

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

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Энергосбережение и энергоэффективность
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Повышение энергоэффективности электрооборудования детского сада

Студент

С.А. Коростелева
(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.п.н., доцент М.Н. Третьякова
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Содержание

Введение.....	3
1 Анализ энергопотребления детского дошкольного образовательного учреждения	7
1.1 Структура потребления энергетических ресурсов детским дошкольным образовательным учреждением.....	8
1.2. Характеристика системы электроснабжения дошкольного образовательного учреждения	9
1.3 Характеристика системы теплоснабжения детского муниципального дошкольного образовательного учреждения	19
2 Мероприятия по повышению энергоэффективности системы инженерного оборудования детского дошкольного учреждения	33
2.1 Определение направлений технического повышения энергоэффективности детского дошкольного учреждения.....	34
2.2 Мероприятия по энергосбережению в системе теплоснабжения детского дошкольного учреждения	35
2.3 Мероприятия по энергосбережению в системе вентиляции детского дошкольного учреждения	45
2.4 Мероприятия по повышению энергетической эффективности системы освещения.....	52
3 Автоматизированная система управления инженерным оборудованием здания детского сада и определение показателей энергетической эффективности.....	65
3.1 Классы энергоэффективности зданий.....	68
3.2 Мониторинг показателей энергетической эффективности здания..	72
Заключение	79
Список используемых источников.....	82

Введение

Повышение темпов роста экономики страны невозможно без повышения энергетической эффективности различных ее отраслей [18]. При этом показатели энергоэффективности различных учреждений и предприятий могут оказывать существенное влияние на рост экономики региона [2]. Учитывая, что промышленные предприятия сами заинтересованы в повышении собственной энергоэффективности, имеют соответствующие финансовые возможности и потенциал для их реализации, то муниципальные учреждения в этом плане менее мобильны. Бюджеты муниципальных учреждений не могут позволить проведения крупных энергосберегающих мероприятий. Их финансирование должно осуществляться из муниципального, регионального или федерального бюджетов. Для участия в подобных финансировании, руководство муниципального учреждения должно быть заинтересованно в этом вопросе. Об этом говорится и в требованиях 261-ФЗ [24].

В соответствии с последней редакцией и изменениями 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» необходимость периодических энергетических обследований стала не обязательной, при этом говорится, что все учреждения, в том числе и муниципальные, должны разрабатывать, утверждать и выполнять программы повышения энергетической эффективности и энергосбережения.

Однако для полноценной разработки программ и мероприятий по энергосбережению у руководителей муниципальных учреждений может быть недостаточно компетенций, поэтому должны быть созданы типовые мероприятия, и выполнен типовой технико-экономический расчет их внедрения и окупаемости.

Объектом диссертационного исследования является система инженерного оборудования дошкольного образовательного учреждения.

Руководство учреждения, во главе с заведующим и ответственным за электрохозяйство, должны разработать программу повышения энергетической эффективности и энергосбережения сроком минимум на три года.

Для уже функционирующих долгое время дошкольных образовательных учреждений существуют типовые мероприятия, включающиеся в программу энергосбережения и повышения энергетической эффективности. К таким типовым мероприятиям можно отнести следующие:

- назначение ответственного за энергосбережение,
- инструктаж и обучение персонала,
- установка приборов учета холодной и горячей воды, тепловой энергии,
- замена устаревших светильников на энергосберегающие,
- утепление оконных конструкций или, по возможности, замена старых окон на новые,
- удаление зеленых насаждений, которые затемняют окна,
- регулярная промывка и ремонт системы отопления с заменой теплоизолирующего слоя,
- утепление или замена входных дверей, утепление чердачных и подвальных помещений,
- установка теплоотражателей за батареями,
- замена ветхой электропроводки (полностью или частично),
- монтаж систем управления движением с датчиками присутствия,
- регулярное отключение неиспользуемых приборов,
- систематическая чистка светильников и окон,
- отслеживание случаев использования энергии на нужды, не соответствующие деятельности детского сада.

Применение всех выше перечисленных мероприятий характерно для учреждений, которые были введены в эксплуатацию 10 и более лет назад.

Применение указанных организационных мероприятий, таких как назначение ответственного за энергосбережение и инструктаж персонала могут не дать желаемого результата. Однако в любом случае, такие организационные мероприятия должны быть реализованы в учреждении. Следует так же отметить, что компетенций персонала, назначенного за энергосбережение и инструктаж персонала по мероприятиям, направленным на энергосбережение и повышение энергетической эффективности может быть недостаточно, так как решение проблем повышения энергетической эффективности и энергосбережения требует знания технических основ функционирования инженерных систем учреждения.

Поэтому актуальной становится задача повышения энергетической эффективности инженерных систем дошкольного образовательного учреждения и не высокой технической компетентности персонала дошкольных образовательных учреждений в рамках повышения энергетической эффективности и энергосбережения.

Исходя из представленной актуальности диссертационного исследования, можно сформулировать цель.

Целью диссертационного исследования является повышение энергоэффективности здания детского дошкольного образовательного учреждения за счёт внедрения энергоэффективного инженерного оборудования и технологий.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить и решить следующие задачи:

1. Проанализировать особенности инженерного оборудования здания детского сада и оценить текущее состояние системы инженерного оборудования здания;
2. Разработать перечень мероприятий, включающих применение современных систем по повышению энергетической эффективности детского муниципального дошкольного учреждения;

3. Разработать автоматизированную систему управления инженерным оборудованием здания детского сада и определения показателей энергетической эффективности в режиме реального времени.

При проектировании и строительстве детского дошкольного образовательного учреждения могли быть допущены незначительные отклонения и просчеты при выборе и монтаже оборудования, поэтому необходимо провести комплексный анализ системы инженерного оборудования дошкольного образовательного учреждения. Кроме того, за все время эксплуатации здания детского дошкольного учреждения изменились требования к энергетической эффективности зданий и сооружений и появились новые высокотехнологичные системы, позволяющие не только повысить энергетическую эффективность здания, но и снизить затраты на оплату потребляемых энергоресурсов [31] с сохранением требуемого микроклимата внутри помещения, что также сказывается на самочувствии детей.

Мероприятия по повышению энергетической эффективности могут быть достаточно затратными и для них должен быть выполнен технико-экономический расчёт и обоснование необходимости внедрения в данном учреждении.

Разработанные в диссертационном исследовании методики и системы, могут быть использованы на любом детском дошкольном учреждении, а с небольшими, минимальными, корректировками и в любом из образовательных учреждений.

1 Анализ энергопотребления детского дошкольного образовательного учреждения

Для разработки и внедрения мероприятий по повышению энергетической эффективности системы инженерного оборудования дошкольного образовательного учреждения необходимо на первом этапе выполнить оценку потребления энергоресурсов. Полученные в первой главе магистерской диссертации результаты будут использованы для оценки эффективности предлагаемых мероприятий по повышению энергетической эффективности системы инженерного оборудования дошкольного образовательного учреждения и разработки системы автоматизированного управления инженерным оборудованием и определения показателей энергетической эффективности зданий. Рассмотрим необходимые этапы обследования дошкольного образовательного учреждения.

Программа проведения энергетического обследования:

- подготовка и сбор документальной информации;
- осмотр и предварительная оценка технического состояния энергетического оборудования;
- осмотр и предварительная оценка технического состояния сетей энергоснабжения (газопроводов, паропроводов, электрических сетей и др.);
- сбор информации для анализа эффективности действующей системы учета и контроля использования энергоносителей;
- сбор информации по энергопотреблению;
- инструментальные измерения и испытания;
- определение мест и причин нерационального использования энергоносителей и утечек энергии;
- составление балансов;
- определение соответствующих расходов ТЭР установленным нормам

- анализ собранной в ходе обследования информации;
- выполнение расчетов эффективности использования потребляемых ресурсов;
- расчет экономической эффективности предлагаемых к внедрению мероприятий по энергосбережению;
- оформление отчета с результатами инструментального обследования, расчетными материалами, топливно-энергетическим балансом.

1.1 Структура потребления энергетических ресурсов детским дошкольным образовательным учреждением

Детское дошкольное образовательное учреждение потребляет топливно-энергетические ресурсы (ТЭР) в виде тепловой и электрической энергий, кроме этого учреждение подключено к центральным сетям водоснабжения и водоотведения.

В таблице 1 представлены данные о годовом потреблении, установленных тарифах и суммарных затратах на оплату топливно-энергетических ресурсов и воды [19].

Таблица 1 – Годовое потребление энергоносителей дошкольным образовательным учреждением

№	Энергоресурс	Кол-во	Тариф руб.за ед.	Стоимость, руб.
1	Электрическая энергия, кВт·ч	36 898	5,21	192 318
2	Тепловая энергия, Гкал·год	417,5	975,8	407 429
3	Водоснабжение (горячая вода), м ³	645	25,8	16 699
4	Водоснабжение (холодная вода), м ³	752	12	9 752
5	Водоотведение, м ³	1 104	13,65	15 072
Суммарные затраты, тыс. руб.		641 267		

Для наглядности сведения о затратах на потребление и отведение энергоресурсов и воды представлены на рисунке 1.

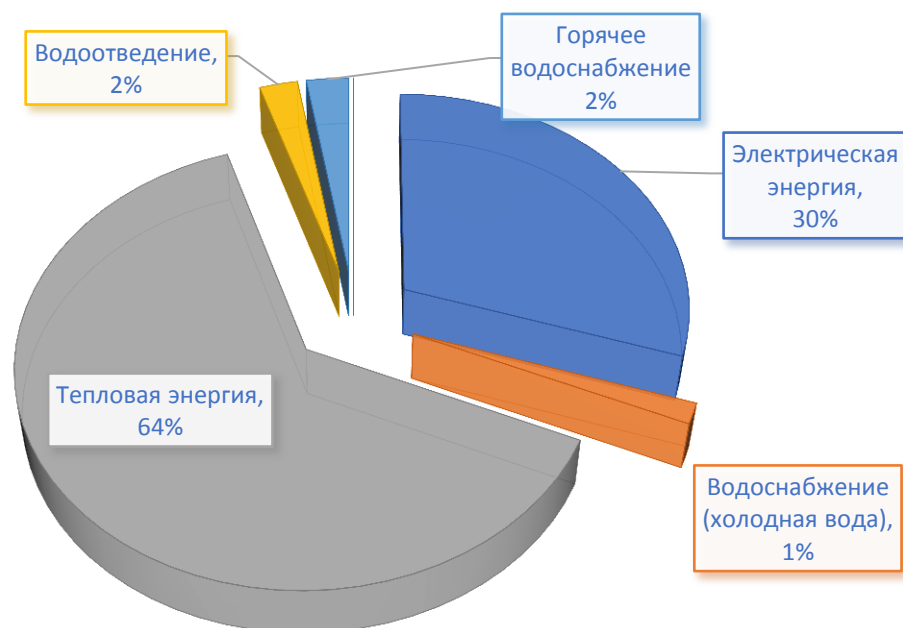


Рисунок 1 – Затраты на потребление и отведение энергоресурсов

1.2. Характеристика системы электроснабжения дошкольного образовательного учреждения

В настоящее время питание дошкольного образовательного учреждения осуществляется от трансформаторной подстанции ТП №8 от п/ст НФТП, данная ТП состоит на балансе ЗАО «ССК» (Самарская сетевая компания) [5].

Электроснабжение предусмотрено в соответствии с ПУЭ, потребитель относится к третьей категории надежности электроснабжения. Граница ответственности между объектами – дошкольное образовательное учреждение и ЗАО «ССК», согласно акту разграничения балансовой принадлежности, установлена на контакте присоединения питающей КЛ-0,4 кВ ФК ЦРП№2, в ВРУ-0,4 кВ. Разрешённая к использованию мощность 26 кВт. Схема электроснабжения представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема внешнего электроснабжения дошкольного образовательного учреждения

В дошкольном образовательном учреждении устанавливались анализаторы показателей качества электроэнергии для измерения основных электрических величин сроком на 1 полные сутки. За вышеуказанный период измерений не зафиксировано превышение нормально допустимого предела в течение 100 %.

Оплата полученной электроэнергии производится по одноставочному тарифу. Учитывается общее электропотребление зданий. Потребляемая реактивная мощность не оплачивается. Нагрузка имеет бытовой характер. Характеристики коммерческой системы учёта электрической энергии здания детского дошкольного образовательного учреждения приведена в таблице 2. На рисунке 3 представлен вид прибора коммерческого учёта установленного в ВРУ здания детского дошкольного образовательного учреждения.

Таблица 2 – Система коммерческого учёта здания детского дошкольного образовательного учреждения

Организация	Место установки счётчика	Марка счётчика	Класс точности	Кол-во, шт	Уровень напряжения, кВ
Административное здание	ВРУ здания	ЦЭ 6803 В	2,0	1	0,4



Рисунок 3 – Прибор коммерческого учета электрической энергии установленный в детском дошкольном образовательном учреждении

Согласно данным системы коммерческого учета электрической энергии была составлена диаграмма (рисунок 4) отражающая динамику изменения потребления электрической энергии за последние пять лет. На диаграмме представлены данные за 2015-2019 года, так как работа над диссертационным исследованием началась в 2019 году [11].

Для анализа месячного потребления электрической энергии детским дошкольным образовательным учреждением составлена диаграмма, представленная на рисунке 5.

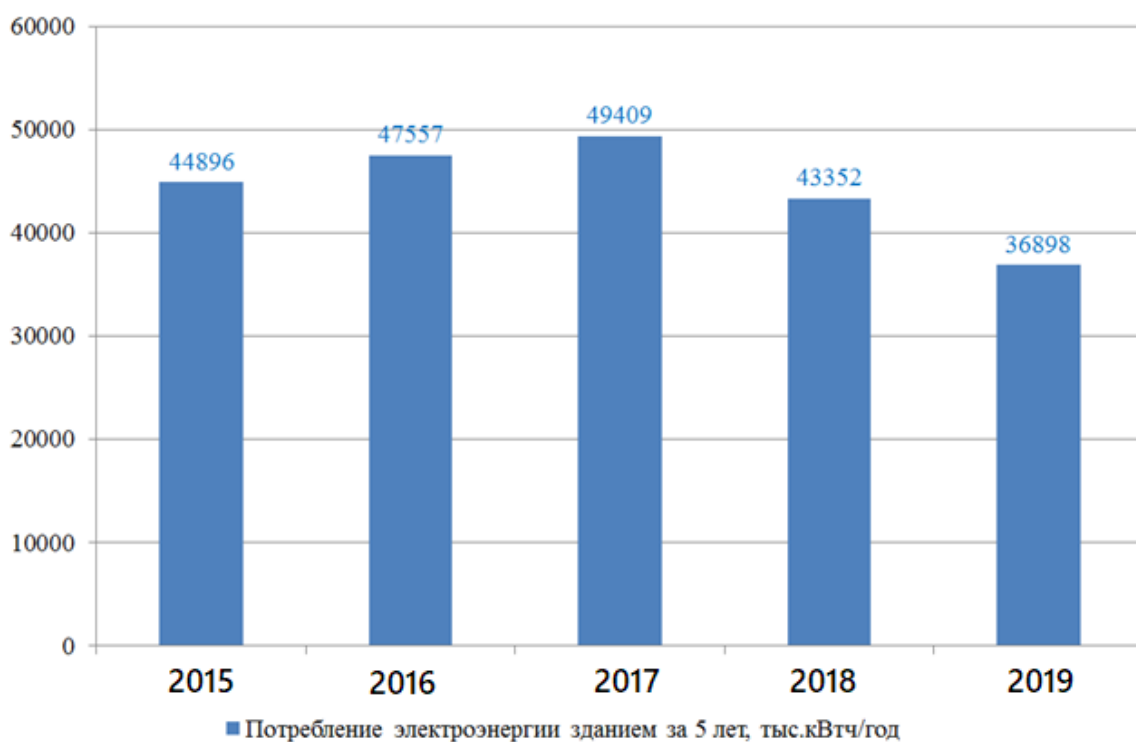


Рисунок 4 – Динамика потребления электроэнергии за пять лет

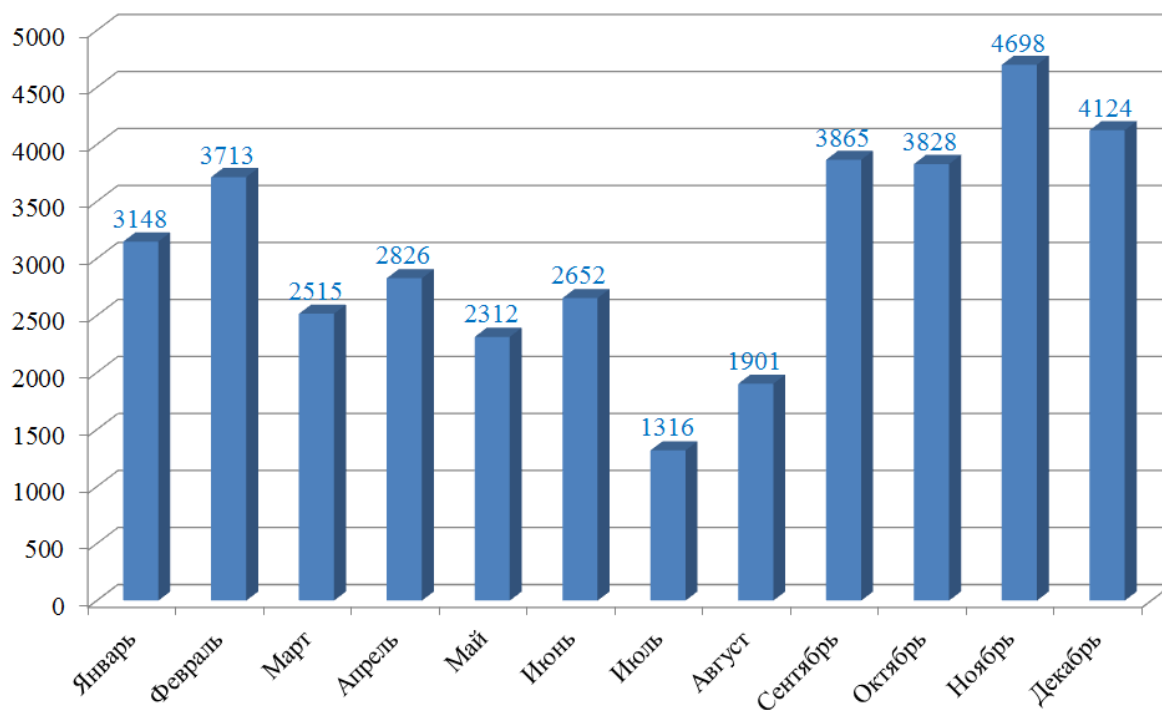


Рисунок 5 – Динамика потребления электроэнергии по месяцам за 2019 год, кВт·ч

Для оценки потенциала по энергосбережению был составлен перечень оборудования (таблица 3), потребляющего электрическую энергию, а также определен состав системы освещения. Обследование показало, что в детском дошкольном учреждении отсутствует функционирующая система наружного освещения, поэтому эти данные не включены в таблицу 4. Кроме того, на момент проведения обследования в детском дошкольном учреждении отсутствовала полноценная столовая, имеющая оборудование для приготовления пищи [11]. На данный момент нет данных о том, появилось ли в данном дошкольном учреждении дополнительное кухонное оборудование, поэтому используются данные собранные на первом этапе проведения диссертационного исследования.

Таблица 3 – Перечень электрооборудования

Наименование	Количество, шт
Кондиционер	7
Мармит	1
Системный блок	28
Сканер	4
Микроволновая печь	3
Мультимедиа проектор	1
Монитор	28
Сервер	1
Ксерокс	3
Принтер	18
Шредер	1
Холодильник	5
Чайник электрический	6
Обогреватель масляный	6
Телевизор	6
Всего	118

Таблица 4 – Перечень осветительного оборудования

Организация	Освещение наружное				Освещение внутреннее				
	Тип	Кол-во	$P_{ном}$, Вт	$P_{уст}$, кВт	Тип	Кол-во ламп, шт	$P_{ном}$, Вт	Кол-во свет-ков, шт	$P_{уст}$, кВт
Дошкольное образовательное учреждение	отсутствует				ЛН	137	60	112	8,22
					ЛБ	877	20	220	17,54
Всего:									25,76

Инструментальное обследование детского дошкольного учреждения проводилось для оценки эффективности системы электроснабжения здания. Расход электрической энергии и основные показатели работы оборудования определены посредством установки анализаторов качества электрической энергии марки Chauvin Arnoux 8335 (производство Франция), Ресурс-UF2М (производство Россия) и токовыми клещами APPA A2, A7 Clamp meter. Весь перечень используемого оборудования с указанием назначения оборудования и марки оборудования представлен в таблице 5. Все используемые в исследовании приборы являются портативными и прошедшими поверку на момент выполнения исследования.

Таблица 5 – Переносные портативные приборы, используемые при инструментальном обследовании здания

№	Наименование прибора	Назначение	Марка
1	Анализатор электропотребления одно и трехфазных цепей	Измерение напряжений, токов, активной и реактивной мощности, частоты, коэффициентов мощности, гармоник.	С.А. 8335
2	Анализатор электропотребления одно и трехфазных цепей	Измерение напряжений, токов, активной и реактивной мощности, частоты, коэффициентов мощности, гармоник.	С.А. 8335
3	Клещи токовые	Измерение тока, использование в режиме тестера.	APPA A7
4	Клещи токовые	Измерение тока, использование в режиме тестера.	APPA A2

Далее, на рисунках 6 – 10 приведены графики инструментальных замеров показателей, характеризующих основные параметры режима работы оборудования в детском муниципальном дошкольном образовательном учреждении, а также в таблице 6 представлены параметры, характеризующие день замера и показатели суточного графика активной мощности снятого 31 января 2020 года.

Таблица 6 – Показатели суточного графика активной мощности

Дата проведения замера	31.01.2020
Потребление ЭЭ, кВт × ч	335
Время МАХ	-
Величина МАХ, кВт	22
Время MIN	-
Величина MIN, кВт	2,2
Средняя нагрузка, кВт	7
Коэффициент формы графика нагрузки	1,14
Коэффициент заполнения графика нагрузки	0,34

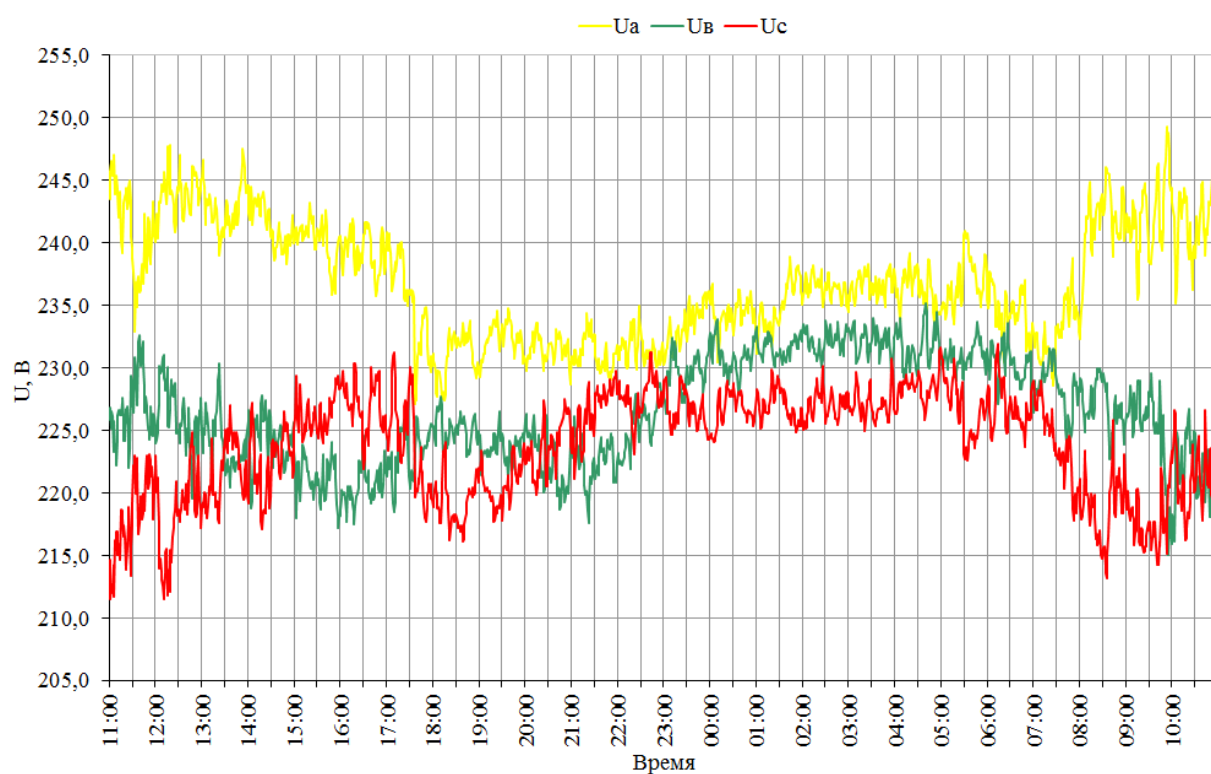


Рисунок 6 – График фазных напряжений (для 31 января 2020 года)

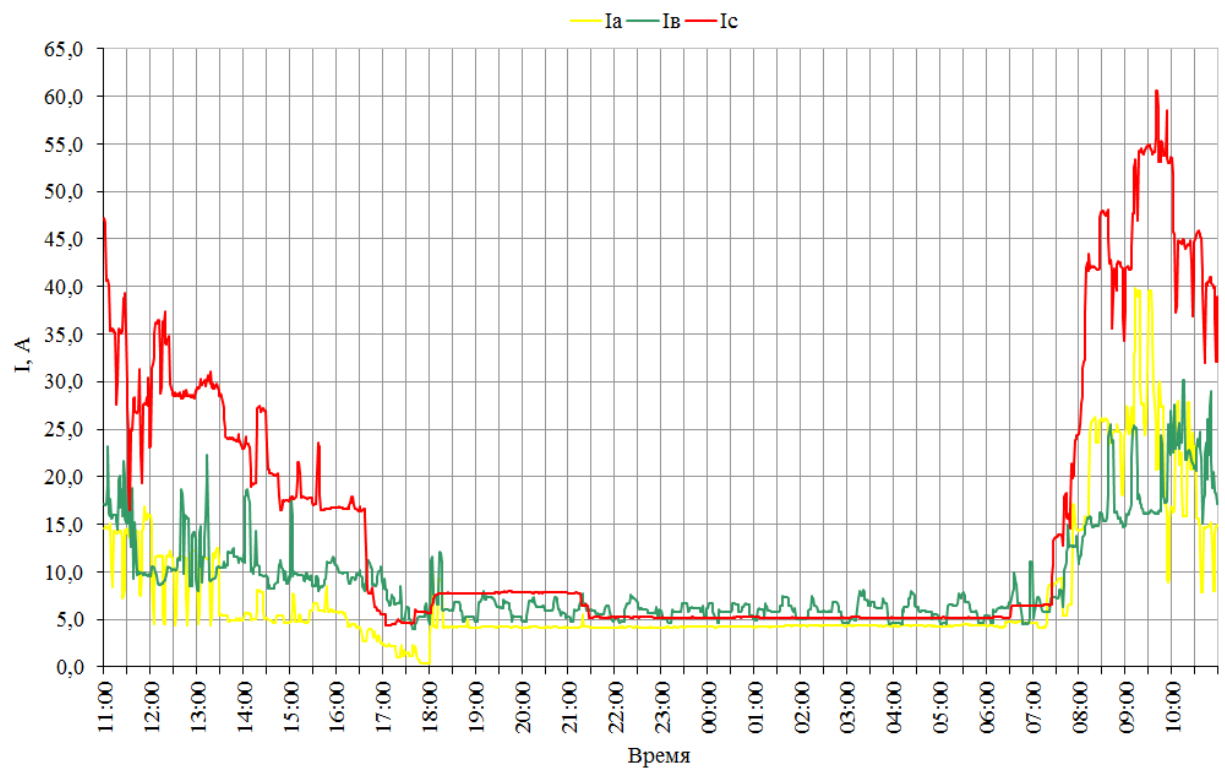


Рисунок 7 – График фазных токов (для 31 января 2020 года)

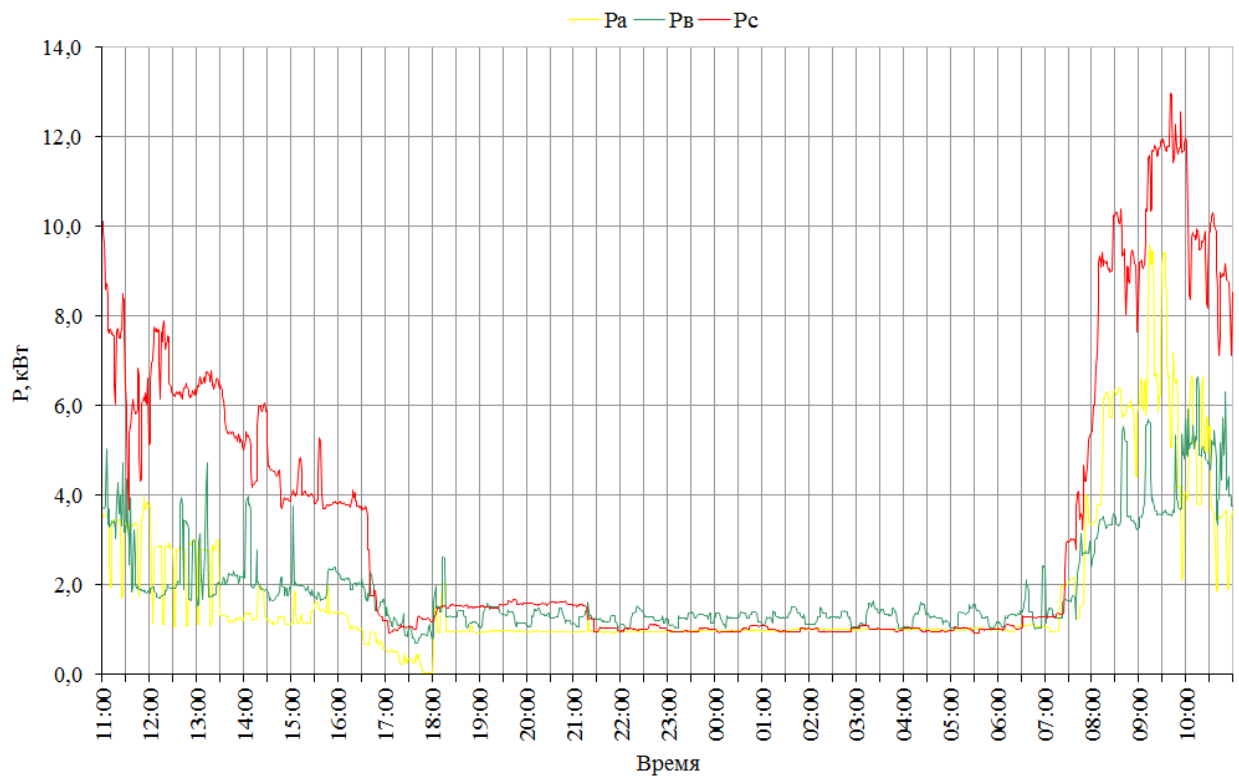


Рисунок 8 – График активной фазной мощности (для 31 января 2020 года)

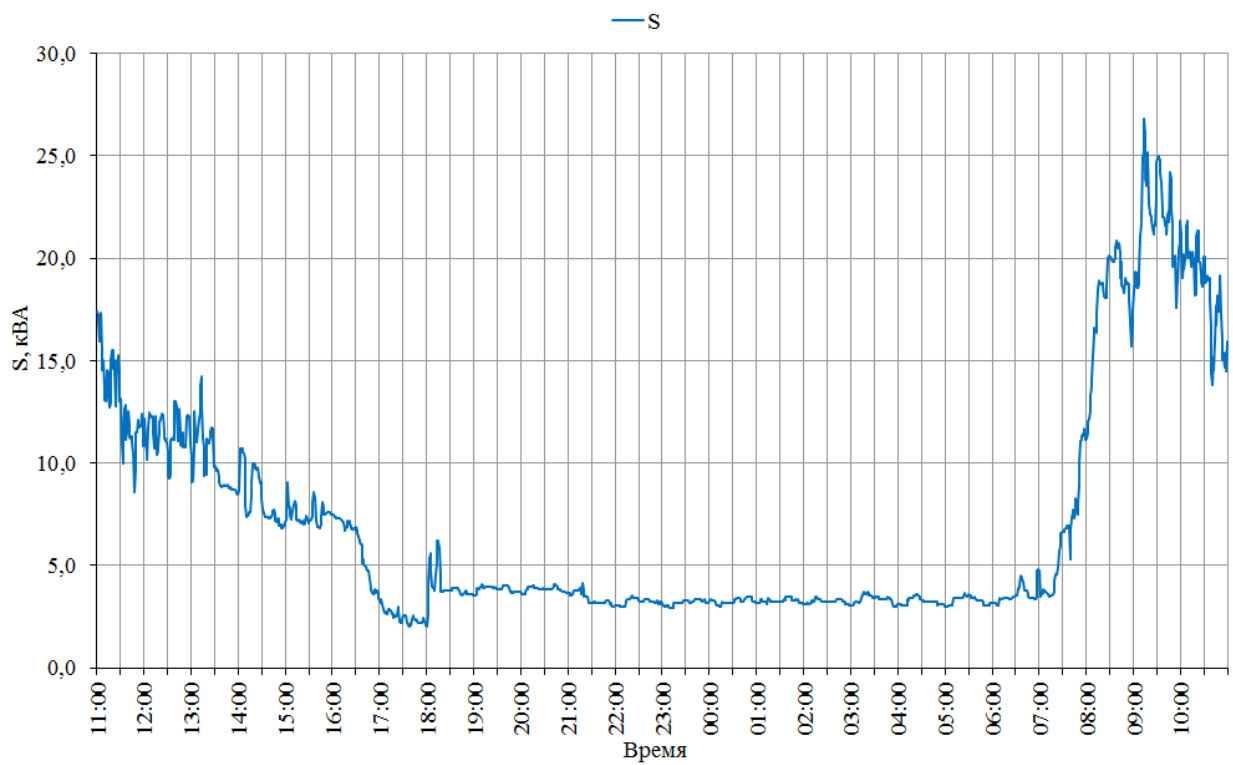


Рисунок 9 – График полной мощности (для 31 января 2020 года)

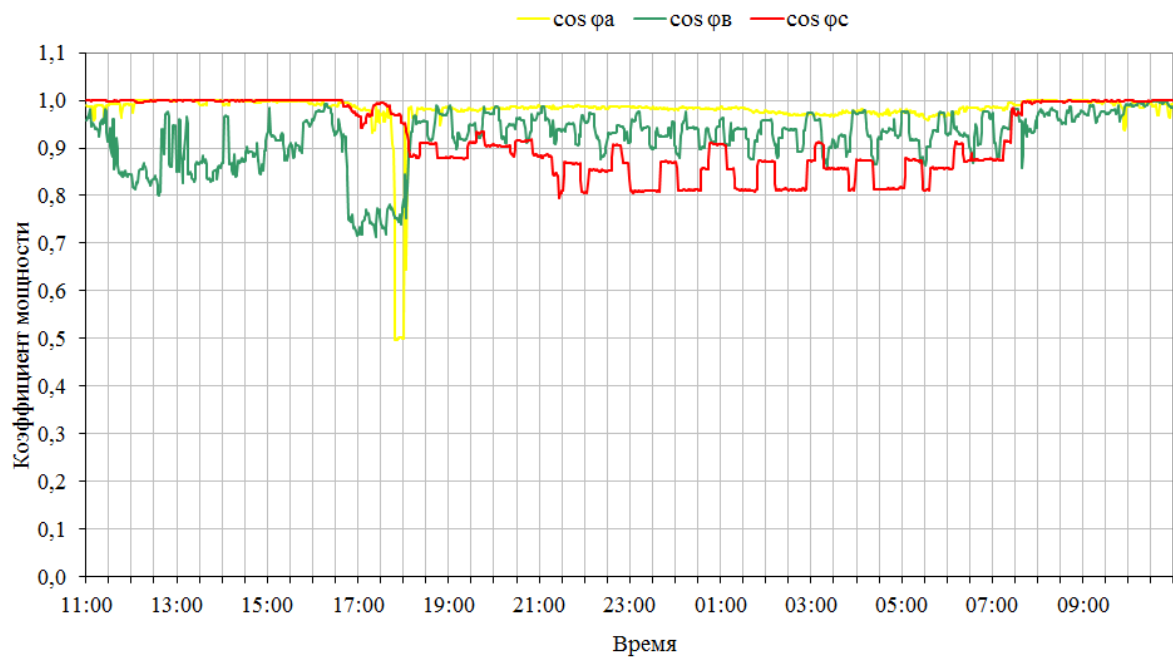


Рисунок 10 – График коэффициента мощности (для 31 января 2020 года)

Таблица 7 – Перечень осветительного оборудования (внутреннее и внешнее)

Наименование	Внешнее освещение Тип/кол-во/мощность	Внутреннее освещение Тип/кол-во/мощность	Общее количество светильников	Установленная мощность установок освещения, кВт
Дошкольное образовательное учреждение	Отсутствует	ЛН/137/60	112	8,22
		ЛБ/877/20	220	17,54
Всего:				25,76

Как было установлено ранее, в детском муниципальном дошкольном образовательном учреждении отсутствует система наружного освещения, далее в таблице представлены данные только для системы внутреннего освещения. Для оценки эффективности системы освещения в таблице 8 представлены данные по продолжительности светового дня и ночи, а также времени использования систем освещения с определением количества рабочих дней в каждом месяце года. Исходя из данных представленных в таблице 8, составлена таблица 9 с результатами расчета потребления электрической энергии системой внутреннего освещения детского муниципального дошкольного учреждения.

Таблица 8 – Продолжительность светового дня и время использования освещения

Месяц	Световой день, (час)	Ночь, (час)	Время использования наружного искусственного освещения	Время использования искусственного освещения в помещениях, в сут. (час)	Время использования искусственного освещения в помещениях, в мес. (час)	Кол-во рабочих дней
1	2	3	4	5	6	7
январь	9,333	14,667	15,6	6,76	203	30
февраль	10,659	13,341	14,3	5,34	149,5	28
март	11,992	12,008	13	4	124,2	31
апрель	13,325	10,675	11,6	2,6	80,2	30
май	14,558	9,442	10,4	1,4	44,7	31
июнь	15,391	8,609	9,6	0,9	27	30
июль	14,675	9,325	10,3	1,3	41	31
август	13,334	10,666	11,6	2,6	82,6	31

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7
сентябрь	12,014	11,986	12,9	3,9	119,5	30
октябрь	10,658	13,342	14,3	5,3	165,6	31
ноябрь	9,325	14,675	15,6	6,8	206,2	30
декабрь	8,609	15,391	16,3	7,3	229,1	31

Таблица 9 – Потребление электроэнергии внутренним освещением

Месяц	Тип ламп внутренней системы освещения	
	ЛН	ЛБ
Январь	1849,5	3946,5
Февраль	1496,04	3192,28
Март	1274	2719
Апрель	986	2105
Май	764	1631
Июнь	493	1052
Июль	764	1631
Август	1019	2175
Сентябрь	1233	2631
Октябрь	1402	2991
Ноябрь	1603	3420
Декабрь	1911	4078
Итого:	14796	31572
Всего:	46368	

1.3 Характеристика системы теплоснабжения детского муниципального дошкольного образовательного учреждения

Общее техническое состояние систем теплоснабжения здания детского дошкольного образовательного учреждения оценивается как удовлетворительное. Эксплуатация сантехнического хозяйства здания ведется в соответствии с требованиями нормативно-технической документации.

Трубопроводы теплоснабжения выполнены из стальных водогазопроводных труб, в учреждении выполнено радиаторное отопление [9].

Установлены приборы учета тепловой энергии (отопление и ГВС) марки КМ-5 – 1 шт, вид прибора учета полученный в результате обследования здания представлен на рисунке 11.



Рисунок 11 – Прибор учета тепловой энергии

Для оценки эффективности расхода тепловой энергии, уточнения объемов потребления тепловой энергии (отопление) и для оценки потенциала энергосбережения был выполнен расчет нормативного теплопотребления.

При анализе систем отопления зданий и сооружений со значительными тепловыделениями внутри помещений необходимо учитывать избытки тепловой энергии от работающего оборудования, систем освещения и т.д., и корректировать расчетную отопительную нагрузку.

Определение расхода теплоты на отопление и приточную вентиляцию по укрупненным показателям для обеспечения нормативных санитарно-гигиенических условий в помещениях проводится следующим образом. Максимальный часовой расход теплоты на отопление:

$$Q_{\text{ч}}^0 = goV(t_{\text{вн}} - t_{\text{нап}}) \times 10^{-6} (\text{Гкал/ч}), \quad (1)$$

где go – удельная отопительная характеристика здания, Гкал/(м³час°С);

V – объем здания (корпуса) по наружным размерам, м³;

$t_{\text{вн}}$ – температура внутри помещения принимается по СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха в зависимости от функционального назначения здания (корпуса)», °С;

$t_{нар}$ – расчетная температура наружного воздуха принимается по СНиП 2.01.01-82 «Строительная климатология и геофизика» для соответствующего региона страны.

Годовой расход теплоты на отопление при нормативных условиях работы системы отопления будет определяться:

$$Q_{год} = \beta Q_{ч}^0 [(t_{вн} - t_{ср}) / (t_{вн} - t_{нар}) z_{ht}] 10^{-6} \text{ (Гкал/год)} \quad (2)$$

где β – коэффициент, учитывающий эксплуатационные потери теплоты в системе отопления.

Расчетные условия для здания, необходимые для анализа потребления тепловой энергии на отопление и подогрев горячей воды детским муниципальным дошкольным образовательным учреждением представлены в таблице 10. В таблице 11 представлены результаты расчета потребления тепловой энергии детским дошкольным образовательным учреждением и сравнение с фактическим значением потребления тепла.

Таблица 10 – Расчетные условия для здания

Наименование расчетных параметров	Обозначения	Ед. измер.	Величина
1. Расчетная температура внутреннего воздуха	t_{int}	°С	18
2. Расчетная температура наружного воздуха	t_{ext}	°С	-28
3. Продолжительность отопительного периода	z_{ht}	сут	203
4. Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	t_{ext}^{av}	°С	-5,5
5. Градус сутки отопительного периода	D_d	°С·сут	4770

Таблица 11 – Количество тепловой энергии, потребляемой системой теплоснабжения за 2019 год

Наименование	Обозначение	Ед. изм.	Количество	
			Расчет	Факт
Баланс потребления тепловой энергии в год	$Q_{\text{год}}^0$	Гкал/год	407,8	417,5

В таблице 12 приведены данные о фактическом ежемесячном расходе тепловой энергии.

Таблица 12 – Потребление тепловой энергии, Гкал

Месяц	Год				
	2015	2016	2017	2018	2019
Январь	63,70	81,70	73,80	69,10	71,10
Февраль	79,70	72,70	68,80	70,10	69,10
Март	61,70	58,70	62,80	62,10	62,10
Апрель	36,70	15,20	42,80	15,00	41,10
Май	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00
Июнь	0,10	1,00	1,00	0,00	1,00
Июль	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Август	0,10	0,00	0,00	0,00	1,10
Сентябрь	0,30	1,00	0,00	0,00	1,00
Октябрь	24,10	8,90	25,00	32,60	46,00
Ноябрь	54,70	43,70	50,80	51,10	60,00
Декабрь	82,70	65,70	68,80	63,80	65,00
Итого	405,80	349,60	393,80	364,80	417,50

Для наглядности и визуального анализа уровней потребления тепловой энергии по годам, за пятилетний период по данным таблицы 12 построена диаграмма, представленная на рисунке 12 с фактическими уровнями потребления тепловой энергии детским дошкольным образовательным учреждением. Сопоставляя итоговые данные годовых показателей таблицы 12 видно, что значения потребления тепла хорошо коррелируются с изменениями температуры наружного воздуха.

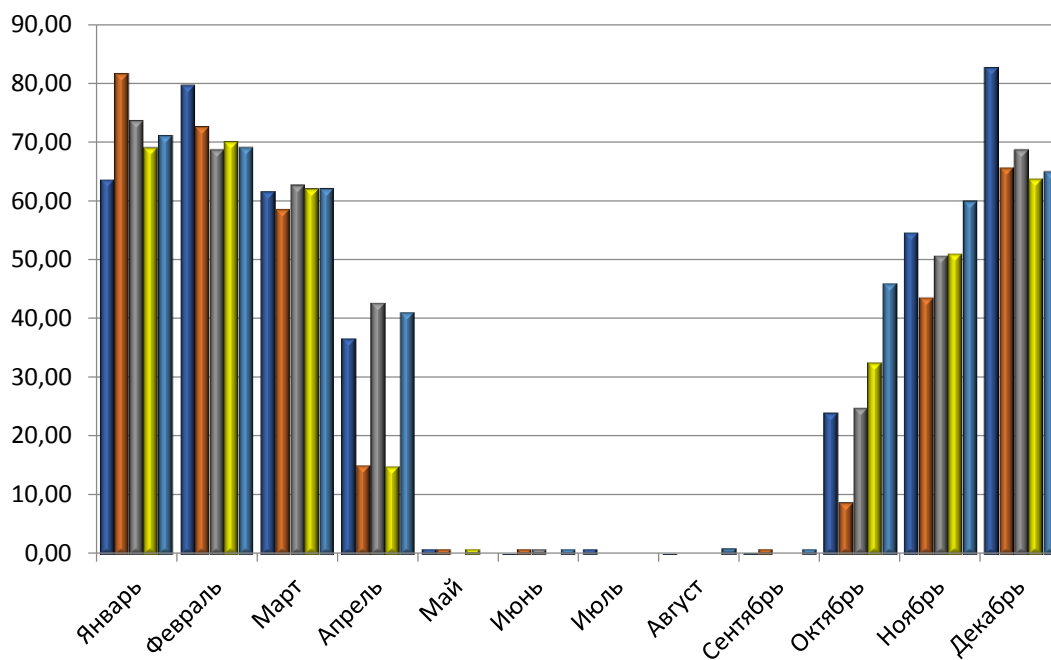


Рисунок 12 – Динамика потребления тепловой энергии 2015-2019 г.г. с разбивкой по месяцам, Гкал

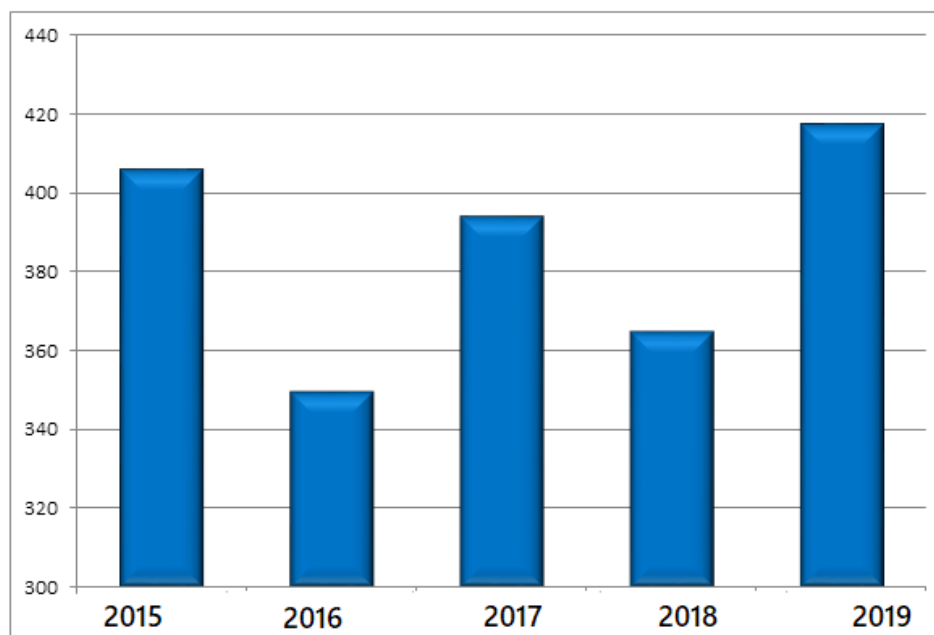


Рисунок 13 – Динамика потребления тепловой энергии 2015-2019 г.г., Гкал

Таблица 13 – Данные по климату региона расположения исследуемого объекта

Климат Самарской области													
Показатель	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек	Год
Абсолютный максимум, °С	4	7	16	29	33	39	40,1	40,5	33	26	12	7	40,5
Средний максимум, °С	-6,2	-5,9	-0,7	10,3	19,6	24,6	26,4	23,5	17,2	8,5	-0,7	-5,6	9,3
Средняя температура, °С	-10,6	-10,1	-4	6,8	14,6	19,3	20,9	18,6	13,0	5,4	-2,3	-7,4	5,4
Средний минимум, °С	-14	-14,4	-9,6	1,8	9,7	14,2	16,4	14,8	9,7	2,9	-5,8	-12,7	1,2
Абсолютный минимум, °С	-43	-39	-32	-25	-5	-2	5	0	-3	-15	-30	-41	-43
Норма осадков, мм	36	29	22	31	37	52	59	48	50	45	39	36	484

Расчет нормативного потребления тепла на горячее водоснабжение для хозяйственно – бытовых нужд произведен на основе численности учащихся с учетом количества горячей воды на приготовление пищи.

Нормы расхода, установленные для учащихся, включают все расходы обслуживающего персонала.

Среднечасовая потребность в тепле на горячее водоснабжение определена по формуле:

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{час}} = g_{\text{ГОЧ}} \times N \times (60 - t_{\text{ХВЗ}}) / 10^6 \quad (3)$$

где $g_{\text{ГОЧ}}$ – норма расхода горячей воды на одного основного потребителя в сут.

N – расчетное число основных потребителей ($N_{\text{пр}} + N_{\text{раб}}$)

$N_{\text{пр}}$ – среднее число учащихся в месяц, 354 чел.

$N_{\text{раб}}$ – число работников, 57 чел.

Годовая потребность в тепле на горячее водоснабжение (Гкал) при круглосуточной работе системы определена по формуле:

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{год}} = Q_{\text{ГО}} \times ((t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВЗ}}) \times Z_{\text{з}} + (t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВЛ}}) \times Z_{\text{л}}) / 10^6 \quad (4)$$

где $g_{\text{ГО}}$ – норма расхода горячей воды основным потребителем;

$t_{\text{ГВ}}$ – температура горячей воды 60 °С;

$t_{\text{ХВЗ}}$ – температура холодной водопроводной воды зимой, 5°С;

$t_{\text{ХВЛ}}$ – температура холодной водопроводной воды летом, 15°С;

$Z_{\text{з}}$ – продолжительность работы системы горячего водоснабжения в зимний период, 212 сут.;

$Z_{\text{л}}$ – продолжительность работы системы горячего водоснабжения в летний период, 153 сут.

Годовая потребность горячей воды на нужды столовой (Гкал) рассчитана исходя из количества реализуемых блюд в сутки по формуле:

$$Q_{\text{ГОД}}^{\text{СТОЛ}} = g_{\text{ГС}} \times C_{\text{В}} \times n \times T \times (t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВСР}}) / 10^6 \quad (5)$$

где $g_{\text{ГС}}$ – норма расхода горячей воды для приготовления одного условного блюда (11,5 л/сут);

n – число условных блюд, 354;

T – число дней в году работы столовой, 365.

Суммарный годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение:

$$Q_{\text{ГВС}} = Q_{\text{ГОД}}^{\text{ГВС}} + Q_{\text{ГОД}}^{\text{ПРАЧ}} + Q_{\text{ГОД}}^{\text{СТОЛ}}, \text{ Гкал/год} \quad (5)$$

Таблица 14 - Количество тепловой энергии, потребляемой на ГВС

Наименование	Обозначение	Ед. изм.	Количество	
			Расчет	Факт
Баланс потребления тепловой энергии на ГВС в год	$Q_{\text{ГОД}}^0$	Гкал/год	443,6	645

Анализ использования ресурса показал, что фактическое потребление тепловой энергии учреждением на ГВС больше расчетного, за счет отсутствия приборов учета тепловой энергии на ГВС.

Сброс сточных вод осуществляется по канализационному выпуску диаметром 100мм. Учет холодного водоснабжения осуществляется, прибором учета СКБ-25 указанный на рисунке 14.



Рисунок 14 – Прибор учета СКБ-25

Расчет нормативного потребления холодной воды:

$$G_{\text{пхв}} = g_{\text{хо}} \cdot N \cdot T / 1000, \text{ м}^3/\text{год} \quad (6)$$

где $g_{\text{хо}}$ - норма расхода холодной воды одним потребителем на СНиП 2.04.01-85, 16 л/сут.;

N – расчетное количество потребителей ($N_{\text{пр}} + N_{\text{раб}}$);

$N_{\text{пр}}$ – 354 чел.

$N_{\text{раб}}$ – 57 чел.

T – число суток в году, 365.

Результаты расчетов, выполненных по выражению (6) сведены в таблицу 15, где представлено расчетный объем потребления холодной воды.

Таблица 15 – Расчетные и фактические значения потребления холодной воды

Потребители ХВС	Норма расхода воды, л/сут	Расчетное количество потребителей	Расчетное количество сут.	Расчетный объем холодной воды, м ³ /год
Здания учреждения	16	411	245	1611
Итого				1611

Для анализа динамики изменения потребления холодной воды в учреждении составлена таблица с данными фактического потребления

холодной воды в учреждении. Данные представлены для пятилетнего периода (2015 – 2019 гг.) с разбивкой по месяцам. Анализ данных годовых значений потребления холодной воды в учреждении, представленных в таблице 16, показал, что потребление изменилось на 48% в 2019 году по сравнению с 2015 годом. Это говорит о результативности проведенных мероприятиях по повышению энергетической эффективности и энергосбережению. Так как данным о модернизации системы холодного водоснабжения нет, можно предположить, что были введены организационные мероприятия по снижению потребления холодной воды и устранены протечки в системе ХВС.

Таблица 16 –Значения фактического водопотребления за пятилетний период с разбивкой по месяцам

Месяц	Водопотребление, м ³				
	2015 г	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
январь	263	58	173	93	88
февраль	163	82	74	122	64
март	186	80	78	83	69
апрель	216	71	71	95	64
май	164	65	65	59	66
июнь	89	53	78	57	116
июль	104	34	62	40	37
август	91	8	69	55	34
сентябрь	98	86	68	73	66
октябрь	169	16	16	83	54
ноябрь	31	27	60	59	45
декабрь	28	117	50	71	49
Итого за год	1 602	697	864	890	752

Анализ использования ресурса показал, что фактическое потребление холодной воды учреждением ниже расчетного, из-за установки приборов учета холодного водоснабжения в здание учреждения. Наглядно, ежемесячное потребление холодной воды учреждением, представлены на рисунке 15.

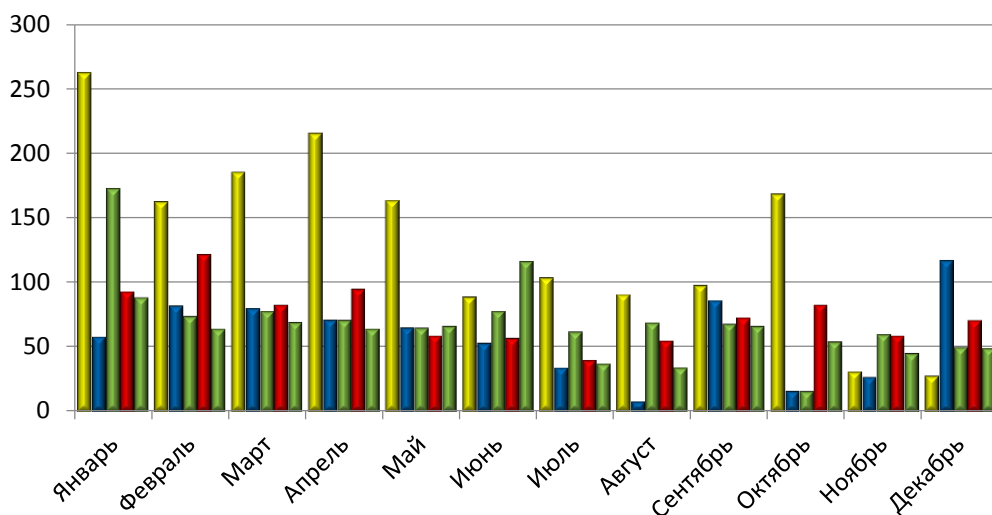


Рисунок 15 – Помесячное потребление холодной воды учреждением за пятилетний период (2015 – 2019 гг.)

Для визуализации динамики изменения в потреблении холодной воды учреждением составлена диаграмма представленная на рисунке 16.

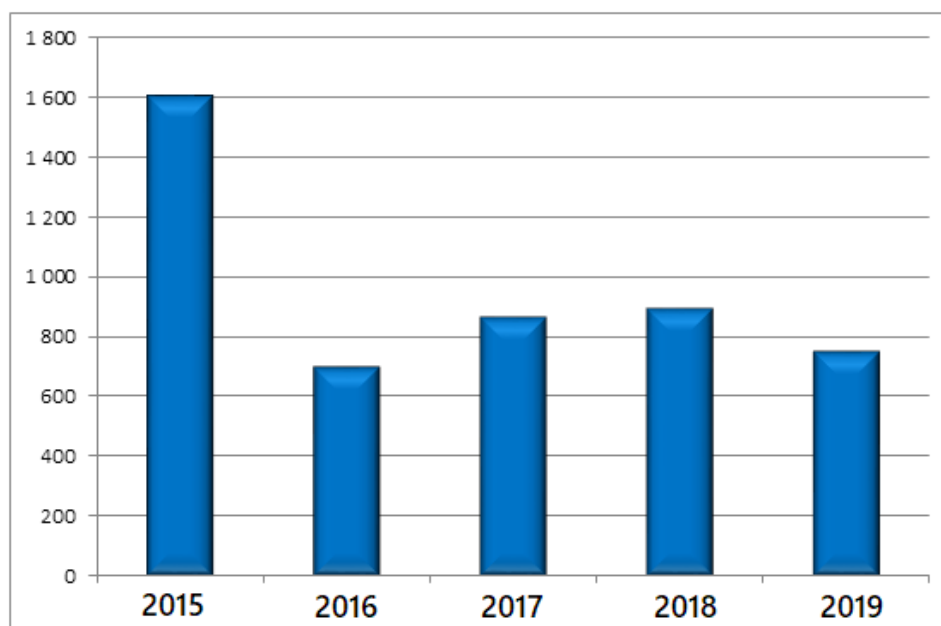


Рисунок 16 – Динамика водопотребления учреждения в период с 2015-2019 гг.

Динамика годового объема отпущенных сточных вод детским дошкольным образовательным учреждением с разбивкой по месяцам за период с 2015 по 2019 гг., представлена в таблице 17 и на рисунке 17.

На рисунке 18 показана динамика изменения уровня водоотведения за период с 2015 по 2019 года. Общее состояние водопроводных и канализационных сетей удовлетворительное, запорная арматура на вводах и в санузлах в удовлетворительном состоянии. Утечки не обнаружены.

Таблица 17 – Сведения о водоотведении за период с 2015 по 2019 с разбивкой по месяцам

Год	2015	2016	2017	2018	2019
Январь	342	97	289	120	120
Февраль	212	137	124	153	99
Март	311	134	130	115	109
Апрель	361	119	119	110	96
Май	274	109	109	70	85
Июнь	149	89	130	63	130
Июль	174	57	104	43	55
Август	152	13	75	63	52
Сентябрь	164	144	76	83	95
Октябрь	282	27	39	120	90
Ноябрь	52	45	88	98	83
Декабрь	47	195	84	111	90
Итого	2 520	1 166	1 367	1 149	1 104

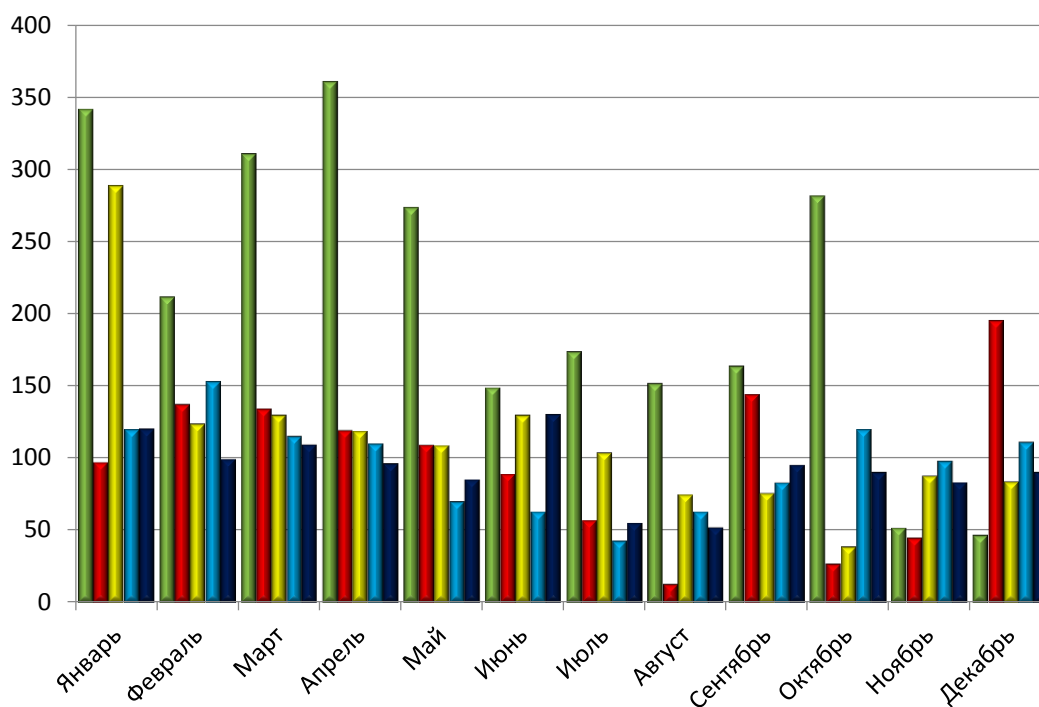


Рисунок 17 – Динамика водоотведения за 2015-2019 г.г. с разбивкой по месяцам, м³

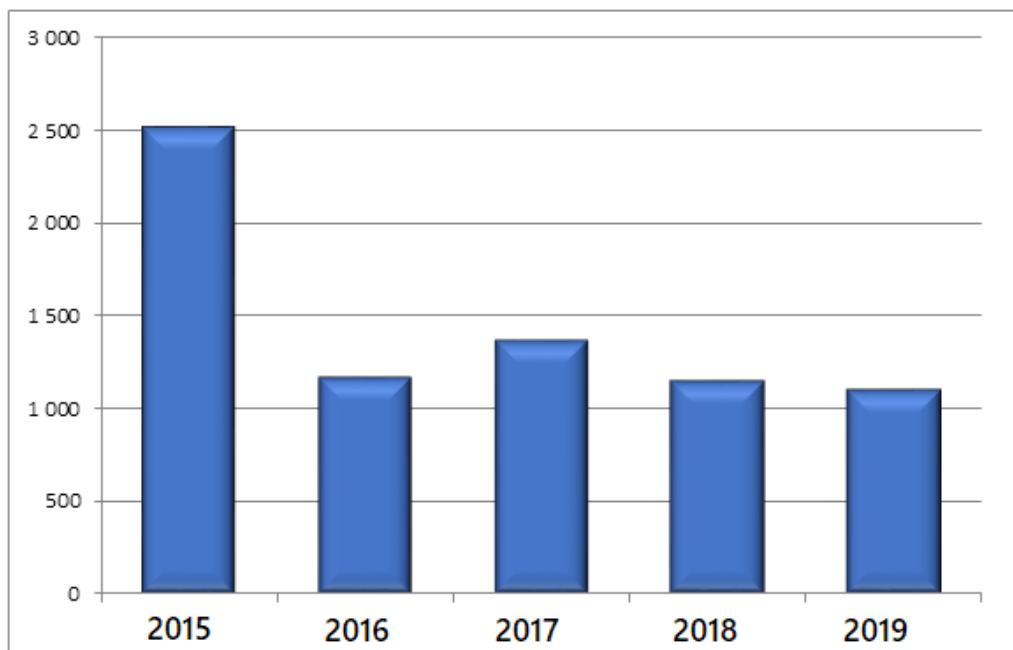


Рисунок 18 – Динамика водоотведения за 2015-2019 г.г., м³

Выводы по разделу 1

1. Установлено, что все инженерные системы детского дошкольного учреждения, включая систему внутреннего электроснабжения, систему теплоснабжения, водоснабжения и водоотведения находятся в удовлетворительном состоянии, повреждений в ходе осмотра не обнаружено.

2. Установлено, что в детском дошкольном образовательном учреждении отсутствует действующая система внешнего освещения. Данный факт не связан с уровнем энергетической эффективности, однако отсутствие системы негативно сказывается на безопасности. Необходимо предложить мероприятия по интеграции системы наружного освещения в энергоэффективную систему инженерного оборудования детского дошкольного образовательного учреждения.

3. Установлено, что фактические значения потребления тепла за 2019 год превышают расчетные. Это говорит о том, что в здании имеются места, которые являются очагами потерь тепла в атмосферу. Такими местами

могут являться межпанельные швы, система вентиляции, оконные конструкции, дверные конструкции и не соответствующие нормативам теплопроводность материала ограждающих конструкций. Кроме того, данный факт может негативно сказываться на внутреннем микроклимате помещений детского дошкольного учреждения. Поэтому в работе необходимо рассмотреть возможные мероприятия по снижению потерь тепла и по повышению эффективности системы отопления здания детского дошкольного образовательного учреждения.

3. Показано снижение потребления холодной воды в детском дошкольном образовательном учреждении. Снижение потребления в 2019 году по сравнению с 2015 годом достигло 48%, что говорит о результативности проведенных в учреждении организационных мероприятий, направленных на повышение энергетической эффективности. Анализ документации, хранящейся в учреждении, в частности, программы энергосбережения, показал наличие организационных мероприятий энергосберегающего характера в учреждении.

2 Мероприятия по повышению энергоэффективности системы инженерного оборудования детского дошкольного учреждения

Для детского дошкольного учреждения, в первом разделе магистерской диссертации, были представлены оценки потребления энергоресурсов. Исходя из проведенных оценок уровней энергопотребления, во втором разделе магистерской диссертации предлагается определить направления по модернизации системы инженерного оборудования дошкольного учреждения с целью повышения энергетической эффективности.

Основными направлениями по повышению энергетической эффективности являются мероприятия, направленные на снижение тепловых потерь здания через ограждающие конструкции (окна, стены, двери), снижение тепловых потерь через систему вентиляции, снижение мощности системы уличного освещения, снижение мощности системы внутреннего освещения, снижение потребления горячей и холодной воды из системы центрального водоснабжения.

Представленные задачи, могут быть решены как за счет внедрения в учреждении организационных мероприятий, так и за счет модернизации системы инженерного оборудования и здания детского дошкольного учреждения.

В рамках выполнения магистерской диссертации не определены задачи по разработке организационных мероприятий, направленных на повышение энергетической эффективности детского дошкольного учреждения. Поэтому во второй главе магистерской диссертации будут рассмотрены технические мероприятия повышения энергетической эффективности, связанные с заменой существующего или установкой дополнительного оборудования относящегося к системе инженерного оборудования детского дошкольного учреждения.

2.1 Определение направлений технического повышения энергоэффективности детского дошкольного учреждения

На данный момент в эксплуатации находятся здания, построенные с учетом устаревших строительных норм и правил. Такие здания нуждаются в проведении их реконструкции с целью повышения энергоэффективности, а также повышения безопасности их эксплуатации.

Кроме того, комплекс мер направленных на повышение энергетической эффективности должен учитывать все факторы, влияющие на энергоэффективность объекта, которые должны быть учтены в разрабатываемой для учреждения программе энергосбережения. В общем виде в программе по энергосбережению должны быть рассмотрены мероприятия, направленные на модернизацию всех инженерных систем здания включая систему электроснабжения, теплоснабжения и водоснабжения. Поэтому в данном разделе магистерской диссертации будут рассмотрены основные составляющие, которые могут быть включены в комплексную программу энергосбережения дошкольного учреждения [13].

Нормативные документы определяют параметры микроклимата общественных зданий, к которым относятся и детские дошкольные учреждения. Согласно [21] оптимальные параметры микроклимата общественных зданий определяются согласно следующим категориям:

Помещения первой категории – помещения, в которых люди в положении лежа или сидя находятся в состоянии покоя и отдыха.

Помещения второй категории – помещения, в которых люди заняты умственным трудом или учебой.

Третья категория помещений включает себя три подгруппы:

Категория 3а – помещения с массовым пребыванием людей, в которых они находятся преимущественно в положении сидя без уличной одежды.

Категория 3б – помещения с массовым пребыванием людей, в которых они находятся преимущественно в положении сидя в уличной одежде.

Категория 3в – помещения с массовым пребыванием людей, в которых они находятся преимущественно в положении стоя без уличной одежды.

Помещения четвертой категории – помещения для занятий подвижными видами спорта.

Помещения пятой категории – помещения, в которых люди находятся в полураздетом виде (раздевалки, процедурные кабинеты, кабинеты врачей и т. п.).

Помещения шестой категории – помещения с временным пребыванием людей (вестибюли, гардеробные, коридоры, лестницы, санузлы, кладовые) [23].

2.2 Мероприятия по энергосбережению в системе теплоснабжения детского дошкольного учреждения

Оптимальные и допустимые параметры микроклимата в помещениях общественных зданий согласно представленной выше классификации помещений по категориям для холодного периода года представлены в таблице 18.

Для соблюдения указанных в таблице 18 параметров микроклимата необходимо выполнить модернизацию системы отопления здания детского дошкольного учреждения, а также модернизацию системы вентиляции и кондиционирования помещений [23].

Рассматривая здание детского дошкольного учреждения можно видеть, что основные потери тепла происходят через ограждающие конструкции [14]:

1. Окна
2. Двери
3. Крыша
4. Пол
5. Стены.

Таблица 18 – Параметры микроклимата в помещениях общественных зданий для холодного периода года

Категория помещения	Температура внутри помещения, °С		Относительная влажность воздуха внутри помещения, %		Скорость движения воздуха внутри помещения, м/с	
	Оптимальное значение	Допустимое значение	Оптимальное значение	Допустимое значение	Оптимальное значение	Допустимое значение
1	20-22	18-24	45-30	60	0,2	0,3
2	19-21	18-23	45-30	60	0,2	0,3
3а	20-21	19-23	45-30	60	0,2	0,3
3б	14-16	12-17	45-30	60	0,2	0,3
3в	18-20	16-22	45-30	60	0,2	0,3
4	17-19	15-21	45-30	60	0,2	0,3
5	20-22	20-24	45-30	60	0,15	0,2
6	16-18	14-20	НН	НН	НН	НН
Ванная, душевая	24-26	18-28	НН	НН	0,15	0,2
В детском дошкольном учреждении						
Групповая раздевалка и туалет:						
-для ясельных и младших групп - для средних и дошкольных групп	21-23 19-21	20-24 18-25	45-30 45-30	60 60	0,1 0,1	0,15 0,15
Спальня:						
— для ясельных и младших групп - для средних и дошкольных групп	20-22 19-21	19-23 18-23	45-30 45-30	60 60	0,1 0,1	0,15 0,15

Модернизация системы отопления может включать в себя следующие этапы.

1. Замена отопительных приборов в помещении.
2. Замена системы отопления здания, перевод системы отопления на коллекторный вид с возможностью регулирования температуры в каждом отдельном помещении.
3. Применение средств автоматизации при регулировании температуры в каждом отдельном помещении.

4. Установка теплоотражающих экранов за отопительными приборами для снижения тепловых затрат на обогрев ограждающей конструкции за отопительным прибором и увеличении направленности теплового потока в сторону помещения.

5. Установка автоматизированного теплового пункта на здание детского дошкольного учреждения.

Кроме того, микроклимат в помещениях детского дошкольного учреждения может поддерживаться за счет проведения мероприятий по утеплению здания, которые включают в себя.

1. Утепление стен здания детского дошкольного учреждения с наружной стороны.

2. Утепление межпанельных швов с наружной стороны здания.

3. Замена стеклопакетов на энергосберегающие, т.е. имеющие более высокий коэффициент теплового сопротивления.

4. Утепление фундамента здания.

5. Утепление крыши здания детского дошкольного учреждения.

Все мероприятия, относящиеся к утеплению здания, являются затратными как по времени из проведения, так и по финансовым вложениям. Бюджетные организации не всегда могут позволить себе проведение таких масштабных реконструкций.

Кроме того, проведение всех вышеперечисленных мероприятий может привести к тому, что микроклимат в помещении будет иметь параметры, не удовлетворяющие параметрам, указанным в таблице 18. Поэтому при выборе мероприятий, направленных на утепление здания и снижения тепловых потерь через ограждающие конструкции необходимо учитывать возможность установки автоматизированной системы регулирования температуры в помещениях.

Из перечисленных выше мероприятий к энергосберегающим мероприятиям [10] с использованием средств автоматизации управления микроклиматом помещений относятся:

1. Установка автоматизированного теплового пункта на здание детского дошкольного учреждения.

2. Применение средств автоматизации при регулировании температуры в каждом отдельном помещении.

Автоматизированный индивидуальный тепловой пункт (АИТП) – это комплекс устройств для распределения тепловой энергии в помещении и качественно-количественной регулировки теплоносителя на нужды отопления в соответствии с погодными условиями и фактическими потребностями в тепловой энергии.

Применение автоматизированного индивидуального теплового пункта возможно при условии, что в здании уже осуществляется коммерческий учет потребления тепловой энергии.

В настоящее время в зданиях в основном применяются тепловые пункты, выполненные с элеваторным узлом регулирования. При этом производится также коммерческий учет тепловой энергии. Схема элеваторного теплового пункта представлена на рисунке 19.

На рисунке 19 показано:

- 1 – Подающий трубопровод;
- 2 – Обратный трубопровод;
- 3 – Задвижки (запорная арматура);
- 4 – Водомер;
- 5 – Грязевой фильтр;
- 6 – Манометры;
- 7 – Термометры;
- 8 – Элеватор;
- 9 – Отопительные приборы (потребители тепловой энергии).

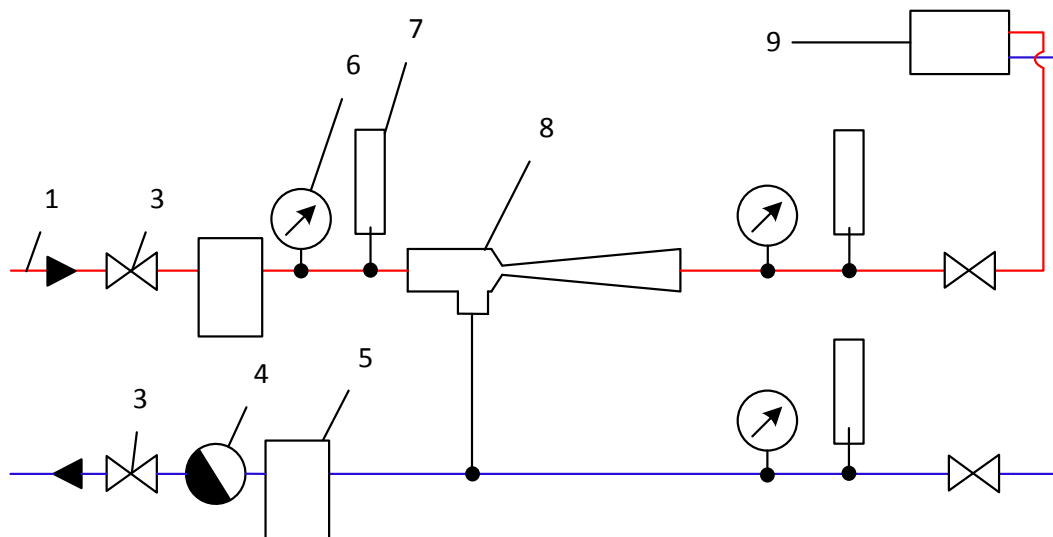


Рисунок 19 – Схема элеваторного теплового пункта

Недостатком применения подобных узлов теплового ввода является невозможность проведения точной регулировки температуры теплоносителя. Наиболее ярко данный недостаток проявляется в переходные режимы, когда наружная температура воздуха не достигла установившегося значения и происходит ее колебание в пределах $\pm 5^{\circ}\text{C}$. Элеваторный узел способен обеспечить только качественную регулировку, что изначально снижет потенциал энергосбережения. Так как регулирование температуры осуществляется источнике тепловой энергии, а регулировка температуры внутри помещений выполняется потребителем за счет открывания окон и т.д. Подобные недостатки тепловых пунктов с элеваторной схемой регулировки теплоносителя позволяет устранить применение автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов.

Автоматизированный индивидуальный тепловой пункт включает в себя следующие устройства:

1. Контроллер – устройство управления, осуществляющее функции измерения, вычисления, выработки управляющих команд в соответствии с заданным алгоритмом;
2. Теплообменное оборудование;

3. Датчики температуры – определяют температуру теплоносителя в системе;

4. Клапан регулятора расхода с приводом;

5. Циркуляционный насос – устройство, предназначенное для принудительного перекачивания теплоносителя;

6. Обратный клапан – устройство, обеспечивающее движение жидкости только в заданном направлении, и чтобы это направление не могло поменяться на противоположное, обратное.

Автоматизированные индивидуальные тепловые пункты могут быть условно разделены на две группы.

Группа 1 – автоматизированные индивидуальные тепловые пункты, выполненные по независимой схеме, рисунок 20.

На рисунке 20 условными обозначениями показаны:

1 – Микроконтроллер управления системой отопления;

2 – Двухходовой регулирующий клапан с электрическим приводом;

3 – Датчики температуры теплоносителя;

4 – Датчик температуры наружного воздуха;

5 – Реле давления обеспечивающее защиту насосов от «сухого хода»;

6 – Грязевые фильтры;

7 – Задвижки (запорная арматура);

8 – Термометры;

9 – Манометры;

10 – Циркуляционные насосы системы отопления здания;

11 – Обратный клапан;

12 – Контроллер для управления циркуляционными насосами системы отопления здания;

13 – Теплообменный аппарат.

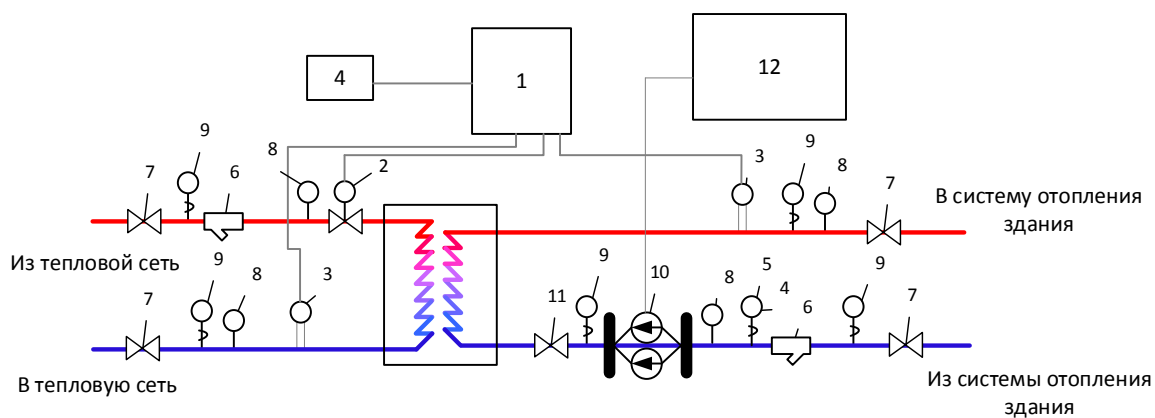


Рисунок 20 – Схема автоматизированного теплового пункта, выполненного по независимой схеме

Группа 2 – автоматизированные тепловые пункты, выполненные по зависимой схеме, рисунок 21.

На рисунке 21 условными обозначениями показаны:

- 1 – Микроконтроллер управления системой отопления;
- 2 – Датчики температуры теплоносителя в прямой и обратной магистрали;
- 3 – Обратный клапан;
- 4 - Регулирующий клапан с электрическим приводом и возможностью удаленного управления;
- 5 – Циркуляционный насос системы отопления здания;
- 6 – Внутренняя система отопления здания (телопотребители, отопительные приборы);
- 7 – Датчик наружной температуры воздуха, устанавливается на наружной стене здания.

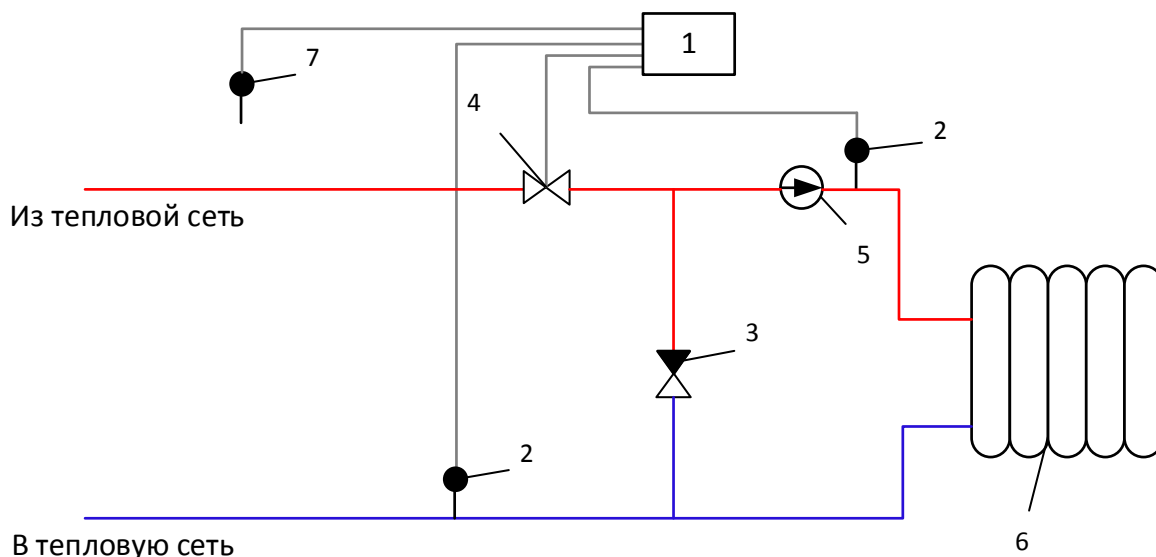


Рисунок 21 – Схема автоматизированного теплового пункта, выполненного по зависимой схеме

Автоматизированные тепловые пункты, могут также дополняться возможностью подогрева воды в системе горячего водоснабжения здания. Современные автоматизированные индивидуальные тепловые пункты выполняются по блочно-модульной схеме, что позволяет потребителям выбирать компоновку теплового пункта исходя из своих потребностей и финансовых возможностей.

Сравнение схем двух групп, автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов, позволяет определить достоинства каждой из них.

Достоинства автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов, выполненных по независимой схеме (группа 1):

1. Независимость отопительного контура здания от гидравлического режима тепловой сети.
2. Отсутствие влияния качества теплоносителя, циркулирующего в тепловой сети, на внутреннюю систему отопления здания.

Достоинствами автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов, выполненных по зависимой схеме, являются:

1. Низкие финансовые затраты на установку данного автоматизированного индивидуального теплового пункта по сравнению с тепловыми пунктами, выполненными по независимой схеме.

Автоматизированные индивидуальные тепловые пункты должны обеспечивать:

1. Регулирование затрат тепловой энергии в системе отопления и ограничение максимального расхода сетевой воды у потребителя;

2. Заданную температуру в системе горячего водоснабжения (ГВС);

3. Поддержание статического давления в системах потребителей тепловой энергии при их независимом присоединении;

4. Заданное давление в обратном трубопроводе или необходимый перепад давления воды в подающем и обратном трубопроводах тепловых сетей;

5. Защиту систем теплоснабжения от повышенного давления и температуры;

6. Включение резервного насоса при отключении основного рабочего;

7. Возможность интеграции АИТП в единую систему регулирования и мониторинга (SCADA).

При установке в здании автоматизированного индивидуального теплового пункта необходимо придерживаться действующих норм и правил, согласно которым в АИТП должно размещаться оборудование, арматура, устройства контроля, управления и автоматики, которые выполняют следующие функции:

1. Регулирование температуры теплоносителя в системе отопления здания в зависимости от погодных условий;

2. Изменение и контроль параметров поступающего из тепловой сети теплоносителя и теплоносителя циркулирующего во внутренней системе отопления здания;

3. Учет тепловых нагрузок и затрат теплоносителя из внешней тепловой сети;

4. Осуществление регулирования затрат теплоносителя;
5. Защиту внутренней системы отопления здания от аварийного повышения параметров теплоносителя;
6. Очистку теплоносителя;
7. Заполнение и подпитку внутренней системы отопления здания;
8. Возможность осуществления комбинированного теплоснабжения с использованием альтернативных источников теплоснабжения.

Подсоединение потребителей к внешней сети должно осуществляться по схемам с минимальными затратами воды, а также экономией тепловой энергии за счет установки автоматических регуляторов теплового потока и ограничения затрат сетевой воды. Не допускается присоединение системы отопления к тепловой сети через элеватор вместе с автоматическим регулятором теплового потока.

Для АИТП, выполненных по независимой схеме, необходимо использовать только высокоэффективные теплообменные аппараты, имеющие высокие теплотехнические и эксплуатационные характеристики и малые габариты. В наивысших точках трубопроводов АИТП следует устанавливать автоматические устройства для отвода воздуха из системы отопления. В нижних точках АИТП необходимо устанавливать устройства, обеспечивающие отвод воды или конденсата из системы отопления здания.

На вводе АИТП на подающем трубопроводе следует устанавливать грязевые фильтры, а перед циркуляционными насосами, теплообменными аппаратами, регулирующими клапанами и приборами учета – сетчатые фильтры. Грязевые фильтры также необходимо устанавливать на обратной магистрали перед регулирующими устройствами и приборами учета. По обе стороны от фильтров следует предусматривать установку манометров для контроля загрязнения фильтра и проведения его своевременной очистки.

Особые требования к автоматизированным тепловым пунктам предъявляются по соображениям снижения шумовой нагрузки. Для этого АИТП не допускается располагать рядом, под или над помещениями жилых

квартир, спален и комнат игр детсадов. Кроме того, регламентируется, что установленные насосы должны быть с допустимым низким уровнем шума.

2.3 Мероприятия по энергосбережению в системе вентиляции детского дошкольного учреждения

Согласно приведенным требованиям к автоматизированным индивидуальным тепловым пунктам, а также для обеспечения и поддержания требуемых параметров микроклимата в помещениях детского дошкольного учреждения, приведенными в таблице 18, необходимо предусмотреть возможность модернизации системы внутренней вентиляции здания детского дошкольного учреждения.

Современное развитие микропроцессорной техники позволят внедрять микроконтроллеры не только в систему отопления зданий и учреждений, но и в систему вентиляции. Инновационными решениями при реконструкции систем вентиляции и повышением общей энергоэффективности здания с сохранением и поддержанием требуемых параметров микроклимата является применение адаптивных систем вентиляции.

Адаптивная система вентиляции осуществляет контроль и автоматическое регулирование воздухообмена в помещениях здания на основании информации получаемой от датчиков, установленных внутри помещений. Адаптивная система вентиляции включает в себя возможность использования следующих типов датчиков: датчики движения, датчики присутствия, датчики углекислого газа.

Применение подобных систем позволяет:

1. Значительно снижать потери тепла через систему вентиляции.
2. Оптимизировать потребление электрической энергии вентиляторами системы вентиляции.
3. Оптимизировать потребление электрической энергии системы кондиционирования здания.

4. Обеспечить требуемый уровень качества воздуха внутри помещений.
5. Повысить акустический комфорт за счет снижения уровня шума и отсутствия необходимости открывать окна для осуществления проветривания помещений.
6. Повысить качество пребывания детей в помещениях за счет ограничения наличия сквозняков.

На рисунке 22 представлена схема установки мульти зональной системы приточно-вытяжной вентиляции, обеспечивающей требуемые параметры микроклимата внутри помещений детского дошкольного учреждения. Регулирование параметров микроклимата осуществляется по показаниям трех типов датчиков: датчика движения, датчика присутствия и датчиков углекислого газа.

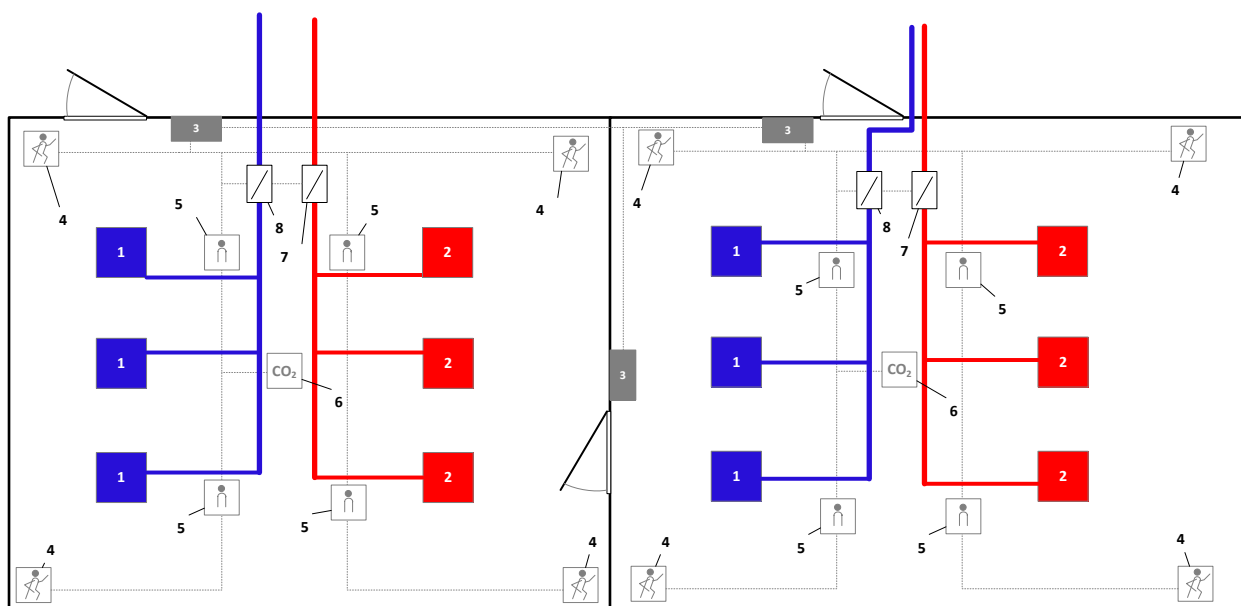


Рисунок 22 – Схема мульти зональной системы приточно-вытяжной вентиляции

На рисунке 22 условно показаны:

- 1 – Диффузор приточной вентиляции;
- 2 – Диффузор вытяжной вентиляции;
- 3 – Модуль контроля и задания параметров микроклимата помещения;
- 4 – Датчик движения;

- 5 – Датчик присутствия;
- 6 – Датчик содержания углекислого газа в воздухе помещения;
- 7 – Клапан вытяжной вентиляции с электрическим приводом;
- 8 – Клапан приточной вентиляции с электрическим приводом.

Все датчики, контроллеры и клапаны вентиляции подключены к общей информационной шине, что позволяет осуществлять контроль и установку параметров микроклимата не только через контроллеры, установленные внутри помещения, но и дистанционно, а также связывать систему вентиляции с системой отопления здания детского дошкольного учреждения.

Для повышения качества микроклимата в помещениях детского дошкольного учреждения система вентиляции может быть дополнена климатическим оборудованием, обеспечивающим кондиционирование воздуха, а также обогрев воздуха, поступающего в систему приточной вентиляции.

Для выполнения данной функции предлагается использовать в системе вентиляции детского дошкольного учреждения вентиляционной установки со встроенным тепловым насосом.

Применение теплового насоса в системе вентиляции позволит осуществлять функции вентилирования помещения, кондиционирования и поддержания требуемого уровня качества поступающего воздуха, таким образом, внутри помещений не будет проникать пыль с улицы, а также возможные загрязняющие и вредные примеси, присутствующие в уличном воздухе [31].

Вид климатического оборудования для системы вентиляции и кондиционирования воздуха со встроенным тепловым насосом представлен на рисунке 23, а на рисунке 24 показана схема работы подобной климатической установки и ее внутренняя компоновка.



Рисунок 23 – Приточно-вытяжная установка со встроенным тепловым насосом

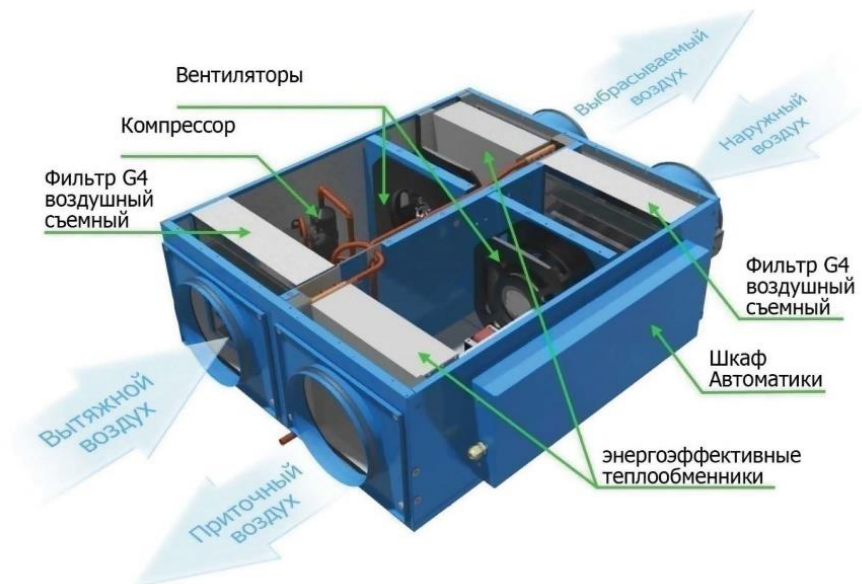


Рисунок 24 – Внутренняя компоновка приточно-вытяжной установки со встроенным тепловым насосом

Тепловой насос – это устройство для переноса тепловой энергии посредством термодинамических процессов конденсации и испарения. Существует несколько типов тепловых насосов, которые характеризуются по типу использования теплоносителей [31].

1. Водно-водяные тепловые насосы, которые применяются в основном в водяных системах отопления, где в качестве источника теплоты используются

либо геотермальные скважины, либо низко потенциальные наружные источники тепла такие, как водоемы.

2. Воздухо-водяные тепловые насосы используются в системах водяного отопления, в которых в качестве источника тепла выступает наружный воздух.

3. Воздухо-воздушные тепловые насосы, которые могут применяться как в системах воздушного отопления, так и в системах вентиляции. Они могут сочетать в себе функции нагрева и охлаждения воздуха внутри помещений.

Принцип функционирования всех тепловых насосов аналогичен обратному принципу и термодинамическому циклу работы холодильной машины. Схема работы теплового насоса изображена на рисунке 25.

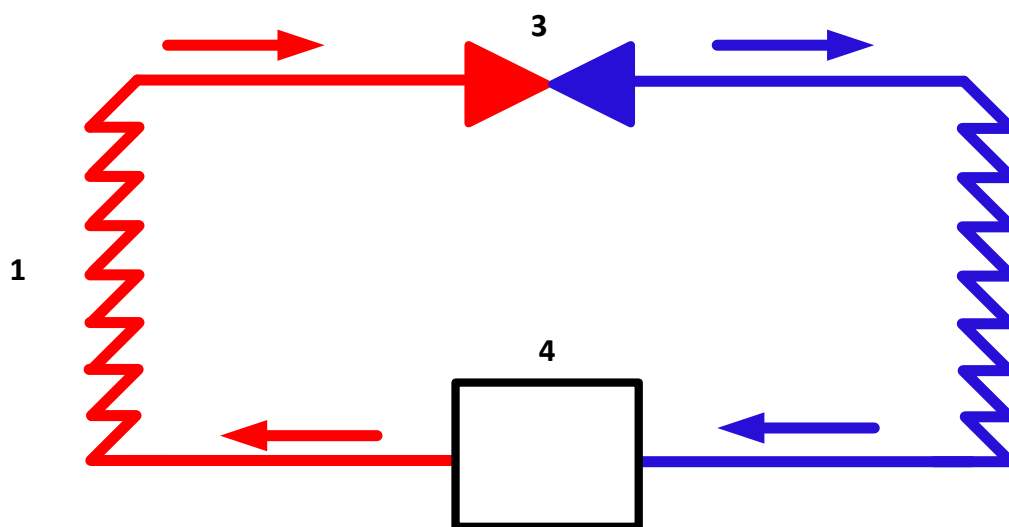


Рисунок 25– Схема работы теплового насоса

На рисунке 25 показано:

- 1 – Конденсатор;
- 2 – Испаритель;
- 3 – Клапан;
- 4 – Компрессор.

Контур теплового насоса заполняется газообразным хладагентом. Компрессор сжимает газообразный хладагент. При этом происходит его нагрев. Нагретый газообразный хладагент поступает в конденсатор, который представляет собой теплообменный аппарат. В теплообменный аппарат нагретый газовый хладагент поступает под давлением и отдает тепло окружающей среде. При этом происходит его остывание. Отдавая часть своей энергии окружающей среде, газообразный хладагент конденсируется и через клапан 3 (рисунок 25) попадает в контур испарителя. Испаритель также представляет собой теплообменный аппарат.

В испарителе 2 (рисунок 25) происходит сброс давления и фреон из жидкой фазы переходит обратно в газообразное состояние. Процесс испарения хладагента сопровождается поглощением тепла из окружающей среды. Далее газообразный хладагент опять попадает в компрессор, где происходит его сжатие, и цикл работы теплового насоса замыкается.

Сжимая газообразный хладагент, компрессор потребляет электрическую энергию. Коэффициент, характеризующий отношение вырабатываемой тепловым насосом тепловой энергии к потребляемой им электрической энергии называется коэффициентом преобразования теплоты (англ. *coefficient of performance, COP*). Этот коэффициент служит показателем эффективности теплового насоса. В таблице 19 показаны значения коэффициента *COP* и соответствующий класс энергетической эффективности.

В приточно-вытяжных вентиляционных установках применяется реверсивный воздухо-воздушный тепловой насос. В холодный период в приточной части установки находится конденсатор, который отдает тепло и, тем самым, подогревает приточный воздух. Тепло забирается из вытяжного воздуха, где в холодный период находится испаритель. Схема работы теплового насоса в холодный период представлена на рисунке 26.

Таблица 19 – Характеристика значений коэффициента *COP*

Значение коэффициента <i>COP</i>	Класс энергетической эффективности
выше 3,6	A
[3,6;3,4)	B
[3,4;3,2)	C
[3,2;2,8)	D
[2,8;2,6)	E
[2,6;2,4)	F
Ниже 2,4	G

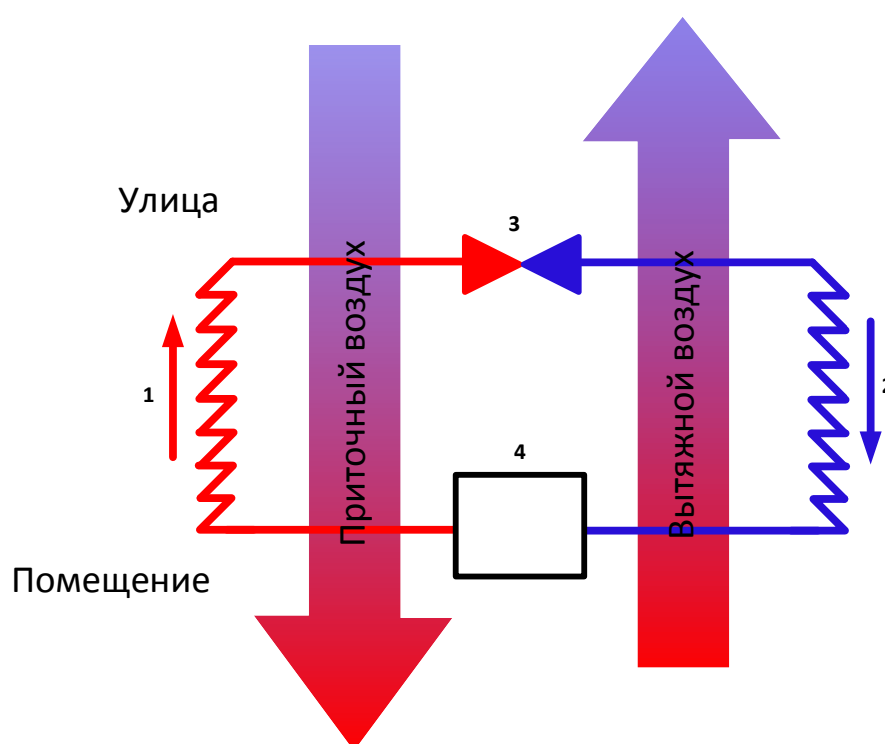


Рисунок 26 - – Схема работы воздухо-воздушного теплового насоса в системе вентиляции в холодный период

В теплый период в приточной части находится испаритель. Он забирает тепло из приточного воздуха и тем самым охлаждает его. Конденсатор в теплый период находится в вытяжной части установки и отобранное в приточной части тепло сбрасывается в вытяжной воздух. Схема работы теплового насоса в теплый период представлена на рисунке 27.

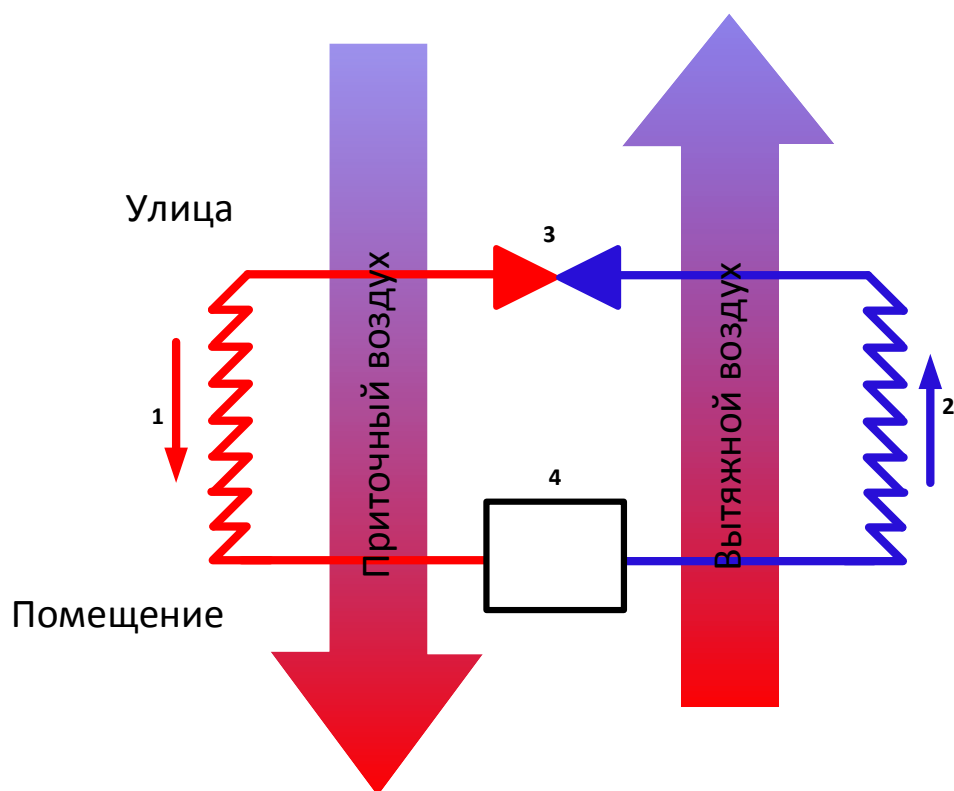


Рисунок 27 – Схема работы воздухо-воздушного теплового насоса в системе вентиляции в теплый период

2.4 Мероприятия по повышению энергетической эффективности системы освещения

С 1 января 2021 года закончилось действие нормативного документа, регламентирующего, в том числе и требования к системам освещения детских дошкольных учреждений – детских садов – это СанПиН 2.4.1.3049-13. В этом нормативном документе устанавливались требования к дошкольным образовательным учреждениям. Указанный документ заменен на свод правил СП 2.4.3648-20, в котором приводятся нормы для организаций воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи. Относительно внутреннего освещения для учреждений данного типа указано:

1. «Территория учреждения должна быть оборудована наружным электрическим освещением.

2. В игровых, спальнях групповых ячеек и учебных кабинетах обеспечивается боковое, верхнее или двустороннее освещение. В учебных кабинетах естественный свет должен быть левосторонним.

3. Без естественного света могут быть организованы следующие помещения: умывальные, душевые, туалеты при спортивном зале, складские и кладовые помещения, комнаты для хранения уборочного инвентаря.»

В разделе 1 магистерской диссертации установлено, что в учреждении отсутствует функционирующая система наружного освещения, поэтому необходимо предложить мероприятия по созданию системы наружного освещения и ее интеграции в автоматизированную систему управления инженерным оборудованием здания детского дошкольного образовательного учреждения. В разделе 1 также установлено, что в учреждении используются устаревшие и не эффективные установки внутреннего освещения, поэтому необходимо разработать мероприятия по повышению эффективности системы внутреннего освещения. При разработке мероприятий нужно учитывать возможность связи системы внутреннего освещения с системой управления микроклиматом помещений детского дошкольного образовательного учреждения.

2.4.1 Мероприятия по повышению энергетической эффективности системы наружного освещения

Система наружного освещения может быть выполнена:

1. Установками освещения, размещенными на стенах/крыше здания;
2. Установками освещения, размещенными по периметру территории детского дошкольного образовательного учреждения;
3. Комбинированным размещением, учитывая первый и второй вариант размещения установок наружного освещения.

На территории детского дошкольного образовательного учреждения, кроме основного здания, расположены площадки для прогулки детей.

Прогулки осуществляются только в дневное время при благоприятных погодных условиях, поэтому размещение установок наружного освещения по периметру территории детского дошкольного учреждения нецелесообразно. Единственное условие размещения установок наружного освещения на территории детского дошкольного образовательного учреждения является необходимость осуществления местной ландшафтной или архитектурной подсветки. Основной задачей при разработке технических мероприятий по повышению энергетической эффективности системы инженерного оборудования детского дошкольного учреждения является разработка таких мероприятий, которые могли бы быть применены в любом из учреждений, как на территории Самарской области, так и на территории других областей, краев и республик Российской Федерации. Исходя из этого, в работе будут рассмотрены мероприятия по использованию установок наружного освещения, располагаемых по периметру здания на стенах/крыше объекта.

Для использования установок наружного освещения на стенах/крыше объекта они должны быть дополнены датчиками освещенности и астрономическим реле времени 28.



Рисунок 28 – Астрономическое реле времени

Астрономическое реле времени – это реле времени способное подавать сигналы для управления системой как внутреннего, так и наружного

освещения в зависимости от географических координат установки системы освещения. Географические координаты задаются непосредственно в реле в автоматическом режиме, т.е. реле само определяет и корректирует свое месторасположение с определенным интервалом времени, обычно несколько раз в сутки. На рисунке представлено астрономическое реле времени марки Orbis Astro Nova City OB178012. Данное реле может быть использовано для управления системой освещения с потребляемой мощностью до 3кВт, так как реле выполнено на напряжение 220 В, и имеет возможность осуществлять коммутацию цепей с током до 16 А. Для управления системой наружного освещения разработана схема, представленная на рисунке 29.

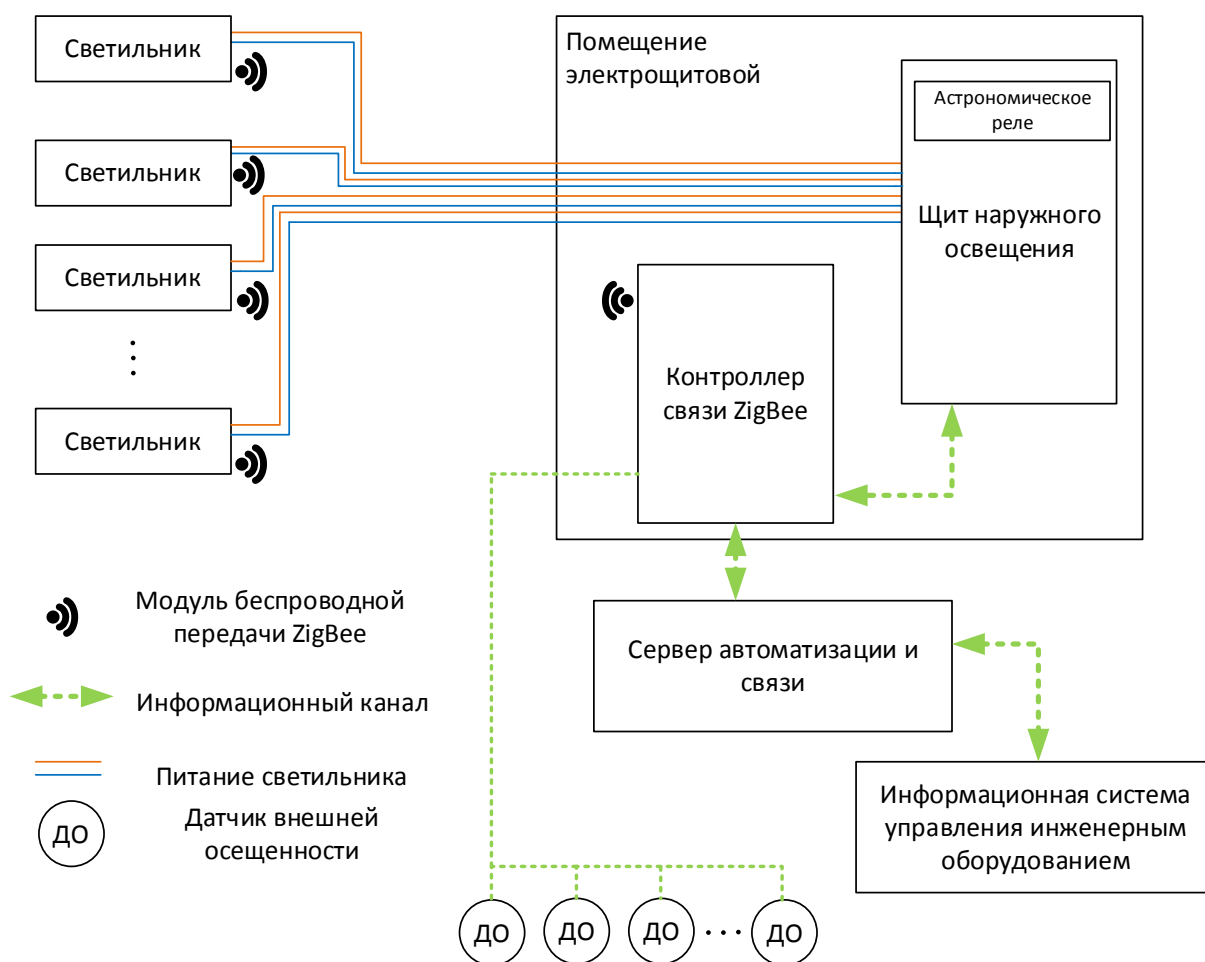


Рисунок 29 – Схема управления наружным освещением

Кроме использования астрономического реле времени, система управления наружным освещением должна быть дополнена устройствами, осуществляющими контроль работоспособности светильников, а также уровнем освещенности для обеспечения возможности диммирования установок наружного освещения, т.е. снижением или повышением светового потока светильники в зависимости от внешних условий освещенности. Подобная функция может быть реализована с использованием датчика наружной освещенности (рисунок 30), для эффективной работы системы управления уличным освещением датчики должны быть размещены аналогично светильникам, т.е. при размещении светильников на крыше здания, датчики размещаются также на крыше, а при размещении светильников на стенах здания, датчики размещаются на стенах.



Рисунок 30 – Датчик освещенности

Датчик освещенности должен обеспечивать измерение уровня освещенности в большом диапазоне и с высокой точностью, так как показания датчика будут использоваться в работе алгоритмов системы освещения.

При выборе светильников, используемых в системе наружного освещения, необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Светильник должен быть светодиодным;
2. Драйвер светодиодного светильника должен иметь возможность осуществления диммирования;
3. Светильник должен иметь корпус, подходящий для использования вне помещений, т.е. влаго- и пылезащищенный с IP 56.
4. Светильник должен иметь широкую кривую силы света (КСС) типа Ш (рисунок 31).

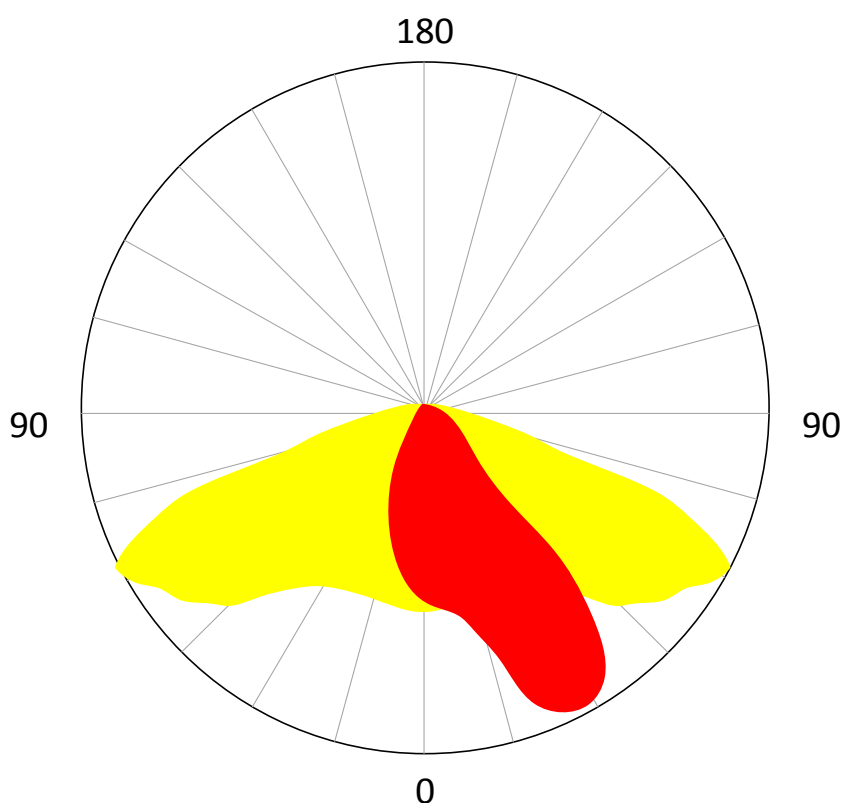


Рисунок 31 – Кривая силы света типа Ш

При выборе мощности светильника следует руководствоваться высотой подвеса. Для уличных светильников, используемых в системе наружного освещения в детском дошкольном учреждении необходимо выполнить исследование по установке светильника на разных высотах и определении его зоны освещения при наиболее тяжелых условиях. Для проведения исследования будет использована программа для расчёта и моделирования

систем освещения DiaLux EVO [31]. В качестве светильника будет использован светильник марки Street X1 / 43 Вт / 7740 лм / L8. Данный светильник производится компанией Ledel, которая одной из первых на территории России начала производство светодиодных светильников различного назначения. По сравнению с аналогичными светильниками других производителей, светильник Street X1 имеет высокий световой поток – 7740 Лм, при достаточно низкой мощности – 43 Вт. При этом обеспечивается высокий уровень энергетической эффективности светильника 180 Лм/Вт. Кроме этого, светильник может быть использован с системой управления уличным освещением по стандарту ZigBee. Этот стандарт позволяет интегрировать систему уличного освещения в информационную систему здания и управлять ей сформированными алгоритмами, при этом система обеспечивает самодиагностику светильника, диммирование и передачу управляющих сигналов по беспроводному интерфейсу [33].

Для определения площади освещения светильника в программе моделирования освещения DiaLux Evo необходимо воспользоваться IES файлами с сайта производителя светильника.

2.4.2 Мероприятия по повышению энергетической эффективности системы внутреннего освещения

Так как анализ системы внутреннего освещения детского дошкольного образовательного учреждения проведенный в первом разделе магистерской диссертации показал, что в учреждении установлены люминесцентные светильники и светильники с лампами накаливания, то эффективным мероприятием по повышению энергетической эффективности является мероприятие по замене светильников на светодиодные [29].

Согласно в помещениях детского дошкольного учреждения у система общего освещения должна быть выполнена потолочными светильниками с источниками света по спектрам: тепло-белый, естественно-белый, т.е.

характеристики светильника должны обеспечивать следующие показатели [30]:

- 1) Цветность света: 2700К-3500К
- 2) Тип рассеивателя: опаловый, матовый или молочно-белый
- 3) Индекс цветопередачи Ra > 80
- 4) Коэффициент пульсации < 5%

Несоблюдение данных требований не позволит пройти экспертизу проекта реконструкции системы внутреннего освещения, а также может негативно сказываться на самочувствии детей. Поэтому для использования в детских дошкольных учреждениях рекомендуется применять светильники, имеющие соответствующие сертификаты, подтверждающие соответствие перечисленным параметрам. Анализ рынка светодиодных светильников показал, что таким характеристикам соответствует продукция именитых брендов, в том числе и российских. В разделе с мероприятиями по повышению энергетической эффективности системы наружного освещения были предложены к использованию светильники производства компании Ledel. Для освещения помещений образовательных учреждений компания Ledel имеет соответствующую линейку модельного ряда – это светодиодные светильники марки L-School. В линейки моделей светильников L-School представлены светильники различной мощности и типоразмеров, кроме того имеются светильники со встроенными блоками аварийного питания для реализации аварийного освещения, а также светильники с двумя режимами освещения ECO и TURBO. Отличие этих двух режимов заключается только в потребляемой мощности и величине светового потока. Для режима ECO мощность светильника составляет 32 Вт, а для TURBO – 48 Вт. Для светового потока – режим ECO – 3800 Лм, режим TURBO – 5650 Лм. Показатели энергоэффективности для светильника, т.е. его светоотдача: режим ECO: 118,75 Лм/Вт; режим TURBO: 117,7 Лм/Вт. Данные показатели являются достаточно высокими, поэтому данные светильники могут быть

использованы для реализации проектов повышения энергетической эффективности детских дошкольных образовательных учреждений.

Светильники марки L-School имеют КСС типа Д (рисунок 32), и по световому потоку могут заменить два светильника ЛПО 2×36.

Так как характеристики светильников L-School отличаются от характеристик люминесцентных светильников, то при выборе их мест размещения необходимо проводить дополнительный светотехнический расчет для каждого из помещений. Только по его результатам можно добиться максимальной эффективности системы внутреннего освещения. При этом рекомендуется использовать современные компьютерные программы по моделированию систем освещения, например, DiaLux Evo.

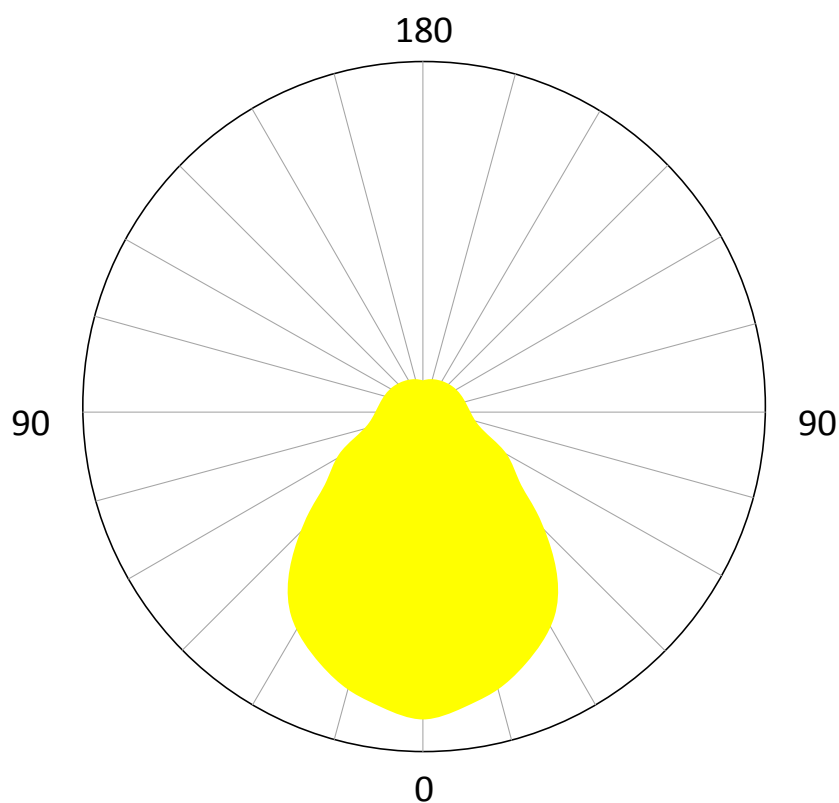


Рисунок 32 – КСС типа Д

Максимальная энергетическая эффективность системы внутреннего освещения может быть достигнута только при использовании

автоматизированных систем управления внутренним освещением [11]. Однако в отличие от системы наружного освещения, в системе внутреннего освещения количество установок освещения гораздо больше, поэтому использовать напрямую технологию ZigBee, т.е. размещение на каждом из светильников своего беспроводного модуля нецелесообразно.

Для управления системой внутреннего освещения необходимо использовать также датчики освещенности [11]. Контроль значений освещенности необходимо выполнять по наиболее затемненным точкам в помещении. Для получения данных о размещении датчиков освещенности внутри помещения, проводится светотехнический расчет с учетом внешнего (естественного) освещения, затем на основе данным моделирования системы освещения строится цифровая модель комнаты, и полученные зависимости из цифровой модели используются для управления установками внутреннего освещения. Блокировка работы системы управления должна осуществляться от датчика движения, т.е. нет необходимости управления освещением в помещении без присутствия в нем людей.

Контроль присутствия должен выполняться по нескольким каналам. Применение только одного устройства контроля присутствия, например, датчика движения, сделает систему менее адекватной, т.е. увеличит ложные реакции или снизит количество необходимых срабатываний, что может принести дискомфорт детям присутствующим в помещениях детского сада, а в ряде случаев повлечь травматизм.

Исходя из выше перечисленного, предлагается использовать дополнительный канал контроля присутствия, при этом этот канал предлагается объединить с системой контроля температуры внутри помещений. Сегодняшние реалии, говорят о том, что необходимо дистанционно контролировать температуру тела всех людей, находящихся в помещениях, во избежание присутствия в помещении людей с повышенной температурой тела. Для детских дошкольных учреждений данная проблема более ярко выражена. Поэтому предлагается разработать концепцию системы

на основе гибридных телевизоров. Гибридные тепловизоры позволяют осуществлять контроль температуры тела присутствующих в помещении. При этом достаточно установки одного гибридного телевизора на одну комнату, место установки гибридного тепловизора должно выбираться исходя из конфигурации комнаты, и обеспечивать требуемый угол обзора. Для связи гибридного тепловизора с информационной системой инженерного оборудования может быть использован любой из поддерживаемых им сетевых протоколов (IPv4, IPv6, TCP, HTTP, UPnP, RTSP, RTP, RTCP, SMTP, FTP, DHCP, NTP, DNS, DDNS, PPPoE, QoS, SNMP, ARP, UDP).

При этом система будет позволять контролировать как температуру людей, так и их присутствие. Схема разработанной системы управления внутренним освещением с интегрированной системой контроля температуры представлена на рисунке 33.

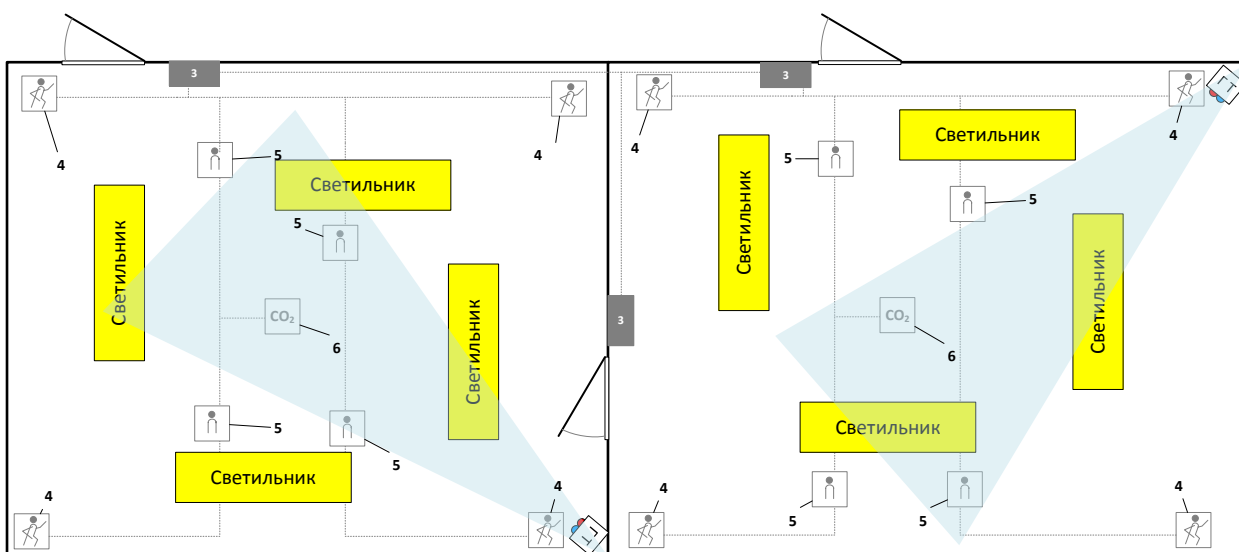


Рисунок 33 – Схема размещения светильников и гибридных тепловизоров в помещении

На рисунке 33 обозначены:

- 3 – Модуль контроля и задания параметров микроклимата помещения;
- 4 – Датчик движения;
- 5 – Датчик присутствия;

б – Датчик содержания углекислого газа в воздухе помещения;

ГТ – гибридный тепловизор с обозначением горизонтального угла обзора.

Обозначенный на рисунке 33 горизонтальный угол обзора для тепловизора составляет 30 градусов, поэтому захватить все помещение не представляется возможным. Однако установка гибридных тепловизоров, как показано на рисунке 33, позволит максимально охватить помещение и перемещающихся по нему людей. Датчики присутствия и движения для управления системой вентиляции здания используются и для системы управления внутренним освещением. Через модуль контроля и задания параметров осуществляется передача данных в систему управления освещением и информационную систему управления инженерным оборудованием.

Выводы по разделу 2

1. Выполнен обзор характеристик микроклимата помещений детского дошкольного учреждения, который устанавливается и нормируется ГОСТ.

2. Предложена, для оптимизации температурного режима внутри помещения, а также повышения энергоэффективности системы отопления здания установка автоматизированного индивидуального теплового пункта.

3. Выполнен анализ и классификация схем, автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов.

4. Для установки в детском дошкольном учреждении выбран автоматизированный тепловой пункт, выполненный по независимой схеме, так как данная группа автоматизированных тепловых пунктов позволяет выполнить интеграцию в систему отопления здания альтернативных источников тепловой энергии, в качестве которых в детском дошкольном учреждении предлагается использовать тепловые насосы системы воздух-воздух.

5. Выполнен анализ интеллектуальной системы вентиляции, включающей в себя датчики присутствия, движения и содержания углекислого газа.

6. Предложено дополнить интеллектуальную систему вентиляции помещений детского дошкольного учреждения приточно-вытяжной установкой со встроенным тепловым насосом системы воздух-воздух.

7. Для обеспечения требований нормативных документов разработана концепция энергоэффективной системы наружного освещения, так как проведенный в первой главе анализ показал отсутствие функционирующей системы наружного освещения.

8. Предложена концепция реконструкции системы внутреннего освещения помещений детского дошкольного образовательного учреждения и разработана модель управления внутренним освещением.

3 Автоматизированная система управления инженерным оборудованием здания детского сада и определение показателей энергетической эффективности

Рассмотренные в разделе 1 магистерской диссертации показатели, характеризующие потребление энергетических ресурсов в детском дошкольном учреждении, а также проведенный анализ существующей системы инженерного оборудования здания детского дошкольного учреждения, позволили сформулировать в разделе 2 перечень мероприятий, направленных на повышение энергетической эффективности инженерной системы рассматриваемого детского дошкольного образовательного учреждения с интеграцией предложенных систем инженерного оборудования в информационную систему управления. В третьем разделе магистерской диссертации будет рассмотрен вопрос разработки концепции информационной системы управления инженерным оборудованием на основе предложенных мероприятий по повышению энергетической эффективности детского дошкольного образовательного учреждения.

Для определения энергоэффективности зданий используются показатели энергетической эффективности и классы энергетической эффективности зданий. Классы и показатели энергетической эффективности зданий определяются при составлении энергетических паспортов. Структура разработки энергетического паспорта здания представлена на рисунке 34.

При первоначальном составлении энергетического паспорта для здания может быть определён наивысший класс энергетической эффективности. Однако в процессе эксплуатации здания энергетический класс может снизиться. Для этого необходимо выполнять мониторинг и верификацию показателей энергетической эффективности.

Для разработки методики мониторинга показателей энергетической эффективности здания дошкольного учреждения был проведен анализ международных стандартов и подходов в области методологии верификации

показателей энергетической эффективности. Исходя из проведенного анализа, было выявлено четыре группы основных методов верификации показателей энергетической эффективности.



Рисунок 34 – Структурная схема разработки энергетического паспорта здания

Методы первой группы основаны на комбинированном подходе к измерениям потребления энергетических ресурсов в здании. Комбинация методов заключается в использовании краткосрочных измерений потребления энергии отдельных видов инженерного оборудования. Данная группа методов используется при проведении комплексной или частичной модернизаций инженерных систем зданий и сооружений. В данной группе потребление энергии оценивается аналитическими методами на основе статистических

данных и данных производителей инженерного оборудования. Данная группа методов может быть классифицирована как методы краткосрочных измерений.

Методы второй группы основаны на проведении периодических или непрерывных измерений потребления энергетических ресурсов отдельного инженерного оборудования. Данная группа методов, также, как и первая, часто используется при проведении комплексной или частичной модернизации инженерных систем зданий и сооружений. В этой группе потребление энергии зданием оценивается аналитическими методами по статистическим данным о функционировании аналогичных систем в совокупности с данными производителя модернизированного инженерного оборудования. Данная группа методов может быть классифицирована как методы продолжительных серийных измерений.

Методы третьей группы основаны на проведении долгосрочных измерений потребления энергетических ресурсов зданием с помощью установленных в нем приборов учета. Данная группа методов может быть классифицирована как методы анализа показаний приборов учета.

Методы четвертой группы основаны на проведении компьютерного моделирования потребления энергоресурсов зданием. Данная группа методов может быть классифицирована как методы компьютерного моделирования [31].

В различных случаях могут быть использованы различные методы верификации. Выбор методов верификации должен быть основан на возможности получения достоверных исходных данных. Оптимальным выбором при верификации показателей энергетической эффективности будет являться совокупность используемых методов. Данный вопрос в магистерской диссертации предлагается решить путем разработки цифровой системы мониторинга показателей энергетической эффективности здания. Разработка данной системы позволит также решить задачу, связанную с

государственным мониторингом энергетической эффективности зданий [26], [28].

В Российской Федерации, для отдельных объектов (зданий) используются государственные системы мониторинга энергетической эффективности. При этом необходимо осуществлять ежеквартальную передачу показателей, в соответствии с утвержденной методикой, в автоматизированную систему. Применение на объекте – дошкольном образовательном учреждении, системы мониторинга показателей энергетической эффективности позволит автоматизировать расчет и своевременную передачу показателей в автоматизированную систему [26].

3.1 Классы энергоэффективности зданий

Классом энергетической эффективности здания называется показатель, характеризующий уровень эффективного использования в здании тепловой и электрической энергии в процессе эксплуатации.

В Российской Федерации на уровне государства принято более 60 различных нормативно-правовых актов в области повышения энергоэффективности, в том числе и зданий.

Основным нормативно-правовым актом, определяющим политику в области энергосбережения в Российской Федерации, считается федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» от 23 ноября 2009 года.

28 мая 2010 года Министерство регионального развития Российской Федерации издало приказ №262 «О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений» [15]. Это первый из четырех намеченных распоряжением Правительства РФ от 1 декабря 2009 года №1830-р документов, выпускаемых министерством во исполнение № 261-ФЗ и Указа Президента РФ от 4 июня 2008 года №889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской

экономики», по которому ставится задача повышения энергоэффективности валового внутреннего продукта страны к 2020 году не менее чем на 40% по сравнению с достигнутым на 1 января 2008 года [12].

В строительной отрасли данные положения реализованы комплексом нормативных документов определяющих методологическую основу классификации зданий по потреблению отдельных энергоресурсов. По показателю удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию в настоящее время являются - СП 50.13330.1012 [23], ГОСТ 31167-2003 [3].

Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации издало приказ от 6 июня 2016 г. № 399/пр «Об утверждении правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов» [16], в соответствии с которыми:

1. Класс энергетической эффективности определяется исходя из сравнения фактических или расчетных значений показателя удельного годового расхода энергетических ресурсов на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, а также на электроснабжение в части расхода электрической энергии на общедомовые нужды, и базовых значений показателя удельного годового расхода энергетических ресурсов в многоквартирном доме;

2. Фактические значения показателя удельного годового расхода энергетических ресурсов определяются на основании показаний приборов учета энергетических ресурсов;

3. Класс энергетической эффективности, построенного, реконструированного или прошедшего капитальный ремонт и вводимого в эксплуатацию, а также подлежащего государственному строительному надзору, устанавливается органом государственного строительного надзора;

4. Класс энергетической эффективности в процессе эксплуатации устанавливается и подтверждается органом государственного жилищного надзора на основании декларации о фактических значениях годовых

удельных величин расхода энергетических ресурсов путем выдачи акта проверки соответствия требованиям энергетической эффективности с указанием класса его энергетической эффективности на момент составления этого акта.

Присвоенный класс энергетической эффективности отображается на табличке, установленной на фасаде здания. Форма таблички с указанием класса энергетической эффективности представлена на рисунке 35.



Рисунок 35 – Вид указателя энергоэффективности здания

Класс энергетической эффективности здания определяется путем сопоставления величины отклонения фактического удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового уровня удельного расхода энергетических ресурсов установленного для данного типа зданий. Структура классов энергетической эффективности, применяемая в РФ, представлена на рисунке 36, в таблице 20 представлены отклонения фактического удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового уровня удельного расхода энергетических ресурсов с привязкой по классам энергетической эффективности.

Таблица 20 – Уровни показателей характеризующих класс энергоэффективности здания

№ п/п	Наименование класса энергетической эффективности здания	Отклонения фактического удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового уровня удельного расхода энергетических ресурсов, %
1	2	3
1.	A++	- 60 включительно и менее
2.	A+	от -50 включительно до -60
3.	A	от -40 включительно до -50
4.	B	от -30 включительно до -40
5.	C	от -15 включительно до -30
6.	D	от 0 включительно до -15
7.	E	от +25 включительно до 0
8.	F	от +50 включительно до +25
9.	G	более +50

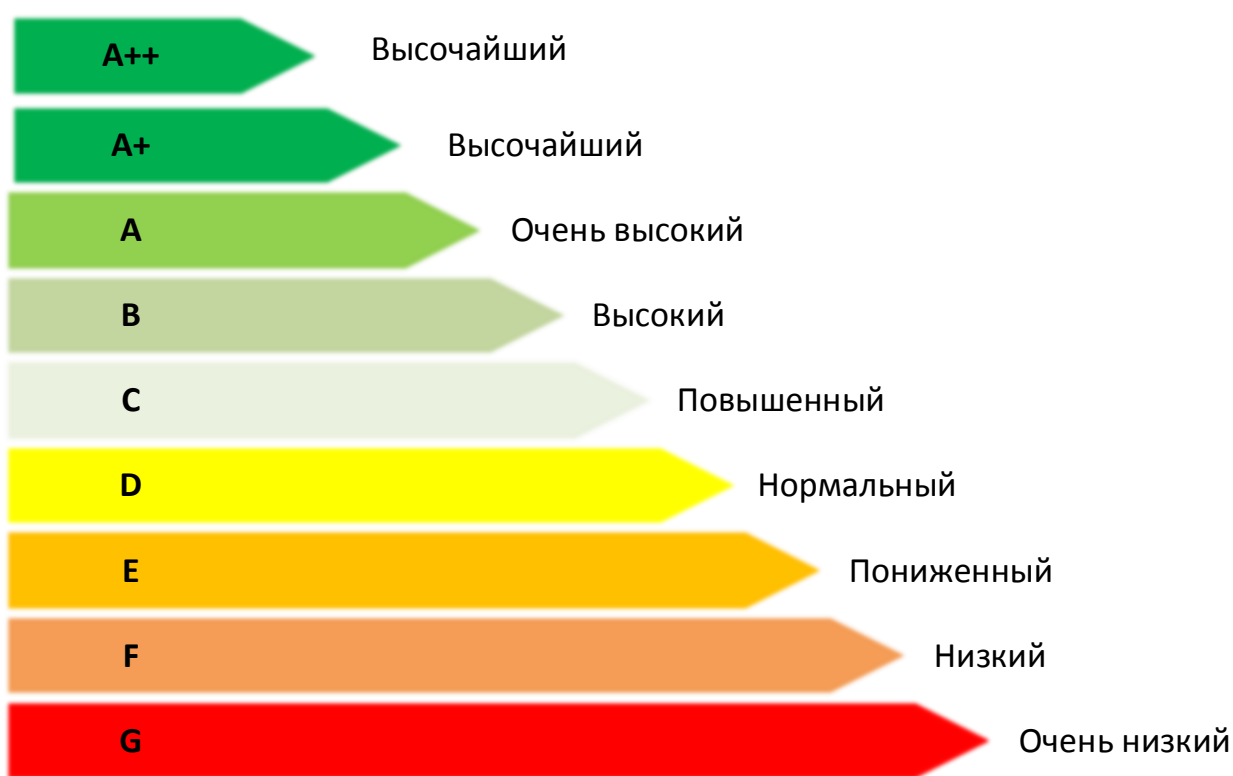


Рисунок 36 – Классы энергетической эффективности зданий, применяемые в Российской Федерации

3.2 Мониторинг показателей энергетической эффективности здания

Для осуществления постоянного контроля показателей энергетической эффективности здания детского дошкольного учреждения предлагается использовать разработанную систему цифрового мониторинга показателей энергоэффективности здания [26].

Разработанная система цифрового мониторинга [7] осуществляет следующие функции:

1. Выполняет сбор и обработку информации от первичных измерительных приборов-датчиков установленных согласно разработанной методике.
2. Обработку полученной от первичных датчиков информации и вычисление показателей энергоэффективности.
3. Мониторинг в режиме реального времени отклонений от предыдущих и/или установленных значений, характеризующих показатели энергетической эффективности здания.
4. Накопление данных по потреблённым энергоресурсам и определение степени корреляции потребления энергетических ресурсов в зависимости от внешних погодных условий и в зависимости от текущего режима эксплуатации здания.
5. Автоматизированная передача показаний в государственную систему мониторинга показателей энергоэффективности здания [33].

Рассмотрим подробнее каждую из функций цифровой системы мониторинга показателей энергетической эффективности здания [28].

Структурная схема разработанной системы цифрового мониторинга представлена на рисунке 37.

На первом уровне системы цифрового мониторинга показателей энергетической эффективности здания происходит измерение следующих параметров:

1. Температуры теплоносителя в системе горячего водоснабжения на вводе в здание.
2. Температуры теплоносителя в системе горячего водоснабжения в выходе здания.
3. Температура в системе отопления на входе в здание.
4. Температура в системе отопления на выходе из здания.
5. Температура внутри помещений.
6. Температура наружного воздуха.
7. Уровень внешней освещённости.
8. Температура ограждающих конструкций в контрольных точках, определяемых при разработке цифровой модели здания.
9. Потребление электрической энергии.
10. Уровень освещённости внутри помещений здания. Уровни освещённости в помещениях определяются исходя из класса и типа помещения в соответствии с цифровой моделью здания.
11. Уровень потребления холодной воды в здании.
12. Температура в системе вентиляции.
13. Направление и скорость ветра.

Интеграция цифровой системы мониторинга показателей энергетической эффективности здания выполняется в цифровую интеллектуальную систему управления (ЦИСУ) системой инженерного оборудования здания.

Функционирование цифровой интеллектуальной системы обеспечения управления микроклиматом помещений выполняется в соответствии со структурной схемой, показанной на рисунке 38.

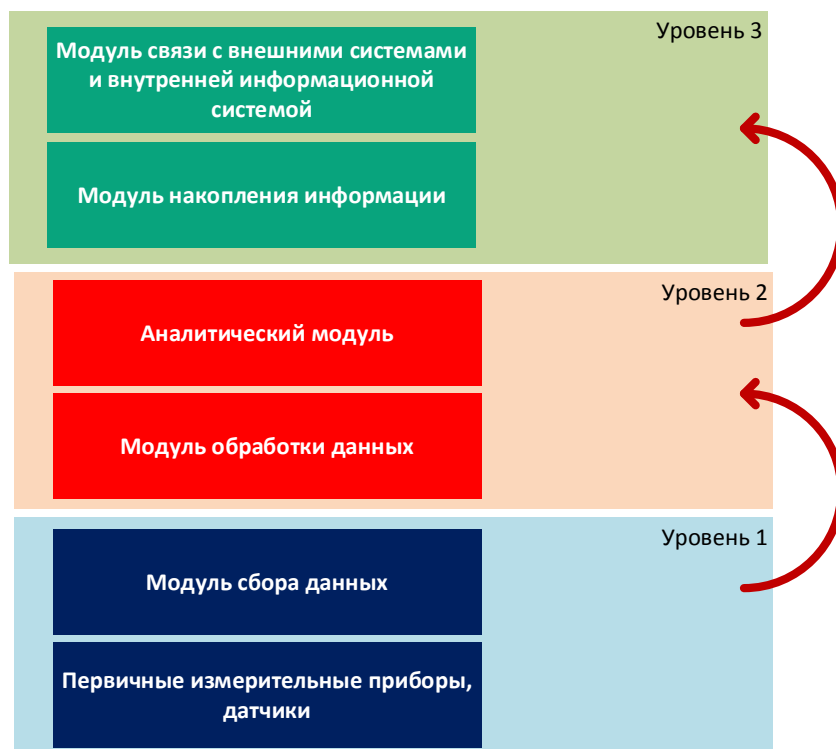


Рисунок 37 – Структурная схема функционирования цифровой системы мониторинга показателей энергетической эффективности здания

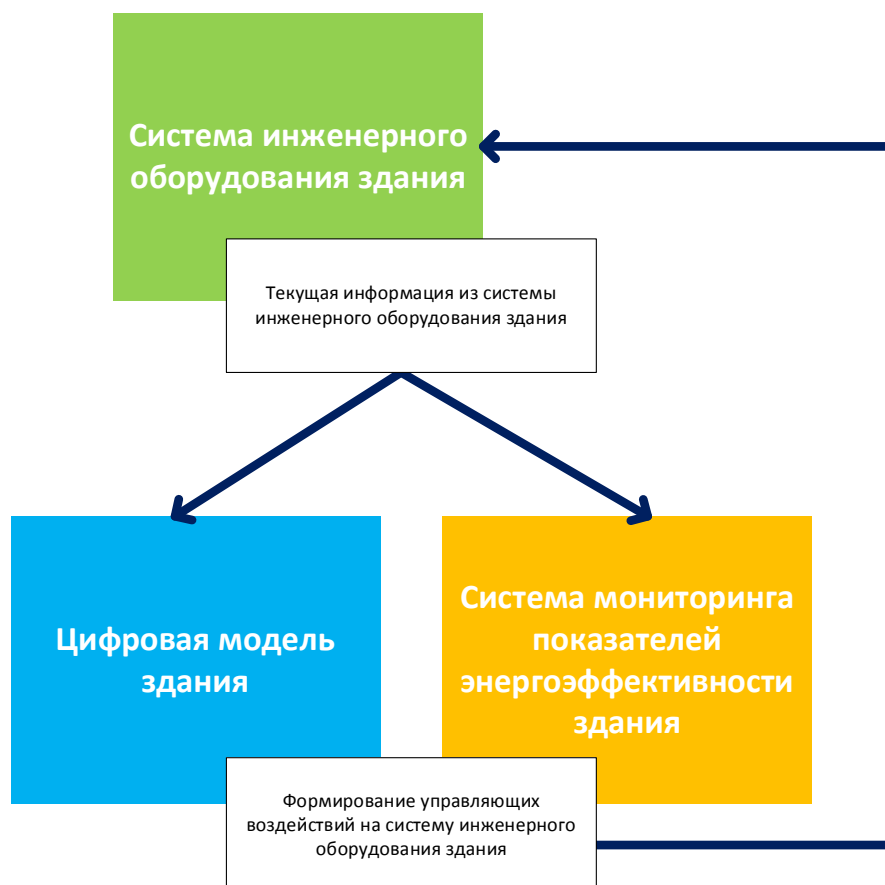


Рисунок 38 – Структурная схема функционирования цифровой интеллектуальной системы управления

На первом уровне системы мониторинга выполняется измерение и вычисления следующих показателей.

1. Температура теплоносителя в системе горячего водоснабжения на вводе в здание.
2. Температура теплоносителя в системе горячего водоснабжения в выходе здания.
3. Температура в системе отопления на входе в здание.
4. Температура в системе отопления на выходе из здания.
5. Температура внутри помещений.
6. Температура наружного воздуха.
7. Уровень внешней освещённости.
8. Температура ограждающих конструкций в контрольных точках, определяемых при разработке цифровой модели здания.
9. Потребление электрической энергии.
10. Потребление тепловой энергии.
11. Потребление холодной воды.
12. Потребление горячей воды.
13. Уровень освещённости внутри помещений здания. Уровни освещённости в помещениях определяются исходя из класса и типа помещения в соответствии с цифровой моделью здания.
14. Уровень потребления холодной воды в здании.
15. Температура в системе вентиляции.
16. Направление и скорость ветра.

Из представленного перечня можно выделить группу показателей, определение которых выполняется с использованием приборов учета. К этим показателям относятся:

1. Потребление электрической энергии.
2. Потребление тепловой энергии.
3. Потребление холодной воды.
4. Потребление горячей воды.

Анализ системы инженерного оборудования здания детского дошкольного учреждения выполнен в разделе 1 магистерской диссертации показал, что приборы учета установленные на вводе здания являются физически и морально устаревшими и их интеграция в систему мониторинга показателей энергетической эффективности выполнена не может. Для интеграции в систему мониторинга приборы учета должны соответствовать следующим условиям:

1. Прибор учета должен иметь класс точности, позволяющий использовать его в системе коммерческого учета потребленных энергоресурсов.

2. Иметь микропроцессорную архитектуру.

3. Иметь возможность подключения прибора учета к информационной или автоматизированной системе, т.е. иметь физические информационные интерфейсы RS-485 или аналогичные, позволяющие выполнять адресное обращение к прибору учета через внутреннюю информационную сеть здания и дистанционное получение показаний в режиме реального времени.

4. Прибор учета должен быть отечественного производства.

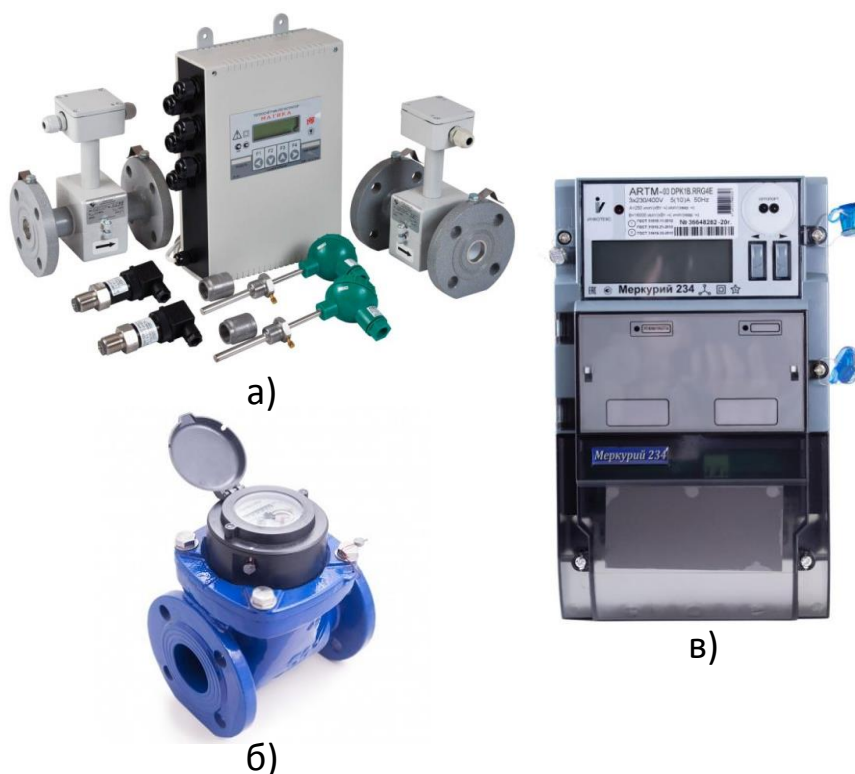
Представленным перечнем требований обладают достаточно большое число приборов учета отечественных производителей. Универсальность разработанной системы мониторинга показателей энергетической эффективности здания позволяет не привязываться к определенным производителям, что повышает эффективность и экономическую целесообразность использования разработанной системы [11]. Кроме того, если на объекте уже установлены приборы учета, и они обладают перечисленным выше функционалом, то установка дополнительных приборов учета не потребует. Рассмотрим использование приборов учета основанных на применении коммуникационного интерфейса (протокола) ModBus.

ModBus – это коммуникационный протокол основанный на архитектуре «клиент-сервер». Данная архитектура позволяет реализовать использование

этого коммуникационного протокола в различных информационных системах для передачи данных по последовательным физическим интерфейсам: RS-485, RS-422 и RS-232, а также сети TCP/IP.

На отечественном рынке можно выделить следующие приборы учета, использующие данный коммуникационный протокол:

1. Потребление электрической энергии. Счетчик электрической энергии Меркурий 234 ARTM. (общий вид представлен на рисунке 39, в).
2. Потребление тепловой энергии. Теплосчётчик МАГИКА серии А (общий вид представлен на рисунке 39, а).
3. Потребление холодной воды и потребление горячей воды. Счетчик воды турбинный универсальный Пульсар Т (общий вид представлен на рисунке 39, б).



а – счетчик тепловой энергии; б – счетчик ГВС и ХВС; в – счетчик электрической энергии

Рисунок 39 –Общий вид приборов учета:

Выводы по разделу 3

1. Выполнен обзор нормативной базы по определению классов энергетической эффективности зданий.

2. Проанализированы основные методы верификации показателей энергетической эффективности зданий, выполнена их группировка и классификация с определением наиболее подходящих методов для системы объекта магистерской диссертации.

3. Определены классы энергетической эффективности зданий и характеризующие их показатели.

4. Разработана цифровая система мониторинга показателей энергетической эффективности здания детского дошкольного учреждения.

5. Разработана цифровая интеллектуальная система обеспечения управления микроклиматом помещений и механизм ее интеграции с системой мониторинга показателей энергетической эффективности здания детского дошкольного учреждения.

Заключение

В результате выполнения поставленных в рамках диссертационного исследования задач были получены следующие результаты:

1. Установлено, что все инженерные системы детского дошкольного учреждения, включая систему внутреннего электроснабжения, систему теплоснабжения, водоснабжения и водоотведения находятся в удовлетворительном состоянии, повреждений в ходе осмотра не обнаружено.

2. Установлено, что в детском дошкольном образовательном учреждении отсутствует действующая система внешнего освещения. Данный факт не связан с уровнем энергетической эффективности, однако отсутствие системы негативно сказывается на безопасности. Необходимо предложить мероприятия по интеграции системы наружного освещения в энергоэффективную систему инженерного оборудования детского дошкольного образовательного учреждения.

3. Установлено, что фактические значения потребления тепла за 2019 год превышают расчетные. Это говорит о том, что в здании имеются места, которые являются очагами потерь тепла в атмосферу. Такими местами могут являться межпанельные швы, система вентиляции, оконные конструкции, дверные конструкции и не соответствующие нормативам теплопроводность материала ограждающих конструкций. Кроме того, данный факт может негативно сказываться на внутреннем микроклимате помещений детского дошкольного учреждения. Поэтому в работе необходимо рассмотреть возможные мероприятия по снижению потерь тепла и по повышению эффективности системы отопления здания детского дошкольного образовательного учреждения.

4. Показано снижение потребления холодной воды в детском дошкольном образовательном учреждении. Снижение потребления в 2019 году по сравнению с 2015 годом достигло 48%, что говорит о результативности проведенных в учреждении организационных

мероприятий, направленных на повышение энергетической эффективности. Анализ документации, хранящейся в учреждении, в частности, программы энергосбережения показал наличие организационных мероприятий подобного характера в учреждении.

5. Выполнен обзор характеристик микроклимата помещений детского дошкольного учреждения, который устанавливается и нормируется ГОСТ.

6. Предложена, для оптимизации температурного режима внутри помещения, а также повышения энергоэффективности системы отопления здания установка автоматизированного индивидуального теплового пункта.

7. Выполнен анализ и классификация схем, автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов.

8. Для установки в детском дошкольном учреждении выбран автоматизированный тепловой пункт, выполненный по независимой схеме, так как данная группа автоматизированных тепловых пунктов позволяет выполнить интеграцию в систему отопления здания альтернативных источников тепловой энергии, в качестве которых в детском дошкольном учреждении предлагается использовать тепловые насосы системы воздух-воздух.

9. Выполнен анализ интеллектуальной системы вентиляции, включающей в себя датчики присутствия, движения и содержания углекислого газа.

10. Предложено дополнить интеллектуальную систему вентиляции помещений детского дошкольного учреждения приточно-вытяжной установкой со встроенным тепловым насосом системы воздух-воздух.

11. Для обеспечения требований нормативных документов разработана концепция энергоэффективной системы наружного освещения, так как проведенный в первой главе анализ показал отсутствие функционирующей системы наружного освещения.

12. Предложена концепция реконструкции системы внутреннего освещения помещений детского дошкольного образовательного учреждения и разработана модель управления внутренним освещением.

13. Выполнен обзор нормативной базы по определению классов энергетической эффективности зданий.

14. Проанализированы основные методы верификации показателей энергетической эффективности зданий и выполнена их группировка и классификация.

15. Определены классы энергетической эффективности зданий и характеризующие их показатели.

16. Разработана цифровая система мониторинга показателей энергетической эффективности здания детского дошкольного учреждения.

17. Разработана цифровая интеллектуальная система обеспечения управления микроклиматом помещений и механизм ее интеграции с системой мониторинга показателей энергетической эффективности здания детского дошкольного учреждения.

Результаты, полученные в магистерской диссертации, могут быть использованы для составления программ по энергосбережению и повышению энергетической эффективности детских дошкольных образовательных учреждений.

Разработанные в диссертационном исследовании системы должны быть адаптированы под конкретные здания.

Оборудование, выбранное в магистерской диссертации, может быть изменено на аналогичное с сохранением общей концепции системы.

Список используемых источников

1. Авдюнин Е.Г. Источники и системы теплоснабжения. Тепловые сети и тепловые пункты : учебник. Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 300 с.
2. Акулова Я.Н. Система показателей оценки энергоэффективности как фактора экономического роста региональной экономики // Вестник ОГУ. 2014. №4(165). С. 33-38.
3. ГОСТ 31167-2003 Межгосударственный стандарт. Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натуральных условиях
4. Климова Г.Н. Энергосбережение на промышленных предприятиях : учебное пособие. Томск : Томский политехнический университет, 2014. - 180 с.
5. Коростелева С.А. Анализ потребления топливно-энергетических ресурсов муниципальным детским дошкольным образовательным учреждением // Студенческие Дни науки в ТГУ : научно-практическая конференция (Тольятти, 5–30 апреля 2021 года). Тольятти: Изд-во ТГУ, 2021. (в печати).
6. Космыль А.В., Коростелева С.А., Чеканаускене С.М., Шаповалов В.А. Бытовая система оптимизации и контроля энергопотребления // Всероссийская студенческая научно-практическая междисциплинарная конференция «Молодежь. Наука. Общество». Тольятти. 2021. Изд-во ТГУ. (в печати).
7. Космыль А.В., Романович Д.Ю., Коростелева С.А., Чепухина П.А., Чеканаускене С.М. Применение систем мониторинга ЛЭП // Энергоэффективность и энергобезопасность производственных процессов (ЭЭПП-2019). Тольятти. 2016. Т. Изд-во ТГУ. С. 89-98.
8. Малявина Е.Г., Самарин О.Д. Строительная теплофизика и микроклимат зданий : учебник. М. : МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ, 2018. - 188 с.

9. Митрофанов С.В., Кильметьева О.И. Энергосбережение в энергетике : учебное пособие. Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2015. 127 с.

10. Мунц В.А., Мунц Ю.Г. Энергосбережение при производстве тепловой энергии и анализ его экономической эффективности: учебное пособие. Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2018. 232 с.

11. Наумятов Р.Р., Коростелева С.А. Методика расчет экономической эффективности при внедрении автоматизированной системы управления освещением // Студенческие Дни науки в ТГУ : научно-практическая конференция (Тольятти, 5–30 апреля 2021 года). Тольятти: Изд-во ТГУ, 2021. (в печати).

12. О требованиях энергетической эффективности зданий из приказа № 262 Минрегионразвития России / В. И. Ливчак / Энергосбережение №5, 2010, с. 10-16.22.

13. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей: учебное пособие. Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2013. 273 с

14. Посашков М.В. Немченко В.И., Титов Г.И. Энергосбережение в системах теплоснабжения : учебное пособие. Саратов : Профобразование, 2021. 149 с.

15. Приказ №262 от 28 мая 2010 года Министерства регионального развития Российской Федерации «О требованиях энергетической эффективности зданий, строений, сооружений»

16. Приказ от 6 июня 2016г. №399/пр Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации «Об утверждении правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».

17. Пыжов В.К., Смирнов Н.Н. Системы кондиционирования, вентиляции и отопления : учебник. Москва, Вологда : Инфра-Инженерия,

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина», 2019. — 528 с.

18. Распоряжение правительства РФ «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» от 17.11.2008 № 1662-р // СПС КонсультантПлюс.

19. Резников М.Б. Сведения энергетического баланса // Автоматизация в промышленности, Т. 5, № 8, август 2014. С. 34-38.

20. Свистунов В.М., Пушняков Н.К. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства : учебник для вузов. - Санкт-Петербург : Политехника, 2016.

21. СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи»

22. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий / Госстрой России. - М.: ФГУП ЦПП, 2004.

23. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003/23. ГОСТ 31168-2003 Межгосударственный стандарт. Здания жилые. Метод определения удельного потребления тепловой энергии на отопление

24. Стрельников Н. А. Энергосбережение : учебное пособие. Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019. 72 с.

25. Федеральный закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ»

26. Центр комплексной Энергоэффективности и энергосбережения. Методическое пособие по энергоэффективности для образовательных учреждений. Система менеджмента энергоэффективности в образовательных учреждениях. Москва. 2012.

27. Чекалина Т.В. Энергоснабжение промышленных предприятий : учебное пособие. Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2011. - 136 с.
28. Чеканаускене С.М., Космыль А.В., Коростелева С.А. Технологии интеллектуальных сетей в системах электроснабжения // Всероссийская студенческая научно-практическая междисциплинарная конференция «Молодежь. Наука. Общество». Тольятти. 2021. Изд-во ТГУ. (в печати).
29. Bizon N., Tabatabei N.M., Blaadjerg F., Kurt E. Energy Harvesting and Energy Efficiency. Springer, 2020. 661 p.
30. Karlen M., Spangler C., Benya J.R. Lighting Design Basics. Wiley, 2017. 272 p.
31. Krones M. A Method to Identify Energy Efficiency Measures for Factory Systems Based on Qualitative Modeling - Springer, 2017. - 234 p.
32. Miller C., Sullivan J., Ahrentzen S. Energy Efficient Building Construction. University of Florida, 2017. 324 p.
33. Rahmani-Andebili M. Operation of Smart Homes. Springer, 2021. 164 p.