

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»

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

Рецензент

начальник проектного отдела

_____ Хлюстова О.В.
_____ 2021 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой,

к.т.н., доцент

_____ Д.В. Ульрих
_____ 2021 г.

Оценка способов снижения теплопотребления торговым центром в
г. Челябинске

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 08.04.01.2021.058.09. ПЗ ВКР

Руководитель проекта:

доцент, (к.т.н.)

_____ Старкова Л.Г.
_____ 2021 г.

Автор проекта:

студент группы АС-228

_____ Ярина Е.А.
_____ 2021 г.

Нормоконтролер:

доцент, (к.т.н.)

_____ Старкова Л.Г.
_____ 2021 г.

АННОТАЦИЯ

Ярина Е.А. Оценка способов снижения теплопотребления торговым центром в г.Челябинске , Челябинская область. - Челябинск: ЮУрГУ, АСИ; 2021, 79 с., библиогр. список – 39 наим.

В выпускной квалификационной работе было выполнено: описание объекта проектирования в базовом варианте; анализ литературы, где определили возможность использования солнечных коллекторов, описание исследования и использование методики для расчета солнечного коллектора; выполнен эксперимент для оценки реальной экономии узла погодного регулирования для постоянной температуры внутреннего воздуха и для ночного режима; проведен экономический расчет и оценена целесообразность установки погодного регулирования, солнечных коллекторов, совместной установки узла погодного регулирования и солнечных коллекторов.

						08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Зав. каф.	Ульрих				Оценка способов снижения теплопотребления торговым центром в г.Челябинске	Стадия	Лист	Листов
Н.контр.	Старкова					ДП	3	
Руководит.	Старкова					ЮУрГУ Кафедра ГИСиС		
Консульт.	Старкова							
Дипломник	Ярина							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ	6
1.1 Описание объекта исследования и общие данные	6
1.2 Описание действующих систем теплоснабжения в базовом варианте... 7	7
1.3 Система отопления	8
1.4 Описание ИТП в базовом варианте	9
1.5 Актуальность темы исследования	11
2 АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ.....	12
2.1 Использование альтернативных источников энергии	12
2.1.1 Мини и микро ГЭС	13
2.1.2 Энергия ветра. Достоинства и недостатки	14
2.1.3 Тепловые насосы.....	17
2.2 Анализ возможности использования солнечной энергии в условиях города Челябинска	20
2.3 Анализ существующих типов солнечных коллекторов.....	22
2.3.1 Выбор альтернативных источников теплоснабжения для объекта на основе проведенного исследования	27
2.4 Способы снижения потребления теплоты инженерными системами объекта.....	27
2.4.1 Применение узла автоматического управления системы отопления....	27
2.4.2 Результаты теоретического анализа литературы	34
3 ОПИСАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	35
3.1 Среднечасовой расчетный расход теплоты на горячее водоснабжение ..	35
3.2 Расчет характеристик теплоснабжения объекта	37
3.3 Сопоставление нагрузок теплоснабжения.....	38
4 АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ ОБЪЕКТОМ.....	39

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

4.1 Подбор солнечных коллекторов	39
4.2 Расчёт и подбор оборудования гелиосистемы	45
4.3 Расчёт срока окупаемости и определение целесообразности установки солнечных коллекторов	50
5 УЗЕЛ ПОГОДНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ.....	54
5.1 Исследование эффективности использования узла погодного регулирования системы отопления на основе эксперимента	54
5.2 Подбор оборудования узла погодного регулирования системы отопления	63
5.3 Расчёт срока окупаемости и определение целесообразности установки узла погодного регулирования системы отопления	67
5.4 Расчёт срока окупаемости совместной установки солнечных коллекторов и узла погодного регулирования	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	72
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	74

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день человечество активно внедряет новые экологически чистые источники энергии. Интенсивное использование традиционных источников энергии привело к появлению ряда экологических проблем, наиболее острыми из которых являются: увеличение выбросов в атмосферу углекислого газа и уменьшения толщины озонового слоя. За последние 100 лет концентрация углекислого газа в атмосфере Земли увеличилось на 13%. Потенциал альтернативных источников энергии использование 1/100 энергии Солнца позволяет исключить использование нефти, газа и других традиционных источников [1].

Объект исследования – отдельно стоящее здание торгового центра в жилом комплексе «Западный луч» г. Челябинск, Центральный район по ул. Труда.

Актуальность проблемы состоит в том, что есть необходимость решать вопросы эффективности способов теплоснабжения объектами городской инфраструктуры, в частности функционирующих объектами строительства торговых центров, а также оценить эффективность различных способов экономии теплоснабжения и выбрать наиболее выгодный вариант.

В данной работе поставленная задача решается на конкретном примере: оценка эффективности способов снижения теплоснабжения инженерными системами торгового центра в жилом комплексе «Западный луч», расположенного в городе Челябинске. Однако полученные решения могут быть полезны для распространения полученного опыта на подобные объекты на территории России.

Цель исследования: поиск наиболее эффективного способа снижения потребления тепловой нагрузки, вырабатываемой традиционным способом, для торгового центра в ЖК «Западный луч».

Задачи исследования:

1. Рассмотреть использование возможности применения альтернативных возобновляемых источников;

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

2. Рассмотреть возможность регулирования потребления тепловой энергии;
3. Определить целесообразность предлагаемых энергосберегающих мероприятий;
4. Выполнить оценку наиболее эффективного мероприятия для данного объекта.

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

1 ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Описание объекта исследования и общие данные

Объект исследования – отдельно стоящее здание торгового центра в жилом комплексе «Западный луч» г. Челябинск, Центральный район по ул. Труда.

Жилой комплекс «Западный луч» представляет собой микрорайон бизнес-класса в центральном районе Челябинска. Проектом застройщика «Западный луч» предусмотрено 6 уникальных домов на двадцать пять этажей, три из которых были сданы в течение 2011-2017 годов.

Территория новостроек «Западный луч» закрытая. Здесь есть подземный паркинг, круглосуточное видеонаблюдение, консьерж-служба. На территории ЖК находятся безопасные детские и спортивные площадки, зеленая зона отдыха для всей семьи с ландшафтным дизайном.

Расположение жилого комплекса показано на рисунке 1.1.

Здание торгового центра прямоугольное в плане. Центр имеет 2 этажа. На обоих этажах проектом предусматривалось устройство торговых бутиков по продаже непродовольственных товаров. Внешний вид торгового центра представлен на рисунке 1.2.

Теплоснабжение здания осуществляется от наружных тепловых сетей районной котельной г. Челябинска. Ввод в ИТП предусмотрен на отм. -6.300.

Параметры теплоносителя в системе отопления здания 90-65 °С ограничены характеристиками полиэтиленовых труб.



Рисунок 1.1 – Расположение жилого комплекса «Западный луч»

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		



Рисунок 1.2 – Внешний вид торгового центра «Западный луч» г. Челябинск

Характеристика климатического района строительства приведена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Характеристика климатического района строительства

Город	Челябинск
Влажностная зона	Сухая
Условия эксплуатации	А
Абсолютная минимальная температура	-48 °С
Средняя температура наиболее холодных суток	-37 °С
Температура наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92	-32 °С
Продолжительность отопительного периода	212 сут
Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь	3,7 м/с
Расчетная географическая широта	55 ° с.ш.

1.2 Описание действующих систем теплоснабжения в базовом варианте

Основными потребителями тепловой энергии в здании являются: СО, ГВС, системы вентиляции. Из-за отсутствия исходных данных анализ снижения теплоснабжения в системах вентиляции в настоящее время не производился. Таким образом, исследованию подвергались существующие системы отопления и ГВС комплекса.

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

1.3 Система отопления

Система отопления двухтрубная, независимая через теплообменник, тупиковая с разводкой под потолком первого и второго этажей.

Теплоноситель – сетевая вода. В качестве отопительных приборов приняты стальные панельные радиаторы Purmo-Universal тип 22, высотой 500 мм. Выпуск воздуха осуществляется с помощью кранов Маевского в отопительных приборах. Регулировка теплоотдачи приборов осуществляется регулирующими кранами RA-N на подводах к радиаторам и встроенных в прибор терморегуляторов. Гидравлическая балансировка систем отопления производится автоматическими балансировочными клапанами установленными на ответвлениях от разводящих поэтажных магистралей и на стояках.

1) СО1 к системе отопления подключены все помещения общего пользования арендаторов в стояке на отм. -10.280, на первом этаже на отм. -5.650, на втором этаже на отм. -1.150. Учет производится от коммерческого учета на вводе в теплообменник системы отопления;

2) СО2; СО3- ответвления от коллекторных трубопроводов СО1, проложены вдоль здания по коридору под потолком первого этажа на отм. -5.652. СО2 – система отопления помещений в осях 1-5/А-Д первого этажа, учет в сан. узле. СО3 – система отопления помещений 2.1 и 3.1 первого этажа, учет на ответвлениях;

3) СО4 – система отопления помещения помещения 3.1 и помещений в осях 40-46/А-Д первого этажа, учет на гребенке отопления в ИТП и ответвлениях к системам;

4) СО5 – система отопления помещения в осях 46-48/А-Д первого этажа, учет на гребенке отопления в ИТП;

5) СО6 – система отопления помещений в осях 1-20/А-Д второго этажа, учет на гребенке отопления в ИТП и ответвлениях к системам;

6) СО7 – система отопления помещений в осях 26-48/А-Д второго этажа, учет на гребенке отопления в ИТП и ответвлениях к системам;

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

7) СО8 – система отопления венткамер, учет производится на вводе в теплообменник системы отопления;

8) СО9 – система отопления разгрузки (А1-А2), учет на гребенке отопления в ИТП.

Трубопроводы систем отопления условным диаметром <50 мм приняты стальные водогазопроводные по ГОСТ 3262-75* и стальные электросварные по ГОСТ 10704-76* - для трубопроводов большего условного диаметра (≥ 50 мм). Разводка к отопительным приборам выполняется из труб Uponor evalPE-Ха в защитной гофре. Уклоны горизонтальных трубопроводов приняты 0,002 в сторону теплового узла и стояков системы.

В помещении разгрузочной предусмотрены агрегаты Volcano VR1. Тепловая мощность рассчитана на нагрев трех автомобилей «Газель» и 4500 кг груза на время разгрузки.

В верхних точках стояков отопления устанавливаются шаровые краны для удаления воздуха. В нижних точках стояков устанавливаются краны для слива теплоносителя во время ремонта. Разводящие магистрали проведены с уклоном в сторону ИТП.

Подающие горизонтальные и вертикальные магистральные трубопроводы систем отопления покрываются грунтом ГФ-021 по ГОСТ 26129-8-2* в 2 слоя с последующей изоляцией Isoroll толщиной 20 мм. Обратные трубопроводы покрываются грунтом ГФ-021 по ГОСТ 26129-82* в 1 слой и краской ПФ-115 по ГОСТ 6465-76 в 2 слоя.

Трубопроводы, при прохождении через стены и перекрытия, выполняются в гильзах из стальных труб, с герметизацией из негорючих материалов.

1.4 Описание ИТП в базовом варианте

От индивидуального теплового пункта запроектированы отопительные системы отопления и теплоснабжения:

- теплоснабжение ГВС;
- теплоснабжение приточных систем вентиляции;

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

- теплоснабжение воздушно-тепловых завес;
- отопление:

Система отопления присоединяется к тепловым сетям по независимой схеме через пластинчатый теплообменник. Система ГВС присоединяется к тепловым сетям по двухступенчатый смешанной схеме через пластинчатый теплообменник.

В ИТП предусмотрена установка:

- приборов коммерческого учета количества тепловой энергии, потребляемой зданием;
- приборов учета тепловой энергии, потребляемой системой отопления здания;
- приборов учета тепловой энергии, потребляемой системой теплоснабжения приточной вентиляции и ВТЗ;

Узел автоматического регулирования расхода теплоты на отопление или вентиляцию в зависимости от температуры наружного воздуха отсутствует.

Регулирование расхода воды на ГВС отсутствует. В системе горячего теплоснабжения не предусмотрено поддержание температуры ТЗ = 60°C в зависимости от расхода потребителя.

ИТП располагается в подвале, в отдельном помещении. Ввод теплосети осуществляется под потолком стальными трубами $\varnothing 219 \times 8$.

Предусмотрена подпитка системы отопления при понижении давления в системе отопления.

Нагрузки на систему отопления:

$Q = 186500 \text{ Вт}$ (СО1, СО2, СО3);

$Q = 101600 \text{ Вт}$ (СО4);

$Q = 25500 \text{ Вт}$ (СО5);

$Q = 77600 \text{ Вт}$ (СО6);

$Q = 126200 \text{ Вт}$ (СО7);

$Q = 26400 \text{ Вт}$ (СО8).

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

1.5 Актуальность темы исследования

Исходя из анализа существующего проектного решения систем теплоснабжения данного объекта можно сделать вывод, что были использованы традиционные решения по устройству систем, в которых не рассматривались возможности применения альтернативных источников энергии с целью сокращения затрат от традиционных источников. Требования современных норм [23], [24] настоятельно рекомендуют использовать все возможности альтернативной энергетики в современных системах потребления. Поэтому в настоящей работе выполнена попытка проанализировать возможность использования ряда энергосберегающих мероприятий, таких как:

1) энергия солнечной радиации в системе ГВС

2) использование автоматизированного узла управления (АУУ) в системе отопления

Т.е. необходим поиск путей наиболее совершенных способов теплопотребления. Данный вопрос является **предметом исследования**, выполненного в данной работе.

Цель исследования: поиск наиболее эффективного способа снижения потребления тепловой нагрузки, вырабатываемой традиционным способом, для торгового центра в ЖК «Западный луч».

Задачи исследования:

1. Рассмотреть использование возможности применения альтернативных возобновляемых источников;

2. Рассмотреть возможность регулирования потребления тепловой энергии;

3. Определить целесообразность предлагаемых энергосберегающих мероприятий;

4. Выполнить оценку наиболее эффективного мероприятия для данного объекта.

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

2 АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ

2.1 Использование альтернативных источников энергии

В настоящее время энергопотребление осуществляется в основном, за счёт использования традиционных источников таких как: органическое топливо, гидро- и атомная энергия. В основном для подготовки воды, идущей на теплоснабжение зданий, используется органическое топливо, сжигание которого вызывает значительное загрязнение окружающей среды. К тому же, все виды органического топлива относятся к исчерпаемым ресурсам.

Дефицит энергии и ограниченность топливных ресурсов с всё нарастающей остротой показывают неизбежность перехода к нетрадиционным, альтернативным источникам энергии. Они экологичны, возобновляемы, основой их служит энергия Солнца и Земли.

Основные причины, указывающие на важность скорейшего перехода к АИЭ:

- Глобально-экологический: сегодня общеизвестен и доказан факт пагубного влияния на окружающую среду традиционных энергодобывающих технологий (в т.ч. ядерных и термоядерных), их применение неизбежно ведет к катастрофическому изменению климата уже в первых десятилетиях XXI века.;
- Политический: та страна, которая первой в полной мере освоит альтернативную энергетику, способна претендовать на мировое первенство и фактически диктовать цены на топливные ресурсы;
- Экономический: переход на альтернативные технологии в энергетике позволит сохранить топливные ресурсы страны для переработки в химической и других отраслях промышленности. Кроме того, стоимость энергии, производимой многими альтернативными источниками, уже сегодня ниже стоимости энергии из традиционных источников, да и сроки окупаемости строительства альтернативных электростанций существенно короче. Цены на альтернативную энергию снижаются, на традиционную - постоянно растут;
- Социальный: численность и плотность населения постоянно растут. При этом трудно найти районы строительства АЭС, ГРЭС, где производство энергии

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

было бы рентабельно и безопасно для окружающей среды. Общеизвестны факты роста онкологических и других тяжелых заболеваний в районах расположения АЭС, крупных ГРЭС, предприятий топливно-энергетического комплекса, хорошо известен вред, наносимый гигантскими равнинными ГЭС, - всё это увеличивает социальную напряженность;

– Эволюционно-исторический: в связи с ограниченностью топливных ресурсов на Земле, а также экспоненциальным нарастанием катастрофических изменений в атмосфере и биосфере планеты существующая традиционная энергетика представляется тупиковой; для эволюционного развития общества необходимо немедленно начать постепенный переход на альтернативные источники энергии.

На сегодняшний день в инженерных системах теплоснабжения зданий предлагается использовать следующие основные источники нетрадиционной энергии:

- солнечные батареи и различные конструкции тепловых коллекторов, работающие от солнечной энергии;
- мини и микро ГЭС;
- ветровая энергия;
- восполняемая энергия из биотоплива;
- разнообразные виды тепловых насосов, использующих тепло воздуха, земли, воды.

Был проведён обзор систем теплоснабжения основными альтернативными источниками. Результаты исследования приведены ниже.

2.1.1 Мини и микро ГЭС

Подсчитано, что энергетический потенциал малой гидроэнергетики в России превышает потенциал таких возобновляемых источников энергии, как ветер, солнце и биомасса вместе взятых [2].

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

В России к малой гидроэнергетике относят бесплотинные гидроэлектростанции (ГЭС), мощность которых не превышает 30 МВт, а мощность единичного гидроагрегата составляет менее 10 МВт [2].

В настоящее время действующие на территории России малые ГЭС обеспечивают около 2.2 млрд. кВт·ч/год, а их технических потенциал оценивается в 382 млрд. кВт·ч/год. Примеры малых ГЭС в России: Республика Тыва – МГЭС установленной мощностью 168 кВт; Республика Алтай – МГЭС мощностью 400 кВт; Камчатская область — ГЭС-1 мощностью 1.7 МВт на реке Быстрая, каскад Толмачевских ГЭС. В европейской части России, при наличии водного ресурса, также возможна установка малых ГЭС [2].

2.1.2 Энергия ветра. Достоинства и недостатки

Ветер, как неисчерпаемый источник экологически чистой энергии, находит все более широкое применение и приобретает все большую общественную поддержку.

Несмотря на массовое производство, стоимость строительства современной ветряной электростанции велика. Однако, следует отметить, что ничтожна стоимость ее эксплуатации. Экологические и экономические выгоды зависят от правильного расположения. Требуется это детального и всестороннего анализа как технических аспектов, так и экологических, а также финансовых. Ветряная энергетика соответствует всем условиям, необходимым для причисления ее к экологически чистым методам производства энергии.

Ее основными *преимуществами* являются, согласно [3]:

1. Отсутствие загрязнения окружающей среды - производство энергии из ветра не приводит к выбросам вредных веществ в атмосферу или образованию отходов.
2. Использование возобновляемого, неисчерпаемого источника энергии, экономия на топливе, на процессе его добычи и транспортировки.
3. Территория в непосредственной близости может быть полностью использована для сельскохозяйственных целей.

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

4. Стабильные расходы на единицу полученной энергии, а также рост экономической конкурентоспособности по сравнению с традиционными источниками энергии.

5. Минимальные потери при передаче энергии – ветряная электростанция может быть построена как непосредственно у потребителя, так и в местах удаленных, которые в случае с традиционной энергетикой требуют специальных подключений к сети.

6. Простое обслуживание, быстрая установка, низкие затраты на техническое обслуживание и эксплуатацию.

Противники ветряной энергетике находят в ней также и недостатки. Большинство потенциальных преград для использования этого вида энергии чрезмерно пропагандируются как *недостатки*, которые делают невозможным ее развитие. По сравнению с вредом, причиняемым традиционными источниками энергии, они незначительны, согласно [3]:

1. Высокие инвестиционные затраты - они имеют тенденцию к снижению в связи с новыми разработками и технологиями. Также стоимость энергии из ветра постоянно снижается.

2. Изменчивость мощности во времени - производство электроэнергии зависит, к сожалению, от силы ветра, на которую человек не может повлиять.

3. Шум – исследования шума, выполненные с использованием новейшего диагностического оборудования, не подтверждают негативного влияния ветряных турбин. Даже на расстоянии 30-40 м от работающей станции, шум достигает уровня шума фона, то есть уровня среды обитания.

4. Угроза для птиц - в соответствии с последними исследованиями, вероятность столкновения лопастей ветряка с птицами не больше, чем в случае столкновения птицы с высоковольтными линиями традиционной энергетике.

5. Возможность искажения приема сигнала телевидения – незначительна.

6. Изменения в ландшафте.

Внешний вид ветрогенераторов представлен на рисунке 2.1

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		



Рисунок 2.1 – Внешний вид ветрогенераторов

Применение энергии ветра на практике

Начало использования энергии ветра восходит к древнему Вавилону (осушение болот), Египту (помол зерна), Китаю и Маньчжурии (откачка воды с рисовых полей). В Европе эта технология появилась в XII веке, но современные технологии стали использоваться только в XX веке.

Ветряные электростанции могут функционировать в районах со скоростью ветра выше 4,5 м/с. Они могут работать с сетью существующих электростанций либо быть автономными системами. Возникают также так называемые «ветряные фермы» - энергоблоки с некоторым количеством единиц техники, общих для всей системы.

Наибольшее количество энергии из ветра в настоящее время производится в Соединенных Штатах, а в Европе - в Дании, Германии, Великобритании, Нидерландах. В Германии находится самая мощная электростанция в мире - 3 МВт. Aeolus II работает на ветряной ферме Вильгельмсхафен и производит

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

ежегодно 7 млн. кВт/ч энергии, обеспечивая около 2 тысяч домашних хозяйств. Всего в мире уже более 20 тысяч ветряных электростанций.

Известно, что ветровую энергию используют в Мурманске. Также сегодня небольшие ветропарки раскиданы по всей стране, например, ветропарк в поселке Куликово Калининградской области и ветропарк в Ульяновской области [4].

2.1.3 Тепловые насосы

Одним из таких достаточно эффективных способов получения тепла является тепловой насос, принцип работы которого основан на отборе тепла от естественных низкопотенциальных источников возобновляемой энергии окружающей среды: грунт, термальные и артезианские грунтовые воды, водоёмы, наружный воздух.

Действие тепловых насосов основано на передаче тепла от источника с низким потенциалом в жилое помещение. Тепловой насос состоит из теплообменника, испарителя и компрессора. Рабочее вещество – фреон. Основной недостаток заключается в том, что тепловые насосы не могут работать без электричества, поэтому их применение возможно лишь, если есть доступный источник электропитания.

По виду теплоносителя входного/выходного контура различают:

- Тепловые насосы «воздух-воздух». Этот вид тепловых насосов забирает тепло у более холодного воздуха, еще больше понижая его температуру, и отдает его в отапливаемое помещение.
- Тепловые насосы «вода-вода». Используется тепло грунтовых вод, которое передается воде для отопления и горячего водоснабжения.
- Тепловые насосы «вода-воздух». Используются зонды или скважины для воды и воздушная система отопления.
- Тепловые насосы «воздух-вода». Атмосферное тепло используется для водяного отопления.

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

– Тепловые насосы «грунт-вода». Трубы прокладываются под землей, и по ним циркулирует вода, забирающая тепло из грунта.

Для загородных объектов наиболее целесообразным считается использование теплового насоса «грунт-вода». Основным недостатком такого теплового насоса, помимо высокой стоимости, является требование немалых площадей для монтажа. На рисунке 2.2 показана наружная часть теплового насоса «грунт-вода».



Рисунок 2.2 – Наружная часть теплового насоса «грунт-вода»

В случае наличия около здания грунтовых вод целесообразно применение насоса «вода-вода». Стоимость этого типа тепловых насосов невысокая и сложность выполнения доступная. На рисунке 2.3 показан теплоприемник теплового насоса «вода-вода».

Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись

08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР

Лист



Рисунке 2.3 – Теплоприемник теплового насоса «вода-вода».

Насосы «воздух-воздух» самые дешевые. Примером подобного оборудования является сплит-система с режимом обогрева. Насосы «воздух-вода» функционируют на основе уличного воздуха. Теплообменник в таком случае, представляет собой радиатор с достаточной площадью оребрения, которая обдувается вентилятором. Стоимость этого типа тепловых насосов невысокая, система проста в монтаже. Основной недостаток в том, что при снижении температуры воздуха теплоотдача падает.

Применение тепловых насосов на практике

Тепловые насосы получили большое распространение по всему миру. Расширяется опыт применения тепловых насосов и в России. Так, например, в Ярославской области для теплоснабжения сельской школы используют тепловой насос «грунт-вода». Сегодня на территории Краснодарского края теплонасосные установки используют четыре крупных комплекса: санаторий «Белая Русь»; «4-х звёздный» гостиничный комплекс «Гамма»; «3-х звёздный» туристический комплекс «Арт Ап Сити»; многофункциональный комплекс ТЦ «Квартал». В Москве, в микрорайоне Никулино-2 в 1998-2002 гг. была построена теплонасосная система горячего водоснабжения многоэтажного жилого дома [13].

В России успешно применяют геотермальную энергию путем строительства геотермальных станций (в Долине Гейзеров на Камчатке).

Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись

08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР

Лист

Таблица 2.1 – Успехи в области использования возобновляемых источников энергии во всём мире

Страны	Использование ВИЭ
Япония	Эффективное применение геотермальной энергии
США	Существенные успехи в развитии альтернативных источников энергии во всех направлениях
Исландия	Обогрев геотермальной энергией Рейкьявика
Дания	Мировой лидер ветровой энергетики
Австралия	Хороший экономический эффект от развития нетрадиционной энергетики
Швеция Финляндия Канада	Массовое использование солнечных электростанций
Португалия	Эффективное применение солнечных электростанций
Китай	Удачный опыт по внедрению и расширению сети ветровой энергетики, массовое использование энергии воды и солнца

2.2 Анализ возможности использования солнечной энергии в условиях города Челябинска

Проанализировав основные возобновляемые источники, приходим к выводу, что применение мини и микро ГЭС нецелесообразно, так как отсутствуют необходимые ресурсы; применение восполняемой энергии из биотоплива (в виде пеллет), возможно будет целесообразным решением, но необходим детальный анализ; возможно применение солнечной и ветровой энергии, но также необходимо выполнить анализ.

Проведем анализ климатических условий, согласно [7] и [14] (карты).

Согласно данным [7] выявлено, что в городе Челябинске максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь – 3,7 м/с, это делает использование ветрогенераторных установок малоэффективным.

На основе данных [14], была выполнена оценка использования энергии солнечной радиации в системах теплоснабжения. На рисунке 2.4 видно, что поступление солнечной радиации в Челябинске примерно 3,5 кВтч/м² ·день. На рисунке 2.5 видно, что продолжительность солнечного сияния составляет менее 1700-2000 час/год.

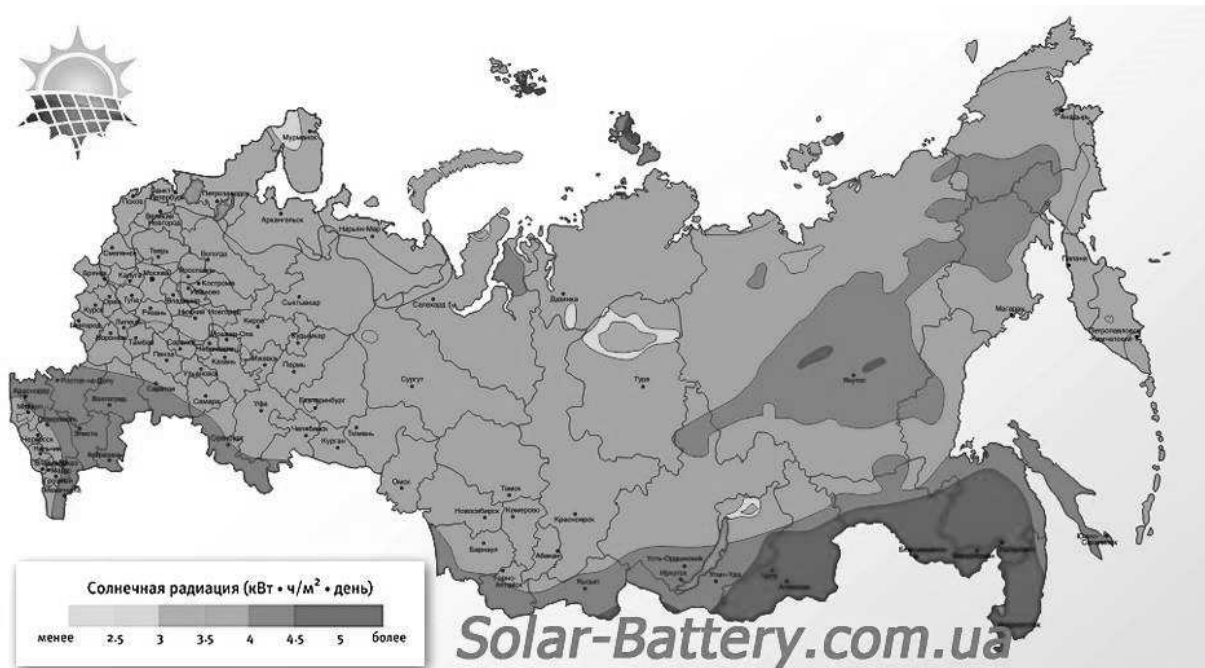


Рисунок 2.4 – Карта солнечной инсоляции России



Рисунок 2.5 – Карта продолжительности солнечного сияния России

Таким образом, видим не очень высокие показатели как для ветра, так и для гелиоэнергетики. Однако, более перспективным будет применение солнечных

Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись

08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР

Лист

коллекторов, поскольку требуется экономить земельную площадь: установка ветрогенераторов не предполагает экономию места, а установка солнечных коллекторов возможна на крыше торгового центра.

2.3 Анализ существующих типов солнечных коллекторов

Коллекторы являются основным элементом любых систем солнечного теплоснабжения или бытовых солнечных водонагревателей и используются в их составе для обеспечения теплом жилых зданий, промышленных, сельскохозяйственных и коммунально-бытовых объектов.

Существует много различных конструкций солнечных коллекторов для обеспечения бытовых и технологических нужд. На их эффективность влияет много факторов: облачность, скорость географическая широта и т.д. Поэтому на сегодняшний день важно изучение всех факторов, которые влияют на работу солнечных коллекторов и поиск оптимальных режимов их работы [15].

В ходе анализа было выяснено, что солнечные коллекторы распространены двух типов:

- 1) плоские (внешний вид плоского коллектора приведён на рисунке 2.6):



Рисунок 2.6 – Внешний вид плоского солнечного коллектора

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

2) вакуумные (внешний вид вакуумного коллектора приведён на рисунке 2.7).



Рисунок 2.7 – Внешний вид вакуумного солнечного коллектора

Согласно [16], основной частью *вакуумного коллектора* является тепловая трубка. Такие коллекторы представляют собой ряд стеклянных трубок специальной конструкции. Трубка гелиоколлектора – это две трубки (одна вложенная в другую), между которыми находится вакуум для наилучшей термоизоляции теплоносителя от внешней среды.

Способ передачи тепла от неё теплопроводу вакуумного солнечного коллектора: медная трубка внутри пустая (содержит неорганическую и не токсичную жидкость). При нагревании это жидкость испаряется, а поскольку в трубке создан вакуум, то происходит даже при температуре $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Пар поднимается к наконечнику тепловой трубки, где отдает тепло антифризу (теплоносителю), который течёт по теплопроводу солнечного коллектора. Потом он конденсируется и стекает вниз, и процесс повторяется снова. Солнечный водонагреватель с вакуумными трубками показывает отличные результаты даже в пасмурные дни, потому что вакуумные трубы способны поглощать энергию инфракрасных лучей, которые проходят даже через тучи. Благодаря изоляционным свойствам вакуума, влияние ветра и низких

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

температур на работу солнечной системы также не значительно по сравнению с влиянием на плоский солнечный коллектор.

Согласно [16], *плоские коллекторы* имеют иную конструкцию. Главным элементом в них является абсорбер, поглощающий солнечное излучение, сверху он имеет прозрачное покрытие. Для повышения эффективности коллектора, используют специальное оптическое покрытие из закаленного стекла с пониженным содержанием металлов. Абсорбер соединен с теплоотводящей системой.

Конструкция плоских солнечных коллекторов является довольно простой. Внешне они представляют собой пустую панель, имеющую прямоугольную форму. Это установка обладает алюминиевым корпусом, несколькими патрубками, используемыми для отвода и подвода жидкого теплоносителя. Кроме того, изнутри стенки коллектора покрыты теплоизоляционным слоем. Производители его толщину делают равной 3-4 см – это хорошая возможность добиться существенного уменьшения уровня теплопотерь.

Принцип работы плоского солнечного коллектора основывается на парниковом эффекте, т.е. солнечные лучи поступают на поверхность этого устройства и проникают сквозь стекло. Теплопоглощающее покрытие (используется в нижней части коллектора) характеризуется коэффициентом поглощения. В конечном итоге чрезмерный нагрев приводит к тому, что покрытие начинает излучать тепловую энергию. Мощность её расположена в инфракрасном диапазоне, то есть имеется возможность достичь аккумуляции энергии солнца в коллекторе. Процесс отвода тепла происходит при непосредственном участии теплоносителя.

В таблице 2.2 приведены преимущества и недостатки плоских и вакуумных коллекторов, согласно [17].

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

Таблица 2.2 – Преимущества и недостатки плоских и вакуумных коллекторов

Вакуумные трубчатые коллекторы	Плоские высокоселективные коллекторы
Достоинства	
(+1) Отличное соотношение цена/производительность для умеренных широт и холодного климата	(+1) Отличное соотношение цена/производительность для южных широт и тёплого климата
(+1) Низкие теплопотери При производстве солнечного водонагревателя используется наилучший теплоизолятор – вакуум. Общие потери тепла в этом гелиоколлекторе минимальны, т.к. в вакууме не происходит потерь на теплопроводность и конвекцию, поэтому КПД вакуумного солнечного водонагревателя сохраняется стабильно высоким даже при неблагоприятных погодных условиях – температуре воздуха до -30°C и рассеянном солнечном свете, и его производительность на 40% выше, чем у других видов гелиоколлекторов.	(+1) Способность очищаться от снега и инея
(+2) Работоспособность в холодное время года до -30С Цилиндрическая форма гелиоколлекторов позволяет преобразовать солнечную энергию в тепловую с максимальной эффективностью – от восхода и до заката. Цилиндрический абсорбер также позволяет эффективно улавливать и использовать в три раза больше рассеянной солнечной энергии в сравнении с плоскими солнечными коллекторами, что особенно актуально в зимний период. Такие особенности абсорбера увеличивают эффективность и производительность вакуумного трубчатого солнечного коллектора до 40% по сравнению с другими типами гелиоколлекторов с такой же площадью абсорбера.	(+1) Высокая производительность летом
(+1) Способность обеззараживать воду. В нагреваемой солнечным коллектором воде под действие высоких температур размножение различных бактерий (легионел и др.) становится невозможным.	(+1) Меньшая начальная стоимость
(+1) Длительный период работы в течение суток. Стеклянные трубы вакуумных коллекторов позволяют солнечным лучам всегда падать на приёмную поверхность медных трубок под прямым углом, сводя отражения к минимуму. При первых лучах солнца ранним утром, или днём, когда солнце нестерпимо палит, или вечером, на закате, - всегда теплоносная жидкость в коллекторе будет нагреваться постоянно, с одинаковой интенсивностью. Даже при сильной облачности или во время дождя коллектор будет снабжать дом тёплой водой.	
(+1) Удобство монтажа и транспортировки. Вакуумный гелиоколлектор можно транспортировать в виде отдельных элементов, что обеспечивает его лучшую сохранность. Легкие отдельные трубы собираются в единую гелиосистему непосредственно на месте установки.	

Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись

08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР

Лист

Окончание таблицы 2.2

<p>(+1) Высокая надёжность. Низкая парусность. Все части солнечного водонагревателя, контактирующие с теплоносителем, выполнены из высококачественной меди. Трубки гелиоколлектора выполнены из ударопрочного стекла, способного выдержать удары града размером до 30 мм в диаметре. Вакуумные солнечные водонагреватели хорошо зарекомендовали себя в регионах с суровым климатом, где нередки шквальные ветра и даже ураганы, т.к. эти приборы имеют небольшую парусность. Замена вакуумных трубок в случае их повреждения не вызывает особого затруднения, т.к. не требует полной остановки и слива всей системы. Вакуумный трубчатый солнечный коллектор будет радовать Вас своим теплом долгие годы.</p>	
Недостатки	
<p>(-2) Относительно высокая начальная стоимость проекта</p>	<p>(-1) Высокие теплопотери Коллектор помещают в корпус с защитным стеклом для снижения тепловых потерь. Воздушный зазор между стеклом и поглощающей панелью допускает <u>значительные</u> тепловые потери, особенно в холодные и ветреные дни (до 80% от суммарного падающего теплового потока).</p>
<p>(-1) Рабочий угол наклона не менее 20°</p>	<p>(-1) Низкая работоспособность в холодное время года</p>
	<p>(-1) Сложность транспортировки Панель целиком должна быть поднята для установки на крышу.</p>
	<p>(-1) Сложность монтажа Плоский солнечный коллектор, при установке гелиосистемы, требует точной ориентации на юг, а также определённого угла наклона относительно поверхности (например, крыши дома).</p>
	<p>(-1) Высокая парусность Во время грозы с резкими порывами ветра коллектор может быть сорван с креплений, так как его большая площадь обладает высокой парусностью.</p>
	<p>(-1) Сложность ремонта При разрушении стекла резко падает эффективность работы солнечного коллектора, требуется немедленный демонтаж и замена стекла в мастерской.</p>
<p>Рейтинг вакуумных коллекторов: +8 и -3</p>	<p>Рейтинг плоских коллекторов: +4 и -6</p>

Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись

08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР

Лист

2.3.1 Выбор альтернативных источников теплоснабжения для объекта на основе проведённого исследования

Рейтинговый анализ способов снижения теплопотребления, за счёт альтернативных источников энергии, показал, что в существующих условиях, наиболее целесообразно применение вакуумных солнечных коллекторов. Решающими факторами выбора коллектора является: возможность использования солнечных коллекторов при отрицательных температурах наружного воздуха, возможность заменять трубку коллектора при повреждении.

Данные мероприятия являются наиболее эффективными с точки зрения климатических условий региона, а также исходя из технических, экономических соображений.

2.4 Способы снижения потребления теплоты инженерными системами объекта

2.4.1 Применение узла автоматического управления системы отопления

На сегодняшний день, разработка и реализация оптимальных методов управления системами теплоснабжения является наиболее популярной мерой энергосбережения. Автоматизация системы теплопотребления позволяет не только сэкономить топливо, но и улучшить качество системы, повысить уровень теплового комфорта, а также обеспечить надёжность теплоснабжения торгового центра.

Согласно [25], на сегодняшний день наиболее эффективным методом экономии потребления считается регулирование мощности системы отопления по температуре наружного воздуха (погодная компенсация), а также – по температуре внутреннего воздуха (индивидуальное регулирование отопительных приборов) при помощи термостатических вентилей. Как указано в источниках [25], [26] применение такого рода регулирования позволяет сэкономить большое количество тепловой энергии. Индивидуальное регулирование экономит 10-15% теплоты, погодная компенсация позволяет

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

экономить до 30% теплоты. Поэтому данные методы были рассмотрены для использования на объекте.

В соответствии с требованиями нормативной документации и Федерального закона РФ [23] установка систем автоматического погодного регулирования (АУУ) должна стать нормой, как для объектов нового строительства, так и для существующих зданий, так как это является основным инструментом управления теплоснабжением.

Принципиальная схема ИТП без погодного регулирования изображена на рисунке 2.8.1.

Принципиальная схема ИТП с погодным регулированием изображена на рисунке 2.8.2.

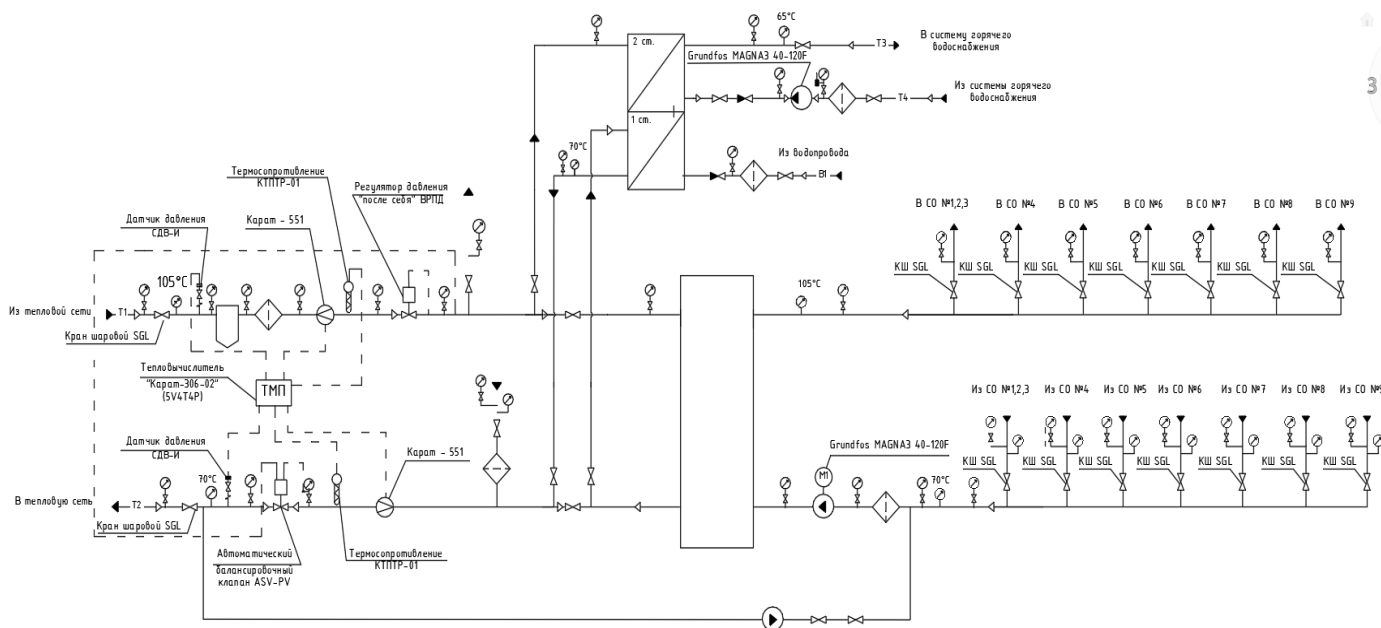


Рисунок 2.8.1 – Принципиальная схема ИТП без погодного регулирования

Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись

08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР

Лист

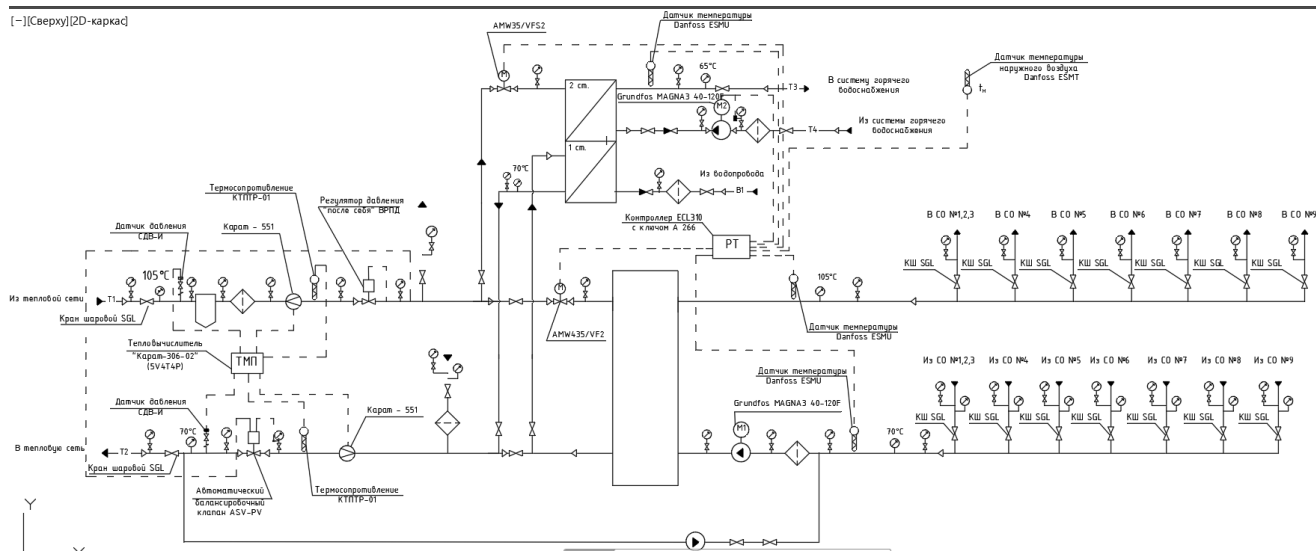


Рисунок 2.8.1 – Принципиальная схема ИТП с погодным регулированием

Автоматизированный ИТП (Узел погодного регулирования) состоит из клапана регулирующего с электрическим приводом, насоса циркуляции, клапана обратного типа, термопреобразователей, электрического силового распределительного шкафа (с программным контроллером), запорно-регулирующей арматуры, фильтров.

1) Основной функцией *погодного контроллера* является управление насосом и исполнительным устройством (сервопривод) смесительных узлов систем отопления с целью поддержания температуры теплоносителя на выходе.

Контроллер, исходя из полученных данных о температуре наружного воздуха, температуре теплоносителя, скорости реакции системы на ранее внесённые корректировки и скорости изменения температуры теплоносителя, вводит поправки в положение регулирующего клапана, тем самым добиваясь поддержания температуры теплоносителя, заданной отопительным графиком.

Регулятор имеет тиристорные выходы для электроприводов регулирующих клапанов (с трехпозиционным управлением), релейные выходы для управления насосами и выходы для аварийной сигнализации.

Внешний вид погодного контроллера представлен на рисунке 2.9.

Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись



Рисунок 2.9 – Внешний вид погодного контроллера

2) *Циркуляционные насосы* предназначены для создания принудительной циркуляции теплоносителя в открытых и закрытых системах отопления зданий и сооружений любого назначения, для обеспечения постоянного расхода теплоносителя в системе отопления, для обеспечения подмеса теплоносителя. Основные технические характеристики циркуляционных насосов: производительность, напор, мощность двигателя, присоединительные размеры, максимальная температура.

Насосы классифицируют согласно следующим признакам: расположение ротора в корпусе; конструктивные особенности агрегата; функциональное назначение насосного механизма.

Рассмотрим более подробно каждый из классов циркуляционных насосов.

а) В зависимости от расположения ротора в корпусе, циркуляционные насосы принято разделять на мокрый и сухой тип.

Особенностью агрегатов «мокрого» типа является то, что ротор вместе с крыльчаткой находится непосредственно в среде перекачиваемой жидкости, при этом электродвигатель герметично отделен специальным металлическим стаканом; как правило, циркуляционные насосы этого типа предназначены для перекачивания относительно небольших объемов воды.

Конструкция циркуляционных механизмов «сухого» типа отличительна тем, что ротор не взаимодействует с теплоносителем, причем электромотор отделен от рабочей камеры насоса специальными нержавеющими кольцами, которые предупреждают попадание воды в электрическую часть.

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

Что же касается характеристик указанных типов циркуляционных агрегатов, то насосы «мокрого» типа менее шумны в работе, а вот «сухие» механизмы имеют коэффициент полезного действия до 85%.

б) Циркуляционные насосы могут отличаться различным строением. Поэтому в зависимости от конструктивных особенностей механизма принято различать следующие виды насосных агрегатов:

– отличительной чертой линейных циркуляционных насосов является то, что они имеют входящий и выходящий патрубки одинакового диаметра, причем непосредственно монтируются непосредственно в трубопровод системы, например, с помощью байпаса;

– блочные циркуляционные насосы, как правило, комплектуются электродвигателем с воздушным охлаждением, при этом агрегаты этого вида, как правило, создают сравнительно небольшой напор жидкости в отопительной системе;

– конструкция консольных циркуляционных агрегатов отличительна тем, что электродвигатель и непосредственно сам насос имеют отдельные крепежные элементы, поэтому насосы этого вида принято монтировать на одном фундаментной основе.

в) Функциональное назначение циркуляционного механизма зависит от того, для каких бытовых целей его предполагается использовать. В зависимости от этого насосы принято различать на следующие виды:

– циркуляционные агрегаты для водоснабжения, которые призваны поддерживать необходимое давление жидкости в системе, их также используют в качестве конструктивного элемента в установках для фильтрации воды;

– насосы для отопления, как правило, изготовлены из материалов с высоким уровнем термостойкости, потому что содействуют с теплоносителем высокой температуры;

– циркуляционные помпы для обустройства теплого пола при сравнительно небольших размерах создают достаточно хороший напор, так как конструкция

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

пола этого вида подразумевает под собой наличие многих изгибов труб, что, в свою очередь, значительно усиливает гидравлическое сопротивление.

Внешний вид циркуляционного насоса представлен на рисунке 2.10.



Рисунок 2.10 – Внешний вид циркуляционного насоса

3) *Запорно-регулирующий клапан* необходим для управления поступлением теплоносителя из тепловой сети. По назначению делятся на: двухходовой и трехходовой. Внешний вид запорно-регулирующего клапана представлен на рисунке 2.11.



Рисунок 2.11 – Внешний вид запорно-регулирующего клапана

Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись

08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР

Лист

4) Датчики температуры необходимы для измерения температур теплоносителя и наружного воздуха. Внешний вид датчиков температуры представлен на рисунке 2.12.



Рисунок 2.12 – Внешний вид датчика температуры

Наиболее популярные производители оборудования узла погодного регулирования: датская компания «Danfoss», немецкая компания «Vaillant» российская компания «Теплотрон», «Интелприбор», ГК «Космос».

Преимущества узла погодного регулирования:

- снижение эксплуатационных расходов;
- сокращение теплопотерь;
- уменьшение расхода электроэнергии на циркуляцию и перекачку горячей воды;
- надежность функционирования;
- сокращение расхода топливных ресурсов;
- возможность контроля состояния тепловых сетей;
- уменьшение числа плановых или аварийных отключений.

Недостатки узла погодного регулирования:

- необходим высококвалифицированный персонал для монтажа оборудования;
- обслуживание оборудования
- большие первоначальные затраты (однако срок окупаемости узла погодного регулирования, по данным производителей, не превышает 1 года).

Согласно анализу литературы, установка узла автоматического регулирования позволяет снизить расход тепловой энергии в среднем до 30%. Однако для общественных зданий эта цифра не проиллюстрирована убедительными примерами, нет достаточных сведений о проведении подтверждающих экспериментов и непонятно, как различаются показатели эффективности для различных условий и регионов. Поэтому возникла необходимость оценить значимость реального эффекта от этого мероприятия в существующих условиях.

В данной работе исследуется реальная степень экономии энергии и целесообразность установки узла автоматического погодного регулирования системы отопления в условиях централизованного теплоснабжения в г.Челябинске.

2.4.2 Результаты теоретического анализа литературы

По результатам проведенного анализа теоретических источников и исходной базы данных, для данного объекта, были выбраны к исследованию следующие меры по энергосбережению:

- 1) солнечные коллекторы
- 2) узел погодного регулирования

Для оценки целесообразности проведения данных мероприятий произведено технико- экономическое сравнение двух вариантов теплопотребления в здании:

А. Базовый (существующий): предполагает использование существующих систем отопления и ГВС (описание системы в пункте 1 данной работы)

Б. Энергосберегающий: предполагает пакет мер по использованию энергии солнечной радиации, посредством установки в системе горячего водоснабжения солнечных вакуумных коллекторов и узла автоматического погодного регулирования системы отопления торгового центра.

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

3 ОПИСАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Среднечасовой расчётный расход теплоты на горячее водоснабжение

Система ГВС присоединяется к тепловым сетям по двухступенчатой смешанной схеме через пластинчатый теплообменник. Исходя из изучения объекта, основные потребляющие приборы ГВС – умывальники в общественных санузлах. Режим пользования 10 часов. Потребителями ГВС являются посетители и сотрудники торгового центра. В исходных данных не указано точное количество покупателей, поэтому определим по средним нормам.

Максимальное количество людей определяется по [36], исходя из расчета 5 м² торговой площади на человека (8700 м² – торговая площадь). Однако, исследования посещаемости торговых центров по [36] показали что, подобная численность наблюдается лишь в выходные дни и дни распродаж, в будние дни приходит менее половины посетителей от выходных дней. Тогда:

$$N = \frac{8700}{5 \cdot 2} = 870 \text{ чел}$$

За расчетное количество принято 870 человек, что составляет половину от принятой нормы посещаемости.

Среднечасовой расчётный расход теплоты на горячее водоснабжение (Гкал/ч) определяют умножением соответствующего расхода воды на коэффициент $(60 - t_x) \cdot 10^{-3}$ (где 60 – принятая температура горячей воды, t_x – температура холодной воды, которая при отсутствии данных принимается равной 5°C). Нормативный среднечасовой расход горячей воды [38] определяют по формуле:

$$G_{г.н.}^{ср} = \frac{\alpha \cdot N}{10} \cdot 10^{-3} \quad (3.1)$$

где α – норма расхода горячей воды на одного потребителя, принимаемая по [18, таблица 1.12];

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

$\alpha=7$ л

N – расчетное число потребителей; $N=870$ чел.

10^{-3} – коэффициент перевода расхода воды из л/ч в $\text{м}^3/\text{ч}$.

$$G_{\text{г.н.}}^{\text{cp}} = \frac{7 \cdot 870}{10} \cdot 10^{-3} = 0,609 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$Q_{\text{г}}^{\text{cp}} = 0,609 \cdot (60 - 5) \cdot 10^{-3} = 0,033 \text{ Гкал/ч} = 38,379 \text{ кВт}$$

Среднечасовой расчётный расход теплоты на горячее водоснабжение в летний период находят по формуле:

$$Q_{\text{г.л.}}^{\text{cp}} = \rho \cdot Q_{\text{г}}^{\text{cp}} \cdot \frac{t_{\text{г.л.}} - t_{\text{х.л.}}}{t_{\text{г}} - t_{\text{х}}}, \quad (3.2)$$

где ρ – коэффициент, учитывающий снижение среднечасового расхода воды на горячее водоснабжение в летний период, при отсутствии данных принимается равным 0,8;

$t_{\text{г.л.}}$ – температура горячей воды в летний период, $t_{\text{г.л.}}=60^\circ\text{C}$; (по исходным данным);

$t_{\text{х.л.}}$ – температура холодной воды в летний период, $t_{\text{х.л.}}=15^\circ\text{C}$; (по исходным данным).

$$Q_{\text{г.л.}}^{\text{cp}} = 0,8 \cdot 38,379 \cdot \frac{60 - 15}{60 - 5} = 25,121 \text{ кВт}$$

Среднечасовой расчётный расход теплоты на горячее водоснабжение в отопительный период находят по формуле:

$$Q_{\text{hw}}^{\text{o.ч}} = \frac{\alpha \cdot (t_{\text{wh}} - t_{\text{wc}}^{\text{o}}) \cdot (1 + k_{\text{hl}}) \cdot \rho_w \cdot c_w}{3,6 \cdot 10}, \quad (3.4)$$

где t_{wh} – температура горячей воды, $^\circ\text{C}$, принимается $t_{\text{wh}} = 60$ $^\circ\text{C}$; (по исходным данным);

t_{wc}^{o} – температура холодной воды в отопительный период, $^\circ\text{C}$, принимается $t_{\text{wc}}^{\text{o}} = 5$ $^\circ\text{C}$; (по исходным данным);

k_{hl} – коэффициент, учитывающий потери теплоты трубопроводами систем горячего водоснабжения, принимают равным $k_{\text{hl}} = 0,15$.

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

$$Q_{hw}^{0.ч} = \frac{7 \cdot (60 - 5) \cdot (1 + 0,15) \cdot 1 \cdot 4,2}{3,6 \cdot 10} = 51,654 \text{ кВт}$$

$Q_{hw}^{0.ч} = 51,654 \text{ кВт}$ – среднечасовой за отопительный период расход тепловой энергии на горячее водоснабжение.

3.2 Расчет характеристик теплопотребления объекта

а) Расход теплоты на отопление (принят из исходных данных в техническом задании на проектирование)

Нагрузки на систему отопления:

$Q = 186500 \text{ Вт}$ (СО1, СО2, СО3);

$Q = 101600 \text{ Вт}$ (СО4);

$Q = 25500 \text{ Вт}$ (СО5);

$Q = 77600 \text{ Вт}$ (СО6);

$Q = 126200 \text{ Вт}$ (СО7);

$Q = 26400 \text{ Вт}$ (СО8).

$$\Sigma Q_{от} = 543\,800 \text{ Вт} = 543,8 \text{ кВт}$$

Расход теплоты на отопление при $t_n = +8^\circ\text{C}$ находится по формуле:

$$Q_{от} = Q_{от\,max} \frac{t_b - t_n}{t_b - t_{н.р}} \quad (3.3)$$

где $Q_{от\,max}$ – количество тепловой энергии при расчётной температуре наружного воздуха $t_{н.р} = -32^\circ\text{C}$;

t_b – температура внутреннего воздуха в отапливаемом помещении, принята

$t_b = 20^\circ\text{C}$;

t_n – температура наружного воздуха, $t_n = +8^\circ\text{C}$.

$$Q_{от\,max} = 543,8 \cdot \frac{20 - 8}{20 + 32} = 125,5 \text{ кВт}$$

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

3.3 Сопоставление нагрузок теплотребления

По итогам расчета теплотребления составляется общая таблица суммарных годовых потребляемых нагрузок и строится график годового расхода тепла по продолжительности стояния температур наружного воздуха.

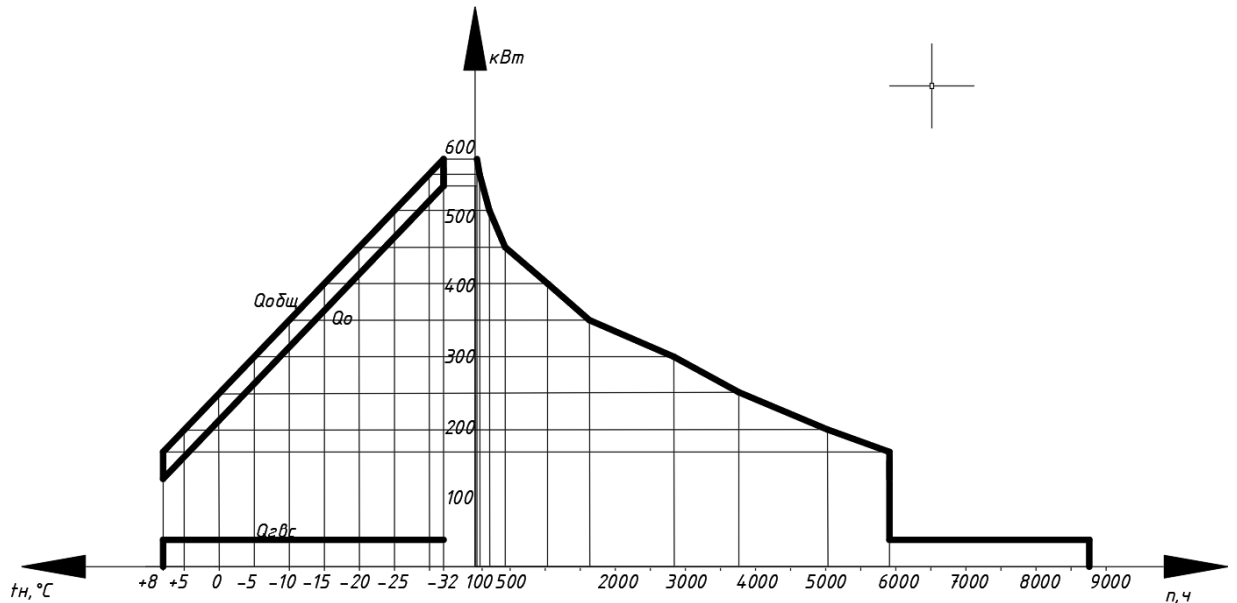


Рисунок 3.1 – Годовой график расхода тепла

$$\sum Q_{\text{год}} = 1,91 \text{ МВт}$$

Таблица 3.1 – Расчетная нагрузка теплотребления

Расходы теплоты, Вт			
на отопление	на вентиляцию	на ГВС	итого
543800	Из-за отсутствия исходных данных анализ снижения теплотребления в системах вентиляции в настоящее время не производился.	38379	582179

4 АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ СНИЖЕНИЯ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ ОБЪЕКТОМ

4.1 Подбор солнечных коллекторов

Солнечные коллекторы располагаются на крыше торгового центра последовательно. При подборе ёмкости для нагрева горячей воды с помощью гелиоколлекторов важно учитывать особенности этих теплогенераторов. Если котёл или электрический бойлер могут нагревать воду в любое время суток и легко восполняют потребляемую горячую воду и днём, и ночью, то солнечные коллекторы – оборудование сезонное. Они могут генерировать тепло только в светлое время суток, ночью же они бездействуют. Поэтому в системе ГВС с коллекторами нужно организовать запас воды на целые сутки.

Для расчёта солнечных коллекторов выбрана методика производителя [19]. Методика использует величину суммарной производительности в летний период $(25,121 \cdot 10) = 251$ (кВт·ч)/сут

Среднечасовой за отопительный период расход тепловой энергии на горячее водоснабжение: $Q_{hw}^{0,ч} = 51,654$ кВт. Среднечасовой расход в сутки за отопительный период: $51,654 \text{ кВт} \cdot 10 \text{ ч.} \approx 516$ (кВт·ч)/сут.

Годовой расход теплоты на ГВС: $Q_{год}^{ГВС} = 188,340$ (МВт · ч)/год

Целесообразно установить на крыше солнечный коллектор Viessmann Vitosol SP3C, поскольку он обладает высоким КПД (81,4%).

Следует учесть особенности региона и расположение коллекторов в пространстве, так как в зависимости от этих параметров их производительность сильно различается. На всей территории РФ (как и везде в северном полушарии) максимальной производительности коллекторы достигают при ориентации на юг. Оптимальный угол наклона может быть разным - он зависит от региона и от предполагаемого сезона использования. В расчётах будем опираться на данные о производительности коллекторов в указанных условиях [ссылка].

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

Для оптимизации восприятия коллекторами энергии они должны быть ориентированы в направлении Солнца. Критериями ориентации коллекторов являются угол наклона и азимут.

На рисунке 4 приведен выкопировка из таблицы с указанием оптимального угла наклона коллекторов в зависимости от назначения системы.

Использование солнечного тепла для:	Оптимальный угол наклона гелиоколлекторов:
Приготовление горячей воды	От 30 до 45
Приготовление горячей воды+отопление помещений	От 45 до 53
Приготовление горячей воды+нагрев бассейна	От 30 до 45
Приготовление горячей воды+нагрев бассейна+отопление помещений	От 45 до 53

Рисунок 4 – Оптимальный угол наклона коллектора

Следовательно, для нужд ГВС необходим угол наклона коллектора от 30 до 45. Поскольку угол инсоляции зависит от времени суток и года, ориентацию плоскости коллектора следует выполнять в соответствии с высотой Солнца в период поступления наибольшего количества солнечной энергии.

Азимут описывает отклонение плоскости коллектора от направления на юг; если плоскость коллектора ориентирована на юг, то азимут равен 0°. Поскольку наиболее интенсивная инсоляция наблюдается в середине дня, плоскость коллектора должна быть ориентирована по возможности на юг. Приемлемы также отклонения от направления на юг до 45° на юго-восток или юго-запад.

Внешний вид вакуумного коллектора Viessmann Vitosol SP3C представлен на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1 – Вакуумный коллектор Viessmann Vitosol

Определяем количество энергии, которая может поглощаться и преобразовываться в тепло солнечными коллекторами, по методике, изложенной в [19, с.8]. Величина облучения солнцем на 1 м² площади (кВт·ч·м² 2), согласно [19, с.5], приведена в виде таблицы 4.1

Таблица 4.1 – Величина облучения солнцем на 1 м² площади, (кВт·ч·м²)/сут.

январь	февр.	март.	апр.	май	июнь	июль	авг.	сентяб.	окт.	нояб.	декаб.
0,76	1,58	3,04	4,42	5,20	5,80	5,42	4,18	2,84	1,55	0,92	0,60

Солнечный коллектор Viessmann Vitosol SP3C способен поглощать до 81,4% энергии солнца. Определим значение передачи поглощенной энергии вакуумными трубками в декабре (при минимальном значении облучения солнцем) и в июне (при максимальной величине облучения солнцем).

В декабре: $0,6 \cdot 0,803 = 0,482$ (кВт/ч)/сут площади поглощения коллектора.

В июне: $5,80 \cdot 0,803 = 4,657$ (кВт/ч)/сут площади поглощения коллектора.

У вакуумного коллектора Viessmann Vitosol SP3C площадь поглощения вакуумной трубки составляет $3,03 \text{ м}^2 / 24 \text{ трубки} = 0,12625 \text{ м}^2$, где $3,03 \text{ м}^2$ - апертурная площадь одного коллектора по [22].

Технические данные вакуумного коллектора Viessmann Vitosol SP3C представлены на рисунке 4.1.

Технические данные

Тип SP3B		1,51 м ²	3,03 м ²
Количество трубок		12	24
Площадь brutto (требуется для подачи заявления на получение дотаций)	м ²	2,36	4,62
Площадь апертуры	м ²	1,51	3,03
Монтажное положение (см. изображение ниже)		(A), (B), (C)	
Расстояние между коллекторами	мм	89	89
Размеры			
Ширина a	мм	1053	2061
Высота b	мм	2241	2241
Глубина c	мм	150	150
Следующие значения приведены для площади поглотителя:			
– Оптический КПД	%		80,2
– Коэффициент тепловых потерь k ₁	Вт/(м ² · К)		1,37
– Коэффициент тепловых потерь k ₂	Вт/(м ² · К ²)		0,0068
Теплоемкость	кДж/(м ² · К)		8,4
Масса	кг	40	79
Объем жидкости (теплоноситель)	л	0,87	1,55
Допуст. рабочее давление (см. раздел "Расширительный бак гелиоустановки")	бар/МПа		6/0,6
Макс. температура в состоянии простоя	°С		160
Паропроизводительность	Вт/м ²		100
Подключение	Ø мм		22

Рисунок 4.1 – Технические данные вакуумного коллектора Viessmann Vitosol SP3C

Значит одна трубка способна получать и передавать солнечное тепло в размере 0,061 (кВт·ч)/сут и 0,588 (кВт·ч)/сут в декабре и июне, соответственно.

Определяем необходимое число трубок

Используя значение, вычисленное выше, определяем количество трубок, которое надо установить. Энергия, которую необходимо затратить на нагрев нужного количества воды составляет 516 (кВт·ч)/сут. Энергия, которую может передать одна вакуумная трубка, в зависимости от месяца, составляет 0,060 (кВт·ч)/сут и 0,588 (кВт·ч)/сут.

Для декабря количество трубок равно: энергия 516/ 0,060 = 8600 шт.

Для июня количество трубок равно: 516/ 0,588 = 878 шт.

Необходимо применить 878 трубки, поскольку 8600 трубок использовать экономически нецелесообразно (вода в июне может закипеть, что приведёт к поломке оборудования). В один солнечный коллектор Viessmann Vitosol SP3C входит 24 трубки по [22].

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

Следовательно, необходимо установить 37 солнечных коллекторов. Площадь одного коллектора Viessmann Vitosol SP3C = 4,62 м². Суммарная площадь, которую будут занимать коллекторы = 170,94 м². Площадь крыши торгового центра = 4301 м².

Следовательно, установка коллекторов на крыше корпуса возможна.

Подсчитаем количество тепловой энергии в кВт, которое вырабатывается солнечным коллектором в каждый месяц года

Для расчётов используем таблицу 4.1. Расчеты необходимо производить к 1 м² апертурной площади коллектора. Апертурная площадь находится в технической документации на коллектор.

Количество тепловой энергии будет равно:

$$\text{Январь: } 0,76 \cdot 0,821 \cdot 3,03 \cdot 37 = 70 \text{ (кВт}\cdot\text{ч}\cdot\text{м}^2\text{)}/\text{сут}$$

$$\text{Февраль: } 1,58 \cdot 0,821 \cdot 3,03 \cdot 37 = 145 \text{ (кВт}\cdot\text{ч}\cdot\text{м}^2\text{)}/\text{сут}$$

$$\text{Март: } 3,04 \cdot 0,821 \cdot 3,03 \cdot 37 = 280 \text{ (кВт}\cdot\text{ч}\cdot\text{м}^2\text{)}/\text{сут}$$

$$\text{Апрель: } 4,42 \cdot 0,821 \cdot 3,03 \cdot 37 = 407 \text{ (кВт}\cdot\text{ч}\cdot\text{м}^2\text{)}/\text{сут}$$

$$\text{Май: } 5,20 \cdot 0,821 \cdot 3,03 \cdot 37 = 479 \text{ (кВт}\cdot\text{ч}\cdot\text{м}^2\text{)}/\text{сут}$$

$$\text{Июнь: } 5,80 \cdot 0,821 \cdot 3,03 \cdot 37 = 534 \text{ (кВт}\cdot\text{ч}\cdot\text{м}^2\text{)}/\text{сут}$$

$$\text{Июль: } 5,42 \cdot 0,821 \cdot 3,03 \cdot 37 = 499 \text{ (кВт}\cdot\text{ч}\cdot\text{м}^2\text{)}/\text{сут}$$

$$\text{Август: } 4,18 \cdot 0,821 \cdot 3,03 \cdot 37 = 385 \text{ (кВт}\cdot\text{ч}\cdot\text{м}^2\text{)}/\text{сут}$$

$$\text{Сентябрь: } 2,84 \cdot 0,821 \cdot 3,03 \cdot 37 = 261 \text{ (кВт}\cdot\text{ч}\cdot\text{м}^2\text{)}/\text{сут}$$

$$\text{Октябрь: } 1,55 \cdot 0,821 \cdot 3,03 \cdot 37 = 143 \text{ (кВт}\cdot\text{ч}\cdot\text{м}^2\text{)}/\text{сут}$$

$$\text{Ноябрь: } 0,92 \cdot 0,821 \cdot 3,03 \cdot 37 = 85 \text{ (кВт}\cdot\text{ч}\cdot\text{м}^2\text{)}/\text{сут}$$

$$\text{Декабрь: } 0,60 \cdot 0,821 \cdot 3,03 \cdot 37 = 55 \text{ (кВт}\cdot\text{ч}\cdot\text{м}^2\text{)}/\text{сут}$$

На рисунке 4.2 изображен график, отражающий количество тепловой энергии, которое вырабатывается солнечными коллекторами (график зависимости количества тепловой энергии, вырабатываемой коллекторами от месяцев в году).

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		



Рисунок 4.2 – Количество тепловой энергии, вырабатываемой солнечными коллекторами Viessmann Vitosol SP3C

Для обеспечения системы ГВС понадобится группа гелиоколлекторов суммарной производительностью 516 (кВт·ч)/сут. По графику можно сделать вывод, что при помощи группы гелиоколлекторов возможно полностью покрывать расходы энергии другого вида на ГВС только в июне. В остальные месяцы года солнечные коллекторы работают для частичного покрывания затрат тепловой энергии, т.е. работают «в помощь» действующей системе теплоснабжения.

Солнечные коллекторы вырабатывают 101,881 (МВт · ч)/год тепловой энергии, из них 35,794 (МВт· ч) в отопительный период и 66,086 (МВт· ч) в летний период.

Полная комплектация системы солнечного теплоснабжения и стоимость элементов системы будут приведены в расчёте окупаемости системы.

На рисунке 4.3 приведена принципиальная схема системы солнечного теплоснабжения по [19, с.24].

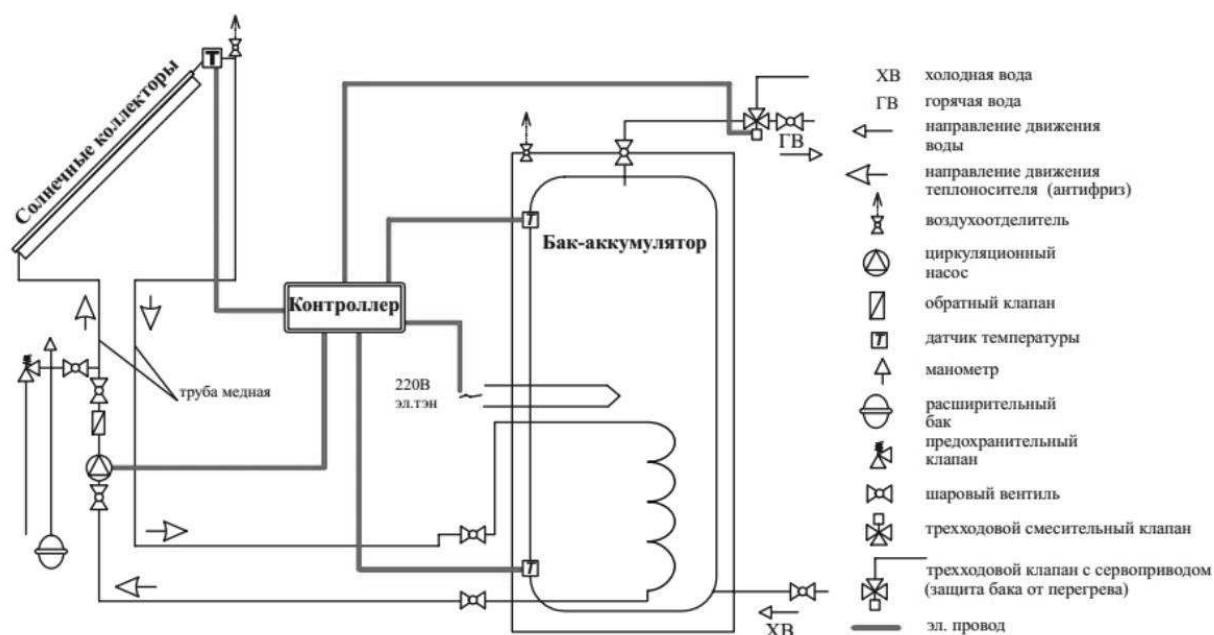


Рисунок 4.3 – Принципиальная схема устройства солнечных коллекторов в системе ГВС

4.2 Расчёт и подбор оборудования гелиосистемы

Согласно рисунку 4.3, в комплект гелиосистемы входит следующее оборудование: медные трубы, расширительный бак, резервуар-накопитель, циркуляционный насос, обратный и предохранительный клапаны, шаровый вентиль, трехходовой клапан. Осуществим подбор основного оборудования.

Подбор диаметров труб

1) Медные трубы

Для циркуляции полипропиленгликоля от солнечных коллекторов до резервуаров-накопителей и обратно применяются медные трубы. Подбор диаметров проводим согласно [19, с.13, 14].

Для минимизации потерь давления в системе труб гелиоустановок, скорость потока теплоносителя в медной трубе не должна превышать 1 м/с. Рекомендуемая скорость потока составляет 0,4-0,7 м/с. При таких скоростях потока имеют место потери давления от 100 до 250 Па на 1 м длины трубопровода. Для установки коллекторов рекомендуется рассчитать диаметр

Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись

труб, как для обычной отопительной установки, по объемному расходу и скорости потока, используя таблицу.

Согласно рекомендациям [19, с.13]: чтобы обеспечить надежное протекание и турбулентный поток в трубчатых коллекторах необходим расход минимум 25 л/(ч·м²). При площади поглотителя 3,03 м², минимальный расход на один солнечный коллектор составляет 75,75 л/ч. По таблице, которая используется при подборе диаметров медных труб из [19], определим необходимый диаметр труб.

Объемный расход (зависит от общей площади коллекторов)		Скорость потока, м/с						
		Размер трубы						
л/ч	л/мин	DN10	DN13	DN16	DN20	DN25	DN32	DN40
100	1,67	0,35	0,21	0,14	0,09	0,06	0,03	0,02
125	2,08	0,44	0,26	0,17	0,11	0,07	0,04	0,03
150	2,50	0,53	0,31	0,21	0,13	0,08	0,05	0,03
175	2,92	0,62	0,37	0,24	0,15	0,10	0,06	0,04
200	3,33	0,70	0,42	0,28	0,18	0,11	0,07	0,05
250	4,17	0,88	0,52	0,35	0,22	0,14	0,09	0,06
300	5,00	1,05	0,63	0,41	0,27	0,17	0,10	0,07
350	5,83	1,23	0,73	0,48	0,31	0,20	0,12	0,08
400	6,67	1,41	0,84	0,55	0,35	0,23	0,14	0,09
450	7,50	1,58	0,94	0,62	0,40	0,25	0,16	0,10
500	8,33	1,76	1,04	0,69	0,44	0,28	0,17	0,12
600	10,00	2,11	1,25	0,83	0,53	0,34	0,21	0,14
700	11,67	2,46	1,46	0,97	0,62	0,40	0,24	0,16
800	13,33	2,81	1,67	1,11	0,71	0,45	0,28	0,19
900	15,00	3,16	1,88	1,24	0,80	0,51	0,31	0,21
1000	16,67	3,52	2,09	1,38	0,88	0,57	0,35	0,23
1500	25,00	5,27	3,14	2,07	1,33	0,85	0,52	0,35
2000	33,33	7,07	4,19	4,14	1,77	1,13	0,69	0,47
2500	41,67	8,84	5,23	4,84	2,21	1,41	0,86	0,58
3000	50,00	10,61	6,28	3,09	2,65	1,70	1,04	0,70


 - Рекомендуемый размер трубы.

Рисунок 4.4 – Таблица для подбора диаметра медных труб

По результатам подбора получим следующие диаметры медных труб, представленные в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Подбор диаметров медных труб для системы солнечного теплоснабжения

Участки	Расход на участке, л/ч	Скорость на участке, м/с	Диаметр (Dn), мм
Участок на 1 коллектор	75,75	0,35	10
Участок магистрали для 2-х коллекторов	151,5	0,53	10
Участок магистрали для 3-х коллекторов	227,25	0,70	10
Участок магистрали для 4-х коллекторов	303	0,63	13
Участок магистрали для 5-ти коллекторов	378,75	0,73	13
Участок магистрали для 6-ти коллекторов	454,5	0,62	16
Участок магистрали для 7-ми коллекторов	530,25	0,69	16
Участок магистрали для 8-ми коллекторов	606	0,53	20
Участок магистрали для 9-ти коллекторов	681,75	0,62	20
Участок магистрали для 10-ти коллекторов	757,5	0,4	25
Участок магистрали для 11-ти коллекторов	833,25	0,45	25
Участок магистрали для 12-ти коллекторов	909	0,51	25
Участок магистрали для 13-ти коллекторов	984,75	0,51	25
Участок магистрали для 14-ти коллекторов	1060,5	0,57	25
Участок магистрали для 15-ти коллекторов	1136,25	0,57	25
Участок магистрали для 16-ти коллекторов	1212	0,57	25
Участок магистрали для 17-ти коллекторов	1287,75	0,57	25
Участок магистрали для 18-ти коллекторов	1363,5	0,57	25
Участок магистрали для 19-ти коллекторов	1439,25	0,57	25
Участок магистрали для 20-ти коллекторов	1515	0,52	32
Участок магистрали для 21-го коллектора	1590,75	0,52	32
Участок магистрали для 22-ух коллекторов	1666,5	0,52	32
Участок магистрали для 23-ех коллекторов	1742,25	0,52	32
Участок магистрали для 24-ех коллекторов	1818	0,69	32
Участок магистрали для 25-ти коллекторов	1893,75	0,69	32
Участок магистрали для 26-ти коллекторов	1969,5	0,69	32
Участок магистрали для 27-ми коллекторов	2045,25	0,69	32
Участок магистрали для 28-ми коллекторов	2121	0,69	32
Участок магистрали для 29-ти коллекторов	2196,75	0,69	32
Участок магистрали для 30-ти коллекторов	2272,5	0,69	32
Участок магистрали для 31-го коллектора	2348,25	0,69	32
Участок магистрали для 32-ух коллекторов	2424	0,69	32
Участок магистрали для 33-ех коллекторов	2499,75	0,69	32

08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР

Лист

Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись

Окончание таблицы 4.2

Участок магистрали для 34-ех коллекторов	2575,5	0,58	40
Участок магистрали для 35-ти коллекторов	2651,25	0,58	40
Участок магистрали для 36-ти коллекторов	2727	0,58	40
Участок магистрали для 37-ми коллекторов	2802,75	0,58	40

Подбор мембранных расширительных баков

1) Для полипропиленгликоля

В системе солнечного теплоснабжения установлен резервуар-накопитель Ariston MAXIS CD1 2000, на каждый резервуар необходим мембранный расширительный бак, объём которого рассчитывается по формуле из [31]:

$$V_{рб} = [(V_{тн} + V_{тр} + V_{то}) \cdot 0,085 + V_{тн} + V_{тр}] \cdot \frac{P_v + 1}{[P_v - (0,1 \cdot h + 0,5)]}, \quad (4.1)$$

где $V_{рб}$ – искомый объём расширительного бака, л;

$V_{тн}$ – объём теплоносителя внутри солнечных коллекторов, л.

Объём теплоносителя в одном солнечном коллекторе – 1,55 л, всего 37 солнечных коллекторов.

$$V_{тн} = 57,35 \text{ л}$$

$V_{тр}$ – объём теплоносителя внутри магистральных трубопроводов, л, находим по формуле:

$$V_{тр} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L, \quad (4.2)$$

$$а) V_{тр} = (3,14 \cdot (0,01 \text{ м})^2 / 4) \cdot (200 \text{ м}) = 0,0157 \text{ м}^3 = 15,7 \text{ л}$$

$$V_{тр} = (3,14 \cdot (0,013 \text{ м})^2 / 4) \cdot (0,6 \text{ м}) = 0,080 \text{ л}$$

$$V_{тр} = (3,14 \cdot (0,016 \text{ м})^2 / 4) \cdot (0,9 \text{ м}) = 0,181 \text{ л}$$

$$V_{тр} = (3,14 \cdot (0,020 \text{ м})^2 / 4) \cdot (1,5 \text{ м}) = 0,471 \text{ л}$$

$$V_{тр} = (3,14 \cdot (0,025 \text{ м})^2 / 4) \cdot (2,2 \text{ м}) = 1,08 \text{ л}$$

$$V_{тр} = (3,14 \cdot (0,032 \text{ м})^2 / 4) \cdot (20 \text{ м}) = 16,07 \text{ л}$$

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

Для резервуаров-накопителей, к которым подключен 37 солнечный коллектор (всего таких резервуаров девять) $V_{тр} = 33,6$ л

$V_{то}$ – объем теплоносителя внутри теплообменника резервуара-накопителя, л; $V_{то} = 36,6$ л по [32];

P_v – давление срабатывания предохранительного клапана, в гелиосистемах обычно составляет 6 бар;

h – статическая высота гелиосистемы, м, $h = 10$ м.

$$V_{рб} = [(57,35 + 33,6 + 36,6) \cdot 0,085 + 57,35 + 33,6] \cdot \frac{6 + 1}{[6 - (0,1 \cdot 10 + 0,5)]}$$

$$= 158 \text{ л}$$

К установке принимается мембранный расширительный бак Wester WRV 200 на 200 л.

2) Для холодной воды на вводе в резервуар-накопитель

Согласно [19, с.20] объем расширительного бака, в зависимости от объема бака аккумулятора принимают по таблице, приведенной на рисунке 4.5.

Объем расширительного бака в зависимости от бака-аккумулятора							
Объем бака-аккумулятора	100...150 л	200...250 л	300 л	400 л	500 л	750 л	1000 л
Объем расширительного бака	5 л	8 л	12 л	18 л	24 л	33 л	50 л

Рисунок 4.5 – Определение размера расширительного бака

В нашем случае, установлено два резервуар-накопитель Ariston MAXIS CD1 2500.

Следовательно, на вводе холодной воды в каждый резервуар-накопитель необходимо установить мембранный расширительный бак на 125 л.

К установке принимается мембранный расширительный баков Wester WRV 150 на 150 л.

Подбор насоса

Циркуляционный насос для подачи полипропиленгликоля в солнечный коллектор.

Насос устанавливается в ИТП перед расширительным баком. Согласно рекомендациям [19, с.17] необходим насос с $Q = 2,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $P = 8 \text{ м}$. По [33] подобран циркуляционный насос Grundfos MAGNA3 25-100 мощностью (двигатель и преобразователь частоты) – 0,12 кВт, КПД = 51 %.

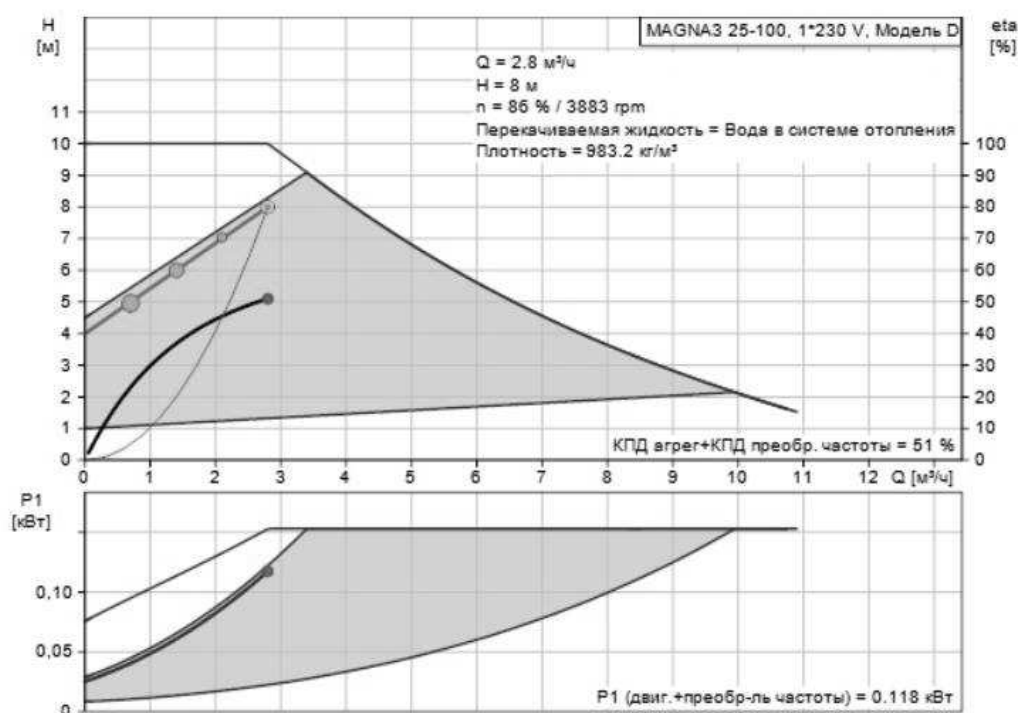


Рисунок 4.6 – Рабочие характеристики насоса Grundfos MAGNA3 25-100

4.3 Расчёт срока окупаемости и определение целесообразности установки солнечных коллекторов

При полученных энергетических характеристиках работы системы с солнечными коллекторами выполним расчет экономической целесообразности их применения. В таблице 4.3 приведена стоимость капитальных вложений при использовании гелиосистемы.

Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись

Таблица 4.3 – Капитальные затраты на установку солнечных коллекторов

№	Обозначение	Наименование	Кол-во, м., шт.	Прим.	Стоимость, руб
1	Maxis CD1 2500	Резервуар-накопитель с двумя теплообменниками и тэном, с комплектующими для гидравлического подключения, с изоляцией	2	Ariston	738'000
2	WRV 200	Мембранный расширительный бак	1	Wester	8'100
3	WRV 150	Мембранный расширительный бак	2	Wester	23'656
4	Vitosol SP3C	Вакумный солнечный коллектор на 37 трубки	27	Viessmann	8'170'710
5	MAGNA3 25-100	Циркуляционный насос с электроприводом для солнечных коллекторов	1	Grundfos	50'592
6	SR 618-C6	Контроллер электронный с датчиками с возможностью подключения двух коллекторов	11	Prosolar	195'360
7	МП4-У	Манометр показывающий	1	Манометр	1'315
8	11627п1	Кран шаровый Ду=20 (дренажный)	30	ГОСТ21345 -78	8'280
10	SGL-20-10	Клапан обратный Ду=20	11	WSI & EC, Ltd	2'600
11	Артикул PR205-01020	Клапан предохранительный Ду=20	11	Техмаркет	38'330
12	Артикул 362-15	Воздухоотводчик автоматический Ду=15	30	Itap	18'000
14		Труба медная: -DN10 -DN13 -DN16 -DN20 -DN25 -DN32 -DN40	2000 14 12 10 400 80 40	ГОСТ32598 -2013	248'000 2'100 2'076 2'530 128'400 28'000 15'000
15		Фасонные детали (переходники, отводы, тройники) медные		ГОСТР5292 2-2008	10'000
16	ECO	Теплоизоляция: -ф10x13 -ф15x13 -ф18x13 -ф22x13 -ф28x13 - ф60x13	2020 20 20 15 440 60	K-Flex	303'000 3'320 5'080 4'080 93'280 23'400
17	Antifrogen SOL HT	Концентрированный антифриз (полипропиленгликоль) 20 л	3	Clariant	37'800
ИТОГО:					10'160'979
Монтажные, пусконаладочные работы и обслуживание (30%)					3'048'293

Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись

08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР

Лист

Методика расчёта срока окупаемости взята из [35]. Расчёт срока окупаемости представлен в виде таблицы 4.4.

Таблица 4.4 – Расчёт срока окупаемости установки солнечных коллекторов

Наименование показателя, обозначение	Формула	Расчет
Капитальные затраты		
Стоимость оборудования, К, руб.	см. табл. 10	10'160'979
Монтажные, пусконаладочные работы и обслуживание, М _к , руб.	$M_k=0,3 \cdot K$	$0,3 \cdot 10'160'979=3'048'293$
Стоимость гелиосистемы, М, руб.	$M=K+M_k$	$10'160'979 + 3'048'293 = 13'209'272$
Эксплуатационные затраты		
Затраты на тепловую энергию в год при использовании районной котельной, С _{трад.год} , руб.	$S_{\text{трад.год}} = Q_{\text{год}}^{\text{ГВС}} \cdot 1352,67$ где $Q_{\text{год}}^{\text{ГВС}} = 1642$ Гкал/ч – количество тепловой энергии, которое потребляется за год районной котельной; 1352,67 – текущий тариф на стоимость тепловой энергии за 2021 г. в Челябинске, руб./ (Гкал)	$1642 \cdot 1352,67 = 2'221'084$
Затраты на тепловую энергию в год при использовании солнечных коллекторов, С _{альт.год} , руб.	$S_{\text{альт.год}} = (Q_{\text{год}}^{\text{ГВС}} - Q_{\text{год}}^{\text{солн.кол.}}) \cdot 1352,67$, где $Q_{\text{год}}^{\text{солн.кол.}}$ – количество тепловой энергии, которое необходимо покрыть, за счёт догрева (при применении солнечных коллекторов), Гкал/ч, $Q_{\text{год}}^{\text{солн.кол.}} = 876$ Гкал/ч; 1352,67 – текущий тариф на стоимость тепловой энергии за 2021 г. в Челябинске, руб./ (Гкал)	$(1642-876) \cdot 1352,67=1'036'145$
Стоимость сэкономленной энергии, С _{эк} , руб.	$S_{\text{эк}} = S_{\text{трад.год}} - S_{\text{альт.год}}$	$2'221'084 - 1'036'145 = 1'184'939$
Срок окупаемости, Т, лет	$T = \frac{M}{S_{\text{эк}}}$	$T = \frac{13'209'272}{1'184'939} = 12,5$ лет

Выводы:

1) В летний период солнечные коллекторы полностью покрывают недостаток тепловой энергии на СГВ только в июле. Работа солнечных коллекторов не покрывает дефицит тепловой энергии и не позволяет полностью отказаться от использования тепла от районной котельной.

2) В среднем срок окупаемости коллекторов составляет от 2 до 8 лет, при сроке службы солнечных коллекторов около 30 лет. Срок окупаемости в рассмотренном случае составляет 12,5 лет, что значительно превышает средний срок окупаемости для коллекторов, однако, в расчёте не учтено возможное повышение стоимости электроэнергии в течение срока эксплуатации, а также возможность получения скидки от производителя оборудования.

3) Вопрос о целесообразности использования солнечных коллекторов для объекта исследования - не очевиден (спорный), он должен решаться только при пожелании Заказчика, и не может быть рекомендован как эффективное средство энергосбережения для подобных объектов в городе Челябинске.

4) Необходимо исследовать возможность использования других методов энергосбережения на данном объекте.

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

5 УЗЕЛ ПОГОДНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

5.1 Исследование эффективности использования узла погодного регулирования системы отопления на основе эксперимента

Для повышения эффекта энергосбережения в системе отопления, предложено использовать автоматическое регулирование мощности системы отопления в зависимости от температуры наружного воздуха (погодная компенсация).

Как указывают источники [25], [26] установка узла автоматического регулирования позволяет снизить расход тепловой энергии в среднем до 30%. Однако для общественных зданий, к которым согласно [27] относится объект исследования, эта цифра не проиллюстрирована убедительными примерами, нет достаточных сведений о проведении подтверждающих экспериментов и непонятно, как различаются показатели эффективности для различных условий и регионов. Поэтому возникла необходимость оценить значимость реального эффекта от этого мероприятия в существующих условиях. С этой целью было проведено экспериментальное исследование.

Описание экспериментального исследования

Дата: 14.01.2021-19.01.2021

Место проведения: г.Челябинск

Цель: Согласно анализу литературы, установка узла автоматического регулирования позволяет снизить расход тепловой энергии в среднем до 30%. Однако для общественных зданий эта цифра не проиллюстрирована убедительными примерами, нет достаточных сведений о проведении подтверждающих экспериментов и непонятно, как различаются показатели эффективности для различных условий и регионов. Поэтому возникла необходимость оценить значимость реального эффекта от этого мероприятия в существующих условиях.

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

Программа:

В ходе эксперимента проводились наблюдения за погодными данными в городе Челябинске на протяжении пяти наиболее холодных суток (144 часов) в период с 14 по 19 января 2021 г. (измерение температуры наружного воздуха каждые 6 часов).

В этот же период времени проводились звонки в диспетчерский пункт котельной Центрального района г.Челябинска, чтобы определить на какую температуру настроена котельная.

Необходимо сопоставить тепловую нагрузку при фактической температуре наружного воздуха с тепловой нагрузкой, по которой настроена районная котельная.

В ходе наблюдений были получены данные приведенные в таблицах 4.5 и 4.6.

Таблица 4.5 – Значения фактических температур наружного воздуха t_n^{ϕ} , °С

Период времени τ , час	Значения фактических температур наружного воздуха t_n^{ϕ} , °С					
	Дата наблюдений					
	14.01.21	15.01.21	16.01.21	17.01.21	18.01.21	19.01.21
0-6	-27					
6-12	-29					
12-18	-20					
18-24	-24					
24-30		-27				
30-36		-25				
36-42		-18				
42-48		-13				
48-54			-12			
54-60			-11			
60-66			-9			
66-72			-10			
72-78				-13		
78-84				-13		
84-90				-8		
90-96				-13		
96-102					-17	
102-108					-18	
108-114					-18	

08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР

Лист

Изм. Лист № док. Дата Подпись

Окончание таблицы 4.5

114-120					-17	
120-126						-20
126-132						-16
132-138						-16
138-144						-14

Таблица 4.6 – Прогнозные значения среднесуточных температур наружного воздуха $t_{\text{ср.сут}}$, °С, по данным которых производился отпуск тепловой энергии в котельной

Дата	Значения среднесуточных температур наружного воздуха $t_{\text{н}}^{\phi}$, °С
14.01.21	-29
15.01.21	-27
16.01.21	-12
17.01.21	-14
18.01.21	-19
19.01.21	-20

Для каждого из полученных значений температуры наружного воздуха ($t_{\text{н}}^{\phi}$, °С) и среднесуточных температур наружного воздуха ($t_{\text{н}}^{\phi}$, °С) было определено количество потребной тепловой энергии на отопление, по формуле:

$$Q_{\text{от}}^{\phi} = Q_{\text{от}}^{\text{max}} \cdot \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{\phi})}{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{\text{р}})} \quad (4.3)$$

где $Q_{\text{от}}^{\text{max}}$ – количество тепловой энергии при расчётной температуре наружного воздуха $t_{\text{н}}^{\text{р}} = -32$ °С; (раздел 1 – суммарная нагрузка на все СО);

$t_{\text{в}}$ – температура внутреннего воздуха в отапливаемом помещении, принята $t_{\text{в}} = 20$ °С.

Расчёт:

1. Количество потребной тепловой энергии при фактической температуре наружного воздуха для постоянной температуры внутреннего по формуле (4.3) при:

$$t_{\text{н}}^{\phi} = -27^{\circ}\text{C}; Q_{\text{от}}^{\phi} = 543,8 \cdot \frac{(20 - (-27))}{(20 - (-32))} = 491,512 \text{ кВт}$$

$$t_{\text{н}}^{\phi} = -29^{\circ}\text{C}; Q_{\text{от}}^{\phi} = 543,8 \cdot \frac{(20 - (-29))}{(20 - (-32))} = 512,427 \text{ кВт}$$

$$t_{\text{н}}^{\phi} = -20^{\circ}\text{C}; Q_{\text{от}}^{\phi} = 543,8 \cdot \frac{(20 - (-20))}{(20 - (-32))} = 418,308 \text{ кВт}$$

$$t_{\text{н}}^{\phi} = -24^{\circ}\text{C}; Q_{\text{от}}^{\phi} = 543,8 \cdot \frac{(20 - (-24))}{(20 - (-32))} = 460,138 \text{ кВт}$$

Остальные значения рассчитываются аналогично, результаты расчетов сведены в таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – количество потребной тепловой энергии при фактической температуре наружного воздуха при постоянной температуре внутреннего воздуха

Значения фактических температур нар. в-ха $t_{\text{н}}^{\phi}, ^{\circ}\text{C}$	Кол-во потребной тепловой энергии на отопление, кВт	Значения фактических температур нар. в-ха $t_{\text{н}}^{\phi}, ^{\circ}\text{C}$	Кол-во потребной тепловой энергии на отопление, кВт
-27	491,512	-10	313,731
-29	512,427	-13	345,104
-20	418,308	-13	345,104
-24	460,138	-8	292,815
-27	491,512	-13	345,104
-25	470,596	-17	386,935
-18	397,392	-18	397,392
-13	345,104	-18	397,392
-12	334,646	-17	386,935
-11	324,188	-20	418,308
-9	303,273		

2. Количество потребной тепловой энергии при среднесуточной температуре наружного воздуха (настройки котельной) по формуле (4.3) при:

$$t_{\text{ср.сут}} = -29 \text{ }^\circ\text{C}; \quad Q_{\text{от}}^{\phi} = 543,8 \cdot \frac{(20 - (-29))}{(20 - (-32))} = 512,427 \text{ кВт}$$

$$t_{\text{ср.сут}} = -27 \text{ }^\circ\text{C}; \quad Q_{\text{от}}^{\phi} = 543,8 \cdot \frac{(20 - (-27))}{(20 - (-32))} = 491,512 \text{ кВт}$$

$$t_{\text{ср.сут}} = -12 \text{ }^\circ\text{C}; \quad Q_{\text{от}}^{\phi} = 543,8 \cdot \frac{(20 - (-12))}{(20 - (-32))} = 334,646 \text{ кВт}$$

$$t_{\text{ср.сут}} = -14 \text{ }^\circ\text{C}; \quad Q_{\text{от}}^{\phi} = 543,8 \cdot \frac{(20 - (-14))}{(20 - (-32))} = 355,562 \text{ кВт}$$

$$t_{\text{ср.сут}} = -19 \text{ }^\circ\text{C}; \quad Q_{\text{от}}^{\phi} = 543,8 \cdot \frac{(20 - (-19))}{(20 - (-32))} = 407,850 \text{ кВт}$$

$$t_{\text{ср.сут}} = -20 \text{ }^\circ\text{C}; \quad Q_{\text{от}}^{\phi} = 543,8 \cdot \frac{(20 - (-20))}{(20 - (-32))} = 418,308 \text{ кВт}$$

По результатам обработки экспериментальных данных построен график, представленный на рисунке 4.3.1 для постоянной температуры внутреннего воздуха.

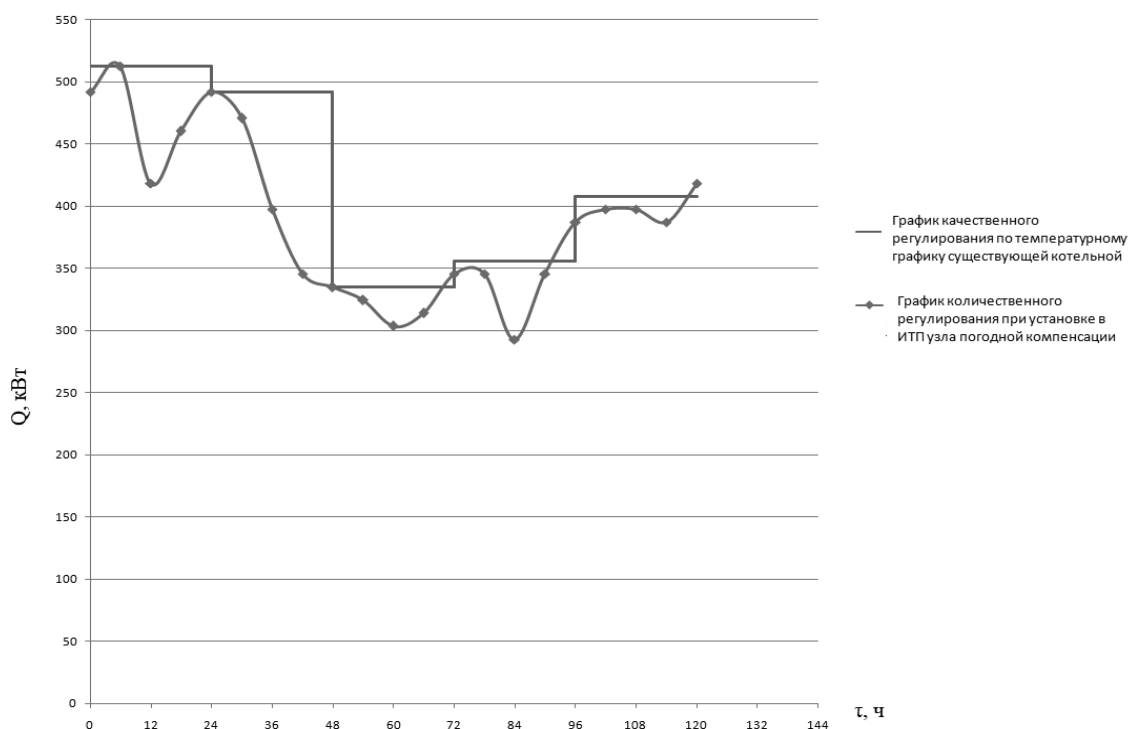


Рисунок 4.3.1 – График расчетного теплотребления для периода с 14.01.21 по 19.01.21г. при качественном и количественном регулировании при постоянной температуре внутреннего воздуха

Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись

08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР

Лист

Анализ графиков: отношение площадей под каждым графиком построенных функций ($F_{\text{пог}}$, $F_{\text{ср}}$) отражает отношение количеств потребленной энергии за указанный период.

Для ночного режима:

$$- F_{\text{пог}} = 50447,908 \text{ кВт}\cdot\text{ч};$$

$$- F_{\text{ср}} = 46338,03 \text{ кВт}\cdot\text{ч}.$$

Отношение полученных площадей позволило получить безразмерный коэффициент $K_{\text{пог}}$, для оценки эффективности использования погодного регулирования:

$$K_{\text{пог}} = \frac{F_{\text{пог}}}{F_{\text{ср}}}, \quad (4.4)$$

$$K_{\text{пог}} = \frac{46338,03}{50447,908} = 0,92$$

Таким образом, сопоставление расходов тепловой энергии, показало, что экономия тепловой энергии в результате погодного регулирования, за период наблюдений, составила 8%, что нельзя принять за средний показатель эффективности указанного метода для подобных объектов города Челябинска.

Согласно данным графика, мы видим невысокий процент экономии (8%), поэтому рекомендуется в общественных зданиях использование ночного регулирования.

Ночное регулирование

Посредством программирования контроллеров, регулирующих теплопотребление в ночное время, выходные и праздничные дни, когда отсутствует персонал, поддерживается пониженная температура в помещениях, а к началу рабочего дня восстанавливается нормальный температурный режим.

1. Количество потребной тепловой энергии при фактической температуре наружного воздуха (для ночного режима работы принимаем температуру внутреннего воздуха 8°C) по формуле (4.3) при:

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

$$t_{\text{н}}^{\phi} = -27^{\circ}\text{C}; Q_{\text{от}}^{\phi} = 543,8 \cdot \frac{(8 - (-27))}{(20 - (-32))} = 475,825 \text{ кВт}$$

$$t_{\text{н}}^{\phi} = -29^{\circ}\text{C}; Q_{\text{от}}^{\phi} = 543,8 \cdot \frac{(8 - (-29))}{(20 - (-32))} = 503,015 \text{ кВт}$$

$$t_{\text{н}}^{\phi} = -20^{\circ}\text{C}; Q_{\text{от}}^{\phi} = 543,8 \cdot \frac{(20 - (-20))}{(20 - (-32))} = 418,308 \text{ кВт}$$

$$t_{\text{н}}^{\phi} = -24^{\circ}\text{C}; Q_{\text{от}}^{\phi} = 543,8 \cdot \frac{(20 - (-24))}{(20 - (-32))} = 460,138 \text{ кВт}$$

Остальные значения рассчитываются аналогично, результаты расчетов сведены в таблицу 4.8.

Таблица 4.8 – количество потребной тепловой энергии при фактической температуре наружного воздуха в ночном режиме

Значения фактических температур нар. в-ха $t_{\text{н}}^{\phi}, ^{\circ}\text{C}$	Кол-во потребной тепловой энергии на отопление, кВт	Значения фактических температур нар. в-ха $t_{\text{н}}^{\phi}, ^{\circ}\text{C}$	Кол-во потребной тепловой энергии на отопление, кВт
-27	366,019	-10	313,731
-29	386,935	-13	219,612
-20	418,308	-13	219,612
-24	460,138	-8	292,815
-27	366,019	-13	345,104
-25	345,104	-17	261,442
-18	397,392	-18	271,900
-13	345,104	-18	397,392
-12	209,154	-17	386,935
-11	198,696	-20	292,815
-9	303,273		

Построим график с ночным регулированием (температура в нерабочее время опускается до $+8^{\circ}\text{C}$).

По результатам обработки экспериментальных данных построен график, представленный на рисунке 4.3.2 для ночного режима.

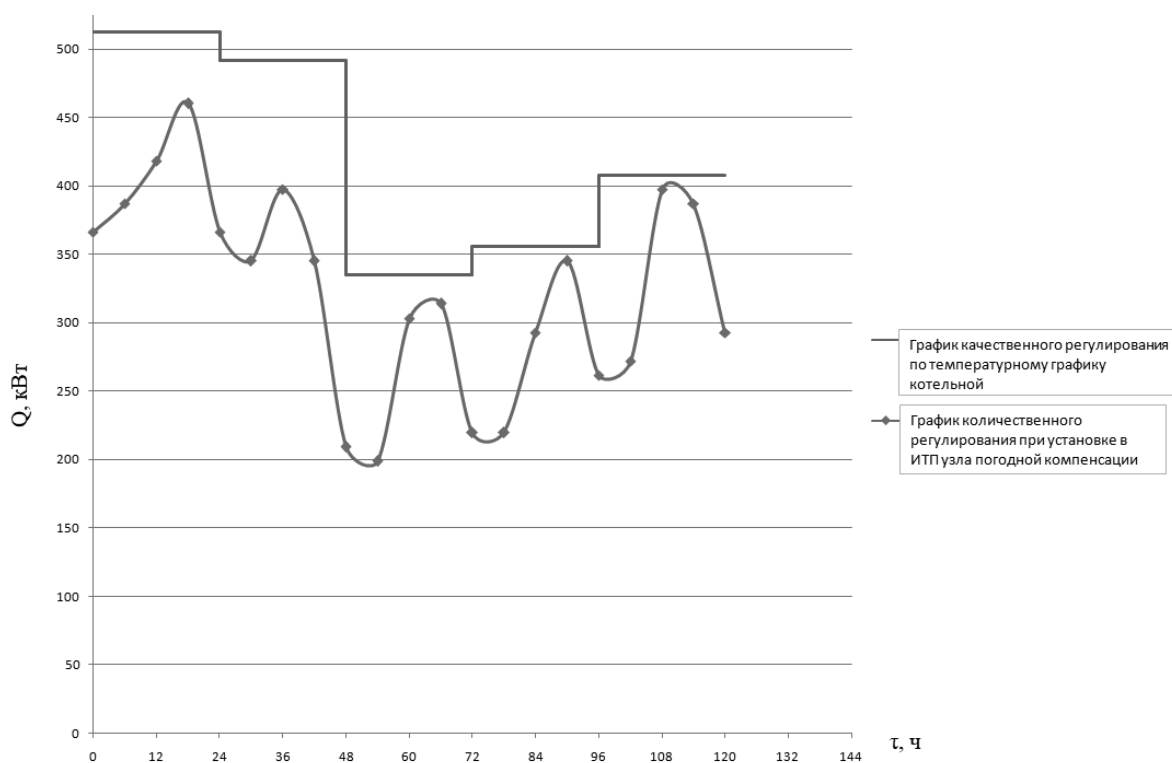


Рисунок 4.3.2 – График расчетного теплотребования для периода с 14.01.21 по 19.01.21г. при качественном и количественном регулировании при ночном режиме

Анализ графиков: отношение площадей под каждым графиком построенных функций ($F_{\text{пог}}$, $F_{\text{ср}}$) отражает отношение количеств потребленной энергии за указанный период.

Для ночного режима:

- $F_{\text{пог}} = 50447,9$ кВт·ч;

- $F_{\text{ср}} = 38808,5$ кВт·ч.

Отношение полученных площадей позволило получить безразмерный коэффициент $K_{\text{пог}}$, для оценки эффективности использования погодного регулирования по формуле (4.4):

$$K_{\text{пог}} = \frac{38808,5}{50447,9} = 0,77$$

Таким образом, сопоставление расходов тепловой энергии, показало, что экономия тепловой энергии в результате погодного регулирования, за период

Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись

08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР

Лист

наблюдений, составила 23%, что можно принять за средний показатель эффективности указанного метода для подобных объектов города Челябинска.

Проведенный эксперимент позволил определить количество годового потребления теплоты системой отопления при количественном регулировании (в результате работы узла погодного регулирования) по формуле:

$$Q_{\text{пог}} = K_{\text{пог}} \cdot Q_{\text{год}}^{\text{от}}, \quad (4.5)$$

где $Q_{\text{год}}^{\text{от}}$ – годовое теплотребление системой отопления, (МВт·ч)/год, определенное по результатам построения годового графика потребления теплоты системой отопления при качественном регулировании (согласно п. 3.3):

$$Q_{\text{год}}^{\text{от}} = 1,540 \text{ МВт}\cdot\text{ч.}$$

$$Q_{\text{пог}} = 0,77 \cdot 1,54 = 1,18 \text{ МВт}\cdot\text{ч}$$

Ожидаемая годовая экономия расхода тепловой энергии при погодном регулировании составляет: $Q_{\text{эк.пог.}}^{\text{год}} = 0,36 \text{ МВт}\cdot\text{ч.}$

Выводы:

Экспериментальное исследование показало, что использование узла погодной компенсации позволяет получить существенную экономию тепловой энергии в размере 0,36 МВт·ч, что составляет 23% от отопительной нагрузки торгового центра.

2) Однако, эксперимент показал, что процент реальной экономии (23%) значительно ниже прогнозного показателя, указанного производителями данного оборудования (30-35%).

3) Целесообразность данного мероприятия – очевидна, и его использование может быть рекомендовано, как средство для экономии тепловой энергии. Поэтому в данной работе разработан проект такого узла.

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

5.2 Подбор оборудования узла погодного регулирования системы отопления

Установка узла автоматического регулирования системы отопления по температуре наружного воздуха предусматривается в тепловом пункте.

Расчет выполнен на следующие исходные данные:

1) расчётная тепловая нагрузка на систему отопления корпуса №28 после реконструкции 543,8 кВт;

2) потери давления в системе отопления – 17590,4 Па.

К установке приняты:

1) универсальный цифровой регулятор температуры с дисплеем и управляющей кнопкой Danfoss ECL Comfort 310, который рекомендуется применять для автоматизации системы отопления здания;

2) датчик температуры наружного воздуха Danfoss ESMT по [37, приложение 4];

3) погружной датчик температуры теплоносителя Danfoss ESMU по [37, приложение 4];

4) циркуляционный насос Grundfos MAGNA3 40-120F с электроприводом;

5) регулирующий клапан Danfoss VFM2, Ду = 65 мм, с $K_{vs} = 16 \text{ м}^3/\text{ч}$ ход штока 30 мм с электроприводом.

Подбор циркуляционного насоса

Подбор насоса для подмешивания обратной охлажденной воды к сетевой производится по двум параметрам: давлению и производительности. По методике, приведённой в [38], при установке насоса на обратном трубопроводе системы отопления принимается:

1) Напор с запасом в 2-3 м, по [38]:

$$\Delta P_{\text{н}} = \Delta P_{\text{п}} \cdot 10^{-4} + 2, \quad (4.6)$$

где $\Delta P_{\text{п}}$ – потери давления в системе отопления (в главном циркуляционном кольце), Па.

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

$$\Delta P_H = 17590,4 \cdot 10^{-4} + 2 = 3,76 \text{ м вод.ст.}$$

2) Производительность насоса, м³/ч, находится по формуле:

$$G_{\text{нас}} = 1,1 \cdot G_T, \quad (4.7)$$

где G_T – расход эжектирующей сетевой воды, м³/ч

Вычисляем расход эжектирующей воды из теплофикационной сети, м³/ч, по формуле:

$$G_T = \frac{\sum Q_{\text{от}}}{1,16 \cdot (T_1 - T_2) \cdot 10^3} \quad (4.8)$$

где $\sum Q_{\text{от}}$ – расчётная отопительная нагрузка всего здания, Вт.

T_1 – температура воды подаваемой в систему отопления, $T_1 = 90^\circ\text{C}$;

T_2 – температура воды удаляемой из системы отопления, $T_2 = 65^\circ\text{C}$

$$G_T = \frac{543800}{1,16 \cdot (90 - 65) \cdot 10^3} = 18,7 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$G_{\text{нас}} = 1,1 \cdot 18,7 = 20,5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

К установке принимаю циркуляционный насос Grundfos MAGNA3 40-120F по [33]. Подбор осуществлен на $Q = 20,49$ м³/ч и $P = 3,76$ м. Мощность (двигатель и преобразователь частоты) – 0,399 кВт, КПД = 51,8%. Рабочие характеристики приведены на рисунке 28.

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

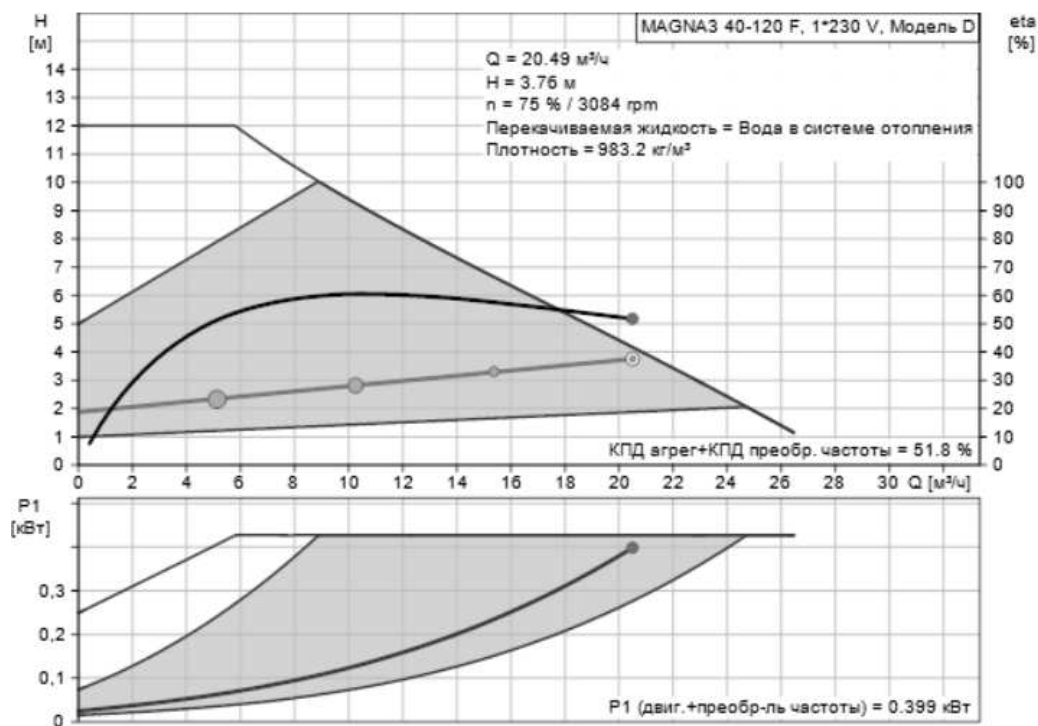


Рисунок 4.5.1 – Рабочие характеристики циркуляционного насоса Grundfos MAGNA3 40-120F

Подбор регулирующего клапана

Клапан устанавливается на обратном трубопроводе. Методика расчёта приведена в [37, с. 39]

1) Для обеспечения качественного процесса регулирования и долговечной работы регулирующего клапана перепад давлений на нем должен быть больше или равен половине перепада давлений на регулируемом участке:

$$\Delta P_{\text{кл}} \geq \Delta P_{\text{со}}, \quad (4.9)$$

где $\Delta P_{\text{со}}$ – потери давления в системе отопления, бар, $\Delta P_{\text{со}} = 0,18$ бар.

$$\Delta P_{\text{кл}} \geq \Delta P_{\text{со}} = 0,18 \text{ бар.}$$

Согласно рекомендациям [37, с. 39], рекомендуемое абсолютно минимальное значение перепада давлений на регулирующем клапане $\Delta P_{\text{кл мин}} = 0,3$ бар. Следовательно, $\Delta P_{\text{кл}} = 0,3$ бар.

2) Расход теплоносителя через регулирующий клапан определяется по формуле:

$$G_{\text{рег}} = 0,86 \cdot \frac{\Sigma Q_{\text{от}}}{(T_1 - T_2)}, \quad (4.10)$$

где $\Sigma Q_{\text{от}}$ – отопительная нагрузка, кВт, $\Sigma Q_{\text{от}} = 543,8$ кВт;

T_1 – температура воды подаваемой в систему отопления, $T_1 = 90^\circ\text{C}$;

T_2 – температура воды удаляемой из системы отопления, $T_2 = 65^\circ\text{C}$.

$$G_{\text{рег}} = 0,86 \cdot \frac{543,8}{(90 - 65)} = 18,7 \text{ м}^3/\text{ч}$$

3) Рассчитывается пропускная способность клапана K_v по формуле:

$$K_v = \frac{1,2 \cdot G_{\text{рег}}}{\sqrt{\Delta P_{\text{кл}}}}, \quad (4.11)$$

где $G_{\text{рег}}$ – расход воды через клапан, $\text{м}^3/\text{ч}$;

$\Delta P_{\text{кл}}$ – заданный перепад давлений на клапане, бар.

$$K_v = \frac{1,2 \cdot 18,7}{\sqrt{0,3}} = 41 \text{ м}^3/\text{ч}$$

4) Регулирующий клапан выбирается по [37, с. 44] (рисунок 4.5.2). К установке принимается клапан VFM2, $D_u = 65$ мм, с $K_{vs} = 16 \text{ м}^3/\text{ч}$ (ближайшее большее к K_v значение) ход штока 30 мм. Также выбирается электропривод АМЕ655 с защитной функцией (срабатывает при необходимости закрытия проходного клапана при обесточивании системы управления).

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

Приложение 3. Максимально допустимые перепады давлений на регулирующих клапанах в комбинации с электрическими приводами

Редукторные электрические приводы							
Технические характеристики		AMV 20	AMV 23 ¹⁾	AMV 30	AMV 33 ¹⁾	AME 655 ²⁾	AME 658 SU/SD ³⁾
Напряжение питания 230 В переменного тока		√	√	√	√	√	√
Потребляемая мощность, Вт		2	7	7	12	16,1	35,7
Трехпозиционный управляющий сигнал		√	√	√	√	√	√
Аналоговый управляющий сигнал		-	-	-	-	AME	AME
Защитная функция		-	√	-	√	-	√
Блок из 2-х концевых выключателей ³⁾		Или	Или.	Или	Или	Встроен	Встроен
Блок из 2-х концевых выключателей с потенциометром ³⁾		Или	Или	Или.	Или	-	-
Время перемещения штока на 1 мм, с		15	15	3	3	3 или 6 ⁴⁾	4 или 6 ⁴⁾
Развиваемое усилие, Н		450	450	450	450	2000	2000
Ход штока, мм		10	10	10	10	50	50

Проходные (двухходовые) седельные регулирующие клапаны													
Тип	Py, бар	Среда, T _{макс} , °C	Ди, мм	Ход штока, мм	Условная пропускная способность K _{vs} , м ³ /ч	Максимально допустимый перепад давлений на клапане ΔP _{эл-пр} , преодолеваемый электрическим приводом, бар							
VM2	25	Вода, 150	15	5	0,25; 0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5	16	16	16	16				
						25	25	25	25				
			20	7	6,3	25	25	25	25				
						25	25	25	25				
			25	5	6,3	25	25	25	25				
						25	25	25	25				
			32	7	8	25	25	25	25				
25	25	25				25							
40	10	16	16	16	16	16							
			16	16	16	16							
			16	16	16	16							
VB2	25	Вода, 150	15	5	0,25; 0,4; 0,63; 1; 1,6; 2,5; 4	16	16	16	16				
						16	16	16	16				
			20	7	6,3	16	16	16	16				
						16	16	16	16				
			25	10	10	16	16	16	16				
16	16	16				16							
32	10	16	16	16	16	16							
			16	16	16	16							
40	10	25	16	16	16	16							
			16	16	16	16							
			16	16	16	16							
VFM2	16	Вода, 150	65	30	63					16	16		
			80	34	100							16	16
			100	40	160							16	16
125	40	250							16	16			
150	40	400							10	10			

Рисунок 4.5.2 – Подбор регулирующего клапана

5.3 Расчёт срока окупаемости и определение целесообразности установки узла погодного регулирования системы отопления

При полученных энергетических характеристиках работы системы с узлом погодного регулирования выполним расчет экономической целесообразности его применения. В таблице 4.9 приведена стоимость капитальных вложений при использовании узла погодного регулирования.

Таблица 4.9 – Капитальные затраты на узел погодного регулирования

№	Обозначение	Наименование	Кол-во, м., шт.	Прим.	Стоимость, руб
1	MAGNA3 40-120F	Циркуляционный насос с электроприводом $Q=20,49 \text{ м}^3/\text{ч}$; $P=3,76 \text{ м}$	1	Grundfos	49'040
2	ECL Comfort 310	Универсальный цифровой регулятор температуры с дисплеем и управляющей кнопкой	1	Danfoss	58'080
3	ESMU	Погружной датчик температуры теплоносителя	2	Danfoss	11'300
4	ESMT	Датчик температуры наружного воздуха	1	Danfoss	3'400
5	VFM2	Клапан регулирующий чугунный фланцевый с электроприводом $Dу=65 \text{ мм}$, $KVS = 16 \text{ м}^3/\text{ч}$, ход штока 30 мм	1	Danfoss	30'000
ИТОГО:					151'820
Монтажные, пусконаладочные работы и обслуживание (30%)					45'546

Расчёт срока окупаемости представлен в виде таблицы 4.10.

Таблица 4.10 – Расчёт срока окупаемости установки узла погодного регулирования

Наименование показателя, обозначение	Формула	Расчет
Капитальные затраты		
Стоимость оборудования, К, руб.	см. таблицу 4.9	151'820
Монтажные, пусконаладочные работы, M_k , руб.	$M_k=0,3 \cdot K$	$0,3 \cdot 151'820=45'546$
Стоимость всех работ, оборудования и материалов, М, руб.	$M=K+M_k$	$151'820 + 45'546 = 197'366$
Эксплуатационные затраты		
Затраты на тепловую энергию в год при использовании районной котельной, Страд.год, руб.	Страд.год= $Q_{\text{год}}^{\text{от}} \cdot 1352,67$ где $Q_{\text{год}}^{\text{от}} = 1324,1 \text{ Гкал/ч}$ – количество тепловой энергии, которое потребляется за год районной котельной; 1352,67 – текущий тариф на стоимость тепловой энергии за 2021 г. в Челябинске, руб./ (Гкал)	$1324,1 \cdot 1352,67 = 1'791'070$

08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР

Лист

Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись
------	------	--------	------	---------

Окончание таблицы 4.10

Затраты на тепловую энергию в год при использовании узла погодного регулирования, Сальт.год, руб.	$\text{Сальт.год} = (Q_{\text{год}}^{\text{от}} - Q_{\text{год}}^{\text{пог.рег.}}) \cdot 1352,67,$ <p>где $Q_{\text{год}}^{\text{пог.рег.}}$ – количество тепловой энергии, которое необходимо покрыть, за счёт догрева (при применении узла погодного регулирования), Гкал/ч, $Q_{\text{год}}^{\text{пог.рег.}} = 1134,9$ Гкал/ч; 1352,67 – текущий тариф на стоимость тепловой энергии за 2021 г. в Челябинске, руб./ (Гкал)</p>	$(1324,1 - 1134,9) \cdot 1352,67 = 255'925$
Стоимость сэкономленной энергии, Сэк, руб.	$\text{Сэк} = \text{Страд.год} - \text{Сальт.год}$	$1'791'070 - 255'925 = 1'535'145$
Затраты на годовое обслуживание АУУ, САУУ, руб.	-	30'000
Общая экономия расходов в стоимостном выражении, Сэк.общ, руб.	$\text{Сэк.общ} = \text{Сэк} - \text{САУУ}$	$\text{Сэк.общ} = 1'535'145 - 30'000 = 1'505'145$
Срок окупаемости, Т, лет	$T = \frac{M}{C_{\text{эк}}}$	$T = \frac{197'366}{1'505'145} = 0,14$ года

Выводы:

1) Установка узла погодного регулирования позволяет снизить теплопотребление на 10-35%, согласно [25]. Согласно проведённому исследованию экономия тепловой энергии после установки узла погодного регулирования в тепловом вводе корпуса №28 составит 14%, что попадает в допустимый диапазон, однако не является максимальным.

2) Срок окупаемости установки узла погодного регулирования для данного объекта составляет 0,14 года, что значительно ниже нормативного срока окупаемости энергосберегающих мероприятий – 5 лет, и говорит об очень высокой эффективности данного мероприятия.

3) Установка узла погодного регулирования является крайне целесообразной. Данное мероприятие может быть рекомендовано Заказчику.

5.4 Расчёт срока окупаемости совместной установки солнечных коллекторов и узла погодного регулирования

Под энергосберегающим вариантом подразумевается совместная установка солнечных коллекторов в системе горячего водоснабжения и узла погодного регулирования системы отопления,

Расчёта срока окупаемости для данного варианта считался как для пакета мероприятий, по специальной методике изложенной в [39, с.27]. Результаты расчета представлены в виде таблицы 4.11.

Таблица 4.11 – Расчёт срока окупаемости совместной установки узла погодного регулирования и солнечных коллекторов

Наименование показателя, обозначение	Формула	Расчет
Капитальные затраты		
Затраты на реализацию установки солнечных коллекторов, Мс.к, руб.	см.таблицу 4.3	11'637'705
Затраты на реализацию установки узла погодного регулирования, МПОГ.РЕГруб.	см.таблицу 4.9	197'366
Эксплуатационные затраты		
Стоимость сэкономленной энергии, за счёт установки солнечных коллекторов, Сэкс.к, руб.	см.таблицу 4.4	866'886
Стоимость сэкономленной энергии, за счёт установки узла погодного регулирования, СэкПОГ.РЕГ, руб.	см.таблицу 4.10	1'505'145

Окончание таблицы 4.11

Срок окупаемости установки солнечных коллекторов, Т _{с.к} , лет	$T = \frac{M}{C_{\text{ЭК}}}$	$T = \frac{13'209'272}{1'184'939} = 12,5 \text{ лет}$
Срок окупаемости установки узла погодного регулирования, Т _{ПОГ.РЕГ} , лет	$T = \frac{M}{C_{\text{ЭК}}}$	$T = \frac{197'366}{1'505'145} = 0,14 \text{ года}$
Срок окупаемости пакета мероприятий, Т, лет	$T = \frac{M_{\text{с.к}}}{M_{\text{с.к}} + M_{\text{пог.рег}}} \cdot T_{\text{с.к}} + \frac{M_{\text{пог.рег}}}{M_{\text{с.к}} + M_{\text{пог.рег}}} \cdot T_{\text{пог.рег}}$	$\frac{13'209'272}{13'209'272 + 197'366} \cdot 12,5 + \frac{197'366}{13'209'272 + 197'366} \cdot 0,14 = 12,3$

В связи с вышеизложенным, вопрос о целесообразности использования солнечных коллекторов для объекта исследования - спорный, он должен решаться только при желании Заказчика, и не может быть рекомендован как эффективное средство энергосбережения для подобных объектов в городе Челябинске. Установка узла погодного регулирования является крайне целесообразной. Данное мероприятие может быть рекомендовано Заказчику.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе выполнена попытка проанализировать возможность использования ряда энергосберегающих мероприятий для торгового центра в г. Челябинске, таких как:

- энергия солнечной радиации в системе горячего водоснабжения
- использование автоматизированного узла управления в системе отопления.

Для оценки целесообразности проведения данных мероприятий произведено технико-экономическое сравнение двух вариантов теплопотребления в здании:

А. Базовый (существующий): предполагает использование существующих систем отопления и ГВС (описание системы в пункте 1 данной работы)

Б. Энергосберегающий: предполагает пакет мер по использованию энергии солнечной радиации, посредством установки в системе горячего водоснабжения солнечных вакуумных коллекторов и узла автоматического погодного регулирования системы отопления торгового центра.

Рассчитана экономическая целесообразность применения энергосберегающего варианта относительно базового (А) варианта, по результатам расчета обоснован выбор узла погодного регулирования, как наиболее эффективного в условиях данного региона.

Научная новизна данного исследования заключается в том, что:

1) для прогнозной оценки эффективности использования погодного регулирования в системе отопления был введен коэффициент $K_{\text{пог}}$, позволяющий определить количество потребленной за год тепловой энергии при работе узла регулирования.

2) было проведено экспериментальное исследование узла погодного регулирования при постоянной температуре внутреннего воздуха и для ночного режима работы. Экспериментальное исследование показало, что использование узла погодной компенсации в ночном режиме позволяет получить

08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР

Лист

Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись

существенную экономию тепловой энергии в размере 0,36 МВт·ч, что составляет 23% от отопительной нагрузки торгового центра.

3) Для условий г.Челябинска оценены сроки окупаемости популярных энергосберегающих мероприятий таких как: использование вакуумных солнечных коллекторов – 12,5 лет, использование узла погодного регулирования системы отопления – 0,14 года, использование совместно узла погодного регулирования и солнечных коллекторов – 12,3 лет. Данная информация может быть использована для планирования энергосберегающих и инвестиционных мероприятий на других объектах данного региона

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ажермачев Г.А., Бекиров Э.А., Сборник научных трудов Украины «Строительство и техногенная безопасность» — Симферополь: «Национальная академия природоохранного и курортного строительства», 2014. 194 с.
2. Малая гидроэнергетика в России [сайт]. – URL: <http://www.cleandex.ru> (дата обращения: 15.12.2020) – Текст: электронный
3. Плюсы и минусы ветроэнергетики [сайт]. – URL: <https://alternativenergy.ru/vetroenergetika/581-plyusy-minusy-vetroenergetiki.html> (дата обращения: 15.12.2020) – Текст: электронный
4. Ветровая энергия в России [сайт]. – URL: <https://hi-tech.mail.ru> (дата обращения: 15.12.2020). – Текст: электронный
5. Совет инженера [сайт]. – URL: <https://sov-et-ingenera.com> (дата обращения: 15.12.2020). – Текст: электронный
6. Устройство пеллетных котлов [сайт]. – URL: https://eurodrova.ru/eto_interesno1/stati_o_kotlah_i_sistemah_otopleniya/obwie_sve_deniya_ob_ustrojstve_pelletnyh_kotlov/ (дата обращения: 15.12.2020). – Текст: электронный
7. СП 131.13330.2018 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменением N 2);
8. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях;
9. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003;
10. Энергоэффективные дома [сайт]. – URL: <https://kotel.guru> (дата обращения: 16.12.2020). – Текст: электронный
11. Преимущества и недостатки биотоплива [сайт]. – URL: <https://www.rbc.ru> (дата обращения: 16.12.2020). – Текст: электронный

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

12. Костенко А.А. Рынок биотоплива в России и экологические требования к производству биотоплива [Текст] // Лесная политика для современной России. Устойчивое лесопользование – 2012. – № 2. – С. 38–41.

13. Опыт применения тепловых насосов в России [сайт]. – URL: <http://www.netgaza.ru> (дата обращения: 16.12.2020). – Текст: электронный

14. Количество солнечной энергии в регионах России [сайт]. – URL: <https://realsolar.ru> (дата обращения: 16.12.2020). – Текст: электронный

15. Ажермачев Г.А., Бекиров Э.А., Сборник научных трудов Украины «Строительство и техногенная безопасность» — Симферополь: «Национальная академия природоохранного и курортного строительства», 2014. 194 с.

16. Преимущества и недостатки плоских и вакуумных коллекторов [сайт]. – URL: <http://www.sunenergys.ru> (дата обращения: 16.12.2020). – Текст: электронный

17. Достоинства и недостатки вакуумных и плоских солнечных коллекторов [сайт]. – URL: <http://solar-rnd.ru/> (дата обращения: 16.12.2020). – Текст: электронный

18. Манюк В.И. Наладка и эксплуатация водных тепловых сетей [Текст]: справочник / В.И. Манюк, Я.И. Каплинский, Э.Б. Хиж и др.. – М.: Стройиздат, 1988. – 432 с.

19. Rucelf. Солнечные коллекторы [Текст]: пособие. – М.: Rucelf, 2016. – 32 с.

20. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчёта водопроводных труб [Текст]: справочное пособие / Ф. А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – М.: Стройиздат, 1984. – 177 с.

21. Apricus [сайт]. – URL: <http://apricus.com> (дата обращения: 16.12.2020). – Текст: электронный

22. Технический паспорт Viessmann Vitosol SP3C

23. Российская Федерация. Законы. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Текст]: федер. закон: [принят

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

Государственной Думой 11 ноября 2009 г.: одоб-рен Советом Федерации 18 ноября 2009 г.]. – М.: 2009. – 41 с.

24. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 (с Изменением N 1)

25. Чистович С.А. Автоматизированные системы теплоснабжения и отопления: учебное пособие / С.А. Чистович, В.К. Аверьянов. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. – 248 с.

26. Короткова Л.И. Регулирование потребления тепловой энергии в жилом фонде [Текст] / Л.И. Короткова, Н.А. Толдина // Вестник МГСУ. – 2011. – № 7. – С. 452–455.

27. СНиП 31-06-2009. Общественные здания и сооружения [Текст]. – Введ. 2010-01-01. – М.: Минрегион России, 2009. – 54 с.

28. Приказ Госстроя РФ от 06.05.2000 N 105 "Об утверждении Методики определения количеств тепловой энергии и теплоносителей в водяных системах коммунального теплоснабжения" (вместе с "МДС 41-4.2000. Методика определения количеств тепловой энергии и теплоносителя в водяных системах коммунального теплоснабжения")

29. СНиП 2.04.01-85* Внутренний водопровод и канализация зданий [Текст]. – Введ. 1986-07-01. – М.: ФГУП ЦПП, 2006– 64 с.

30. Методика определения фактических объемов потребления энергоресурсов [сайт]. URL: <http://www.energocon.com> (дата обращения: 19.03.2021). – Текст: электронный

33. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлического расчёта водопроводных труб [Текст]: справочное пособие / Ф. А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – М.: Стройиздат, 1984. – 177 с.

32. Тетан. Инженерные системы [сайт]. – URL : <https://tetan.ua> (дата обращения: 04.05.2021). – Текст: электронный

33. Grundfos. Product center [сайт]. – URL: <https://product-selection.grundfos.com> (дата обращения: 05.05.2020). – Текст: электронный

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		

34. Heiz. Гидравлика – сердце водяного отопления [Текст]: каталог. – Вена: ГЕРЦ Арматурен ГмБх, 2005. – 199 с.

35. Ананесов В.М. Алгоритм и программа расчета сроков окупаемости энергосберегающих проектов [Текст] / В. М. Ананесов, С. В. Ерохин // Энергобезопасность в документах и фактах. – 2005. – № 1.

36. Л.Г. Старкова, Д.Ф. Сафаргалева, М.С. Носова, Ю.С. Разказова. Адаптивные системы вентиляции многофункциональных торговых центров г. Магнитогорска [статья].

37. Применение средств автоматизации Danfoss в тепловых пунктах систем централизованного теплоснабжения зданий [Текст]: пособие. – М.: ООО «Данфосс», 2016. – 66 с.

38. СП 124.13330.2012. Тепловые сети [Текст]. – Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003; введ. 2013-01-01. - М.: Минрегион России, 2012. – 74 с.

39. Формирование пакета мероприятий по повышению энергоэффективности МКД. Оценка экономической эффективности пакета мероприятий [Текст]: курс лекций. – М.: Фонд ЖКХ, 2018. – 125 с.

					08.04.01.2021.058.09 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Дата	Подпись		