

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт «Архитектурно-строительный»
Кафедра «Градостроительство, инженерные сети и системы»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

И.о. начальника управления

АО «Челябинскгоргаз»

_____ А.Б. Петров

_____ 2019 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой,

к.т.н., доцент

_____ Д.В. Ульрих

_____ 2019 г.

Оценка энергоэффективности использования средств АСУТП в
системе теплоснабжения многоквартирного дома

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 13.04.01.2019.066.09. ПЗ ВКР

Руководитель проекта:

к.т.н, доцент

_____ Е.Ю. Анисимова

_____ 2019 г.

Автор проекта:

студент группы АС-229

_____ А.А. Тараканов

_____ 2019 г.

Нормоконтролер:

к.т.н, доцент

_____ Е.Ю. Анисимова

_____ 2019 г.

АННОТАЦИЯ

Тараканов А.А. Оценка энергоэффективности использования средств АСУТП в системе теплоснабжения многоквартирного дома – Челябинск: ЮУрГУ, АС-229; 54с., 15ил., 1 табл., библиогр. список – 39 наим.

В рамках выпускной квалификационной работы были выполнены подбор и установка узла учета тепловой энергии, а также средств регулирования в жилом многоквартирном доме.

Также был выполнен расчет ожидаемой экономии тепловой энергии, сделаны сравнения с реальной экономией, оценка сэкономленных денежных средств. Произведен расчет сроков окупаемости. Полученные данные проанализированы и сравнены с перечнем регионального оператора капитального ремонта.

Выполнен прогноз для последующих отопительных периодов, а также оценка сравнительный анализ двух жилых домов.

					13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Зав. каф.		Ульрих Д.В.			Оценка энергоэффективности использования средств АСУТП в системе теплоснабжения многоквартирного дома	Стадия	Лист	Листов
Н. контр.		Анисимова Е.Ю.						
Руководитель		Анисимова Е.Ю.				ЮУрГУ Кафедра ГИСС		
Дипломник		Тараканов А.А.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	
1 ПОЛУЧЕНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ.....	
1.1 Анализ литературы.....	
1.2 Актуальность проблемы.....	
1.3 Постановка цели и задач ВКР.....	
2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.....	
2.1 Характеристика объекта.....	
2.2 Таблица потребления тепловой энергии.....	
2.3 Определение класса энергосбережения до начала проведения мероприятий.....	
3 ВЫПОЛНЕНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ.....	
3.1 Подбор оборудования УУТЭ.....	
3.2 Подбор оборудования системы регулирования.....	
3.3 Расчет ожидаемой экономии тепловой энергии.....	
3.4 Построение зависимостей.....	
3.5 Оценка эффективности принятых решений.....	
4 ЭКОНОМИКА.....	
4.1 Оценка экономии денежных средств.....	
4.2 Оценка срока окупаемости принятых решений.....	
4.3 Сравнение полученных результатов с рекомендуемым перечнем.....	
5 ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕУЗЛЪТАТОВ.....	
5.1 Графический анализ отопительного периода.....	
5.2 Оценка и прогнозирование для дома без регулирования.....	
5.3 Определение класса энергосбережения здания по окончании проведения мероприятий.....	
5.4 Рекомендации к установке системы регулирования температуры..	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	

ВВЕДЕНИЕ

Отопление поддерживает в помещении на определенном уровне температуру воздуха и внутренних поверхностей ограждающих конструкций. В помещении обеспечивается тепловой комфорт – оптимальная температурная обстановка, благоприятная для жизни и деятельности людей в холодное время года.

Отопление — искусственный обогрев помещений с целью возмещения в них теплопотерь и поддержания на заданном уровне температуры, отвечающей условиям теплового комфорта и/или требованиям технологического процесса. Под отоплением понимают также устройства и системы, выполняющие эту функцию. Монтаж стационарной установки отопления производится в процессе возведения здания, ее элементы увязываются со строительными конструкциями и сочетаются с интерьером помещений.

Очевидно, что для создания и поддержания теплового комфорта в помещениях зданий требуются технически совершенные отопительные установки. И чем суровее климат местности и выше требования к обеспечению благоприятных условий в здании, тем более мощным и надежным должно быть отопление.

При этом современные системы отопления должны быть энергоэффективными, то есть не использовать впустую тепловую энергию, вырабатываемую ресурсоснабжающей организацией. В связи с этим, на эти системы распространяется действие ФЗ №261 от 23.11.2009 «Об энергосбережении».

В данной работе мы рассмотрим пути экономии тепловой энергии, а также оценим рекомендации, выдаваемые оператором капитального ремонта.

					13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 ПОЛУЧЕНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

1.1 Анализ литературы

В статье Самарин, О.Д. «О совершенствовании расчета процессов автоматического регулирования инженерных систем обеспечения» выполняется оценка расчета процессов автоматического регулирования. Актуальность данного исследования достаточно велика, поскольку при использовании современных систем обеспечения микроклимата необходимо совершенствование процессов автоматизации для повышения комфортности условий. Также производится поиск и разработка совершенствования расчета процессов автоматического регулирования инженерных систем. В ходе выполнения работы автор ставит следующие задачи для достижения цели:

1. Поиск и анализ существующих методик расчета
2. Сравнительная оценка существующих и разрабатываемых методик расчёта

Автор предлагает новую методику расчета, основанную на математической модели переходных процессов при регулировании систем В и КВ, использующая характеристики всех звеньев САУ. В дальнейшем эта модель будет использована для анализа процессов при различных вариантах устройства звеньев и законах регулирования с целью получения инженерных рекомендаций по подбору регуляторов.

В другой статье Федоров С.С. «Управление системой многоконтурного теплоснабжения зданий при зависимом подключении к тепловым сетям» оценивается несколько иной подход к управлению системой многоконтурного теплоснабжения зданий при зависимом подключении к тепловым сетям. Проектирование многоконтурных отопительных систем должно осуществляться на основе применения системного подхода, в рамках которого функционирование всех контуров теплоснабжения рассматривается в их взаимодействии и взаимосвязи. Поэтому разработка эффективных средств управления процессом теплоснабжения, базирующихся на своевременной обработке информации о контролируемых параметрах и учете взаимного влияния тепловых контуров, является актуальной научно-технической задачей. Целью являлась минимизация энергозатрат на поддержание комфортных температурных условий в зданиях при изменяющихся погодноклиматических воздействиях в отопительный период.

Для достижения поставленной цели автор ставит ряд задач:

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР				

1. Анализ закономерностей и функциональных связей в управлении процессами теплоснабжения зданий, а также существующих средств и методов его реализации;

2. Разработка математической модели процесса теплоснабжения при подключении системы отопления к тепловым сетям по зависимой схеме и исследование ее параметров в стационарном и нестационарном режимах;

3. Создание модели оптимального режима функционирования системы теплоснабжения, подключенной к источнику тепла по зависимой схеме;

4. Разработка и исследование структуры системы управления теплоснабжением здания при зависимом подключении к тепловым сетям:

5. Создание алгоритма функционирования системы управления многоконтурным теплоснабжением здания при зависимом подключении к тепловым сетям и разработка устройства для его реализации.

В проведенных исследованиях использованы общие закономерности тепломассопереноса, теоретический аппарат дифференциальных уравнений, методы математического моделирования нелинейных физических процессов, а также процессов функционирования и управления техническими объектами.

В ходе работы, автором решены задачи:

1. Разработана математическая модель процесса теплоснабжения в отопительном контуре, базирующаяся на полученных экспериментальных зависимостях, отличительной особенностью которой является учет параметров внешней среды и температуры внутри помещения, отапливаемого конкретным контуром, что позволило упростить структуру системы теплоснабжения, подключенной к тепловым сетям по зависимой схеме.

2. Предложена модифицированная схема многоконтурной системы теплоснабжения, в которой учитывается зависимость между производительностью управляющего клапана и смесительного устройства в каждом отопительном контуре и осуществляется рациональное распределение тепловой энергии между контурами для минимизации энергетических затрат во всей системе отопления здания.

3. Алгоритм управления многоконтурной системой теплоснабжения с зависимым подключением к тепловым сетям, обеспечивающий минимизацию энергопотребления в этой системе при заданных температурных режимах в отапливаемых помещениях за счет перераспределения тепловой энергии между контурами теплоснабжения с учетом процессов их взаимодействия.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР				

Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности их использования при создании систем теплоснабжения с низкой энергоемкостью. В рамках проведенных исследований получено 6 патентов на изобретения и полезные модели Российской Федерации, в частности, техническое решение по построению устройства для пофасадного управления температурой воздуха в отапливаемом помещении.

С точки зрения полуавтоматического регулирования меня заинтересовали решения, которые приводятся в статье Федоров С.С., Кобелев В.Н., Тютюнов Д.Н. «Математическая модель управления приводом системы отопления зданий и сооружений». В ходе работы, автор приводит решение минимизации энергозатрат на поддержание комфортных температурных условий в зданиях при изменяющихся погодно-климатических воздействиях в отопительный период.

Для достижения цели автор рассматривает ряд задач:

1. Анализ закономерностей и функциональных связей в управлении процессами теплоснабжения зданий, а также существующих средств и методов его реализации;
2. Разработка математической модели системы автоматического регулирования схемы зависимого присоединения системы отопления со смешением
3. Получены конкретные значения
4. Разработка варианта энергосбережения при управлении приводом системы отопления.

Для выполнения ВКР были рассмотрены следующие решения, приведенные автором

1. Разработана математическая моделирование системы автоматического регулирования схемы зависимого присоединения системы отопления со смешением, базирующаяся на полученных экспериментальных зависимостях, отличительной особенностью которой является учет параметров внешней среды и температуры внутри помещения, отапливаемого конкретным контуром, что позволило упростить структуру системы теплоснабжения, подключенной к тепловым сетям по зависимой схеме.
2. Предложен вариант энергосбережения при управлении приводом системы отопления

В статье Коконова М.С. «Выбор приоритетных энергосберегающих мероприятий при реконструкции систем отопления зданий автор приводит эффект от выполнения мероприятий по энергосбережению, в частности от

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР					

установки УУТЭ. Автор доказывает, что эффект, полученный от установки узла учета является ничем иным, как мотивацией жильцов к регулированию. Другой автор Раевская А.В. в статье «Повышение энергоэффективности при капитальном ремонте многоквартирных домов» приводит сравнительную оценку экономии от использования различных мер по энергосбережению, в том числе САРТ в системе отопления, полученные значения говорят о необходимости внедрения САРТ при капитальном ремонте жилых МКД. То есть, автор подтверждает энергоэффективность использования САРТ.

Те же рекомендации по регулированию и настройке САРТ дают Короткова Л.И., Толдина Н.А. «Регулирование потребления тепловой энергии в жилом фонде»

Наиболее подходящую к данной ВКР оценку проводит Ливчак. В.И. в статье «За оптимальное сочетание автоматизации регулирование подачи и учета тепла». Автор выявляет оптимальное сочетание использования теплосчетчиков и реальной экономии на энергоресурсах без удорожания объекта капитального строительства. Целью работы являлся поиск оптимального решения для энергосбережения, без удорожания стоимости энергии для конечного потребителя. Автор достигает поставленной цели путем анализа опыта использования в странах Западной Европы.

1.2 Актуальность проблемы

Исходя из проанализированной научной литературы, мной были сделаны следующие выводы:

1. Системы автоматического регулирования температуры (САРТ) несовершенны и обладают рядом недостатков, таких как: неспособность адекватно реагировать на малые колебания температуры наружного воздуха, большая зависимость от солнечной радиации и тепловыделений от оборудования и людей, хаотичности системы вентиляции (если они есть).

2. Использование САРТ в зданиях с зависимой схемой теплоснабжения с элеваторными узлами малоэффективно

3. Перевод всех потребителей на независимую схему теплоснабжения повлечет за собой дисбаланс системы теплоснабжения, поэтому необходимо создание и внедрение интегрированных автоматизированных систем управления тепловыми процессами на стадиях производства, распределения и потребления тепловой энергии, а также оптимизация режимов потребления тепловой энергии от источника до конечного потребителя.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР					

4. Существует ряд вопросов и проблем по адекватной настройке данных систем и в особенности, синтезе их с адаптивными системами.

По результатам данных выводов, мной была выбрана тема для ВКР, а именно: «Оценка энергоэффективности использования средств АСУТП в системе теплоснабжения многоквартирного дома»

Практика использования средств автоматизированного регулирования температуры теплоносителя показывает, что использование данных средств в многоквартирных жилых домах (МКД) является противоречивой: с одной стороны, при возведении новых домов, такие средства эффективно сокращают потребление тепловой энергии практически дискомфорта для жителей таких домов. Однако, при использовании данных средств в существующих МКД возникает ряд неудобств.

К таким неудобствам можно отнести частые жалобы жильцов дома на несоответствующую комфортным, а иногда допустимым, температурам внутреннего воздуха.

Эти неудобства возникают как раз из-за внедрения средств в существующий фонд МКД. Чаще всего, как например в Челябинске, это дома, построенные в конце 80-х, начале 90-х годов 20 века. Такие дома еще не подлежат обязательному капитальному ремонту, однако их системы и ограждающие конструкции уже не обеспечивают нормального снабжения потребителей.

В качестве примера, мы рассмотрим установку системы регулирования температуры теплоносителя в систему теплоснабжения МКД.

Также в данной работе будет произведена оценка использования узла учета тепловой энергии, как мера по энергосбережению, которая также рекомендована в ФЗ № 261 от 23.11.2009г.

В рассматриваемом доме, установка узла учета произведена перед отопительным периодом, в июне 2017 года. Система регулирования температуры установлена годом позже, в июле 2018 года.

1.3 Постановка цели и задач ВКР

Цель: оценить энергоэффективность от использования средств АСУТП в сочетании с УУТЭ

Задачи:

1. Определить класс энергосбережения дома до начала мероприятий
2. Выполнить расчет ожидаемой экономии от установки УУТЭ и средств регулирования

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР				

3. Подобрать необходимое оборудование ИТП
4. Оценить экономию от выполнения мероприятий по энергосбережению
5. Выполнить оценку экономии в денежном эквиваленте, а также оценить сроки окупаемости
6. Сравнить полученные результаты с приведенными в нормативном перечне по кап. ремонту
7. Выполнить графический анализ показателей потребления отопительного периода
8. Сделать анализ данных, полученных в ходе выполнения ВКР с помощью построения зависимостей
9. Разработать рекомендации к использованию средств регулирования в случае подтверждения их эффективности

					13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

2.1 Характеристика объекта

Объект – 9 – этажный 3-х подъездный жилой дом, расположенный в г. Челябинске по улице 40-летия Победы, 38А. Построен в 1988 году, общее количество квартир 199. Дом построен в серии 97 из крупнопанельных железобетонных конструкций. Фундамент – ленточный из бетонных блоков, перекрытия и покрытие – железобетонное. Заполнение оконных проемов выполнено в деревянных переплётках, однако в большей степени заменено на окна в пластиковых переплётках. Дверные проемы входных групп – железные, двери тамбур-шлюзов за выходными группами – деревянные. В доме имеется технический этаж, а также подвал.

Площадь помещений дома – 13476,2 м², из них жилые 9591,2 м², общественные 2392,8 м².

В доме - центральное теплоснабжение. Источник – Северо-Западная котельная. Тепловая нагрузка на систему теплоснабжения при максимальном расходе теплоносителя составляет 1,156 Гкал/час (из них 0,589 Гкал/час на СОиВ и 0,567 Гкал/час на СГВС). Система ГВС – закрытая, независимая. Система отопления – зависимая, без насосного смешения. Расчётная нагрузка на систему отопления составляет 685 кВт. Расчётный расход теплоносителя в СО составляет 21,55 т/ч. Температурный график при $T_n = -34$ °С: $T_1 = 105$ °С, $T_2 = 70$ °С.

Вентиляция в доме – естественная приточная, вытяжная без механического побуждения.

2.2 Исходные данные для оценки

В качестве исходных данных для оценки величины потребления тепловой энергии, а, как следствие, и экономии, были сняты показатели с тепловычислителя ТСРВ-026М. Эти показатели отображают величину потребления тепловой энергии жилым многоквартирным домом (МКД). Данные о трех последних отопительных периодах (ОП) заносятся в таблицу, где отображаются в виде:

$Q_{\text{норм}}$ – нормативное потребление тепловой энергии жилым МКД, Гкал/ч

$Q_{\text{факт}}$ – фактическое потребление тепловой энергии жилым МКД, Гкал/ч

t_1 – среднемесячная температура теплоносителя в подающем трубопроводе, °С

t_n – среднемесячная температура наружного воздуха, °С

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР				

Параметры отопительного периода 2016-2017 гг. приняты за базовые, поскольку отображают начальный этап принятия мер по энергосбережению в МКД. Для данного ОП теплотребление принято согласно нормативу, установленному ресурсоснабжающей организацией (РСО) для каждого МКД.

Норматив рассчитывается РСО исходя из параметров грядущего ОП и выдается эксплуатирующей МКД организации. Также нормативное потребление тепловой энергии присутствует непосредственно в расчетах платы за отопление и горячее водоснабжение потребителями, в случаях, когда на МКД отсутствует узел учета тепловой энергии. В расчётах платы одной квартирой, норматив переводится как отношение Гкал/м² жилой площади.

Нормативное потребление тепловой энергии выражено в часовом расходе теплоты и составило 0,549 Гкал/ч, что ниже расчетного для данного дома, составляющего 0,589 Гкал/ч. Для удобства сравнения в данной работе часовой норматив был приведен к суточному, а затем и к месячному расходу.

Для последующих ОП показатели тепловой энергии сняты в месячном и суточном форматах.

Данные о среднемесячной температуре наружного воздуха получены из архивов погоды для г. Челябинска в 2016 – 2019 гг.

Все полученные значения занесены в таблицу 2.1

					13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 2.1 – «Основные параметры отопительных сезонов 2016 – 2018 гг.»

	2016-2017			2017-2018			2018-2019		
	Q норм, Гкал/ч	t ₁ , °C	t _н , °C	Q факт, Гкал/ч	t ₁ , °C	t _н , °C	Q факт, Гкал/ч	t ₁ , °C	t _н , °C
октябрь	395,10	68,70	+1,4	355,27	70,06	+2,1	240,91	67,41	+5,1
ноябрь	395,10	76,78	-9,5	337,22	72,11	-2,1	301,86	71,21	-4,6
декабрь	412,60	77,49	-15,5	415,00	79,04	-10,0	399,90	79,78	-11,0
январь	412,60	77,17	-13,7	485,80	86,90	-17,3	395,16	78,20	-14,1
февраль	368,80	78,21	-12,9	405,04	83,15	-13,0	357,37	76,65	-12,6
март	412,60	72,27	-4,2	388,32	76,78	-8,5	301,80	68,61	-0,9
апрель	395,10	69,14	+5,3	426,50	69,90	+3,1	348,32	71,08	+4,3
ИТОГО ОП	2791,9	64,97	-6,14	2813,2	67,24	-5,71	2345,3	73,28	-4,8

2.3 Определение класса энергосбережения до начала мероприятий

Класс энергосбережения здания определяется по таблице 15 [6] как величина отклонения фактического значения удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию от нормируемого, %

В [6] значение удельного расхода тепловой энергии определяется по энергопаспорту здания, с помощью расчетов, участвующих при проектировании систем отопления и вентиляции жилых МКД.

Расчетную удельную характеристику расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания следует определять по формуле:

$$q_{от}^p = [k_{об} + k_{вент} - (k_{быт} + k_{рад}) \cdot \nu \zeta] \cdot (1 - \xi) \cdot \beta_h, \quad (7.1)$$

где $k_{об}$ – удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м³·°C);

					13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$k_{\text{вент}}$ – удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/(м³·°С);

$k_{\text{быт}}$ – удельная характеристика бытовых тепловыделений здания, Вт/(м³·°С);

$k_{\text{рад}}$ – удельная характеристика теплоступлений в здание от солнечной радиации, Вт/(м³·°С);

ξ – коэффициент, учитывающий снижение теплотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление, принимается до получения статистических данных фактического снижения $\xi = 0,1$;

β_n – коэффициент, учитывающий дополнительное теплотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока номенклатурного ряда отопительных приборов, их дополнительными теплотерями через радиаторные участки ограждений, повышенной температурой воздуха в угловых помещениях, теплотерями трубопроводов, проходящих через неотапливаемые помещения. Для многосекционных и протяжённых зданий принимаем за $\beta_n = 1,13$;

ν – коэффициент снижения теплоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций; рекомендуемые значения определяются по формуле:

$$\nu = 0,7 + 0,000025 \cdot (\text{ГСОП} - 1000), \quad (7.2)$$

где ГСОП – градусы в сутки отопительного периода, °С·сут, для года ζ – коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления. Для однотрубной системы отопления с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе принимаем $\zeta = 0,95$;

В данной работе была использована формула из [9], с помощью которой оценивается класс энергоэффективности дома с учётом фактических климатических параметров наружного воздуха в текущий ОП.

Данная методика призвана оценивать класс энергоэффективности существующего здания по прошествии некоторого времени после ввода в эксплуатацию. Минимальные условия для выполнения расчёта – дом заселен более, чем на 75%, а введен в эксплуатацию более 3 лет назад.

Определим класс энергетической эффективности жилого МКД до начала мероприятий. Для этого найдем сперва коэффициент перевода K_n по формуле (1) [9]:

$$K_n = \frac{\text{ГСОПф}}{\text{ГСОПр}},$$

где ГСОП_ф – градусо-сутки отопительного периода фактические, т.е. рассчитанные с учётом текущих параметров наружного воздуха в рассматриваемый ОП, °С·сут

ГСОП_р – градусо-сутки отопительного периода расчетные, т.е. рассчитанные с учётом текущих параметров наружного воздуха в расчётный ОП, °С·сут. ГСОП_р для г. Челябинска приняты равными 5995 °С·сут

Для ОП 2016-2017гг.:

- z = 212 сут.,
- t_н = -6,14 °С
- t_в = 21 °С
- ГСОП_ф = 5754 °С·сут

$$K_n = \frac{5754}{5995},$$

$$K_n = 0,96$$

Приведенная удельная характеристика расхода тепловой энергии находится по формуле (2) [9]:

$$q'_{от+в} = K_n \cdot q_{от+в},$$

где q_{от+в} – удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию, кВт·ч/м². Для ОП 2016-2017 гг.: q_{от+в} = 241,0 кВт·ч/м²

$$q'_{от+в} = 0,96 \cdot 241,0$$

$$q'_{от+в} = 231,3 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$$

Сравним полученное значение с приведенной нормируемой величиной q_{от.в}, кВт·ч/м², найденной по формуле 4 [9]:

$$q_{от.в} = 0,024 \cdot q^{тр}_{от} \cdot h \cdot \text{ГСОП}_р,$$

где q^{тр}_{от} – нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию, Вт/м²·°С, для жилых зданий высотой 9 этажей принят равным 0,319 Вт/м³·°С по табл. 14 [6]

h – средняя высота отапливаемых помещений, м. Принята равной 3м

$$q_{от.в} = 0,024 \cdot 0,319 \cdot 3 \cdot 5995$$

$$q_{от.в} = 137,7 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$$

Сравним полученные значения и найдем отклонение, %:

$$x = \left(\frac{137,7 - 231,3}{114,7} \right) \cdot 100$$

$$x = 68\%,$$

что соответствует, согласно таблице 15 [6], классу «Е» - Низкий.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР				

Исходя из этого, можно сделать вывод, что мероприятия по снижению затрат тепловой энергии будут являться одним из путей к повышению класса энергосбережения данного МКД.

					13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 ВЫПОЛНЕНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ

В качестве мероприятий, направленных на достижение экономии тепловой энергии, и, как следствие, повышение класса энергосбережения здания были выбраны установка узла учета тепловой энергии, а также установка системы регулирования температуры теплоносителя.

Узел учета тепловой энергии представляет собой комплект инженерного оборудования, устанавливаемого в системе теплоснабжения здания. Чаще всего такой комплект состоит из определённого набора элементов:

1. Тепловычислителя, устанавливаемого в шкафу УУТЭ на стене ИТП.
2. Двух расходомеров (иногда трёх, в случае учета потребления энергии на СГВС)
3. Комплекта термопреобразователей – датчиков температуры теплоносителя, устанавливаемых до расходомеров
4. Комплект датчиков давления теплоносителя, также устанавливаемых до расходомеров.
5. Шкафа УУТЭ, представляющего собой металлический шкаф, в котором установлен тепловычислитель, а также оборудование, предназначенное для питания УУТЭ. Вся коммутация и питание оборудования, установленного непосредственно на трубопроводах происходит через шкаф УУТЭ.

Все данные, поступающие от датчиков и расходомеров обрабатываются тепловычислителем и, с помощью расчётных формул, преобразовываются в показатели энергопотребления системы теплоснабжения. Эти данные сохраняются в архив. Архив хранится во внутренней памяти тепловычислителя в формате текущих, то есть мгновенных, суточных и месячных значений. Таким образом, обращаясь к тепловычислителю, всегда можно получить необходимые параметры за определенный период.

Система регулирования температуры представляет собой комплект инженерного оборудования, состоящего из:

1. Датчиков давления, установленных на подающем и обратном трубопроводах.
2. Датчиков температуры, установленных там же.
3. Расходомера, отображающего расход в обратном трубопроводе
4. Двухходового балансировочного клапана с установленным на нем электроприводом с датчиком положения
5. Программируемого контроллера управлением системой

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР					

6. Шкафа управления, включающем в себя оборудование, необходимое для питания и коммутации элементов системы, а также GSM-модема и антенны.

Установка системы регулирования температуры может быть выполнена как совместно, так и независимо от установки УУТЭ. При совместной установке, комплект оборудования системы может быть сокращен, поскольку данные о расходе, давлении и температуре в трубопроводах могут быть получены от УУТЭ, что ведет сокращение капитальных затрат на установку данной системы. Такая возможность реализована в данной ВКР.

Температура, теплоносителя, приходящего из тепловых сетей, обусловлена температурным графиком, соответственно температуры в подающем и обратном трубопроводах системы отопления здания подчиняются схожему закону. Однако, температурный график не способен достоверно описать теплоотдачу того или иного здания.

При отсутствии регулирования, температура в обратном трубопроводе чаще всего превышает расчетное значение, обусловленное графиком, тем самым происходит перерасход тепловой энергии.

Принцип работы системы регулирования температуры основан на изменении расхода в обратном трубопроводе системы теплоснабжения в зависимости от изменения температуры в нем. Зная, какая величина температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе, можно оценить текущий перерасход тепловой энергии, а также найти температуру, при которой перерасход отсутствует. Опираясь на полученную температуру в обратном трубопроводе можно регулировать расход в системе отопления.

Изменение температуры и расхода в обратном трубопроводе имеет прямую нелинейную зависимость: при снижении расхода снижается температура, и наоборот. Однако, скорости изменения данных параметров разные: температура изменяется медленнее, чем расход. В первую очередь это обусловлено высокой инерционностью стальных труб, из которых выполнена система теплоснабжения здания. Во-вторых, это практически постоянная температура в помещениях здания на всем протяжении холодного периода года. То есть, остывание НОК происходит медленнее, чем изменение температуры теплоносителя в системе отопления. На данной особенности основывается работа прерывистого отопления.

Таким образом, система регулирования температуры работает по следующему принципу: при изменении температуры в обратном трубопроводе больше или меньше, чем заданное значение, происходит соответственно

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР					

уменьшение или увеличение расхода теплоносителя, проходящего через обратный трубопровод. Исполнительным механизмом в такой системе является двухходовой балансировочный клапан с электроприводом.

Команда на открытие или закрытие клапана подается контроллером. Контроллер связан с удаленным диспетчерским пультом с помощью GSM-связи. Работа системы может быть реализована в двух режимах - ручном и автоматическом.

В автоматическом режиме, контроллер выполняет сравнение полученной от датчика температуры в обратном трубопроводе и подает команду на открытие или закрытие клапана. Команда на привод подается в виде процента открытия клапана в формате от 0 до 100%. Этот процент высчитывается контроллером исходя из уставки температуры, которая в свою очередь определяется диспетчером. На удаленном диспетчерском пульте выполняется только настройка автоматического режима, то есть его включение и определение требуемой температуры в диапазоне. Расчет этой температуры выполняется из условия экономии тепловой энергии и основывается на текущих заявках жителей о несоответствии нормативным параметрам внутреннего воздуха в помещениях.

3.1 Подбор оборудования УУТЭ

Для определения состава оборудования системы регулирования, его заказа и установки, был подбор оборудования.

Подбор оборудования узла учёта тепловой энергии состоит из нескольких этапов:

1. Подбор расходомеров
2. Подбор датчиков температуры и давления
3. Подбор тепловычислителя
4. Подбор оборудования питания УУТЭ

Поскольку УУТЭ был установлен в июне 2017г., до начала выполнения ВКР, подбор оборудования примем исходя из проектной документации на установку.

1. Расходомер: ВЗЛЕТ-ЭР ЭРСВ-440ЛВ Ду = 50мм №1416007
2. Расходомер: ВЗЛЕТ-ЭР ЭРСВ-440ЛВ Ду = 50мм №1329309
3. Преобразователь давления СДВ-И-1,6-1,0-0,6-М-4-20мА №76470
4. Преобразователь давления СДВ-И-1,6-1,0-0,6-М-4-20мА №76467
5. Комплект преобразователей термосопротивления КТПТР-01 №15706
6. Тепловычислитель ВЗЛЕТ ТСРВ-026М №1310365

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР					

3.2 Подбор оборудования системы регулирования

Подбор оборудования системы регулирования в нашем случае будет заключаться в подборе клапана с электроприводом, а также выборе контроллера и датчиков.

В качестве контроллера управления системой выбираем программируемое реле ПР-200.220.2.1.0. Данное реле зарекомендовало себя как безотказный инструмент свободного назначения. Реле можно программировать как перед установкой, так и непосредственно на месте. Преимуществами данного реле являются:

- Большое количество аналоговых и дискретных входов и выходов
- Наличие собственного контроллера выходов
- Свободно программируемая среда позволяет внедрять неограниченное количество функций и задавать любые логические операции
- Наличие поддержки GSM-модема
- Низкая цена

Датчики температуры подобраны исходя из рекомендаций производителя ОВЕН для ПР-200. Такими датчиками являются ДТС 035-100М. Диапазон измеряемых температур (-50...180⁰С).

Клапан подбирается по расходу и перепаду давления на клапане. Расход теплоносителя в системе составляет $G_v=18 \text{ м}^3/\text{ч}$, а

$$\Delta p_{\text{рег.с}} = 40 \text{ кПа} = 4 \text{ м.вод.ст.}$$

С помощью номограммы подбираем подходящий регулятор температуры, пропускная способность в данном случае составляет $25 \text{ м}^3/\text{ч}$. Подходящий регулятор температуры – КР-1с $D_y = 50 \text{ мм}$ и $K_{VS}=25 \text{ м}^3/\text{ч}$,

$\omega = 2,5 \text{ м/с}$, условие по скорости выполняется, т.к. скорость не должна превышать $3,5 \text{ м/с}$

Проверим, выполняется ли условие:

$$a = \frac{\Delta p_{\text{кл}}}{\Delta p_{\text{со}} + \Delta p_{\text{кл}}} > 0,5$$

$$\Delta p_{\text{кл}} = \left(\frac{G}{K_{VS}} \right)^2 \cdot 100$$

$$\Delta p_{\text{кл}} = \left(\frac{18}{25} \right)^2 \cdot 100 = 52 \text{ кПа}$$

$$a = \frac{52}{52 + 40} = 0,57$$

$0,57 > 0,5$ – условие выполняется

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР				

$$\omega = \frac{4 \cdot 18}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,05^2} = 1 \text{ м/с}$$

Согласно паспорту оборудования, к клапану КР-1 Ду = 50мм, с Kvs = 25м³/ч, подбирается привод SauterAVM 321F110 с ходом штока 10мм.

3.3 Расчет ожидаемой экономии тепловой энергии

Рассмотрим задачу оценки энергоэффективности установки АУУ на конкретном примере дома серии 97П, расположенный в г. Челябинске.

В этом нам поможет методика, изложенная В.И. Ливчаком в [10]. В данной статье производится расчет ожидаемого эффекта при установке и настройке контроллера на оптимальный режим регулирования в системах с явным запасом мощности системы отопления. Поскольку в нашем случае регулирование производится не всегда в автоматическом режиме, но в то же время мы рассматриваем систему отопления без запаса мощности, т.к. рассматриваем не проектное теплотребление, а нормативное, то будем считать показатели ожидаемой экономии близкими к расчетным.

Поскольку, мы рассматриваем экономию относительно условного норматива, принятого как потребление тепловой энергии в ОП 2016-2017 гг., то климатические параметры мы также будем принимать этого ОП:

$$t_{в} = 21 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{н} = -34 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t_{н.ср} = -6,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$z_{о.п.} = 212 \text{ сут.}$$

$$A_{ж} = 9591 \text{ м}^2$$

Длительность отопительного периода в часах:

$$n = 212 \cdot 24 = 5088 \text{ ч.}$$

Расчётная тепловая нагрузка СО:

$$Q_{рот.тр.} = Q_{рот.пр.} = 638 \text{ кВт}$$

Расчетная величина бытовых теплопоступлений:

$$Q_{рбыт.} = 0,9 \cdot q_{быт} \cdot A_{ж} \cdot 10^{-3},$$

где $q_{быт}$ – удельная величина бытовых теплопоступлений, принятая согласно [5], Вт/м². Принимаем равной 17 Вт/м²

$$Q_{рбыт.} = 0,9 \cdot 17 \cdot 9591 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{рбыт.} = 60 \text{ кВт}$$

Найдем отношение величины бытовых теплопоступлений

$$x = \left(\frac{Q_{рбыт.}}{Q_{рот.тр.}} \right) \cdot 100\%$$

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР				

$$x = \left(\frac{60}{638} \right) \cdot 100\% = 9,5 \%$$

Расчитав расчетно-нормативный проектный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию МКД за отопительный период при проектном режиме регулирования по формуле:

$$Q_{от.пр.год} = Q_{рот.пр} \cdot n \cdot (t_{вр} - t_{нсп}) / (t_{вр} - t_{нр})$$

$$Q_{от.пр.год} = 638 \cdot 5088 \cdot (21 + 6,1) / (21 + 34) = 1599464 \text{кВт}\cdot\text{ч}$$

Расчетно-нормативный ожидаемый (требуемый) расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию МКД за отопительный период при режиме регулирования, посчитаем по формуле:

$$Q_{от.тр.год} = Q_{рот.тр} \cdot n \cdot [(1 + Q_{рбыт}/Q_{рот.тр}) \cdot (t_{вр} - t_{нсп}) / (t_{вр} - t_{нр}) - Q_{рбыт}/Q_{рот.тр}]$$

$$Q_{от.тр.год} = 638 \cdot 5088 \cdot [(1 + 0,095) \cdot (21 + 6,1) / (21 + 34) - 0,095]$$

$$Q_{от.тр.год} = 1443029 \text{кВт}\cdot\text{ч}$$

Расчетно-нормативный проектный расход теплоты завышен по отношению к полученному от перенастройки контроллера регулятора отопления в АУУ или АИТП на оптимальный график подачи теплоты с учетом теплового баланса на 11 %:

$$\mathcal{E}_к = \frac{(Q_{от(1).пр.год} - Q_{от(2).тр.год})}{Q_{от(2).тр.год}} \cdot 100\%$$

$$\mathcal{E}_к = \frac{(1599464 - 1443029)}{1443029} \cdot 100\%$$

$$\mathcal{E}_к = 11\%$$

Таким образом, суммарная экономия тепловой энергии при установке системы регулирования температуры составит, соответственно, 11 % по отношению к определенному.

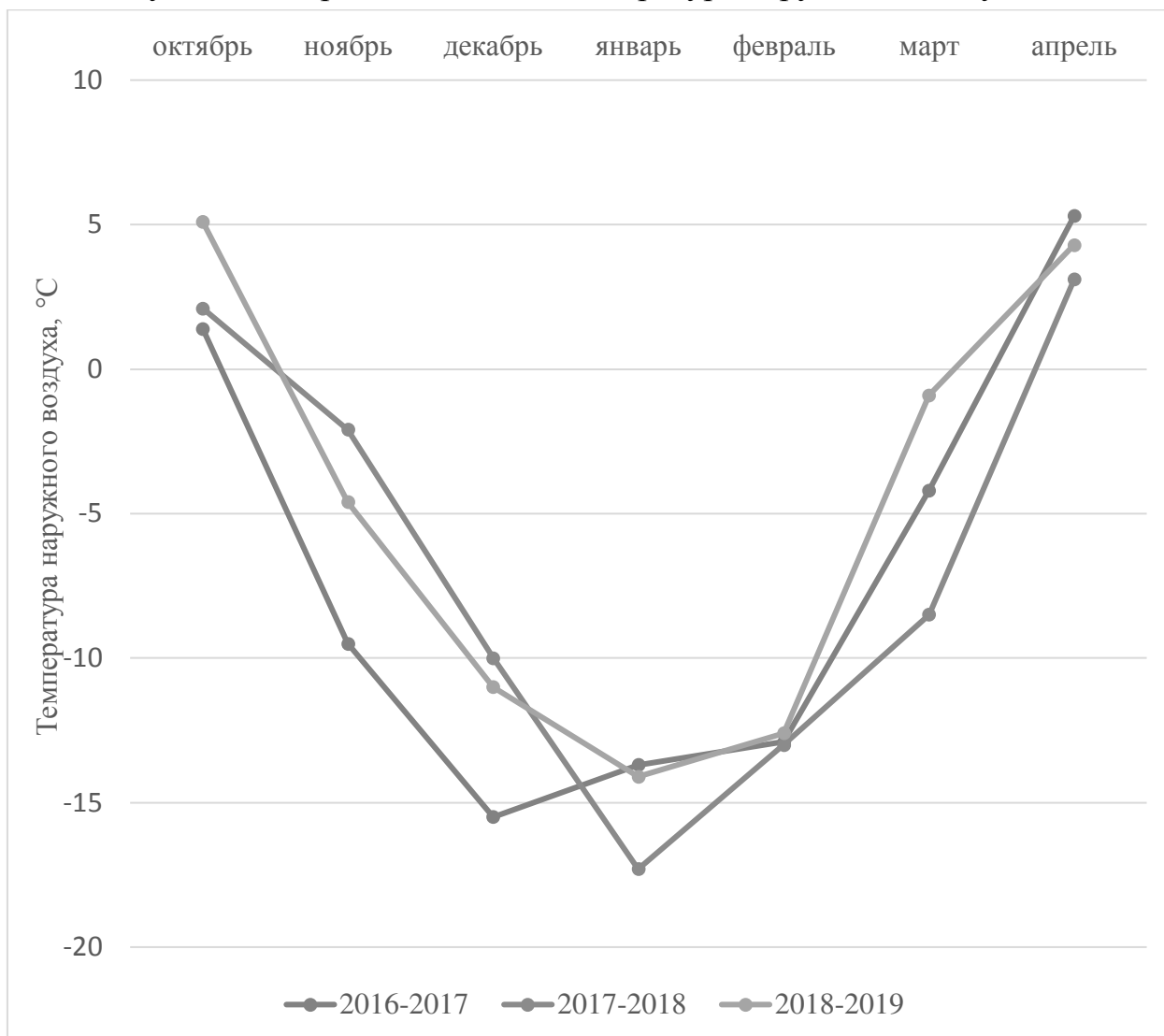
3.4 Построение зависимостей

Для наиболее эффективного анализа проведенных мероприятий используем метод построения зависимостей и графического анализа. Данный метод позволяет дать сравнительную оценку и сделать выводы о мероприятиях, проведенных для экономии потребления тепловой энергии. Также, с помощью построенных зависимостей, мы сравним исходные параметры для отопительных периодов, получим представление о возможности сравнения тех или иных параметров. Расчет и построение выполнены исходя из методики предложенной в [11]

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР				

Итак, используя данные из таблицы 1, построим график среднемесячной температуры наружного воздуха всех трех рассматриваемых отопительных периода:

Рисунок 1 – «Среднемесячная температура наружного воздуха»

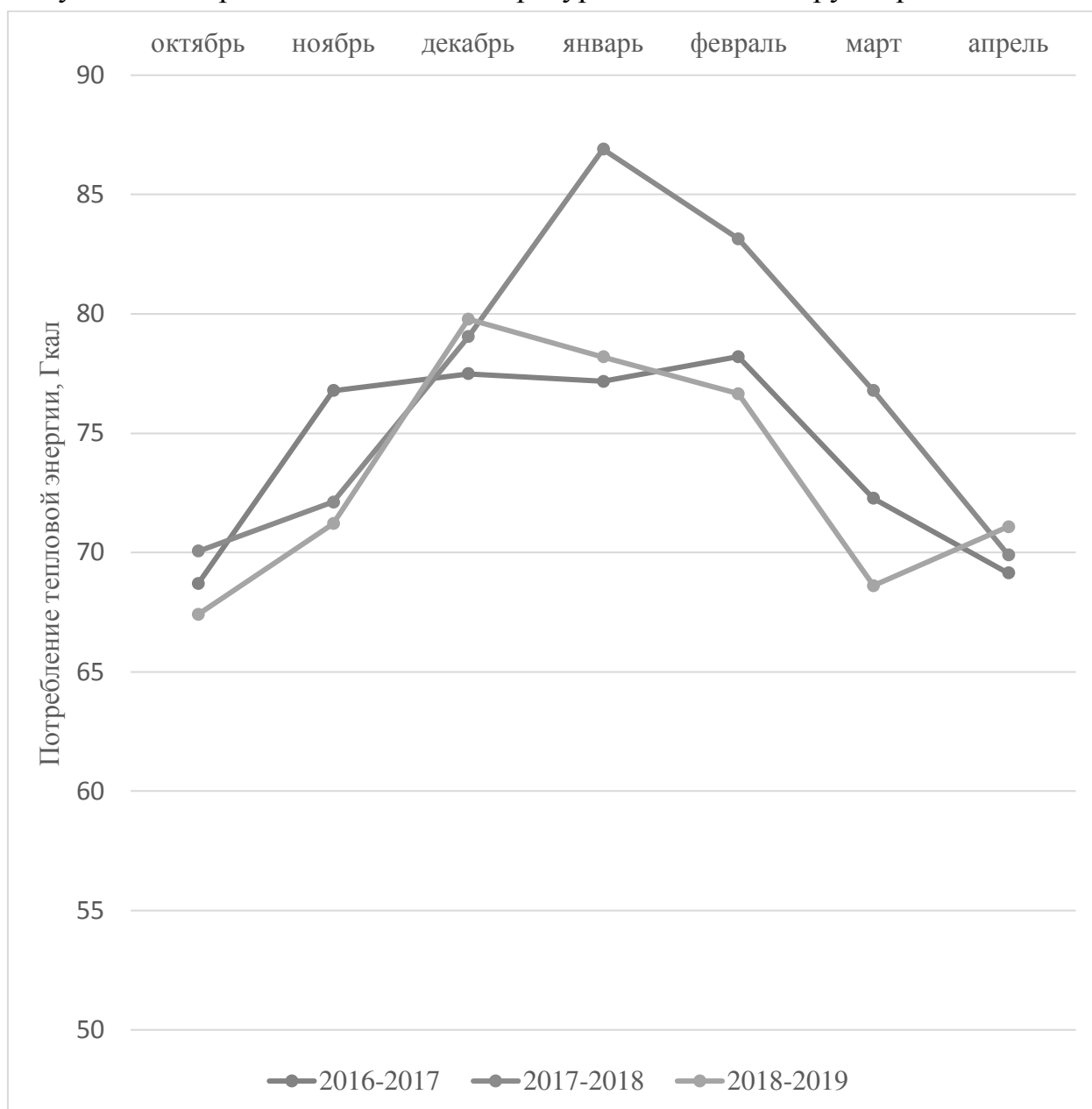


На данном графике мы видим, что:

1. Среднемесячная температура наружного воздуха имеет параболическую форму в каждый из рассматриваемых ОП
2. Наиболее низкая среднемесячная температура воздуха зафиксирована в январе 2017-2018 отопительного периода
3. Наиболее холодный отопительный период был в 2016-2017гг. Поскольку ширина графика, а также разность площадей относительно остальных графиков – выше.

Построим график среднемесячной температуры в подающем трубопроводе:

Рисунок 2 – «Среднемесячная температура в подающем трубопроводе»



Показатели температуры в подающем трубопроводе приняты как среднемесячные для среднемесячных температуры наружного воздуха согласно температурному графику тепловых сетей.

Данный график говорит нам о том, что:

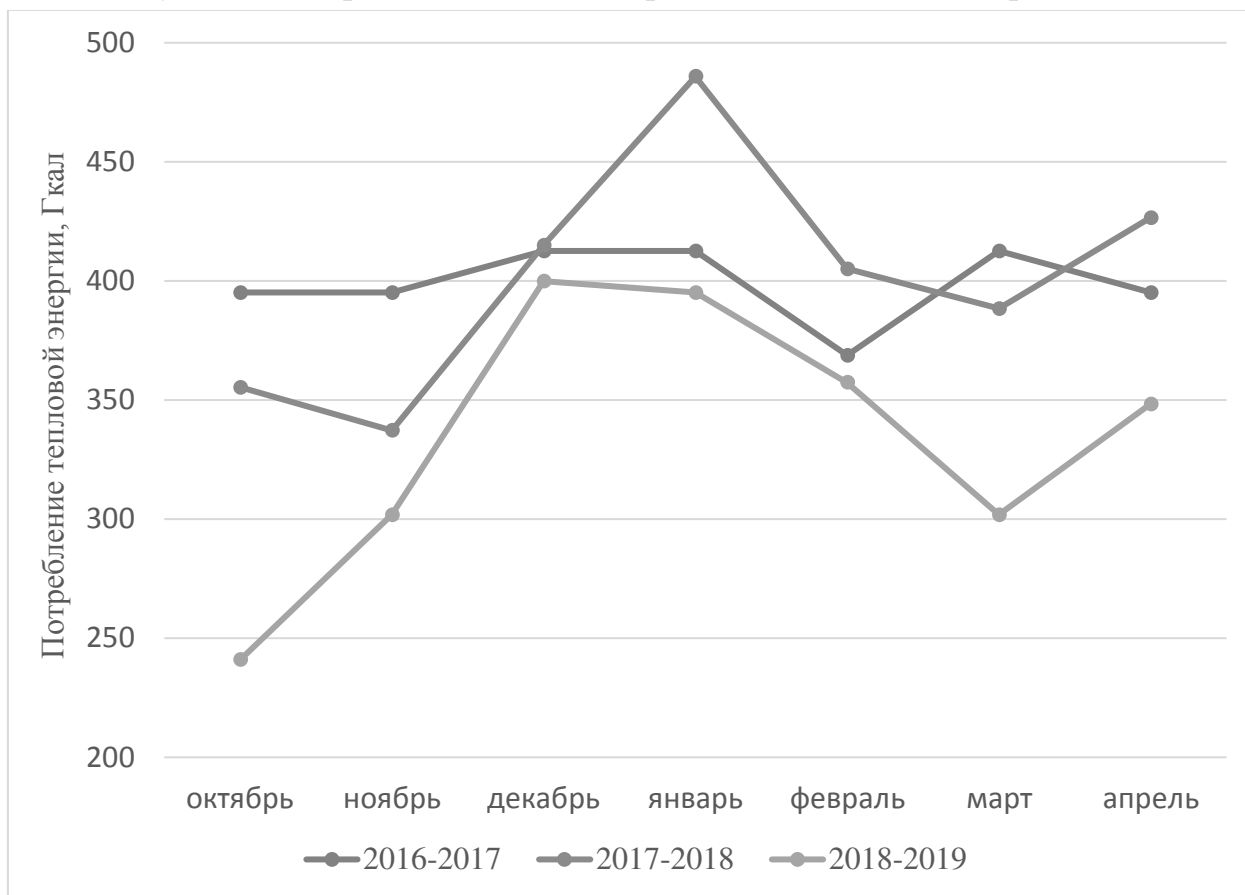
1. Температура в подающем трубопроводе имеет обратную пропорциональную зависимость относительно температуры наружного воздуха, т.е. чем холоднее на улице – тем выше температура подачи.

2. Ресурснабжающая организация иногда не обеспечивает заданные параметры температурного графика тепловых сетей, например, в декабре 2016 г., когда среднемесячная температура наружного воздуха была наиболее

низкой за три рассматриваемых ОП, среднемесячная температура в подающем трубопроводе была также наиболее низкой.

Следующим этапом, мы построим график среднемесячного потребления тепловой энергии:

Рисунок 3 – «Среднемесячное потребление тепловой энергии»



Данный график позволяет сделать сразу несколько выводов:

1. Потребление тепловой энергии в нормативный период отражен на графике наиболее прямой линией, но в то же время, он не отображает фактического потребления, т.к. построен по нормативу. Фактическое потребление остается неизвестным.

2. График потребления тепловой энергии за ОП 2017-2018 гг. не всегда расположен ниже графика за ОП 2016-2017 гг. (т.е. норматива). Это говорит о том, что после установки УУТЭ удалось зафиксировать реальное потребление, в то же время отсутствие регулирования после установки УУТЭ не ведет к экономии, тем самым экономия между двумя рассматриваемыми ОП достигается за счет более теплой зимы в 2017-2018гг. По сути, график ОП 2017-2018гг. можно считать наиболее близким к графику реального потребления тепловой энергии домов без УУТЭ.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

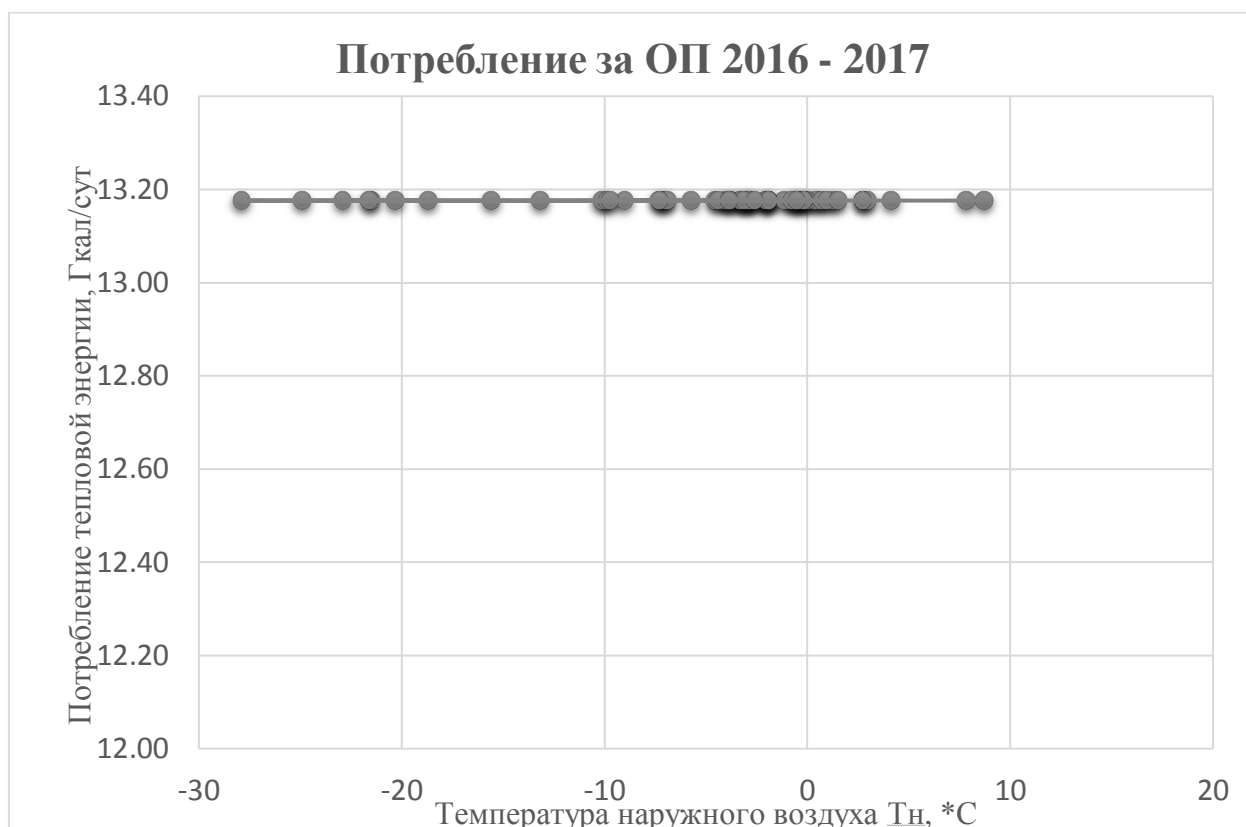
3. График ОП 2018-2019гг. расположен всегда ниже графика нормативного потребления – ОП 2016-2017гг. Тем самым показывая, что экономия достигается всегда, на протяжении всего ОП 2018-2019гг.

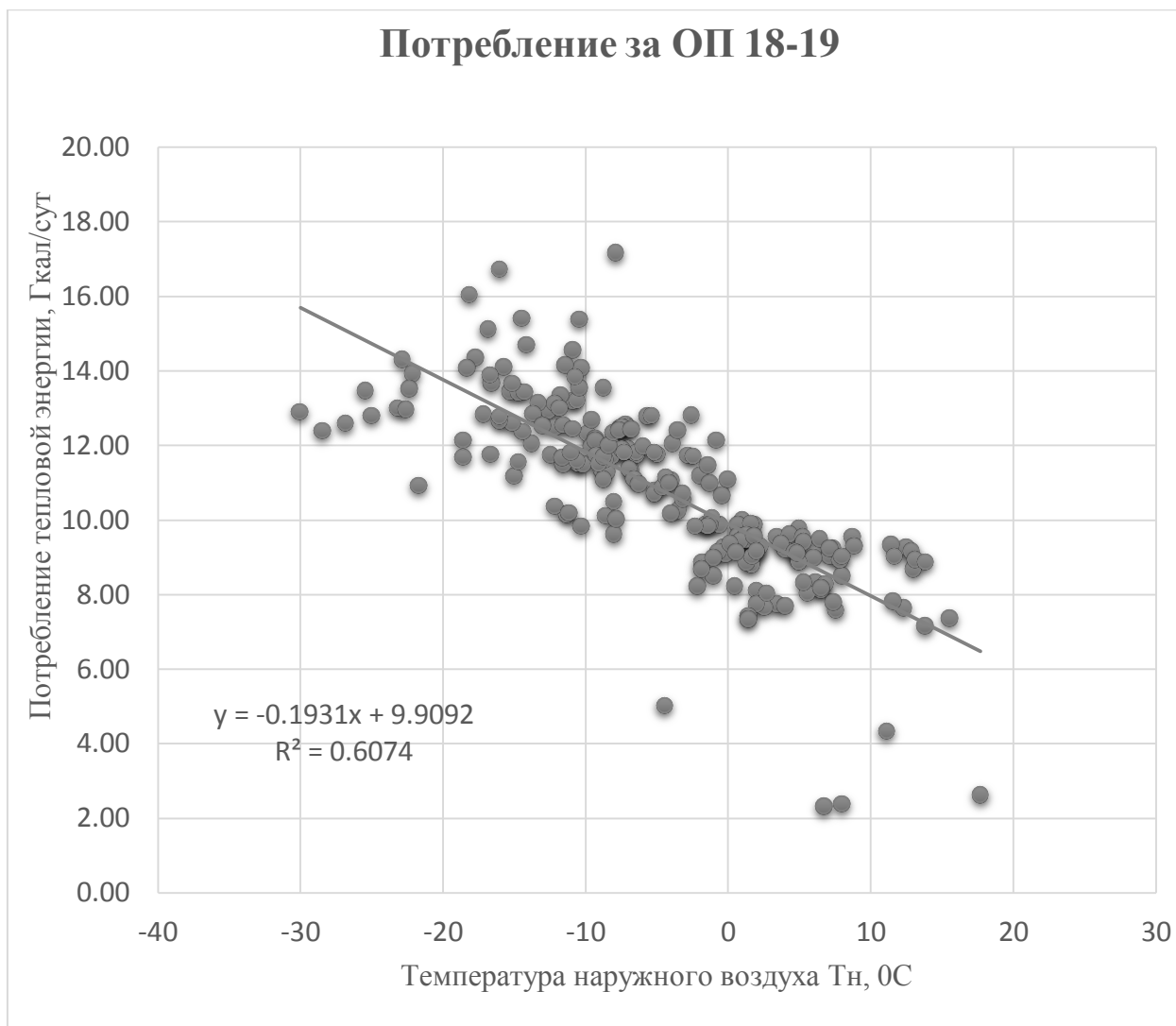
4. Величину экономии ОП 2017-2018гг. и ОП 2018-2019гг. относительно норматива – ОП 2016-2017гг., можно рассчитать, как разность площадей фигур, образованных этими графиками.

Далее, для более детального анализа, построим зависимости величины потребления тепловой энергии в сутки, Гкал/сут от температуры наружного воздуха. Для этого нам понадобятся данные, снятые с тепловычислителя в ОП 2017-2018 гг. и ОП 2018-2019гг.

Данные о суточном потреблении тепловой энергии в ОП 2016-2017гг. построены исходя из нормативного часового расхода 0,549 Гкал/ч. В каждый из рассматриваемых дней данного ОП были сопоставлены температура наружного воздуха, взятая из архива погоды в г. Челябинске за 2016 – 2019 гг., а также расчетное теплотребление, которое составило 13,18 Гкал/сут. Тогда, графиком зависимости величины потребления тепловой энергии в сутки от температуры наружного воздуха будет прямая линия, заданная уравнением $y = 13,18$ при любых x :

Рисунок 4 – «График зависимости суточного потребления тепловой энергии от температуры наружного воздуха в ОП 2016-2017гг.»





В данном случае уравнение прямой, которая описывает зависимость $y = -0,1931x + 9,9092$. Точность аппроксимации $R^2 = 0,6074$ стала выше, нежели в ОП 2017-2018 гг. Это говорит о более очном построении, поскольку точки расположены ближе к прямой, то есть здесь мы можем наблюдать эффект от регулирования.

Отдельные, удаленные на наибольшее расстояние от прямой, точки говорят об инерционности системы отопления в наиболее теплые и наиболее холодные периоды.

3.5 Оценка эффективности принятых решений

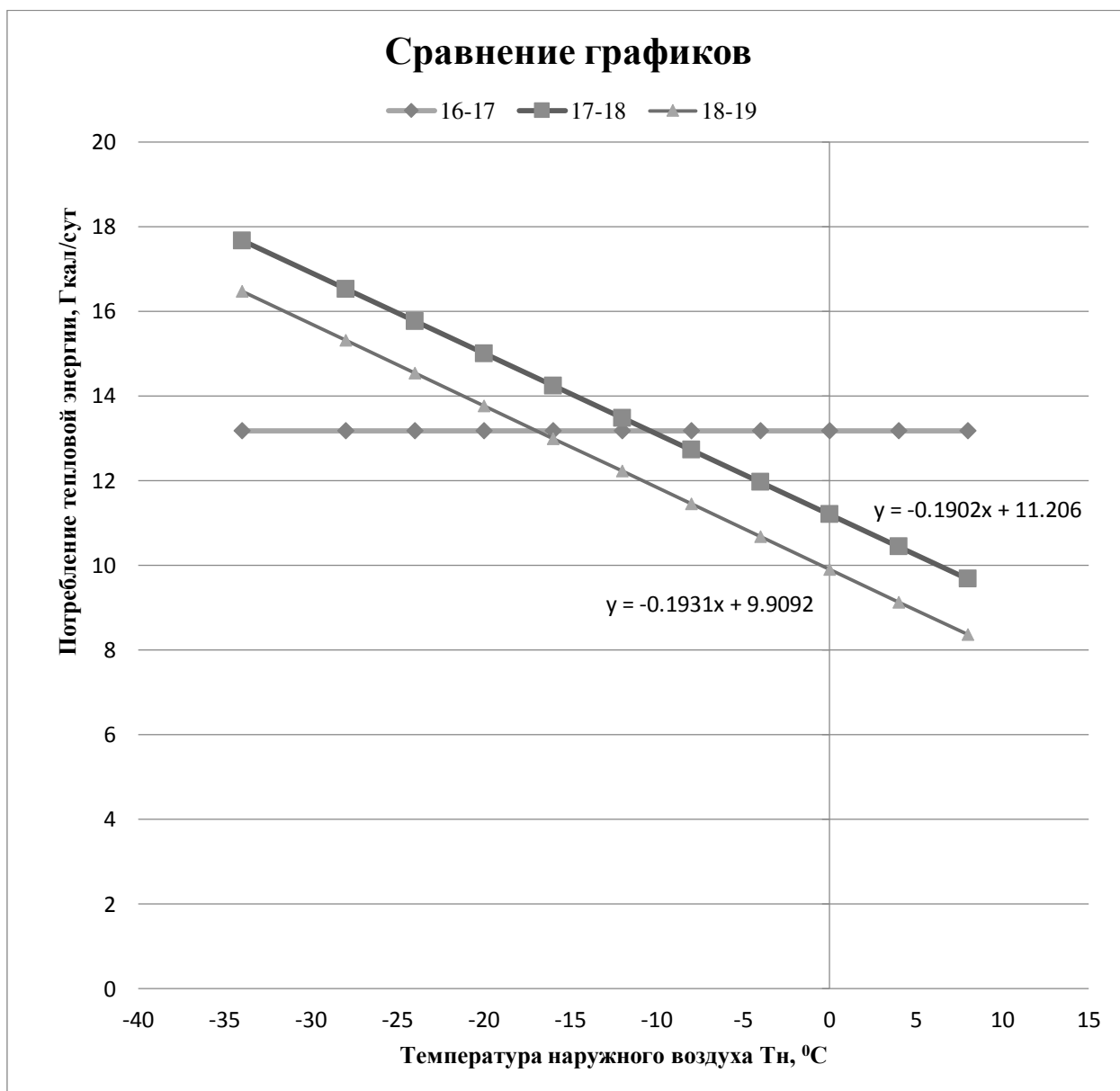
На следующем этапе нам необходимо выполнить анализ полученных данных. Для этого сравним три графика и сделаем выводы об эффективности принятых решений.

Поскольку температуры наружного воздуха для всех трех отопительных периода были разные, нам необходимо привести их к единому диапазону. Границами данного диапазона будут температура наружного воздуха

наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью $P = 0,92$ и температура начала отопительного периода для г. Челябинска принятые по [1]. Таким образом, этот диапазон будет $\{-34; +8\}$ с шагом

Построим прямые, уравнения которых были выведены в главе выше.

Рисунок 7 – «Сравнительный анализ графиков потребления трех ОП»



Построив три графика в одних координатах видим, что:

1. Положение графиков ОП 2017-2018гг. и ОП 2018-2019гг. относительно графика ОП 2016-2017гг. отражает экономию относительно условного норматива.

2. Положение прямой линии, описывающей ОП 2016-2017гг. будет постоянным, как норматив для ОП 2017-2018гг, так и для ОП 2018-2019гг, поскольку часовая норматив является постоянным для данного МКД.

3. Полученная за ОП экономия отражается на данном сравнении, как разность площадей фигур, образованных пересечением наклонной прямой с параллельной оси.

Таким образом, построив график норматива, а также график потребления тепловой энергии для каждого ОП в реальных температурах наружного воздуха, мы сможем наглядно увидеть экономию/перерасход тепловой энергии.

Данное построение мы подтвердим или опровергнем после выполнения экономической оценки.

					13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4 ЭКОНОМИКА

Данная оценка выполнена для определения основных показателей эффективности использования мер по энергосбережению, принятых для данного МКД.

Методика расчета основана на определении разности между нормативной величиной потребления тепловой энергии, установленной РСО, а также фактической величиной потребления тепловой энергии, полученной путем снятия зафиксированных с УУТЭ данных.

Далее, полученная для каждого ОП разница будет переведена в денежный эквивалент, путем умножения на тариф, утвержденный Администрацией г. Челябинска в тот или иной отопительный период.

4.1 Оценка экономии денежных средств

Исходя из известного для данного МКД часового норматива потребления тепловой энергии $q_{\text{норм}} = 0,549$ Гкал/ч и известного для каждого ОП продолжительности отопительного периода, можно определить норматив потребления. Следует отметить, что в случаях, когда отопительный период начинается и/или заканчивается раньше, чем 1 октября и 1 мая соответственно, норматив для сентября и мая принимается равным $q'_{\text{норм}} = 0,374$ Гкал/ч.

В ОП 2017-2018 гг. продолжительность такого периода составила $z' = 18$ сут., в ОП 2018-2019 гг. – $z' = 5$ сут.

Тогда, экономия, Гкал в каждый ОП будет рассчитываться по формуле 1 [13]

$$\Delta Q = Q_{\text{норм}} - Q_{\text{факт}}, (1)$$

где $Q_{\text{норм}}$ – нормативная величина потребления тепловой энергии, определяемая по формуле (2):

$$Q_{\text{норм}} = 24 \cdot ((z - z') \cdot q_{\text{норм}} + z' \cdot q'_{\text{норм}}), (2)$$

Рассмотрим ОП 2017-2018гг.:

$$z = 230 \text{ сут.}$$

$$Q_{\text{норм}}^{16-17} = 24 \cdot ((230 - 18) \cdot 0,549 + 18 \cdot 0,374)$$

$$Q_{\text{норм}}^{17-18} = 2954,9 \text{ Гкал}$$

$$\Delta Q^{17-18} = 2954,9 - 2813,2$$

$$\Delta Q^{17-18} = 141,7 \text{ Гкал}$$

$$\Delta Q^{17-18}, \% = 4,8\%$$

Процент экономии в ОП 2017-2018гг. составил: 4,8%

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР				

Рассмотрим ОП 2018-2019гг.:

$$z = 217 \text{сут.}$$

$$Q_{\text{норм}}^{18-19} = 24 \cdot ((217 - 5) \cdot 0,549 + 5 \cdot 0,374)$$

$$Q_{\text{норм}}^{18-19} = 2838,3 \text{ Гкал}$$

$$\Delta Q^{18-19} = 2838,3 - 2345,3$$

$$\Delta Q^{18-19} = 493,0$$

$$\Delta Q^{18-19}, \% = \frac{2838,2 - 2345,3}{2838,2} \cdot 100\%$$

$$\Delta Q^{18-19}, \% = 17,3\%$$

Процент экономии в ОП 2018-2019гг. составил: 17,3%

Рисунок 7.1 – «График потребления за ОП 2016-2019гг»



Из полученных данных видно, что экономия в ОП 2017-2018 гг. в 3,5 раза меньше, чем экономия, полученная в ОП 2018-2019гг. Сам факт экономии в ОП 2017-2018гг. вызван несколькими факторами:

1. Более теплая, по сравнению с нормативной зима.
2. Однако, норматив рассчитан на более холодную, но менее продолжительную зиму.

Таким образом, фактически экономия, предположительно, достигнута совокупностью двух факторов. Во-первых, это установка узла учета, которая позволила жителям наблюдать потребление тепловой энергии ежемесячно, а поскольку переплата в холодные месяцы по УУТЭ выше, чем по нормативу, то количество заявок на снижение расхода теплоносителя в управляющую компанию увеличилось. Следовательно, происходило регулирование теплотребления. Однако, из-за того, что оно не было адекватным (слесарь, вероятно, открывал задвижку на долгий срок), количество заявок на низкие параметры температуры внутри помещений увеличилось. Таким образом происходило неадекватное регулирование волнами, которое в конечном итоге вызвало экономию теплоносителя в наиболее теплое время отопительного периода.

Относительно экономии, полученной в ОП 2018-2019гг. можно сделать вывод, что:

1. Зима в данный ОП была гораздо теплее, чем нормативная.
2. Эффективное регулирование принесло свои плоды.

Таким образом, мы нашли действительные значения экономии тепловой энергии за два последних отопительных периода, в которые были установлены УУТЭ и средства регулирования и теперь, можем оценить денежный эквивалент данной экономии.

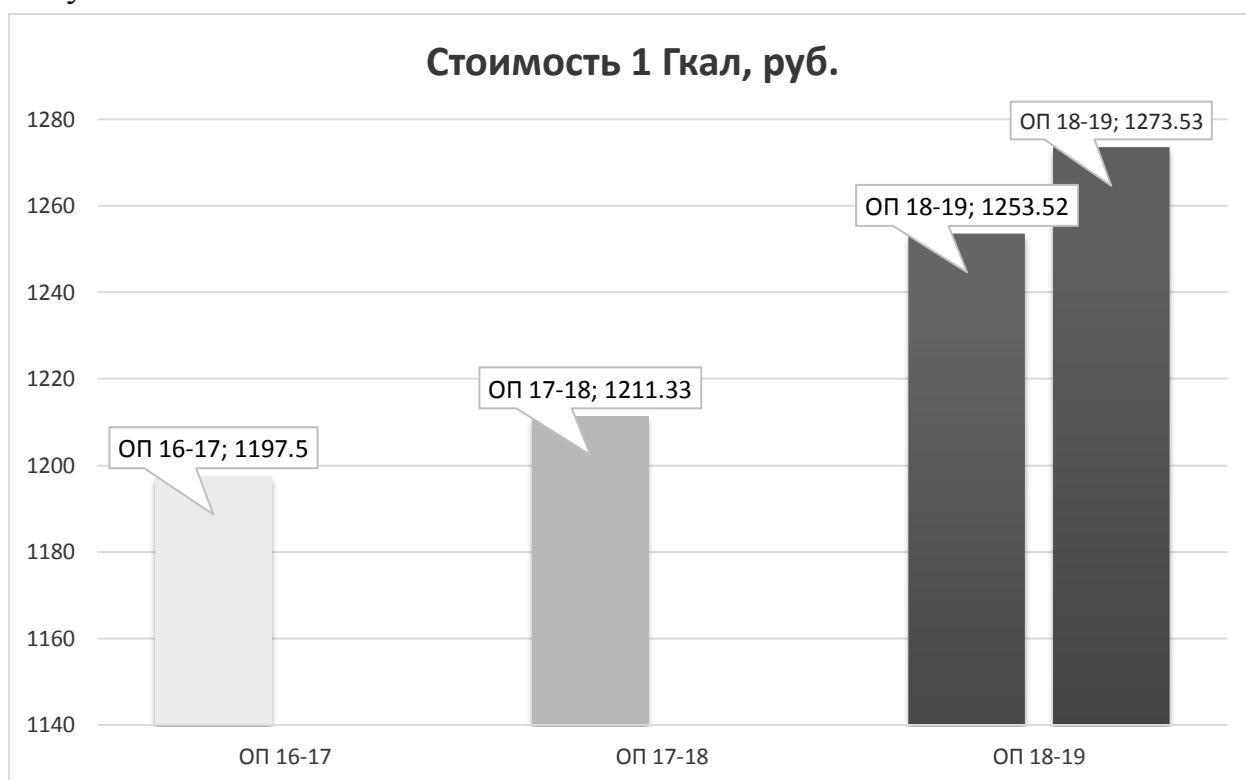
Для этого нам понадобится выполнить расчет по формуле (3):

$$I = P \cdot \Delta Q, (3)$$

где, I – сумма сэкономленных средств, руб

P – тарифная ставка на 1 Гкал тепловой энергии, руб/Гкал

Рисунок 7.2 – «Стоимость 1 Гкал в ОП 2016-2019гг»



Рассчитаем сумму сэкономленных средств за ОП 2017-2018гг.:

$$P^{17-18} = 1211,33 \text{ руб}$$

$$I^{17-18} = 1211,33 \cdot 141,7$$

$$I^{17-18} = 171645 \text{ руб}$$

Далее, таким же образом рассчитаем сумму сэкономленных средств за ОП 2018-2019гг.:

По ходу отопительного сезона 2018-2019гг. произошла смена РСО в г. Челябинске, также изменилась и тарифная ставка на 1 Гкал тепловой энергии. С

января 2019 она составила $I^{18-19}_2 = 1273,53$ руб. С октября по декабрь 2018г она составляла $I^{18-19}_1 = 1253,52$ руб

Таким образом, для того, чтобы посчитать сумму сэкономленных средств за данный отопительный период, придется выполнить условное разделение ОП на две части. С помощью таблицы 1 мы сложим соответствующие месяцы.

Также придется пересчитать норматив для обеих частей:

октябрь – декабрь 2018г:

$$\begin{aligned}z_1 &= 91 \text{ сут}, z'_1 = 0 \text{ сут.} \\Q_{1\text{норм}} &= 24 \cdot (91 \cdot 0,549 + 0 \cdot 0,374) \\Q_{1\text{норм}} &= 1199,0 \text{ Гкал} \\ \Delta Q_1 &= 1199,0 - 942,7 \\ \Delta Q_1 &= 256,3 \text{ Гкал}\end{aligned}$$

январь - апрель 2019г:

$$\begin{aligned}z_2 &= 121 \text{ сут}, z'_2 = 5 \text{ сут.} \\Q_{2\text{норм}} &= 24 \cdot (121 \cdot 0,549 + 5 \cdot 0,374) \\Q_{2\text{норм}} &= 1639,3 \text{ Гкал} \\ \Delta Q_2 &= 1639,3 - 1402,6\end{aligned}$$

Теперь можно рассчитать сумму сэкономленных средств за каждую часть ОП, а затем сложить обе части:

октябрь – декабрь 2018г:

$$\begin{aligned}P_1^{18-19} &= 1253,52 \text{ руб} \\I_1^{18-19} &= 1253,52 \cdot 256,3 \\I_1^{18-19} &= 321277 \text{ руб}\end{aligned}$$

январь - апрель 2019г:

$$\begin{aligned}P_2^{18-19} &= 1273,53 \text{ руб} \\I_2^{18-19} &= 1273,53 \cdot 236,7 \\I_2^{18-19} &= 301445 \text{ руб}\end{aligned}$$

Тогда, сумма сэкономленных средств за весь ОП 2018-2019 гг.:

$$\begin{aligned}P^{18-19} &= P_1^{18-19} + P_2^{18-19} \\P^{18-19} &= 321277 + 301445 \\P^{18-19} &= 622722 \text{ руб}\end{aligned}$$

Таким образом мы нашли сумму сэкономленных средств за каждый ОП, в котором производились мероприятия по энергосбережению. Сумма средств, сэкономленных за два ОП составила 794367 руб.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР					

Рисунок 7.3 – «Экономия в руб за ОП 2016-2019гг»

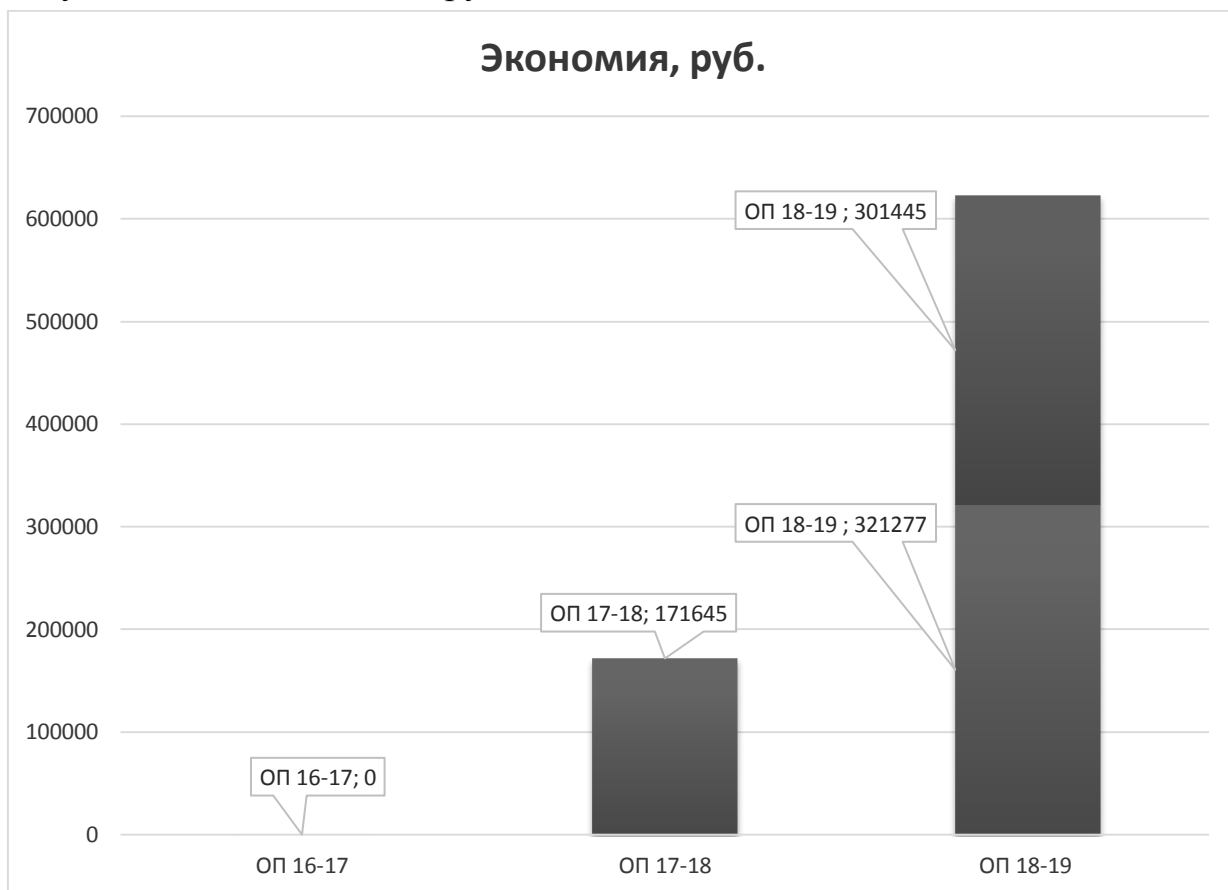
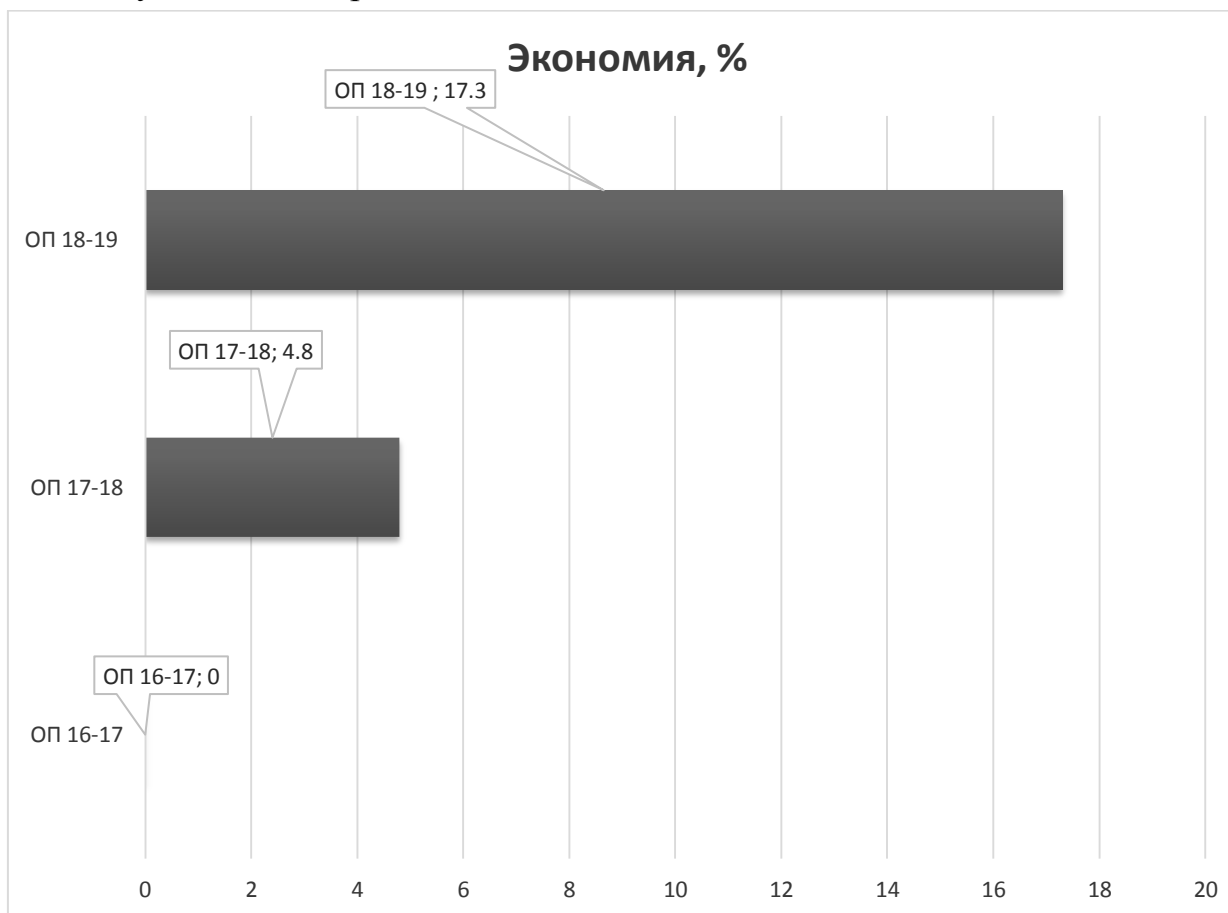


Рисунок 7.4 – «Процент экономии в каждый из ОП 2016-2019гг»



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР

4.2 Оценка срока окупаемости принятых решений

Исходя из полученных данных о сумме сэкономленных средств, а также, учитывая все затраты на установку и эксплуатацию, можно оценить сроки окупаемости данных мероприятий для жителей МКД.

Для того, чтобы достоверно оценить этот срок, необходимо найти бухгалтерскую документацию. Такой документацией является смета на установку УУТЭ. К сожалению, документации по установке средств регулирования температуры не найдено. В этом случае, будем пользоваться ценами на оборудование

с добавлением коэффициента 1,2 на монтажные и пусконаладочные работы.

Эксплуатационные затраты включают в себя тарифную ставку на обслуживание данной системы управляющей организацией, а также затраты на электрическую энергию, потребляемую электронными устройствами этих систем.

Капитальные затраты на установку УУТЭ в 2017г согласно сводному сметному расчёту: $P_1 = 309924$ руб. Сюда входят: разработка проектной и рабочей документации, закупка материалов, монтажные и пусконаладочные работы.

Годовое обслуживание УУТЭ с 1 м^2 жилой площади дома составляет $1,32$ руб/ м^2 . Сюда входят: техническое обслуживание УУТЭ, годовая подписка на систему диспетчеризации, оформление сводных отчетов для сдачи в РСО.

Сумма потребляемых мощностей всех приборов УУТЭ составляет 127 Вт/ч. Рассчитаем стоимость потребленной электроэнергии за один год при цене $1 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 2,25 \text{ руб}/\text{кВт}\cdot\text{ч}$

Жилая площадь помещений дома $A_{ж} = 9591 \text{ м}^2$

Итого, годовое обслуживание УУТЭ составляет:

$$P_2 = 1,32 \cdot 9591 + 2,25 \cdot 0,127 \cdot 24 \cdot 365$$

$$P_2 = 15163 \text{ руб}$$

Таким образом, капитальные затраты за ОП 2017-2018 составляют:

$$P = 309924 + 15163$$

$$P = 325087 \text{ руб.}$$

Принимая, что экономия в ОП 2017-2018гг. составила 171645 руб, рассчитаем срок окупаемости установки УУТЭ:

$$CO_1 = (325087 + 15163) / 171645 = 2 \text{ отопительных периода}$$

Установка средств регулирования обошлась жителям дома в $P_1 = 106093$ руб. Сюда входит: электропривод, клапан, датчик температуры, кон-

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР				

троллер, подписка и тех поддержка программного комплекса ПолиТЭР, материалы, необходимые для установки, монтажные работы.

Годовое обслуживание системы регулирования составляет 3,68 руб/м² или 35295 руб в год. Сумма потребляемых мощностей всех приборов системы составляет 108 Вт/ч. Рассчитаем стоимость потребленной электроэнергии за один год при цене 1 кВт*ч = 2,25 руб/кВт*ч

Итого, годовое обслуживание системы составляет:

$$P_2 = 3,68 \cdot 9591 + 2,25 \cdot 0,108 \cdot 24 \cdot 365$$

$$P_2 = 37423 \text{ руб}$$

Таким образом, капитальные затраты за ОП 2018-2019 составляют:

$$P = 143516 \text{ руб}$$

Принимая, что экономия в ОП 2018-2019гг. составила 622722 руб, рассчитаем срок окупаемости установки системы:

$$CO_2 = 143516 / 622722 = 0,2 \text{ отопительных периода}$$

Таким образом, по отдельности, установка УУТЭ или системы регулирования температуры окупилась бы за 2 и 0,2 отопительных периода соответственно.

Фактически, срок окупаемости обеих систем в совокупности составил:

$$CO = \frac{325087 + 15163 - 171645 + 143516}{622722} = 0,5 \text{ отопительных периода}$$

То есть после установки УУТЭ в 2017 году, его срок окупаемости наступил бы по завершении ОП 2018-2019гг, однако, из-за того, что перед данным ОП была установлена система регулирования, их совокупная окупаемость была достигнута по прошествии 0,5 текущего ОП 2018-2019гг., то есть половины.

4.3 Сравнение полученных результатов с рекомендуемым перечнем.

Сравнение с «Перечнем энергосберегающих мероприятий для капитального ремонта в Челябинской области» [12]

Согласно перечню п 3.3 «Установка общедомовых приборов учета тепловой энергии»:

- Снижение вида нагрузки или мощности систем ОВ, ГВС, и ЭС – 0%
- Снижение затрат на покрытие вида нагрузки – 15%
- Дополнительные удельные капвложения с квартир – 18,5 руб./м²
- Дополнительные годовые удельные затраты на обслуживание с квартир – 0,19 руб./м²

Таким образом, за ОП 17-18, согласно перечню, было бы затрачено:

$$P = 177434 + 1822 = 179256 \text{ руб.}$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР					

Сравним реальные затраты и расчётные, найдем процент несоответствия:

$$X = (179256-325087) \cdot 100 / 179256 = 81\%$$

Таким образом, фактические затраты на установку и обслуживание УУТЭ в первый год превысили ожидаемые на 81%. В первую очередь это связано с капитальными затратами, в Перечне не указывается цена оборудования, отнесенная к м2 жилой площади. Второй же причиной являются более высокие цены на обслуживание УУТЭ, предоставляемые УК.

Согласно перечню п 3.11 «Программный отпуск тепла – общедомовое регулирование с ночным понижением температуры»:

- Снижение вида нагрузки или мощности систем ОВ, ГВС, и ЭС - 0%
- Снижение затрат на покрытие вида нагрузки – 5%
- Дополнительные удельные капвложения с квартир – 34,7 руб./м²
- Дополнительные годовые удельные затраты на обслуживание с квартир – 1,04 руб./м²

Таким образом, за ОП 18-19, согласно перечню, было бы затрачено:

$$P = 332808 + 9975 = 342783 \text{ руб.}$$

Сравним реальные затраты и расчётные, найдем процент несоответствия:

$$X = (342783-143516) \cdot 100 / 342783 = 58\%$$

Исходя из этого, расчетные затраты завышены относительно реальных на 58%, однако, следует отметить, что в Перечне представлены удельные затраты на установку и обслуживание, однако не конкретизированы: состав устанавливаемого оборудования, его цена, а также тарифная ставка на обслуживание согласно региону.

					13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5 ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕУЗЛЪТАТОВ

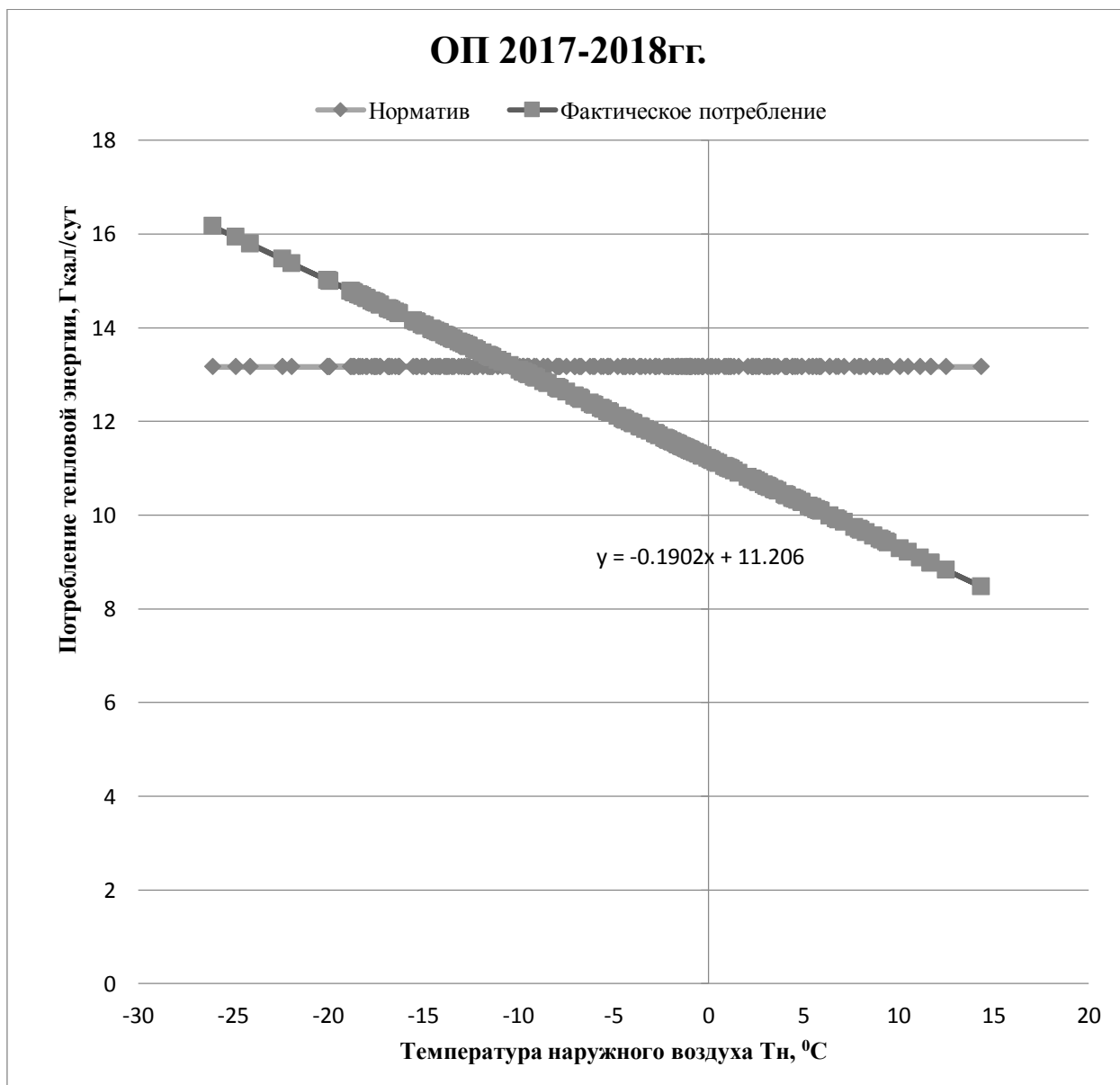
5.1 Графический анализ отопительного периода

В данном разделе рассчитан и построен график, исходя из часового расхода, норматива для отопительных сезонов, в которых потребление было зафиксировано УУТЭ (ОП 2017-2018гг и ОП 2018-2019гг).

Далее, выполнено сравнение нормативного значения с фактическим, сделана оценка экономии, и описана ее величина.

Построим график зависимости суточного потребления тепловой энергии от температуры наружного воздуха, приведенной к диапазону $\{-34; +8\}$

Рисунок 8 – «Графики зависимости суточного потребления тепловой энергии и норматива от приведенной температуры наружного воздуха ОП 2017-2018гг»



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР

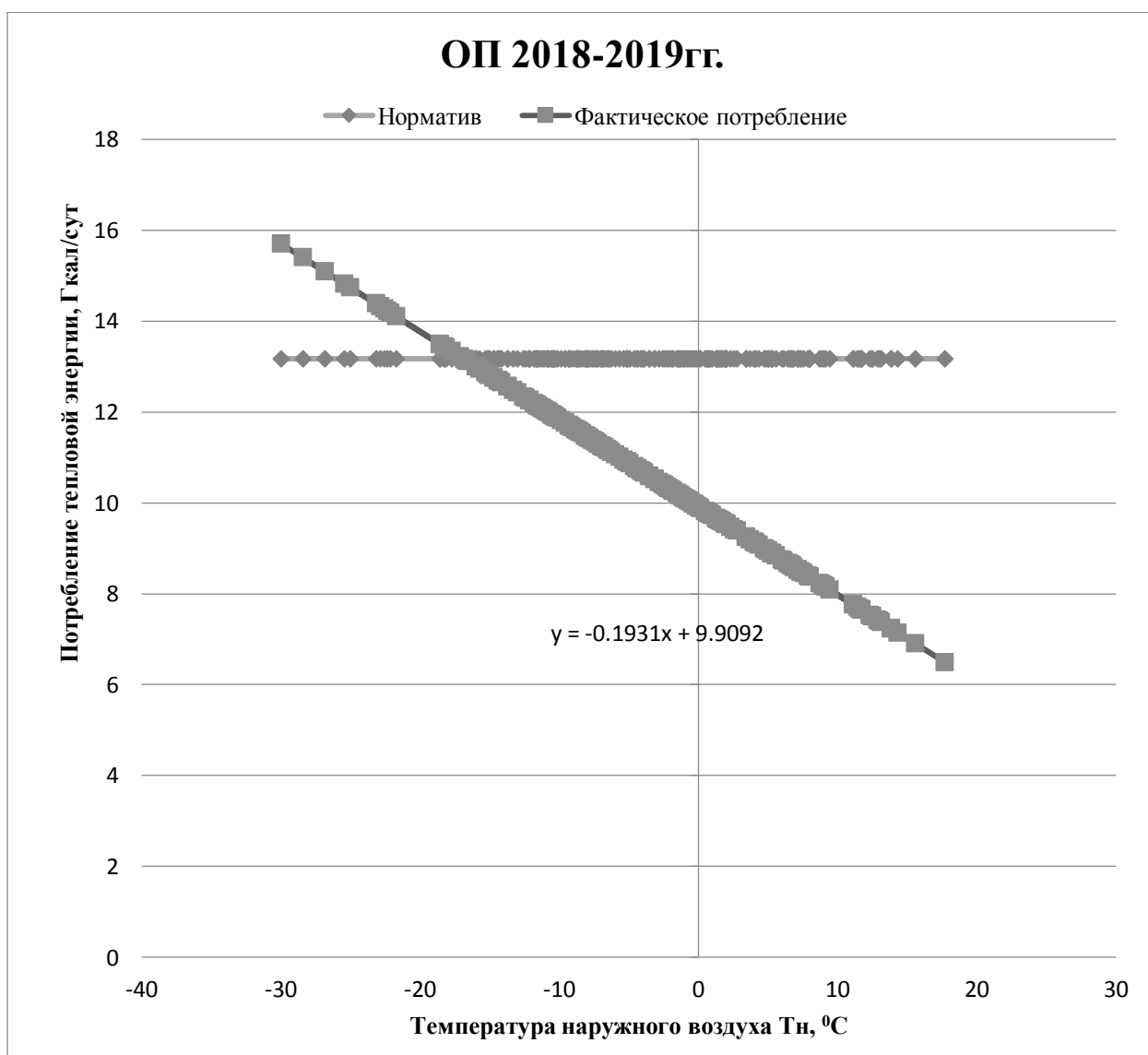
Лист

Данное сравнение показывает, что в приведенных к фактическому значению температурах, расположение прямых потребления относительно друг друга создает две неравномерные области – треугольника.

Левый треугольник – область перерасхода тепловой энергии относительно норматива. Видно, что в наиболее холодный период, фактическое потребление выше, как и было выведено ранее. Правый треугольник – экономия относительно норматива. Здесь также видно, что данный треугольник лежит ниже линии норматива в периодах, когда температура наружного воздуха относительно высокая. что подтверждает теорию о неравномерном регулировании из-за жалоб жильцов.

Построим ту же зависимость для ОП 2018-2019гг.:

Рисунок 9.1 – «Графики зависимости суточного потребления тепловой энергии и норматива от приведенной температуры наружного воздуха ОП 2018-2019гг»



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР

Лист

На данном сравнении выводы, полученные относительно рисунка 8 становятся более очевидными. Так, угол наклона графика зависимости для ОП 2018-2019 гораздо больше. Тем самым мы наблюдаем графическое выражение увеличения экономии.

Правый треугольник заметно больше левого, то есть разница их площадей стала очевидной.

Таким образом, проанализировав оба рисунка можно сделать вывод о том, что:

1. Левый треугольник – перерасход тепловой энергии – будет уменьшаться с улучшением качества регулирования.

2. Правый треугольник – экономия тепловой энергии – будет расти с улучшением качества регулирования.

3. Данный анализ позволяет оценить качество регулирования системы отопления.

4. Данный анализ можно использовать как оценка потенциальной экономии жилых МКД со схожими параметрами (типовой застройки)

В качестве подтверждения последнего пункта, построим такой анализ для такого же жилого дома, расположенного в соседнем дворе.

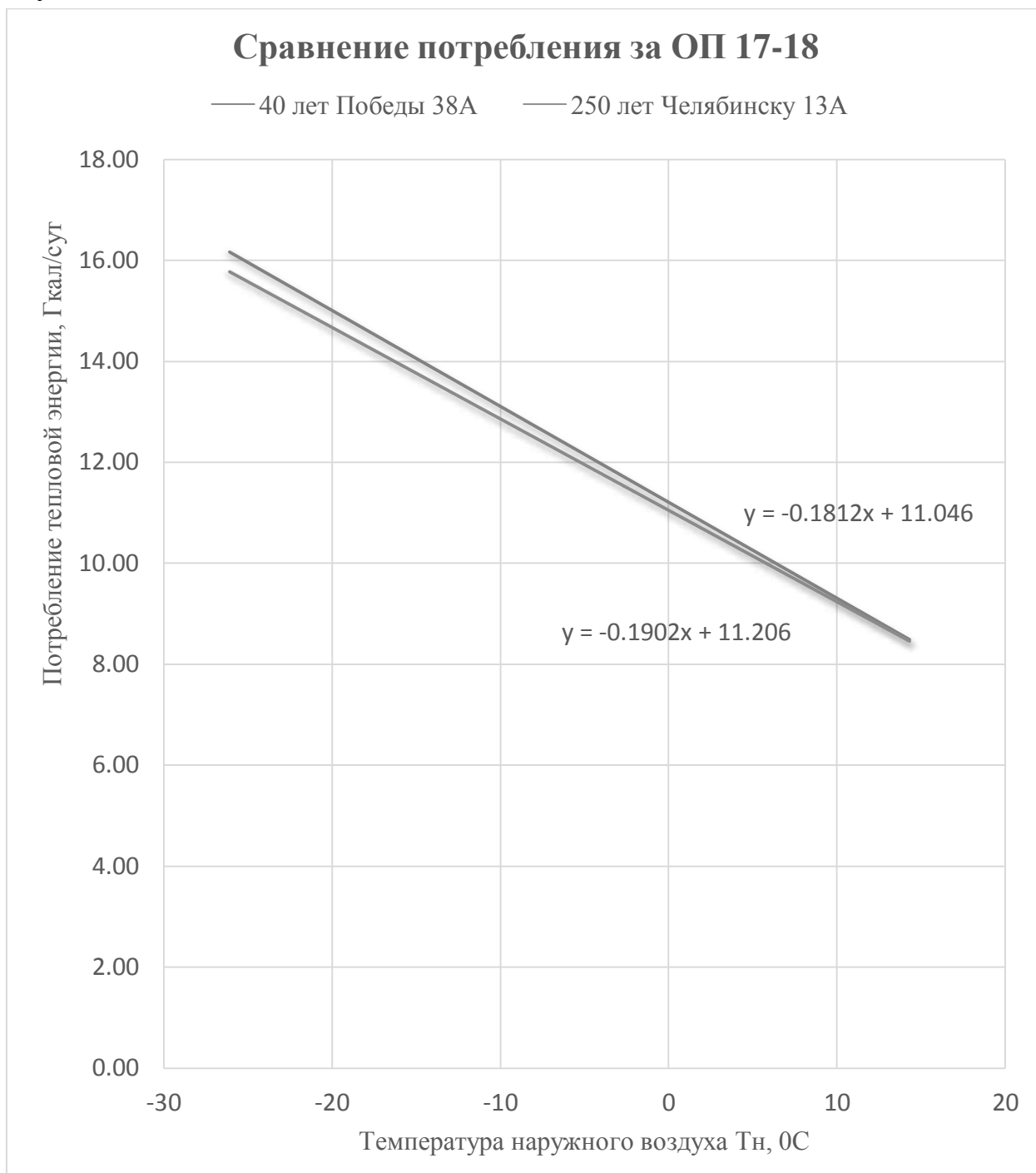
5.2 Оценка и прогнозирование для дома без регулирования

Жилой МКД, расположенный по адресу г. Челябинск, ул. 250-летия Победы, 13а, обладает одинаковой компоновкой с рассматриваемым домом. По сути, это полная копия рассматриваемого дома, что является обычным делом для типовой застройки 80х-90х годов 20 века.

Для полноценного анализа и поиска потенциально сэкономленных средств, сравним для начала один и тот же отопительный период с нанесенными характеристиками потребления обоих домов. Для этого из снятых с УУТЭ показаний, построим график зависимости для ОП 2017-2018гг – отопительного периода, когда оба дома были в одинаковой конфигурации (УУТЭ без системы регулирования)

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР				

Рисунок 9 – «Сравнительный анализ показателей теплопотребления двух домов за ОП 2017-2018гг»



Данный анализ отображает идентичность двух домов. Прямые линии фактически накладываются друг на друга с погрешностью в 1%. В этом доме, также выполнялось регулирование, основанное на заявках жителей.

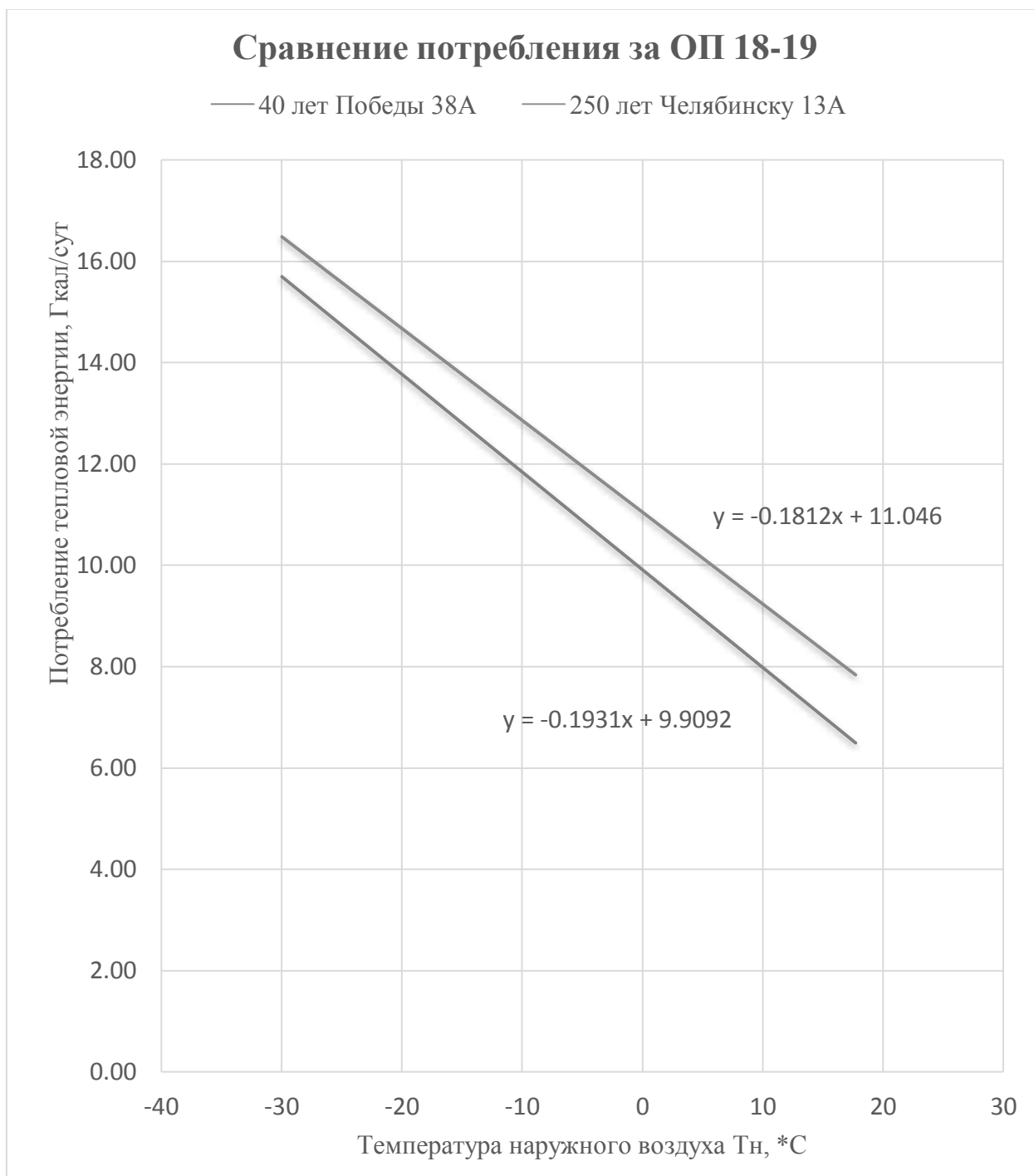
Таким образом, убедившись в возможности сравнения двух домов с одинаковыми системами отопления, можно оценить величину потенциально сэкономленных средств на соседнем доме.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР

Лист

Рисунок 10 – «Оценка потенциальной экономии соседнего дома за ОП 2018-2019ГГ»



На данном сравнении видно, что прямые параллельны, тем самым снова доказывая идентичность систем отопления, характеристик наружных ограждающих конструкций, а также графика тепловой сети РСО.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Площадь фигуры, образованной двумя прямыми в границах максимальной и минимальной температур, будет отображать величину потенциальной экономии за ОП 2018-2019гг для дома 250 лет Челябинску, 13а.

Таким образом, с помощью данного анализа нами была выведена сравнительная характеристика, при построении которой можно наглядно увидеть величину потенциальной экономии на однотипных жилых домах.

5.3 Определение класса энергосбережения здания по окончании проведения мероприятий

По окончании проведения мероприятий, необходимо выполнить оценку изменения класс энергосбережения дома.

Для ОП 2017-2018гг.:

- $z = 230$ сут.,
- $t_n = -5,71^{\circ}\text{C}$
- $t_b = 21^{\circ}\text{C}$
- $\text{ГСОП}_\phi = 6143^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$

$$K_n = \frac{6143}{5995},$$

$$K_n = 1,02$$

Приведенная удельная характеристика расхода тепловой энергии находится по формуле 2 [9]:

$$q'_{o+b} = K_n \cdot q_{o+b},$$

где q_{o+b} – удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. Для ОП 2017-2018 гг.: $q_{o+b} = 242,8 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$

$$q'_{o+b} = 1,02 \cdot 242,8$$

$$q'_{o+b} = 247,7 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$$

Сравним полученное значение с приведенной нормируемой величиной $q_{от.в}$, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, найденной по формуле 4 [9]:

$$q_{от.в} = 0,024 \cdot q^{тр}_{от} \cdot h \cdot \text{ГСОП}_p,$$

где $q^{тр}_{от}$ – нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$, для жилых зданий высотой 9 этажей принят равным $0,319 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ по табл. 14 [6]

h – средняя высота отапливаемых помещений, м. Принята равной 3м

$$q_{от.в} = 0,024 \cdot 0,319 \cdot 3 \cdot 5995$$

$$q_{от.в} = 137,7 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$$

Сравним полученные значения и найдем отклонение, %:

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР				

$$x = \left(\frac{137,7 - 247,7}{137,7} \right) \cdot 100$$

$x = 80\%$, класс «Е» - низкий.

Для ОП 2018-2019 гг.:

- $z = 217$ сут.,
- $t_n = -4,80^{\circ}\text{C}$
- $t_b = 21^{\circ}\text{C}$
- $\text{ГСОП}_\phi = 5599^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}$

$$K_n = \frac{5599}{5995},$$

$$K_n = 0,93$$

Приведенная удельная характеристика расхода тепловой энергии находится по формуле 2 [9]:

$$q'_{\text{от.в}} = K_n \cdot q_{\text{от.в}},$$

где $q_{\text{от.в}}$ – удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию, $\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$. Для ОП 2018-2019 гг.: $q_{\text{от.в}} = 202,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$

$$q'_{\text{от.в}} = 0,93 \cdot 202,4$$

$$q'_{\text{от.в}} = 188,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$$

Сравним полученное значение с приведенной нормируемой величиной $q_{\text{от.в}}$, $\text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$, найденной по формуле 4 [9]:

$$q_{\text{от.в}} = 0,024 \cdot q^{\text{нр}}_{\text{от}} \cdot h \cdot \text{ГСОП}_p,$$

где $q^{\text{нр}}_{\text{от}}$ – нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию, $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$, для жилых зданий высотой 9 этажей принят равным $0,319 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ по табл. 14 [6]

h – средняя высота отапливаемых помещений, м. Принята равной 3 м

$$q_{\text{от.в}} = 0,024 \cdot 0,319 \cdot 3 \cdot 5995$$

$$q_{\text{от.в}} = 137,7 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^2$$

Сравним полученные значения и найдем отклонение, %:

$$x = \left(\frac{137,7 - 188,2}{188,2} \right) \cdot 100$$

$x = 37\%$, класс «D» - Пониженный.

Таким образом, изменение класса энергосбережения произошло только после установки системы регулирования температуры. Класс энергосбережения изменился с «Е» - Низкий, на «D» - Пониженный, что свидетельствует об эффективности выбранного мероприятия. Дальнейшее повышение класса

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР				

энергосбережения возможно только после капитального ремонта МКД. Основная причина низкого класса энергосбережения – нарушение теплотехнических характеристик НОК, а также ухудшение качества работы системы отопления из-за эксплуатационной усталости.

5.4 Рекомендации к установке системы регулирования температуры

В ходе данной ВКР было вычислено, что экономия от установки системы регулирования температуры составила 17,3%. Данное число превысило ожидаемый показатель 11%. Таким образом, данная система рекомендована к установке в типовой застройке МКД.

					13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной ВКР был произведен анализ энергоэффективности мероприятий, связанный с улучшением работы системы отопления жилого многоквартирного дома.

В ходе работы был выполнен подбор оборудования ИТП, выполнен расчет ожидаемой величины экономии от установки системы регулирования температуры теплоносителя системы отопления. Полученное значение – 11% полностью соответствует фактическому.

Был выполнен анализ потребления тепловой энергии МКД в зависимости от разных параметров наружного воздуха. Дана оценка энергоэффективности установки УУТЭ, которая показала, что основной эффект экономии от установки узла учета тепловой энергии заключается в переменном регулировании теплоотдачи системы отопления, вызванной жалобами жильцов на параметры внутреннего воздуха.

В ходе работы был выполнен расчет полученной экономии тепловой энергии в денежном эквиваленте. Рассчитаны сроки окупаемости, которые подтвердили, что экономия, достигаемая за счет установки данных средств, полностью окупает себя в ходе отопительного периода, перед которым данные средства были установлены.

Также, в работе было выполнено сравнение двух идентичных МКД. Поиск величины потенциальной экономии для соседнего рассматриваемому МКД доказал, что аналитический метод, выведенный в ходе работы может быть использован для прогнозирования вложения инвестиций в системы регулирования типовой застройки.

По окончании работы была выполнена оценка класса энергосбережения МКД после выполнения проведенных мероприятий, которая показала, что изначально присвоенный дому класс «Е» - Низкий изменился на «D» - Пониженный, что свидетельствует об эффективности выполненных мер. Дальнейшее повышение класса энергосбережения возможно только после капитального ремонта МКД.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР				

- 17 Коконова М.С. Выбор приоритетных энергосберегающих мероприятий при реконструкции систем отопления зданий // Известия высших учебных заведений. – 2006.- №10.- С. 47 – 51
- 18 Панферов В.И, Панферов С.В. Об одном решении задачи синтеза автоматических регуляторов в адаптивной системе управления отоплением зданий // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2012. – Вып. 16. - № 23 (282). С. 142-149.
- 19 Панферов В.И, Выбор и настройка автоматических регуляторов в системах теплоснабжения // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2005. – Вып. 3. - № 13. С. 81 - 84.
- 20 Ливчак. В.И. За оптимальное сочетание автоматизации регулирование подачи и учета тепла // АВОК. – 1998. - №4
- 21 Раевская А.В. Повышение энергоэффективности при капитальном ремонте многоквартирных домов // Энергосбережение. - 2016. - №8
- 22 Грановский, В.Л. Энергоэффективные системы отопления: тенденции, практика, проблемы / В.Л. Грановский //АВОК. - 2011. - № 8. - С. 40-44.
- 23 Богуславский, М.С. Эксплуатация инженерного оборудования общественных зданий /М.С. Богуславский. - М.: Стройиздат, 1990. - 239 с.
- 24 Драчнев, В.П. Автоматизированная система централизованного управления работой тепловых пунктов // Водоснабжение и санитарная техника. - 1982. - № 11. - С. 14-17.
- 25 Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учеб. для вузов / Е.Я. Соколов - 7-е изд., стер. - М.: Изд-во МЭИ, 2001. - 472 с.
- 26 Грислис, В.Я. Автоматизация элеваторных узлов систем отопления // Водоснабжение и санитарная техника. - 1981. - № 7. - С. 22-23.
- 27 Панферов, В.И. К теории управления режимами централизованного теплоснабжения //Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». - 2011. -Вып. 12. - № 16 (233). - С. 41-45.
- 28 Ливчак В.И., Забегин А.Д. Стратегия автоматического регулирования систем отопления многоквартирных домов // Энергосбережение. - 2016. - №3.
- 29 Ильин Р.А., Столяров Д.В. Комплексная модернизация тепловых пунктов в системах централизованного теплоснабжения // Международный научный журнал «Символ Науки». – 2015 - №12. – С. 42-46.
- 30 Алтухов Ф.В., Кабардин Д.О., Чертов Н.В. Пофасадное регулирование теплового режима здания // Теория и практика современной науки. – 2016. - №12.

					13.04.01.2019.066.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 31 Стрижак П.А., Морозов М.Н. Энергоэффективность системы теплоснабжения зданий при различных методах регулирования теплопотребителя // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. - 2014. - №3(202).
- 32 Тарасова В.В., Тарасов В.А., Калинин А.Г., Афанасьев В.В., Ковалев В.Г. Исследования динамических характеристик системы автоматического регулирования отопления здания // Вестник Чувашского университета. - 2015. - №3.
- 33 Парыгин А.Г., Волкова Т.А., Куличихин В.В. О энергонезависимости и надежности тепловых пунктов // Энергетик. - 2013. № 3. - С. 41-43.
- 34 Батухтин А.Г., Кобылкин М.В. Автоматизированная система регулирования расхода теплоносителя для теплоснабжения групп потребителей // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2013. № 2(171). С. 68-72.
- 35 Игнатенок В.В., Боровиков В.М. Анализ методов регулирования отпуска тепловой энергии потребителям // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2010. № 2(100). Т. 1. С. 65-71.
- 36 Бурцев В.В., Басин А.С., Байтингер Н.М. Математическая модель регулирования объекта теплопотребления // Ползуновский вестник. 2004. № 1. С. 174—177.
- 37 Пуговкин А.В., Купреков С.В., Абушкин Д.В. [и др.]. Математическая модель теплоснабжения помещений для АСУ энергосбережения // Доклады ТУСУР. Управление, вычислительная техника и информатика. 2010. № 2 (22). Ч. 1. С. 293-298.
- 38 Короткова Л.И., Толдина Н.А. Регулирование потребления тепловой энергии в жилом фонде // Вестник МГСУ. – 2011 - №7
- 39 Потапенко Е.А., Содатенков А.С., Глаголев С.Н. Исследование математической модели управления автоматизированным индивидуальным тепловым пунктом с типовыми регуляторами // Известия Самарского научного центра РАН. - 2012. - №4.