IV зона			14,20	

Таблица В.5 – Показатели вспомогательные

Наименование показателя	Обозначение показателя и ед.изм.	Нормируемое значение показателя	Расчетное проектное значение показателя
Термический коэффициент объекта	$K_{общ}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)		1,11
Средняя кратность воздухообмена объекта за отопительный период при удельной норме воздухообмена	$n_v$ , ч <sup>-1</sup>		0,516
Удельные бытовые тепловыделения в объекта	$q_{быт}$ , Вт/м <sup>2</sup>		25,04

Таблица В.6 – Удельные характеристики

Наименование показателя	Обозначение показателя и единицы измерения	Нормируемое значение показателя	Проектное значение показателя
Удельная теплозащитная характеристика	$k_{об}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)	0,206	0,601
Удельная вентиляционная характеристика	$k_{вент}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)		0,160
Удельная характеристика бытовых тепловыделений	$k_{быт}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)		0,207
Удельная характеристика теплопоступлений от солнечной радиации	$k_{рад}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)		0,068

Таблица В.7 – Коэффициенты

Наименование показателя	Обозначение показателя	Значение
Коэффициент эффективности авторегулирования отопления	$\zeta$	0,95
Коэффициент эффективности рекуператора	$k_{эф}$	0,00
Коэффициент, учитывающий уменьшения использования теплопоступлений в период превышения их над теплотерями	$\nu$	0,803
Коэффициент учета добавочных теплотерь системы отопления	$\beta_n$	1,07

Таблица В.8 – Комплексные данные расхода теплоэнергии

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

Таблица В.9 – Энергетические нагрузки здания

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

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Сравнение вариантов утепления ограждающих конструкций

Таблица Г.1 – Варианты утепления

Наименование системы утепления	Состав системы	$R_o^{норм}$ , м <sup>2</sup> °C/Вт	$R_{ф}$ м <sup>2</sup> °C/Вт	$R_y$ м <sup>2</sup> °C/Вт	Стоимость руб/м <sup>2</sup>
Наружные стены тип 1 / тип 2					
Навесная фасадная система утепления с воздушной прослойкой	-однослойное решение ВЕНТИ БАТТС -вентилируемая воздушная прослойка (4–6 см); -плита ROCKPANEL	3,19	1,10/1,02	3,7/3,52	2377,12
Система штукатурного фасада с негорючей базальтовой теплоизоляцией ТН-ФАСАД Декор ТехноНиколь по каменному основанию	- упрочняющая грунтовка - клей для теплоизоляционных плит - минераловатный утеплитель ТЕХНОФАС - базовый армирующий слой - стеклотканевая сетка - кварцевая грунтовка -декоративная штукатурка и фасадная краска			3,58/3,4	1878,15
Покрытие совмещенное					
Плоская кровля по железобетонному основанию	-пароизоляция; -плиты РУФ БАТТС В ОПТИМА -гидроизоляция ПВХ-мембрана (ROCKmembrane).	4,76	1,03	5,44	1488,05
Система неэксплуатируемой кровли ТН Кровля Стандарт по бетонному основанию	-бикроэласт ТПП -экструзионный пенополистирол ТехноНИКОЛЬ 30-250 -уклонообразующий слой из керамзита -стяжка цементно-песчаная армированная -праймер битумный ТехноНИКОЛЬ №01 -унифлекс ВЕНТ ЭПВ -техноэласт ЭКП			4,81	1571,95

Продолжение таблицы Г.1

Чердачное покрытие					
Система неэксплуатируемой кровли по бетонному основанию	-выравнивающая цементно-песчаная стяжка -разделительный материал – геотекстиль -теплоизоляционные плиты РУФ БАТТС В ОПТИМА -выравнивающая стяжка -железобетонное основание	4,20	1,03	5,48	8501,03
Система неэксплуатируемой кровли ТН Кровля Стандарт по бетонному основанию	-цементно-стружечные плиты (ЦСП) -теплоизоляционные плиты ТЕХНОЛАЙТ ЭКСТРА -пароизоляционная пленка ТехноНИКОЛЬ			4,81	6902,54
Наружная изоляция фундамента					
Система изоляции неэксплуатируемого фундамента при низком уровне грунтовых вод ТН-Фундамент Стандарт	- гидроизоляция -праймер битумный -экструзионный пенополистирол 100мм (ТехноНИКОЛЬ) -профилированная мембрана PLANTER geo	-	3,54	5,67	375,02

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

### Энергетический паспорт здания после проведения комплекса энергосберегающих мероприятий

Таблица Д.1 – Показатели теплотехнические

Наименование показателя	Обозначение и ед. изм.	Нормируемое значение	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
Приведенное термическое сопротивление наружных ограждений, в том числе:	$R_o^{np}$ , м <sup>2</sup> ·°C/Вт			
стен (раздельно по типу конструкции)	$R_{o,cm}^{np}$			
стена тип 1	$R_{o,cm1}^{np}$	3,19	3,58	1,10
стена тип 2	$R_{o,cm2}^{np}$	3,19	3,40	0,91
ПВХ окна	$R_{o,ок1}^{np}$	0,53		0,55
деревянные окна	$R_{o,ок2}^{np}$	0,53		0,55
входных дверей и ворот (раздельно)	$R_{o,дв}^{np}$	0,86		0,9
покрытий (совмещенных)	$R_{o,покp}^{np}$	4,76	4,81	
чердачных перекрытий	$R_{o,чepд}^{np}$	4,20	4,81	
стен в земле и пола по грунту (раздельно)	$R_{o,цок4}^{np}$		5,67	
I зона			5,04	
II зона			4,30	
III зона			8,60	
IV зона			14,20	

Таблица Д.2 – Показатели вспомогательные

Наименование показателя	Обозначение показателя и ед. изм.	Нормируемое значение показателя	Проектное значение показателя
Термический коэффициент объекта	$K_{обц}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)		0,38
Средняя кратность воздухообмена объекта за отопительный период при удельной норме воздухообмена	$n_в$ , ч <sup>-1</sup>		0,516
Удельные бытовые тепловыделения объекта	$q_{быт}$ , Вт/м <sup>2</sup>		25,04

Таблица Д.3 – Удельные характеристики

Наименование показателя	Обозначение показателя и ед.изм.	Нормируемое значение показателя	Проектное значение показателя
Удельная теплозащитная характеристика	$k_{об}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)	0,206	0,202
Удельная вентиляционная характеристика	$k_{вент}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)		0,160
Удельная характеристика бытовых тепловыделений	$k_{быт}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)		0,207
Удельная характеристика тепlopоступлений от солнечной радиации	$k_{рад}$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)		0,068

Таблица Д.4 – Коэффициенты

Наименование показателя	Обозначение показателя	Значение
Коэффициент эффективности авторегулирования отопления	$\zeta$	0,95
Коэффициент эффективности рекуператора	$k_{эф}$	0,00
Коэффициент, учитывающий уменьшения использования тепlopоступлений в период превышения их над тепlopотерями	$\nu$	0,803
Коэффициент учета добавочных тепlopотерь системы отопления	$\beta_n$	1,07

Таблица Д.5 – Комплексные данные расхода теплоэнергии

Наименование показателя	Обозначение показателя и ед.изм.	Значение
Удельная расчетная характеристика потребления теплоэнергии на вентиляцию и отопление объекта за отопительный период	$q_{от}^p$ , Вт/(м <sup>3</sup> ·°С)	0,163
Удельная нормируемая характеристика потребления теплоэнергии на вентиляцию и отопление и объекта за отопительный период	$q_{от}^p$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	0,278
Класс энергосбережения		А
Соответствие объекта требованию по теплозащите		да

Таблица Д.6 – Энергетические нагрузки здания

Наименование показателя	Обозначение	Ед. изм.	Значение
Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию объекта за отопительный период	q	кВт·ч/(м <sup>3</sup> ·год)	19,97
	q	кВт·ч/(м <sup>2</sup> ·год)	69,67
Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию объекта за отопительный период	$Q_{от}^{год}$	кВт·ч/(год)	187309,6
Общие потери тепла объектом за отопительный период	$Q_{от}^{год}$	кВт·ч/(год)	416707,1

## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

### Расчет экономической эффективности в системе теплоснабжения

Таблица Е.1 – Показатели расчета экономической эффективности

Наименование конструкции	ГСОП, °С · сут	$R_0^{норм}$ , м <sup>2</sup> °С/Вт	$R_{\phi}$ , м <sup>2</sup> °С/Вт	$R_0^{пр}$ , м <sup>2</sup> °С/Вт	$U_1$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	$U_2$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	$C_T$ , руб/Гкал	$\Delta \mathcal{E}$ , руб/м <sup>2</sup>	$K$ , руб/м <sup>2</sup>
Стена тип 1	5115,6	3,19	1,10	1,08	0,91	0,31	1248,43	78,50	1878,15
Стена тип 2		3,19	1,02	0,89	0,98	0,31		87,89	
Чердачное покрытие		4,20	-	0,41	2,44	0,24		290,07	6902,54
Покрытие плоское		4,76	-	1,03	0,21	0,97		100,27	1488,05
Полы по грунту		-	-	3,54	0,28			36,90	372,02
Окна ПВХ замененные на ПВХ		0,55	0,51		1,96	1,82		18,79	5881,08
Окна деревянные замененные на ПВХ		0,55	0,43		2,33	1,82		66,87	
Двери ПВХ		0,9	0,51		1,96	1,11		111,98	7930,24
Двери металлические		1,00	0,54		1,85	1,00		112,27	
Итого									903,54
Срок окупаемости								27,07	

## ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

### Расчет экономической эффективности в системе электроснабжения

Таблица Ж.1 – 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 <sub>л</sub>	руб/кВт·ч	3,44		3,44	
Годовая экономия денежных средств, ΔE	тыс.руб	34,24		82,59	
Капитальные вложения в проект, K <sub>л</sub>	тыс. руб.	515,19		515,19	
Окупаемость замены, T <sub>л</sub>	год	4,4			

