

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 цеха ООО «Фрагмент-сервис»

\_\_\_\_\_ А.В. Гостеев

\_\_\_\_\_ 2021 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой,

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Д.В. Ульрих

\_\_\_\_\_ 2021 г.

Анализ энергоэффективности капитального ремонта инженерных систем на  
примере многоквартирных домов 1959 и 1983 годов постройки

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–08.04.01.2021.305.056. ПЗ ВКР

Консультанты:

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Анисимова Е.Ю.

\_\_\_\_\_ 2021 г.

Руководитель проекта:

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Анисимова Е.Ю.

\_\_\_\_\_ 2021 г.

Автор проекта:

студент группы АС-228

\_\_\_\_\_ Чурасов М.М.

\_\_\_\_\_ 2021 г.

Нормоконтролер:

к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Анисимова Е.Ю.

\_\_\_\_\_ 2021 г.

Челябинск 2021 г.

## АННОТАЦИЯ

Чурасов М.М. Анализ энергоэффективности капитального ремонта инженерных систем на примере многоквартирных домов 1959 и 1983 годов постройки – Челябинск: ЮУрГУ, АС; 2021, 141 с. 25 ил., библиогр. список – 30 наим., 4 прил.

В выпускной квалификационной работе выполняется анализ энергоэффективности применения энергосберегающих мероприятий для двух многоквартирных домов 1959 и 1983 годов постройки.

Определяются реальные теплотехнические характеристики наружных ограждающих конструкций, тепловая мощность действующей системы отопления и анализ состояния НОК, ИТП, теплопроводов и других элементов здания и инженерных систем. Осуществляется выбор ряда энергосберегающих мероприятий из рекомендуемых для Челябинской области и выбор методики для их инженерного и экономического расчёта.

Разрабатываются несколько вариантов капитального ремонта зданий. Рассчитываются теплотехнические характеристики уже после капитального ремонта (для каждого варианта капитального ремонта).

Проектируется система подогрева воды для 1-й ступени теплообменника системы ГВС за счёт геотермального теплового насоса с U-образным грунтовым теплообменником для одного из исследуемых объектов.

Осуществляется технико-экономический анализ как вариантов капитального ремонта, так и отдельно энергосберегающих мероприятий. В результате производится выбор самого экономически выгодного и энергоэффективного энергосберегающего варианта проведения капитального ремонта.

					08.04.01.2021.305.056. ПЗ ВКР			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Анализ энергоэффективности капитального ремонта инженерных системы на примере многоквартирных домов 1959 и 1983 годов постройки	Стадия	Лист	Листов
Зав. Каф.	Ульрих Д.В.					ДП	3	141
Н. Контр.	Анисимова Е.Ю.					ЮУрГУ кафедра ГИСиС		
Руководит.	Анисимова Е.Ю.							
Консульт.	Анисимова Е.Ю.							
Дипломник	Чурасов М.М.							

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 АНАЛИЗ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ .....	7
2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	30
2.1 Объекты проектирования .....	30
2.2 Расчетные параметры наружного воздуха.....	31
2.3 Расчетные параметры внутреннего воздуха.....	32
2.4 Теплотехнические характеристики наружных ограждающих конструкций до применения энергосберегающих мероприятий .....	32
2.5 Энергетический паспорт зданий.....	38
2.6 Характеристика существующих систем отопления .....	50
3 ПЕРЕЧЕНЬ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ.....	51
4 РАСЧЕТ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ.....	53
4.1 Повышение уровня теплозащиты НОК для жилого дома по ул. Кирова, д. 86	53
4.2 Повышение уровня теплозащиты наружных ограждающих конструкций для жилого дома по ул. Горького, д. 68 .....	66
4.3 Определение тепловой мощности системы отопления после применения энергосберегающих мероприятий .....	69
4.4 Описание принятой системы отопления.....	72
5 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ.....	75
5.1 Гидравлический расчет СО в программе Danfoss C.....	75
5.2 Увязка циркуляционных колец. Подбор АБК.....	89
6 ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ .....	91
7. РАЗРАБОТКА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО ПУНКТА .....	92
7.1 Исходные данные для проектирования .....	92
7.2 Описание индивидуального теплового пункта .....	92
7.3 Подбор грязевика .....	93
7.4 Подбор теплообменника.....	94
7.5 Линия подпитки.....	97
7.6 Подбор расширительного бака .....	97
7.7 Подбор регулятора температуры.....	97

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		4

7.8 Подбор теплосчетчика .....	98
7.9 Подбор регулятора перепада давления .....	98
7.10 Подбор циркуляционного насоса .....	99
8 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЗРАБОТАННЫХ ВАРИАНТОВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ .....	100
9 ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ.....	115
9.1 Подогрев воды для 1-й ступени теплообменника системы ГВС за счёт геотермального теплового насоса с U-образным грунтовым теплообменником.	115
9.2 Подбор теплового насоса .....	117
9.3 Подбор теплообменников, промежуточного и 2-х ступеней ГВС.....	122
9.4 Техничко-экономическая оценка варианта использования теплоты грунта ....	125
9.5 Построение годового графика расходов теплоты.....	129
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	134
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	135
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	138
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	139
ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	140
ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....	141

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		5

## ВВЕДЕНИЕ

В нашей стране большую часть (порядка 20%) жилого фонда составляют МКД первых массовых типовых серий 1959-1985 годов постройки. Введу этого актуальными являются капитальные ремонты таких зданий. Но встает вопрос об эффективности капитальных ремонтов. Соответствуют ли такие здания после капитального ремонта современным требованиям?

На самом деле с такими домами не все так просто. По мнению специалистов и людей, занимающихся непосредственно капитальными ремонтами, эти здания являются самыми проблемными и менее других пригодными для проведения капитального ремонта. В холодном климате нашей страны МКД первых массовых серий имеют очень низкий тепловой комфорт в жилых помещениях и даже при этом все равно потребляют огромное количество тепловой энергии.

В моей магистерской работе за объекты исследования я взял два МКД расположенных по адресу г. Челябинск ул. Кирова д.86 и г. Челябинск ул. Дегтярева д.41а.

Предметов исследования для этих зданий в первую очередь будет повышение энергоэффективности за счет применения современных энергосберегающих мероприятий при проведении капитального ремонта.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		6

## 1 АНАЛИЗ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ

Статьи по их тематике можно разделить на 3 блока, чтобы потом из каждой интересующей меня темы выбрать самое основное, полезное и нужно для магистерской работы.

**В первый блок были объединены статьи тема которых описывается тремя ключевыми словами: Методики, расчеты, энергосберегающие мероприятия.**

Кандидат технических наук С.В. Корниенко [1] предлагает результаты научных исследований многоквартирных жилых зданий типовой серии 1–447с-37, проводимых для подтверждения необходимости проведения капитального ремонта за счет повышения уровня теплоизоляции оболочки. Под энергоэффективным капитальным ремонтом здания автор понимает комплекс ремонтно-строительных работ, направленных на замену или восстановление строительных конструкций и систем инженерно-технического обеспечения для улучшения теплозащитных и энергетических показателей здания. Таким образом, в отличие от обычного капитального ремонта энергоэффективный капитальный ремонт затрагивает главным образом теплозащитные свойства зданий. За объект исследования взято 5-этажный 4-секционный 90-квартирный жилой дом (типовая серия 1–447с-37), которое было построено в 1968 году. На первом этапе сформулирован план действий:

- 1) Выполнить натурное освидетельствование объекта для выявления строительно-эксплуатационных дефектов ограждающих конструкций.
- 2) Разработать принципиальные схемы эффективных конструктивных решений для повышения уровня теплоизоляции ограждающих конструкций.
- 3) Провести расчетное обоснование теплотехнических характеристик ограждающих конструкций и теплоэнергетических показателей здания при оценке уровня энергопотребления до и после капитального ремонта.

По ходу выполнения первого пункта плана были обнаружены многочисленные строительно-эксплуатационные дефекты ограждающих конструкций. В том числе и с помощью тепловизора.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		7

Для повышения уровня теплоизоляции наружной стены был применен навесная фасадная система, состоящая из теплоизоляции, вентилируемой воздушной прослойки и фасадного экрана. Также были утеплены покрытие и перекрытие. Автор разрабатывает 5 вариантов улучшения конструкции здания и согласно СП 50.13330 сравнивает их с нормируемым показателем. По итогу определяется вариант удовлетворяющий требованиям и с наименьшим количеством энергосберегающих мероприятий. Этот вариант включает в себя установку энергоэффективных конструкций окон и балконных дверей и теплоизоляция наружных стен, без теплоизоляции покрытия и перекрытия. В этом случае класс энергоэффективности здания будет С, а при полной изоляции оболочки здания В (высокий). По результатам экономического расчета всё-таки выбран вариант тепловой изоляции всей оболочки здания.

Методика, предложенная автором статьи, является очень наглядной и удобной, стоит выделить её как возможную методику для создания нескольких вариантов тепловой изоляции оболочки здания и выбора наиболее оптимального.

Зав. отделом жилищного хозяйства Академии коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова Н.М. Вавуло в своей работе рассматривает возможность не заменять старые деревянные окна, а применить к ним ряд энергосберегающих мероприятий. Эти мероприятия разделяются на мероприятия герметизации самого окна и мероприятия герметизации и утепления заполнений оконных и дверных балконных проемов.

К первым относятся:

- 1) на зимний период навеска теплоотражающей пленки на винтовые стяжки между створками окон со спаренными переплетами.
- 2) навеска на внутренние створки (со стороны межстекольного пространства) в окнах с двойными раздельными переплетами дополнительных створок, остекленных обычным оконным стеклом или теплоотражающим стеклом.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		8

3) в окнах с двойными отдельными переплетами (где внутренний переплет заполнен стеклопакетом, а наружный - обычным стеклом) - замена внутреннего стекла в стеклопакете на теплоотражающее стекло.

4) использование окон с двойными разделительными переплетами, каждый из которых заполнен однокамерным стеклопакетом.

А суть энергосберегающих мероприятий по герметизации и утепления заполнения оконных и дверных балконных проемов заключается в удалении старой штукатурки откосов, затем тщательно проконопатить зазор стыка, затем наружный зазор заделать тиоколовым силиконом или другим герметиком; восстановить штукатурку внутренних откосов.

Если провести все эти мероприятия можно приблизиться к нормируемому значению сопротивления теплопередачи, но достичь его все равно не получится. Тем не менее эта идея может быть реализована если здания подлежащее капремонту имеет большую часть окон деревянных. Тогда утеплив и герметизировав старые окна, можно добиться показателя незначительно меньше нормируемого, но при этом избежать затрат на установку новых окон.

Член президиума НП "АВОК" Г.П. Васильев в своей статье сформулировал основные проблемы, связанные с повышением энергоэффективности при капитальном ремонте. Эта работа очень важна для понимания что сейчас не так с процедурой проведения капитального ремонта. А главные проблемы заключаются в систематическом невыполнении поручений Минэнерго и Правительства РФ по выполнению плана энергосберегающих мероприятий при капитальном ремонте МКД. Причины этому в отсутствии единого методологического подхода к комплексной оценке энергетической эффективности капремонта. А основной проблемой господин Васильев выделяет отсутствие обязательного инструментального контроля за достигнутыми показателями энергоэффективности, как это делают при новом строительстве. Если первую проблему решить можно только на законодательном уровне, то вторую можно решить опытным путем.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		9



Например, провести эксперимент по замеру сопротивления теплопередачи НОК после утепления по ходу капитального ремонта и (или) сделать это на модели (реальной или с помощью компьютерного моделирования)

М.В. Степанова в своей работе предлагает при капремонтах использовать инновационные материалы, такие как полимерная краска. В качестве примера приводится МКД в Якутии где в ходе капитального ремонта полимерная краска была нанесена на трубопроводы в ИТП и СО. Экспериментальным путем было установлена экономия тепла 25-30%.

Другие энергоэффективные мероприятия и технологии, предложенные М.В. Степановой на мой взгляд не могут быть использованы для капитального ремонта МКД из-за их большой стоимости. Но вариант с использованием полимерной краски стоит рассмотреть для возможного применения в проекте.

Эксперт Аналитического центра Правительства РФ, доцент МЭИ Е.Г. Гапо вместе с коллегами разработали методику выбора мероприятий, повышающих энергоэффективность зданий при их капитальном ремонте.

Методика включает 3 этапа:

- 1) Сбор исходных данных. Фиксация всех выявленных особенностей ограждений, инженерных систем здания. Общая оценка состояния здания и его элементов.
- 2) Снятие показаний приборов учета тепловой и электрической энергии, воды. Оценка потребления воды, тепла, электроэнергии по договорам и счетам за оплату ТЭР. Интегральная оценка тепловлажностного режима здания.
- 3) Обработка данных. Оценка соответствия расчетных и фактических параметров, эффективности энергопотребляющих систем. Общие выводы, меры по рационализации энергоиспользования, выбор энергосберегающих мероприятий.

Из перечня комплементарных мероприятий по капремонту здания выбираются необходимые мероприятия для конкретного здания. Например, если в здании необходима замена окон и балконных дверей сразу определяется список мероприятий, которые тоже необходимо провести:

- адаптация системы отопления к меняющейся тепловой нагрузке;

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		10

- промывка системы отопления;
- наладка и балансировка системы отопления;
- установка малоинерционных отопительных приборов, снабженных автоматическими терморегуляторами;
- замена однотрубной системы отопления на двухтрубную;
- установка приборов учета тепловой энергии.

Как результат этой методики – выбор реально необходимых мероприятий капремонта упрощен. Используя эту методику в магистерской работе, можно технико-экономически обосновать необходимость выбранных энергосберегающих мероприятий.

Кандидат технических наук В.Г. Барон рассказывает в своей статье о мало затратных энергосберегающих мероприятиях, которые были реализованы жилым зданием коттеджного типа, но которые также можно применить и при капитальном ремонте МКД.

Эти мероприятия делятся на мероприятия в строительных конструкциях и в инженерных системах.

В строительных конструкциях к применению при капремонте рекомендуются:

- Реализация навесного фасада с вентилируемым зазором с дальнейшим помещением в этот зазор плит из минваты для повышения термического сопротивления.
- Плиты из минваты также уложены в пространство под крышей.
- Входы в здание необходимо выполнять с тамбурами.
- Учет ориентации здания по сторонам света при выборе остекления здания.

В инженерных системах:

- Вся общеобменная вентиляция осуществляется с помощью рекуператоров “ТеФо”. Это децентрализованные рекуперативные приточно-вытяжными вентиляционные установки с механическим побуждением. Обеспечивающий степень энергосбережения на уровне 80 %.

- В качестве источника тепла в доме применен котел с закрытой топкой конденсационного типа. Наличие закрытой топки исключает необходимость поступ-

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		11

ления в помещение, где расположен котел (кухня), уличного воздуха, что автоматически обеспечивает в холодное время года энергосберегающий эффект. Применение котла конденсационного типа позволяет полнее использовать теплоту уходящих газов, что позволяет для получения того же количества тепла расходовать меньше топлива. Котел работает по заданной программе, предусматривающей ночное снижение нагрузки.

- Освещение, рассчитанное на длительное функционирование, как внутреннее, так и наружное, выполнено на светодиодах.

Некоторые из этих мероприятия я бы хотел применить в своей магистерской работе. Например, реализовать вентиляцию с помощью рекуператоров “ТеФо”.

Начальник отдела энергоэффективности строительства Мосгосэкспертизы В.И. Ливчак в своей работе доказывает необходимость такой документации как энергетический паспорт здания. И делает акцент на том, что именно энерго паспорт является инструментом к повышению энергоэффективности здания.

Согласно СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий», энергоэффективность здания характеризуется показателем тепловой энергоэффективности, который численно равен удельному расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период. Минимизация этого расхода достигается за счет утепления здания – повышения теплозащиты отдельных наружных ограждающих конструкций, совершенствования автоматического регулирования подачи тепла на отопление и сокращения расхода тепла на нагрев необходимого для вентиляции наружного воздуха при обеспечении комфортного теплового и воздушного режима в помещениях.

При капитальном ремонте необходимо добиваться более высокого класса энергоэффективности здания, путем увеличения сопротивления теплопередачи НОК.

**Во второй блок были объединены статьи, тема которых заключена в утеплении наружных ограждающих конструкции.**

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		12

Доктор технических наук, профессор А.М. Стражников с коллегой А.Б. Гориным в своей статье на основе анализа полученных результатов реализованных капитальных ремонтов МКД установили основные причины утечек тепла. В г. Москва активно идут капитальные ремонты здания постройки до 1999 года и на основе этого выявлено, что основные причины утечек тепла:

- Эксплуатационные недостатки и нарушения (включают в себя наиболее значительное количество дефектов)

- Несоответствие нормативным требованиям, согласно которым был построен дом, и современным требованиям по теплозащите. Эта причина включает в себя недостаточную теплоизоляцию конструкций стен, чердачного перекрытия оконных и балконных блоков домов.

- Некачественный монтаж сборных элементов в части теплоизоляции стыковых конструкций.

- Расположение тепловых панелей или стояков центрального отопления внутри стен (при этом осуществляется, нагрев как внутренней, так и наружной поверхностей стены).

Так как для магистерской работы выбраны здания постройки до 1999 года, то в проекте капитального ремонта необходимо решить эти проблемы.

Степанова М.В. в своей статье о современном подходе к реконструкции “хрущевок” так же приводит проблемы этого типа зданий. Как и в прошлой работе главные проблемы связаны с нарушением гидроизоляции кровли, оседание (из-за отсутствия фиксации) утеплителя в трехслойных стеновых панелях и, как результат, промерзание их в верхней части.

Но Степанов М.В. разделяет здания на те, которые невозможно энергоэффективно реконструировать в ходе капитального ремонта, и на те, у которых теплозащитные свойства выше и их износ не превышает 20%.

К первым относятся дома, таких серий как К-7, П-32, П-35, 1МГ-300, 1-464, 1-468, 1-335. В подавляющем большинстве случаев они подлежат сносу.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		13

Иначе обстоит дело с домами серий: 1–464А и Д; 1–468А, Б, Д; 1–507; 1–510; 1605А; 1–515/9; 1–467А и Д; 1–447; 1–511; 1–510; 1–335Д. В этих МКД необходимо проводить энергоэффективный капремонт.

Именно ко второму типу зданий относятся МКД выбранные для проекта капитального ремонта в магистерской работе.

**К третьему блоку были отнесены статьи, которые касаются автоматизации инженерных систем МКД.**

А.В. Раевская в своей статье рассказывает о внедренных энергосберегающих мероприятиях при капитальных ремонтах в жилые здания в ВАО г. Москва.

В 203 многоквартирных домах установлены АУУ и в 260 – индивидуальные тепловые пункты (ИТП) с автоматическим погодным регулированием. Именно эти мероприятия будут реализованы в проекте капитального ремонта магистерской работы.

Так же А.В. Раевская уделяет особое внимание теплоизоляции внутридомовых инженерных сетей ГВС и ХВС, установке балансировочных клапанов на вертикальных стояках СО, терморегулирующих клапанов на отопительных приборах, частотное регулирование приводов циркуляционных насосов систем ГВС и отопления.

Большое внимание уделяется замене ламп ЛБ 20, ЛБ 40 в местах общего пользования путем привлечения средств инвесторов на модернизацию систем освещения общего имущества в МКД и автоматизации систем управления тепловой энергией.

Экономия электроэнергии за счет модернизации системы освещения мест общего пользования многоквартирных домов.

А.В. Раевская также показывает эффективность введения энергосервисных контрактов. Его функции заключаются в обслуживании отдельных звеньев процесса энергоснабжения от генерации до использования энергии включительно.

При этом необходимо разделить капремонт на два вида:

1) Капитальный ремонт, направленный только на восстановление эксплуатационных характеристик здания. Для этого вполне достаточно перечня работ, утвер-

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		14

жденного постановлением правительства, который включает ремонт внутридомовых инженерных систем электро-, тепло-, газо-, водоснабжения и водоотведения; ремонт (замену) лифтового оборудования; ремонт кровли и фасадов, подвальных помещений, фундамента; замену дверей и окон.

2) Капитальный ремонт, предусматривающий помимо восстановления эксплуатационных характеристик МКД проведение работ по улучшению энергетических характеристик общего имущества МКД.

Подробно об автоматическом регулировании СО МКД рассказывают в своей работе кандидат технических наук В.И. Ливчак и государственный эксперт-инженер А.Д. Забегин.

Необходимо в первую очередь реализовать автоматическое регулирования подачи теплоты в системы отопления из тепловой сети в ИТП или в АУУ (автоматическом узле управления системой отопления при подключении через ЦТП).

Самое важное добиться настройки контроллера системы авторегулирования на оптимальный режим подачи, реализуемый выбранным графиком температур в подающем трубопроводе системы отопления в зависимости от изменения температуры наружного воздуха. При этом термостаты выполняют второстепенную роль. Они лишь удовлетворяют индивидуальные потребности жителей в области достижения в отапливаемом помещении желаемой температуры воздуха в комфортных пределах.

Их расчеты основаны на восьми жилых домах серии П-18-01/12 по адресу ул. Обручева, в которых был выполнен комплексный капитальный ремонт, включающий утепление стен до  $R_{ст.пр} = 3,06 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , замену окон на более герметичные с  $R_{ок.пр} = 0,55 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , замену системы отопления с отопительными приборами, оборудованными термостатами, и устройство автоматизированного узла управления (АУУ) подачи теплоты в систему отопления здания.

Расход теплоты равен  $Q_{от.тр.р} = 175,7 \text{ кВт}$  при расчетной температуре наружного воздуха  $t_{нр} = -26 \text{ °C}$ .

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		15

В результате за период испытаний с 18 ноября 2009 года по 30 апреля 2010 года фактический удельный расход тепловой энергии на отопление, пересчитанный на нормативный по МГСН 2.01–99 и СНиП 23-02–2003 отопительный период (ГСОП = 4 943 °С·сут.) составил 99,5 кВт·ч/м<sup>2</sup>. А если еще учесть 6 %-ное реальное увеличение поверхности нагрева отопительных приборов по сравнению с проектом, зафиксированное соответствующими актами при обходе квартир, то фактическое теплопотребление дома было бы даже ниже норматива – 95 кВт·ч/м<sup>2</sup>.

**Это убедительно доказывает, что нормируемое значение энергоэффективности в домах типовых серий вполне достижимо.**

Средний удельный годовой расход тепловой энергии на отопление по трем домам такой же серии, но подача теплоты в которых выполнялась в соответствии с проектными параметрами, составил 140 кВт·ч/м<sup>2</sup>, это означает перерасход теплоты на  $(140 - 95) \cdot 100 / 95 = 47\%$  больше нормативного и достигнутого в д. 57 значения, то есть упущенная экономия составила 47%.

Что касается практики применения термостатов, то в достигнутой экономии за счет наличия АУУ и настройки контроллера и циркуляционного насоса СО на оптимальный режим работы термостаты не участвовали.

Поэтому наличие термостатов после капитального ремонта не стоит считать обязательным. А вот балансировочные клапана на стояках как раз наоборот, они необходимы для корректной работы системы.

Е.В. Иночкин в своей статье рассказывает о практике индивидуального учёта тепловой энергии. Лучшим стимулом к экономии всегда является материальная заинтересованность: меньше израсходовал – меньше заплатил.

Применение приборов индивидуального учета при капремонте возможно только при внедрении горизонтальной поквартирной системы отопления. Что в РФ имеет практику пока только в г. Москва.

Если это возможно, то устанавливаются следующие приборы:

- установку автоматизированного узла учета и управления на вводе в здание,
- балансировку стояков отопления,

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		16

- оснащение термостатическими регуляторами каждого отопительного прибора,
- установку приборов индивидуального учета.

В соответствии с нормативным документом СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование», в качестве поквартирных приборов учета тепла применяются квартирные счетчики тепла в системах отопления с горизонтальной разводкой и радиаторные распределители – в системах с вертикальной разводкой.

Радиаторных распределителях – компактных приборах, измеряющих температурный напор между поверхностью батареи и воздухом в комнате.

Комплекс этих систем был реализован в МКД по адресу: ул. Обручева, д. 53 и д. 59.

Во второй части анализа зарубежных статей более подробно описаны энергосберегающие мероприятия при капитальном ремонте со всеми выводами и результатами применения. На основании этого наиболее интересными и возможными к применению для повышения энергоэффективности зданий в моей выпускной квалификационной работе я считаю мероприятия: моделирование на основе ANN для жилых зданий; 3 варианта комплекса энергосберегающих мероприятий; методология DEA; BEMS контроль и конфигурация операций здания.

В первой статье представляют три различных концепции реконструкции многоквартирных домов в московском микрорайоне и оценивают их потенциал энергосбережения. Был выбран типичный жилой район Москвы и Московской области с многоэтажными жилыми домами, построенными по большей части в 1960-х и 1970-х годах. Район отапливается центральным отоплением. Ремонт таких зданий и районов может понадобиться в ближайшее время.

Для анализа, как на уровне здания, так и на уровне района, были выбраны три альтернативные концепции реконструкции и названы «Базовая, Улучшенная и Продвинутая». Случаи обновления были скорректированы таким образом, что каждый из них приводит к улучшению предыдущего, когда речь идет об общем годовом потреблении энергии .

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		17



Базовая реконструкция относится к минимальному обязательному ремонту, а также к простым мерам по модернизации, с использованием недорогих продуктов, доступных на рынке, со скромными энергетическими свойствами. Улучшенная реновация улучшает теплоизоляцию зданий до уровня, сопоставимого или превышающего текущие московские требования к новым зданиям, и обеспечивает вытяжную механическую вентиляцию, которая обеспечивает достаточный воздухообмен в квартирах. Усовершенствованная реконструкция предполагает использование еще более прогрессивных решений, которые считались реалистичными. Основное внимание было уделено зданиям и инфраструктуре, и, следовательно, транспортные или другие услуги, приводящие к дальнейшему потреблению энергии, не были учтены в анализе районов.

Предлагаемый простой подход устраняет необходимость учитывать разделение инвестиций на энергоэффективность и структурное обновление (двойной метод), поскольку предполагается, что последний будет покрыт капитальным ремонтом. Анализ затрат был сделан с помощью следующего процесса. Сначала были рассчитаны затраты на реконструкцию здания типа П-18. Затем эти затраты были разделены на общую площадь брутто типового здания (получая затраты на общую площадь здания типового здания). Затем были рассчитаны затраты на модернизацию районной энергетической и водной инфраструктуры для здания типа П-18. Эти затраты также были разделены на общую площадь брутто типового здания.

Суммируя эти два значения (общие затраты на ремонт здания одного типа и общие затраты на модернизацию окружающей инфраструктуры для здания одного типа), были получены общерегиональные затраты на здание типа П-18 (на общую площадь здания брутто).

После расчета затрат были рассчитаны годовые расходы на отопление, электроэнергию и воду по сравнению с рассчитанным текущим состоянием (как рассчитанное потребление с предлагаемыми мерами за вычетом расчетного потребления с существующими решениями). Затем, используя тарифы на 2013 год, была достигнута экономия на тарифах для каждого из этих компонентов.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		18

Общая экономия на тарифе является суммой этих отдельных тарифных сбережений.

**Основной ремонт** служил в качестве базового случая, когда была предпринята попытка восстановить строительные элементы в их первоначальное состояние, но некоторые дополнительные улучшения произошли. Например, установка относительно недорогих контроллеров системы отопления помещений считалась необходимой. Другим примером является установка относительно недорогих, но современных окон, поскольку первоначальный дизайн считался неприемлемым для жителей и даже отсутствовал на рынке. Базовый ремонтный пакет не соответствует действующим в России требованиям к строительству новых зданий, поскольку предусматривалось лишь незначительное утепление стен.

**Пакет базового обновления** содержит только меры, связанные с восстановлением строительных конструкций и систем, а также улучшения в теплоизоляции в относительно легкодоступных местах. Существующие воздуховоды системы естественной вентиляции очищаются и восстанавливаются при необходимости. Были сделаны некоторые улучшения, хотя они и не были необходимы, потому что было бы более целесообразно реализовать их на данном этапе в сочетании с другими мерами, чем реализовывать их позже отдельно.

Например, обновление электросети в сочетании с ремонтом систем отопления и водопровода может быть дешевле, поскольку части конструкций открыты

**Улучшенный пакет обновления** включает в себя улучшение теплоизоляции стена для удовлетворения текущих требований для новых зданий, установки более исполняющих окон, внедрения механической вытяжной вентиляции и тепла на уровень зданий подстанций. Предполагалось, что жители приобретают водо- и энергосберегающие приборы, и приспособления для своих квартир как в улучшенной, так и в расширенной моделях. Эти инвестиционные затраты не были включены в анализ затрат в этом исследовании.

Обновления пакет, расширенный включает в себя дальнейшее улучшение тепловой изоляции на достаточно высоком уровне, хотя и не максимально

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		19

возможным. Предусмотрено использование теплоизоляционных фасадных модулей со встроенными воздуховодами. Одним из значительных компонентов этого пакета является механическая система вентиляции с рекуперацией тепла из отработанного воздуха. Это решение, однако, не только снижает потребность в тепловой энергии, но и улучшает качество воздуха в квартирах. Улучшение качества воздуха не учитывалось в расчетах стоимости.

Концепции реконструкции района были приведены в соответствие с пакетами реконструкции здания, а затраты на реконструкцию здания были включены в затраты на улучшение энергетической и водной инфраструктуры района в пилотном районе.

В результате всего был обоснован выбор базового пакета обновлений как самого рационального, экономически выгодного и эффективного.

Интересное исследование приведено в статье №2. Это исследование вычисляет региональную общую энергоэффективность (TFEE) в Японии, используя анализ охвата данных (DEA). Рассмотрим, что представляет из себя эта методика.

В этом документе DEA используется для определения целевых показателей ввода для каждого японского региона путем сравнения годовой границы эффективности, которую составляют все японские регионы в каждом году. Давайте сначала определим некоторые математические обозначения: есть  $K$  входов и  $M$  выходов для каждого из  $N$  объектов.

Значение  $\theta$  представляет собой общий балл технической эффективности (OTE) для  $i$ -го объекта, при этом  $0 \leq \theta \leq 1$ . Значение единства указывает точку на границе и, следовательно, технически эффективных регионах.

В настоящем исследовании при измерении энергоэффективности предполагается, что наилучшая практика доступна для всех регионов. Это предположение представляется адекватным, поскольку рассматриваются только японские регионы. В настоящее время специализированные журналы, технологические ярмарки, глобальные маркетинговые стратегии транснациональных корпораций и т. Д. Гарантируют, что новые инновации легко доступны для всех регионов.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		20

Можно ли применить эту теорию в РФ? В России так же собирается статистика с каждого региона, но развитие и распространение альтернативных источников энергии у нас совсем не так распространено. С помощью этого метода можно разве что лишь рассчитать возможность повышения энергоэффективности если начать внедрять в больших масштабах возобновляемые источники энергии.

Статья №3. В статье утверждается, что в первую очередь следует учитывать энергосберегающие меры, связанные с ограждающими конструкциями, то есть улучшение изоляции наружных стен, окон, полов и кровельных конструкций. Меры по снижению потерь тепла вентиляции (рекуперация тепла) важны, но менее. Улучшение изоляции и замена старых систем распределения и производства тепла – меры следующего уровня улучшения энергоэффективности.

Все эти меры были примерены на жилом здании старой постройки. Общие потери теплопередачи уменьшаются на 50% по сравнению с эталонным домом, а потребность в отоплении уменьшается на 46% с 167 до 90 кВтч / м<sup>2</sup>/ год.

В статье №4 внимание уделяется изучению мер по повышению энергоэффективности, которые в настоящее время применяются в этом секторе, и их влияния на энергоэффективность. Информация, необходимая для исследования, взята из системы мониторинга, которая содержит данные о физическом состоянии и энергетических характеристиках более чем 1,5 миллиона жилищ в этом секторе. Используемый метод основан на статистическом моделировании и анализе данных физических свойств, касающихся энергоэффективности, общих характеристик жилищ и энергетических характеристик 757 614 домашних хозяйств.

Результаты этого исследования дают представление о мерах по повышению энергоэффективности, применяемых к существующему жилому фонду. Большинство изменений касаются систем отопления и горячего водоснабжения (ГВС), а также остекления. Остальные элементы ограждающих конструкций здания не улучшаются с той же частотой. Результаты показывают, что цели этого сектора будут трудно достичь, если следовать той же стратегии обновления.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		21

Во всем мире жилой сектор потребляет количество энергии, которое варьируется от 16% до 50% от общего количества, в зависимости от страны. Несколько мер и политики в области энергоэффективности были применены как на европейском, так и на национальном уровне. В 2008 году Нидерланды осуществили Директиву ЕС по энергоэффективности зданий (EPBD). В соответствии с этой директивой все государства-члены должны установить и применять минимальные требования к энергетическим характеристикам для новых и существующих зданий, обеспечить сертификацию энергетических характеристик зданий и требовать регулярного осмотра котлов и систем кондиционирования воздуха в зданиях, Голландская система измерения энергетической эффективности, основанная на «Указе об энергетической эффективности зданий» (Besluit energieprestatie gebouwen - BEG) и

«Положении об энергетической эффективности зданий» (Regeling energieprestatie gebouwen - REG), была введена в 2008 году. Производительность здания выражается энергетическим индексом (EI), который составляет от  $\leq 0,5$  (очень хорошая производительность) до  $> 2,9$  (очень плохая производительность). EI рассчитывается на основе общей потребности в первичной энергии ( $Q_{total}$ ). Метод расчета EI описан в NEN 7120 (опубликовано Голландским институтом стандартизации) и в публикации ISSO 82.3-ISSO, Голландский центр знаний по строительным услугам, на основании EI энергетическая метка присваивается жилищам. Основная цель энергетической маркировки состоит в том, чтобы предоставить жильцам и домовладельцам информацию о тепловом качестве их жилищ. Кроме того, теоретическое использование энергии в жилищах также упоминается на всех голландских этикетках, выпущенных после января 2010 г., выраженных в кВтч электроэнергии, м<sup>3</sup> газа и ГДж тепла, для жилищ с центральным отоплением.

В этом исследовании основное внимание уделяется жилищам, о которых сообщалось более одного раза (т.е. когда данные были внесены жилищными ассоциациями в течение нескольких лет), чтобы точно определить и изучить улучшения в энергетике, проводимые каждый год. Мы используем продольные данные для

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		22

наблюдения за изменениями энергетических характеристик одних и тех же жилищ. Мы наблюдаем, изменились ли введенные данные с 2010 по 2013 год. Мы начнем с изменений в EI.

Перед началом анализа данных требовалась обширная фильтрация данных. Во-первых, записи о жилищах, которые присутствовали в базе данных, но не содержали никакой информации, должны были быть исключены из анализа. Во-вторых, мы удалили все потенциальные повторяющиеся случаи из набора данных. Когда были найдены отчеты с точно таким же адресом, тем же EI и отчетным годом, одна из дублированных записей была удалена. В-третьих, мы удалили дела с точно таким же адресом и тем же отчетным годом, но разными EI, потому что не было возможности выбрать самый последний или правильный.

Следующим шагом было удаление случаев, в которых отсутствуют данные, относящиеся к 2010 или 2013 году. После фильтрации осталось 757 614 жилищ, то есть число жилищ, зарегистрированных как в 2010, так и в 2013 году. Если наблюдалось ухудшение EI, мы предполагаем, что это административное исправление. В этих случаях EI за год до изменения был скорректирован до уровня EI впоследствии.

Цель этого исследования состояла в том, чтобы определить улучшения в энергетике, осуществляемые в некоммерческом жилищном секторе в Нидерландах, и оценить их влияние на энергетические характеристики жилья. Мы использовали продольные данные и проанализировали улучшения состояния запаса за трехлетний период, а именно с ультимо 2010 года до ультимо 2013, на основе семи различных характеристик жилья и систем. Мы смогли точно отследить энергетические улучшения, примененные в некоммерческом жилье, и проанализировать их влияние на EI за этот период. Основным результатом этой статьи является то, что применено много улучшений, но они слишком малы для достижения амбициозной национальной цели - средний EI в 1,25 в 2020 году. Для достижения этих целей требуются более или более глубокие меры по обновлению энергии.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		23

Исходя из наших результатов, некоммерческий жилищный сектор должен уделять больше внимания повышению энергоэффективности своего жилья путем осуществления тщательно спланированных энергетических программ. Таким образом, вместо традиционных решений, основанных на планах технического обслуживания, могут быть достигнуты комбинации энергетических мер, приводящих к общему улучшению энергетических характеристик жилья. Некоммерческий сектор имеет большой потенциал для улучшения. Поддержка со стороны государственных органов за счет субсидий и других экономических стимулов также важна в условиях экономического кризиса в жилищном секторе. В случаях, когда муниципальная поддержка была предложена, это приводило к применению более конкретных планов обновления энергии жилищными ассоциациями.

Наконец, текущее продольное исследование энергетических улучшений и влияния на энергетические характеристики жилищ показало прогресс в секторе некоммерческого жилья. Однако нам также необходимо использовать данные поперечного сечения для анализа влияния мер по повышению энергоэффективности на фактическое потребление энергии. Используя данные поперечного сечения и, таким образом, сосредотачиваясь на тематических исследованиях, мы можем более глубоко оценить практику обновления энергии. Комбинация продольного и поперечного анализа данных является необходимым подходом к вопросу энергоэффективности в строительном секторе. Как количественные, так и качественные характеристики обновлений энергии имеют решающее значение для достижения экономии энергопотребления.

Мы хотели бы признать, что большая часть финансирования этого исследования поступает из проекта IEE EPISCOPE. Кроме того, мы хотели бы поблагодарить Aedes, головную организацию жилищных ассоциаций в Нидерландах, как за предоставленное финансирование, так и за их сотрудничество.

В статье №5 основная цель представленного документа заключалась в оценке стратегий комплексного проектирования, применяемых при реконструкции сборного жилого дома, построенного в 70 году в Новом Белграде, Сербия, с целью

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		24

достижения экономии энергии при одновременном снижении выбросов CO<sub>2</sub> выбросы и улучшение здоровья и комфорта домашних хозяйств. Проведенное исследование привело к предварительному проектированию энергетического переоборудования существующего здания и его преобразованию в энергоэффективное здание с минимальными нагрузками. Динамическое поведение здания и энергоэффективность были оптимизированы с помощью BPS-Building Performance Simulation. Получено очень значительное снижение тепловых и охлаждающих нагрузок со ссылкой на существующее состояние здания. Реконструкция включала комплексную оптимизацию ограждающей конструкции здания, естественной и смешанной вентиляции. Реализация ряда мер ЕЕI (повышение энергоэффективности) привела к значительному снижению энергетических нагрузок зданий. Инвестиции в модернизацию энергоэффективности могут улучшить макроэкономическую стабильность и способствовать устойчивому экономическому росту.

Кроме того, для каждой модели был проведен экономический анализ с учетом нынешней экономической ситуации в Сербии и наличия средств для ремонта. Представленная методология и результаты проведенного анализа дают возможность распространить их применение на другие районы, изучая потенциальные результаты реконструкции, если они применяются в более широком городском масштабе.

Проведенное тематическое исследование включало углубленный анализ структуры здания, определение нескольких сценариев и моделей архитектурной реконструкции здания, изучение возможностей реализации нескольких потенциально утвержденных моделей восстановления энергии с различными мерами, позволяющими значительно улучшить и оптимизировать энергоэффективность здания, и приблизиться к их нулю. энергетический статус.

Методология, реализованная в этом, включала следующее: Сбор архитектурных и других технических данных из исторического архива Нового Белграда для построения кейса. Создание моделей для моделирования теплоэнергетического поведения корпуса здания в различных его состояниях, начиная с первоначального про-

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		25



ектирования (1972 г.) с использованием исходных материалов, объемов, поверхностей и т. д., а также моделей, связанных с различным уровнем здания. улучшения. Анализ и энергетическая оптимизация строительной физики всех созданных моделей. Определение сценариев - модели комплексного улучшения (структура здания и системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха и другие технические системы (ТС), включая систему энергоснабжения, и создание компьютерных моделей для каждого из предложенных сценариев / моделей. BPS-Building Performance Simulation: динамическое моделирование интегрированных зданий / HVAC и TS, энергетическое поведение для типичного метеорологического года (ТМГ) в Белграде. (Белград имеет умеренно- континентальный климат со среднегодовой температурой воздуха 11,7 ° С. Зима не такая суровая, в среднем 21 день с температурой ниже нуля. Январь - самый холодный месяц со средней температурой -0,5 ° С. самый жаркий месяц июль имеет среднюю температуру 21,7 ° С, а самая высокая официально зафиксированная +43,1 ° С 24 июля 2007 года). Определение наилучшего сценария / модели на основе анализа результатов, полученных на предыдущем этапе (ст.5) и оценки: Комфортные параметры в помещении: температура воздуха и относительная влажность, потери тепла и прирост тепла: освещение, люди и бытовая техника, а также прирост внешнего солнечного тепла, годовая конечная потребность в энергии для отопления, охлаждения, ГВС и электричества, годовая потребность в первичной энергии для различных целей и общая.

Моделирование проводилось с использованием программного обеспечения DesignBuilder. После определения сценариев реконструкции будет проанализирована экономическая целесообразность действий.

Энергетическая реконструкция здания с целью повышения энергоэффективности и снижения потребности в энергии для достижения нулевого уровня энергопотребления Статус здания является сложным процессом, не только вызовом для инженеров-механиков, но и еще более привлекательной возможностью для создания интегрированного перепроектирования вместе с архитекторами и инженеры-стро-

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		26

ители. Поэтому к нему следует подходить организованно, прагматично и междисциплинарно. Основное внимание следует уделять не только новейшим передовым технологиям, но и синергизму различных практик и принципов в целях обеспечения пути к устойчивому развитию и достижения желаемых целей.

Минимизация энергетических нагрузок с помощью «пассивных» действий подчеркивает, что биоклиматическая реконструкция жилых зданий может играть важную роль, но только в синергии пассивных и активных средств будет возможно приблизиться к нулевому состоянию энергии.

Экономический анализ представленных моделей четко показывает, что предлагаемые энергоэффективные действия осуществимы. Учитывая, что бюджет модернизации очень похож на все предложенные действия (за исключением IB6), независимо от процентных ставок или каких-либо государственных субсидий, при наличии средств экономический анализ однозначно предлагает реализовать действие IB5, за которым следуют менее дорогостоящие действия в их соответствующий порядок. Действие IB6 с более высокой начальной стоимостью превосходит действия IB1-IB4 только через два десятилетия, но остается ниже экономических выгод IB5.

Введение субсидий улучшает экономические показатели действий по модернизации, но они сами по себе являются устойчивыми. Однако при наличии субсидий инвестиции окупаются значительно быстрее. Наконец, если цены на отопление со временем возрастут, как и ожидалось, их влияние на жизнеспособность инвестиций в модернизацию может быть огромным - с каждым увеличением инвестиции становятся все более привлекательными.

В документах представлено потенциальное снижение потребления энергии для отопления и охлаждения за счет обновления энергии и повышения комфорта в жилых помещениях, а Новый Белград с его большим архитектурным и городским потенциалом является муниципалитетом, который может быть лидером в энергетической реконструкции существующих жилых зданий.

В моей выпускной квалификационной работе будет производиться решение

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		27

следующих задач:

- 1) Произвести расчет теплопередачи НОК до капитального ремонта;
  - 2) Опираясь на информацию, полученную при анализе 15 зарубежных статей, составить конструкцию утепленных наружных ограждающих конструкций;
  - 3) Произвести расчет утепленных НОК.
  - 4) Определить показатели воздухопроницания и сопротивления теплопередачи светопрозрачных поверхностей до капитального ремонта;
  - 5) Опираясь на проанализированный материал выбрать способ улучшения энергосбережения светопрозрачных поверхностей (либо замена их на новые пластиковые оконные блоки, либо утепление и герметизация старых, заведомо зная о невозможности достижения требуемых параметров);
  - 6) Рассчитать характеристики светопрозрачных конструкций после капитального ремонта;
  - 7) Определить удельные тепловые характеристики МКД на отопление, вентиляцию и ГВС;
  - 8) Определить какую системы отопления лучше запроектировать для данного здания. При этом учитывая возможности автоматизации разных видов СО опираясь на прочитанный материал;
  - 9) Определить тепловую мощности системы отопления;
  - 10) Произвести подбор ряда дополнительных энергосберегающих мероприятий, эффективность применения которых были доказаны в анализируемых статьях;
  - 11) Запроектировать автоматизированный тепловой пункт. Которые подтверждены, как и опытом, так и теоретическими расчетами. Но в большем счете опираясь на практические опыт в реальной действительности;
  - 12) Оценить финансово-экономически целесообразность применения выбранных энергосберегающих мероприятий в ходе капитального ремонта;
  - 13) Оценить экономию тепловой энергии до и после капитального ремонта.
- Определение тепловых потерь через наружные ограждающие конструкции будет определено по методике И.Г. Староверова, которая приведена в учебнике

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		28

"Внутренние санитарно-технические устройства. Часть 1. Отопление "

Из СП 50.13330.2012 "Тепловая защита зданий" будет использована методика расчёта толщины тепловой изоляции. Сопротивление теплопередачи НОК будет посчитано по слоям, методика из СП 50.13330.2012.

По формуле Ермолаева, по МДК для Чел. Обл. и по платежным документам будут посчитаны тепловые характеристики здания, расчет энергопаспорта.

**Вывод:** выявленные методы и исследования в вышеперечисленных научных статьях я планирую применить на собственных объектах для достижения результатов в области энергосбережения. Теплотехнический расчет НОК до применения энергосберегающих мероприятий, повышение уровня теплозащиты наружных стен, крыши, теплоизоляция внутридомовых инженерных сетей в подвале, теплотехнический расчет новых ограждающих конструкций. Расчет тепловых мощностей системы отопления с разными вариантами утепления, проектирование и гидравлический расчет систем отопления, подбор оборудования. Подбор оборудования АИТП. Технико-экономическая оценка разработанных вариантов: расчет смет до и после капитального ремонта; - сравнение, анализ, обоснование, выводы. Разработка и расчет схемы устройства гибридной ГВС с аккумулированием тепла и тепловыми насосами, использующими теплоту от грунта.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		29

## 2 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

### 2.1 Объекты проектирования

В качестве объектов исследования выбраны два жилых многоквартирных дома, расположенных в городе Челябинске по адресу: ул. Кирова д. 86 и ул. Горького д. 68.

Здание по ул. Кирова д. 86 состоит из 5 секций в 5 этажей. Ориентация главного фасада - Восток. На типовом этаже расположено 20 квартир из них: 3 однокомнатных квартиры, 7 2-х комнатных квартиры, 10 3-х комнатных квартир. В здании имеется неотапливаемый подвал. В здании есть неотапливаемый чердак. Высота чердака от пола до потолка 2,0 м. Толщина кровли 0,2 м. Высота типового этажа 3 м. Толщина межэтажного перекрытия 0,3 м.



Рисунок 2.1 – МКД по ул. Кирова, д. 86

Объект расположенный по ул. Горького д. 68 представляет собой 9-этажное здание, состоящее из 4-х секций. Ориентация главного фасада – Запад. На типовом

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		30

этаже расположено 15 квартир из них: 3 однокомнатных квартиры, 5 двухкомнатных квартиры, 5 трёхкомнатных квартиры, 2 четырёхкомнатных квартиры. В здании имеется неотапливаемый подвал. В здании отсутствует чердак. Высота типового этажа 2,5 м. Толщина межэтажного перекрытия 0,2 м.



Рисунок 2.2 – МКД по ул. Горького, д. 68

**Вывод:** в данном разделе представлены основные характеристики многоквартирных домов, необходимые для дальнейших расчетов.

## 2.2 Расчетные параметры наружного воздуха

Расчетные параметры наружного воздуха принимаются по [1, табл. 3.1].

Расчетная температура наружного воздуха для проектирования системы отопления принимается равной температуре наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью  $0,92 t_H = - 32 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Средняя температура наружного воздуха отопительного периода принимается равной температуре  $t_{от.п} = - 6,6 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Продолжительность отопительного периода принимается равной  $Z_{от.п} = 212$  сут.

Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь принимается равной  $v = 3,7$  м/с.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		31

**Вывод:** в этом разделе представлены, данные параметров наружного воздуха в городе Челябинске для анализируемых объектов.

### 2.3 Расчетные параметры внутреннего воздуха

Расчетные параметры внутреннего воздуха принимаются по [2, табл. 1, 3]. Для помещений квартир, общественных помещений минимальная из оптимальных [3]. Для лестничной клетки минимальная из допустимых. Для угловых помещений квартир принимается надбавка + 2 °С.

Таблица 2.1 - Расчетные параметры внутреннего воздуха

Наименование типового помещения	Температура внутреннего воздуха, °С
Жилая комната (ЖК)	21
Угловая жилая комната (УЖК)	23
Кухня (К)	19
Ванная, совмещенный санузел (СУ)	24
Лестничная клетка (ЛК)	14
Коридор (КР)	19
Вестибюль (В)	14
Выставочный зал (ВЗ)	18
Кладовая (КЛ)	14
Туалет (Т)	19

**Вывод:** в разделе представлены данные параметров внутреннего воздуха для помещений многоквартирных жилых домов.

### 2.4 Теплотехнические характеристики наружных ограждающих конструкций до применения энергосберегающих мероприятий

Согласно требованию СП50.13330.2016 «Тепловая защита зданий», фактическое сопротивление теплопередаче наружной ограждающей конструкции должно быть не меньше требуемого значения.

Нормируемое сопротивление теплопередаче рассчитывается по формуле:

$$R_0^{TP} = a \cdot ГСОП + b, \quad (2.1)$$

где  $a$  и  $b$  - коэффициенты, принимаются по [4, табл. 3];

ГСОП - градусо-сутки отопительного периода,  $\frac{^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}}{\text{год}}$ .

$$ГСОП = (t_B - t_{от}) \cdot Z_{от}, \quad (2.2)$$

$$ГСОП = (21 - (-6,6)) \cdot 212 = 5851 \frac{^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут}}{\text{год}}.$$

### Наружная стена (НС)

По формуле (2.1) требуемое сопротивление теплопередаче для наружной стены:

$$R_{0,нс}^{тр} = 0,00035 \cdot 5851 + 1,4 = 3,45 \frac{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Таблица 2.2 – Теплотехнические характеристики материалов слоев наружной стены для МКД по ул. Горького, д. 68

№ слоя	Наименование слоя	$\rho_0, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\delta, \text{м}$	$\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}}$
1	Лицевой слой, бетон на гравии из природного камня	2400	0,06	1,74
2	Теплоизоляция, плиты минераловатные из каменного волокна	180	0,12	0,045
3	Внутренний слой, железобетон	2400	0,12	1,92

Таблица 2.3 – Теплотехнические характеристики материалов слоев наружной стены для МКД по ул. Кирова, д. 86

№ слоя	Наименование слоя	$\rho_0, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\delta, \text{м}$	$\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}}$
1	Наружная штукатурка, цементно-песчаный раствор	1800	0,03	0,93
2	Основной слой, кирпич	1800	0,6	0,81
3	Внутренняя штукатурка, известково-песчаный раствор	1600	0,02	0,81

Сопротивление теплопередаче для многослойной ограждающей конструкции определяется по формуле:

$$R_0^{усл} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{n=1}^i \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_H}, \quad (2.3)$$

где  $\alpha_B$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$ , принимаем по [3, табл. 4];

$\alpha_H$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$ , принимаем [3, табл. 6];

$\delta_n$  – толщина слоя, м;

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		33



$\lambda_n$  – коэффициент теплопроводности материала,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$ , принимается по [3, прил. Т].

Запишем формулу (2.3) для наружной стены МКД по ул. Горького, д. 68:

$$R_{\text{оис}}^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}},$$

$$R_{\text{оис}}^{\text{усл}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,06}{1,74} + \frac{0,12}{0,045} + \frac{0,12}{1,92} + \frac{1}{23} = 2,92 \frac{\text{м}^2\cdot\text{°C}}{\text{Вт}}.$$

$$R_{\text{оис}}^{\text{усл}} < R_{\text{оис}}^{\text{тр}}, 2,92 \frac{\text{м}^2\cdot\text{°C}}{\text{Вт}} < 3,45 \frac{\text{м}^2\cdot\text{°C}}{\text{Вт}};$$

Для наружной стены МКД по ул. Кирова, д. 86:

$$R_{\text{оис}}^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}},$$

$$R_{\text{оис}}^{\text{усл}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,6}{0,81} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} = 0,96 \frac{\text{м}^2\cdot\text{°C}}{\text{Вт}}.$$

$$R_{\text{оис}}^{\text{усл}} < R_{\text{оис}}^{\text{тр}}, 0,96 \frac{\text{м}^2\cdot\text{°C}}{\text{Вт}} < 3,45 \frac{\text{м}^2\cdot\text{°C}}{\text{Вт}};$$

Приведенное сопротивление теплопередачи наружной стены двух жилых домов меньше требуемого, что не соответствует требованиям [4].

### Перекрытие над неотапливаемым подвалом (ПЛ)

По формуле (2.1) требуемое сопротивление теплопередаче для перекрытия над неотапливаемым подвалом:

$$R_{\text{0.пл}}^{\text{тр}} = 0,00045 \cdot 5851 + 1,9 = 4,53 \frac{\text{м}^2\cdot\text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Таблица 2.3 – Теплотехнические характеристики материалов слоев перекрытия над неотапливаемым подвалом для МКД по ул. Горького, д. 68

№ слоя	Наименование слоя	$\rho_0, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\delta, \text{м}$	$\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м}\cdot\text{°C}}$
1	Железобетонная плита	2500	0,22	1,92
2	Один слой рубероида	600	0,002	0,17
3	Цементно-песчаная стяжка	1800	0,03	0,93
4	Покрытие: сосна и ель поперек волокон	500	0,02	0,18

Запишем формулу (2.3) для перекрытия над неотапливаемым подвалом МКД по ул. Горького, д. 68:

$$R_{\text{Опл}}^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}},$$

$$R_{\text{Опл}}^{\text{усл}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{1,92} + \frac{0,002}{0,17} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,02}{0,18} + \frac{1}{6} = 0,55 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}.$$

$$R_{\text{Опл}}^{\text{усл}} < R_{\text{Опл}}^{\text{тр}}, 0,55 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}} < 4,53 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}};$$

Таблица 2.4 – Теплотехнические характеристики материалов слоев перекрытия над неотапливаемым подвалом для МКД по ул. Кирова, д. 86

№ слоя	Наименование слоя	$\rho_0, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\delta, \text{м}$	$\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°С}}$
1	Железобетонная плита	2500	0,3	2,04
2	Один слой рубероида	600	0,002	0,17
3	Цементно-песчаная стяжка	1800	0,03	0,93
4	Покрытие: сосна и ель поперек волокон	500	0,02	0,18

Для перекрытия над неотапливаемым подвалом МКД по ул. Кирова, д. 86:

$$R_{\text{Опл}}^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}},$$

$$R_{\text{Опл}}^{\text{усл}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,3}{2,04} + \frac{0,002}{0,17} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,02}{0,18} + \frac{1}{12} = 0,5 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}.$$

$$R_{\text{Опл}}^{\text{усл}} < R_{\text{Опл}}^{\text{тр}}, 0,5 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}} < 4,53 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}};$$

Приведенное сопротивление теплопередачи перекрытия над неотапливаемым подвалом двух жилых домов меньше требуемого [4].

### Чердачное перекрытие (ПТ)

По формуле (2.1) требуемое сопротивление теплопередаче для чердачного перекрытия:

$$R_{\text{0.пт}}^{\text{тр}} = 0,00045 \cdot 5851 + 1,9 = 4,53 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}.$$

Таблица 2.5 – Теплотехнические характеристики материалов слоев чердачного перекрытия для МКД по ул. Кирова, д. 86

№ слоя	Наименование слоя	$\rho_0, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\delta, \text{м}$	$\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$
1	Железобетонная плита	2500	0,3	2,04
2	Один слой рубероида	600	0,002	0,17
3	Цементно-песчаная стяжка	1800	0,03	0,93

Запишем формулу (2.3) для чердачного перекрытия МКД по ул. Кирова, д. 86:

$$R_{\text{опт}}^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}$$

$$R_{\text{опт}}^{\text{усл}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,3}{2,04} + \frac{0,002}{0,17} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{1}{12} = 0,4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

$$R_{\text{опт}}^{\text{усл}} < R_{\text{опт}}^{\text{тр}}, 0,4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} < 4,53 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

Приведенное сопротивление теплопередачи чердачного перекрытия данного жилого дома, меньше требуемого [4].

### Покрытие

По формуле (2.1) требуемое сопротивление теплопередаче для покрытия:

$$R_{\text{0.пт}}^{\text{тр}} = 0,0005 \cdot 5851 + 2,2 = 5,13 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

Таблица 2.6 – Теплотехнические характеристики материалов слоев покрытия для МКД по ул. Горького, д. 68

№ слоя	Наименование слоя	$\rho_0, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\delta, \text{м}$	$\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$
1	Засыпка, гравий керамзитовый	600	0,2	0,17
2	Три слоя рубероида	600	0,001	0,17
3	Железобетонная плита	2500	0,22	1,92
4	Раствор известково-песчаный	1600	0,035	0,7

Для покрытия МКД по ул. Горького, д. 68:

$$R_{\text{опт}}^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}$$

$$R_{\text{опт}}^{\text{усл}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{0,17} + \frac{0,003}{0,17} + \frac{0,22}{1,92} + \frac{0,035}{0,7} + \frac{1}{12} + 0,174 = 1,73 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$$

$$R_{\text{опт}}^{\text{усл}} < R_{\text{опт}}^{\text{тр}}, 1,73 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}} < 5,13 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}};$$

Приведенное сопротивление теплопередачи покрытия для данного дома меньше требуемого [4].

### Окно:

Требуемое сопротивление теплопередаче окна по [4]:

$$R_{\text{0.ок}}^{\text{тр}} = 0,72 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$$

Фактическое сопротивление теплопередачи окон с однокамерным для двух исследуемых домов составляет:

$$R_{\text{0.ок}}^{\text{усл}} = 0,51 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}} - \text{МКД на ул. Горького, д. 68}$$

$$R_{\text{0.ок}}^{\text{усл}} = 0,31 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}} - \text{МКД на ул. Кирова, д. 86}$$

Окна необходимо менять на более теплосберегающие с более высоким сопротивлением теплопередачи.

### Дверь:

Согласно [4] нормируемое значение сопротивления теплопередаче входных дверей и ворот  $R_0^{\text{тр}}$  должно быть не менее  $0,6 \cdot R_0^{\text{тр}}$  стен зданий.

$$R_{\text{0.дв}}^{\text{тр}} = 0,6 \cdot 3,45 = 2,07 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$$

Фактическое сопротивление теплопередаче входных дверей лестничных клеток домов равен  $R_{\text{0.дв}}^{\text{усл}} = 0,4 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$ .

**Вывод:** в данном разделе рассчитаны теплотехнические характеристики наружных ограждающих конструкций для исследуемых объектов до применения капитального ремонта.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		37

## 2.5 Энергетический паспорт зданий

Общая информация	
Дата заполнения (число, месяц, год)	07.03.2019
Адрес здания	г. Челябинск, ул. Кирова, д. 86
Разработчик проекта	Чурасов М.М.
Адрес и телефон разработчика	
Шифр проекта	
Назначение здания, серия	Жилой дом
Этажность, количество секций	5 этажей (4 жилых), 5 секций
Количество квартир	83
Расчетное количество жителей или служащих	166
Размещение в застройке	Отдельно стоящее
Конструктивное решение	

Расчетные условия			
Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1 Расчетная температура наружного воздуха для проектирования теплозащиты	$t_n$	°C	-32
2 Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	°C	-6,6
3 Продолжительность отопительного периода	$Z_{от}$	Сут/год	212
4 Градусо-сутки отопительного периода	ГСОП	°C · сут/год	5851
5 Расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты	$t_v$	°C	21
6 Расчетная температура чердака	$t_{черд}$	°C	-
7 Расчетная температура техподполья	$t_{подп}$	°C	5

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		38

Показатели геометрические			
Показатель	Обозначение и единица измерения	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
8 Сумма площадей этажей здания	$A_{от}, м^2$	8462,5	
9 Площадь жилых помещений		$A_{ж}, м^2$	5417,4
10 Расчетная площадь (общественных зданий)		$A_{р}, м^2$	3045,1
11 Отапливаемый объем	$V_{от}, м^3$	30039	
12 Коэффициент остекленности фасада здания	f	0,22	
13 Показатель компактности здания	$K_{комп}$	0,4	
14 Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания, в том числе:		$A_{сум}^н, м^2$	12080,35
фасадов	$A_{фас}$	4480	
стен (раздельно по типу конструкции)		$A_{ст}$	3250,4
окон и балконных дверей		$A_{ок.1}$	1229,6
витражей		$A_{ок.2}$	-
фонарей		$A_{ок.3}$	-
окон лестнично-лифтовых узлов		$A_{ок.4}$	-
балконных дверей и наружных переходов		$A_{дв}$	5,46
входных дверей и ворот (раздельно)		$A_{покр}$	-
покрытий (совмещенных)		$A_{черд}$	1616,4
чердачных перекрытий		$A_{черд.т}$	-
перекрытий "теплых" чердаков		$A_{цок 1}$	1616,4
перекрытий над техническими подпольями или над неотапливаемыми подвалами (эквивалентная)		$A_{цок 2}$	-
перекрытий над проездами или под эркерами		$A_{цок 3}$	-
стен в землю и пола по грунту (раздельно)			

Показатели теплотехнические				
Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
15 Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений, в том числе:	$R_0^{пр}, \frac{м^2 \cdot °C}{Вт}$			
стен (раздельно по типу конструкции)		3,45	0,96	
окон и балконных дверей	$R_{0, ст}^{пр}$	0,6	0,31	
витражей	$R_{0, ок 1}^{пр}$	-		
фонарей	$R_{0, ок 2}^{пр}$	-		
окон лестнично-лифтовых узлов	$R_{0, ок 3}^{пр}$	0,6	0,31	
балконных дверей и наружных переходов	$R_{0, ок 4}^{пр}$ $R_{0, дв}^{пр}$	0,83		
входных дверей и ворот (раздельно)		2,07	0,4	
покрытий (совмещенных)	$R_{0, дв}^{пр}$	4,6	0,4	
чердачных перекрытий	$R_{0, покр}^{пр}$	-		
перекрытий "теплых" чердаков (эквивалентное)	$R_{0, черд}^{пр}$	-		
перекрытий над техническими подпольями или над неотапливаемыми подвалами (эквивалентная)	$R_{0, черд. т}^{пр}$			
перекрытий над проездами или под эркерами	$R_{0, цок 1}^{пр}$	4,53	0,5	
стен в землю и пола по грунту (раздельно)	$R_{0, цок 2}^{пр}$	-		
	$R_{0, цок 3}^{пр}$	-		

Показатели вспомогательные			
Показатель	Обозначение и единица измерения	Расчетное проектное значение	Нормируемое значение
16 Общий коэффициент теплопередачи здания	$K_{общ}, \frac{Вт}{м \cdot °C}$	0,957	
17 Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период при удельной норме воздухообмена	$n, ч^{-1}$	0,248	
18 Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{быт}, \frac{Вт}{м^2}$	17	
19 Тарифная цена тепловой энергии для проектируемого здания	$C_{тепл}, \frac{руб}{кВт \cdot ч}$	-	

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		40

Удельные характеристики				
Показатель	Обозначение и единица измерения	Расчетное проектное значение	Нормируемое значение	
20 Удельная теплозащитная характеристика здания		0,39	0,196	
21 Удельная вентиляционная характеристика здания		$K_{об}, \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C}$	0,0743	
22 Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания		$K_{вент}, \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C}$	0,111	
23 Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации		$K_{быт}, \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C}$ $K_{рад}, \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C}$	0,038	
Коэффициенты				
Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение		
24 Коэффициент эффективности авторегулирования отопления	$\zeta$	0,95		
25 Коэффициент, учитывающий снижение теплотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление	$\xi$	0		
26 Коэффициент эффективности рекуператора	$K_{эф}$	-		
27 Коэффициент, учитывающий снижение использования теплопоступлений в период превышения их над теплопотерями		$\nu$	0,825	
28 Коэффициент учета дополнительных теплопотерь системы отопления	$\beta_n$	1,13		



Комплексные показатели расхода тепловой энергии		
Показатель	Обозначение и единица измерения	Значение показателя
29 Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q_{от}^p, \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C}$	0,455
30 Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q_{от}^{тр}, \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C}$	0,359
31 Класс энергосбережения		Д
32 Соответствует ли проект здания нормативному требованию по теплозащите		нет

Энергетические нагрузки здания			
Показатель	Обозначение и единица измерения	Единица измерения	Значение показателя
33 Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	q	$\frac{кВт \cdot ч}{м^3 \cdot год}$	51,65
34 Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$Q_{от}^{год}$	$\frac{кВт \cdot ч}{год}$	1966515
35 Общие теплопотери здания за отопительный период	$Q_{общ}^{год}$	$\frac{кВт \cdot ч}{год}$	2006709

Общая информация	
Дата заполнения (число, месяц, год)	06.01.2021
Адрес здания	г. Челябинск, ул. Горького, д. 68
Разработчик проекта	Чурасов М.М.
Адрес и телефон разработчика	
Шифр проекта	
Назначение здания, серия	Жилой дом, 121-3
Этажность, количество секций	9 этажей, 4 секции
Количество квартир	135
Расчетное количество жителей или служащих	459
Размещение в застройке	Отдельно стоящее
Конструктивное решение	

Расчетные условия			
Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Единица измерения	Расчетное значение
1 Расчетная температура наружного воздуха для проектирования теплозащиты	$t_n$	°C	-32
2 Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	°C	-6,6
3 Продолжительность отопительного периода	$Z_{от}$	Сут/год	212
4 Градусо-сутки отопительного периода	ГСОП	°C · сут/год	5851
5 Расчетная температура внутреннего воздуха для проектирования теплозащиты	$t_v$	°C	21
6 Расчетная температура чердака	$t_{черд}$	°C	-
7 Расчетная температура техподполья	$t_{подп}$	°C	5

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		43

Показатели геометрические				
Показатель	Обозначение и единица измерения	Расчетное проектное значение	Фактическое значение	
8 Сумма площадей этажей здания	$A_{от}, м^2$	8186,1		
9 Площадь жилых помещений		$A_{ж}, м^2$	5056,5	
10 Расчетная площадь (общественных зданий)		$A_{р}, м^2$	-	
11 Отапливаемый объем	$V_{от}, м^3$	25463		
12 Коэффициент остекленности фасада здания	f	0,21		
13 Показатель компактности здания	$K_{комп}$	0,3185		
14 Общая площадь наружных ограждающих конструкций здания, в том числе:		$A_{сум}^н, м^2$	81100	
фасадов	$A_{фас}$	6290		
стен (раздельно по типу конструкции)		$A_{ст}$	4964	
окон и балконных дверей		$A_{ок.1}$	1326	
витражей		$A_{ок.2}$	-	
фонарей		$A_{ок.3}$	-	
окон лестнично-лифтовых узлов		$A_{ок.4}$	-	
балконных дверей и наружных переходов		$A_{дв}$	-	
входных дверей и ворот (раздельно)		$A_{покр}$	12,2	
покрытий (совмещенных)		$A_{черд}$	910	
чердачных перекрытий		$A_{черд.т}$	-	
перекрытий "теплых" чердаков		$A_{цок 1}$	-	
перекрытий над техническими подпольями или над неотапливаемыми подвалами (эквивалентная)		$A_{цок 2}$	910	
перекрытий над проездами или под эркерами		$A_{цок 3}$	-	
стен в землю и пола по грунту (раздельно)		-		

Показатели теплотехнические				
Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение	Расчетное проектное значение	Фактическое значение
15 Приведенное сопротивление теплопередаче наружных ограждений, в том числе:	$R_0^{пр}, \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$			
стен (раздельно по типу конструкции)		3,45	2,92	
окон и балконных дверей	$R_{0, ст}^{пр}$	0,6	0,51	
витражей	$R_{0, ок 1}^{пр}$	-		
фонарей	$R_{0, ок 2}^{пр}$	-		
окон лестнично-лифтовых узлов	$R_{0, ок 3}^{пр}$	0,6	0,51	
балконных дверей и наружных переходов	$R_{0, ок 4}^{пр}$ $R_{0, дв}^{пр}$	0,83		
входных дверей и ворот (раздельно)		2,07	0,4	
покрытий (совмещенных)	$R_{0, дв}^{пр}$	5,125	1,73	
чердачных перекрытий	$R_{0, покр}^{пр}$	-		
перекрытий "теплых" чердаков (эквивалентное)	$R_{0, черд}^{пр}$	-		
перекрытий над техническими подпольями или над неотапливаемыми подвалами (эквивалентная)	$R_{0, черд. т}^{пр}$			
перекрытий над проездами или под эркерами	$R_{0, цок 1}^{пр}$	4,53	0,55	
стен в землю и пола по грунту (раздельно)	$R_{0, цок 2}^{пр}$	-		
	$R_{0, цок 3}^{пр}$	-		

Показатели вспомогательные			
Показатель	Обозначение и единица измерения	Расчетное проектное значение	Нормируемое значение
16 Общий коэффициент теплопередачи здания	$K_{общ}, \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$	0,7212	
17 Средняя кратность воздухообмена здания за отопительный период при удельной норме воздухообмена	$n, ч^{-1}$	0,74	
18 Удельные бытовые тепловыделения в здании	$q_{быт}, \frac{Вт}{м^2}$	17	
19 Тарифная цена тепловой энергии для проектируемого здания	$C_{тепл}, \frac{руб}{кВт \cdot ч}$	-	

Удельные характеристики				
Показатель	Обозначение и единица измерения	Расчетное проектное значение	Нормируемое значение	
20 Удельная теплозащитная характеристика здания		0,2297	0,2057	
21 Удельная вентиляционная характеристика здания		$K_{об}, \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C}$	0,2334	
22 Удельная характеристика бытовых тепловыделений здания		$K_{вент}, \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C}$	0,1223	
23 Удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации		$K_{быт}, \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C}$ $K_{рад}, \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C}$	0,0224	
Коэффициенты				
Показатель	Обозначение и единица измерения	Нормируемое значение		
24 Коэффициент эффективности авторегулирования отопления	$\zeta$	0,07		
25 Коэффициент, учитывающий снижение теплотребления жилых зданий при наличии поквартирного учета тепловой энергии на отопление	$\xi$	0		
26 Коэффициент эффективности рекуператора	$K_{эф}$	-		
27 Коэффициент, учитывающий снижение использования теплопоступлений в период превышения их над теплопотерями		$\nu$	0,8213	
28 Коэффициент учета дополнительных теплопотерь системы отопления	$\beta_n$	1,13		

Комплексные показатели расхода тепловой энергии		
Показатель	Обозначение и единица измерения	Значение показателя
29 Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q_{от}^p, \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C}$	0,429
30 Нормируемая удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$q_{от}^{тр}, \frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C}$	0,319
31 Класс энергосбережения		Д
32 Соответствует ли проект здания нормативному требованию по теплозащите		нет

Энергетические нагрузки здания			
Показатель	Обозначение и единица измерения	Единица измерения	Значение показателя
33 Удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	q	$\frac{кВт \cdot ч}{м^3 \cdot год}$	60
34 Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за отопительный период	$Q_{от}^{год}$	$\frac{кВт \cdot ч}{год}$	1534789
35 Общие теплопотери здания за отопительный период	$Q_{общ}^{год}$	$\frac{кВт \cdot ч}{год}$	1655776
36 Мощность системы отопления	$Q_{со}$	Вт	616779

По результатам проделанных предварительных расчетов была составлена итоговая таблица данных, характеризующих нагрузки на отопление, вентиляцию и ГВС жилых домов.

Таблица 2.7 - Удельные тепловые характеристики на отопление, вентиляцию и ГВС.

Итоговая таблица количества тепловой энергии на отопление и ГВС зданий							
Наименование серии	V, м <sup>3</sup>	Q <sub>от</sub> , Вт	Q <sub>вент</sub> , Вт	Q <sub>со</sub> , Вт	G <sub>со</sub> , м <sup>3</sup> /ч	Q <sub>гвс</sub> , Вт	G <sub>гвс</sub> , м <sup>3</sup> /ч
121-3 Горького 68	35559	315160	301619	616779	15,87	216680	3,06
Кирова 86	30039	735048	183040	741602	19,1	100460	1,42

где

V - наружный строительный объем здания, м<sup>3</sup>;

Q<sub>от</sub> - тепловая нагрузка на систему отопления здания, Вт;

G<sub>от</sub> - расход тепловой энергии на отопление здания, м<sup>3</sup>/ч;

Q<sub>гвс</sub> - тепловая нагрузка на ГВС здания, Вт;

G<sub>гвс</sub> - расход тепловой энергии на ГВС здания, м<sup>3</sup>/ч;

Q<sub>вент</sub> - тепловая нагрузка на систему вентиляции, Вт;

G<sub>вент</sub> - расход тепловой энергии на вентиляцию, м<sup>3</sup>/ч;

Q<sub>со</sub> – тепловая мощность системы отопления совместно с вентиляцией, Вт;

G<sub>со</sub> – расход тепловой энергии на отопления и вентиляцию, м<sup>3</sup>/ч

Показателем расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию является удельная тепловая характеристика,  $q$ . Для того чтобы наглядно показать избыток потребления тепловой энергии, необходимо произвести расчет удельной тепловой характеристики для двух зданий.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		48

Для анализа потребления тепловой энергии зданиями, удельная тепловая характеристика рассчитывалась с использованием пяти разных методик:

- $q_1$  определялась при расчете энергопаспорта здания;
- $q_2$  рассчитывалась с учётом полных тепловых потерь здания;
- $q_3$  нормируемая удельная тепловая характеристика расхода тепловой энергии по СП50.13330.2012,
- $q_4$  удельная тепловая характеристика, отнесённая к  $1\text{ м}^2$  общей площади здания,
- $q_5$  удельный показатель максимальной тепловой нагрузки на  $1\text{ м}^2$  по СП124.13330.2012.

Таблица 2.8 - Удельные тепловые характеристики

Сводный анализ удельных тепловых характеристик зданий					
Наименование серии	$q_1, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{°C}}$	$q_2, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{°C}}$	$q_3, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{°C}}$	$q_4, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	$q_5, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$
121-3 Горького 68	0,429	0,254	0,319	75,34	72
Кирова 86	0,466	0,398	0,359	103,3	91

где

$q_1$  - удельная тепловая характеристика при расчете энергопаспорта здания  
 $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$ ;

$q_2$  - удельная тепловая характеристика с учетом полных тепловых потерь здания  
 $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$  (ф-ла Ермолаева);

$q_3$  - нормируемая удельная тепловая характеристика здания  $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°C})$   
 СП50.13330.2012 (с изм. 1);

$q_4$  - удельная тепловая характеристика здания  $\text{Вт}/(\text{м}^2)$ ;

$q_5$  - нормируемая удельная тепловая характеристика здания  $\text{Вт}/(\text{м}^2)$   
 СП124.13330.2012.

Сравнивая  $q_1$  и  $q_2$  с  $q_3$  я вижу, что удельный расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию превышает нормируемые значения, следовательно требуется улучшение теплозащитных свойств наружных ограждающих конструкций зданий путём утепления их. В результате расчетов тепловых нагрузок, отнесенных к  $1\text{ м}^2$ ,



я получил, что величина  $q_4$  превышает  $q_5$ . Таким образом, использование нормативных показателей из СП124.13330.2012, может привести к тому, что количества тепловой энергии будет недостаточно для покрытия тепловых потерь здания.

**Вывод:** рассчитали энергетический паспорт для двух МКД до применения энергосберегающих мероприятий, и убедились в том, что здания не являются энергоэффективными: для дома по ул. Кирова, д. 86 класс Д «пониженный», по ул. Горького, д. 68 класс Д «пониженный».

## 2.6 Характеристика существующих систем отопления

В МКД по ул. Кирова, д. 86 в данный момент эксплуатируется однотрубная система отопления. В качестве отопительных приборов используются чугунные секционные радиаторы, в лестничных клетках конвекторы. Теплопроводы систем отопления изношены: теплоизоляция частично отсутствует, сталь корродирует, сечение труб меньше расчётного.

В МКД по ул. Горького, д. 68 в данный момент эксплуатируется однотрубная система отопления. В качестве отопительных приборов конвекторы. Трубы систем отопления имеют износ: недостаточная теплоизоляция, имеются следы коррозии.

Системы отопления двух исследуемых жилых домов является не энергоэффективными. Это ведет к снижению отопительной способности систем отопления, а, следовательно, к неспособности создания комфортных условий для проживания людей в зданиях.

Необходимо применить энергосберегающие мероприятия, которые будут реализованы к данным МКД в процессе капитального ремонта зданий.

**Вывод:** в данном разделе описали существующие системы отопления в многоквартирных домах. Выявили, что состояние инженерных системы находится в изношенном состоянии и требует капитальной замены на более энергоэкономичное оборудование.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		50

### **3 ПЕРЕЧЕНЬ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ**

В пособии по повышению энергетической эффективности многоквартирных домов при капитальном ремонте ОАО «ИНСОЛАР-ИНВЕСТ» приведены энергоэффективные технические мероприятия и решения, рекомендуемые для применения при капитальном ремонте многоквартирных домов. На основе этого Перечня рекомендуемых энергоэффективных мероприятий сформированы Пакеты мероприятий, рекомендуемые в пособии для повышения энергетической эффективности МКД при их капитальном ремонте. В основу формирования Пакетов положено условие обязательного выполнения при проведении капитального ремонта МКД, в том числе и выборочного, требований Постановления Правительства РФ от 25 января 2011 г. №18 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов», предусматривающее снижение по годам нормируемого удельного энергопотребления на цели отопления, вентиляции и горячего водоснабжения МКД, вводимых в эксплуатацию после капитального ремонта, в следующих размерах по отношению к базовому уровню (2009 год): на 15% с 2011 г., дополнительно на 15 с 2016 г., и еще на 10% с 2020 г.

#### **Структура пакета комплексного капитального ремонта ККР.2020.5.3:**

- 1.3 Повышение уровня теплозащиты наружных стен до нормативов 2020 г.;
- 1.6 Повышение уровня теплозащиты окон и балконных дверей до нормативов 2020 г.;
- 1.8 Повышение теплотехнической однородности наружных ограждающих конструкций – заделка и герметизация межпанельных соединений (швов) и ликвидация «мостиков» холода, в том числе в сопряжении окон со стенами;
- 1.9 Уплотнение наружных входных дверей в подъездах с установкой доводчиков (обеспечение автоматического закрывания дверей);
- 2.3 Утепление крыши или чердачных перекрытий до нормативов 2016-2020 г.;
- 3.1 Теплоизоляция внутридомовых инженерных сетей в подвале или на чердаке;

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		51

- 3.3 Установка общедомовых приборов учета потребления тепловой энергии;
- 3.4 Установка общедомового прибора учета потребления горячей воды (счетчика горячей воды);
- 3.8 Установка автоматизированного индивидуального теплового пункта – АИТП;
- 3.10 Установка терморегулирующих клапанов (терморегуляторов) на отопительные приборы;
- 3.6 Установка квартирных приборов учета потребления горячей воды;
- 3.15 Частотное регулирование приводов насосов в циркуляционном трубопроводе системы горячего водоснабжения;
- 3.14 Нагрев 1-й ступени приготовления горячей воды за счет утилизации тепла от грунта;
- 3.22 Замена ламп накаливания в местах общего пользования на энергосберегающие осветительные приборы;
- 3.11 Программный отпуск тепла – общедомовое регулирование с ночным понижением температуры.

Для исследуемых объектов мероприятия из данного перечня будут использованы при капитальном ремонте.

**Вывод:** в данной главе рассмотрели пакет комплексного капитального ремонта, рекомендуемый ООО «ИНСОЛАР» для Челябинской области. Из этого пакета были выбраны решения, которые будут рассчитаны для исследуемых мною объектах в дипломном проекте.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		52

## 4 РАСЧЕТ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ

### 4.1 Повышение уровня теплозащиты НОК для жилого дома по ул. Кирова, д. 86

Старые оконные блоки необходимо заменить на энергосберегающие окна фирмы IVAPER модель 62.

Оконные профили IVAPER 62 — пластиковые окна из ПВХ, которые отлично зарекомендовали себя в различных климатических условиях России. Достоинство этих оконных блоков заключается в их универсальности – они прекрасно подходят как для остекления новостроек, так и для замены окон в старом жилищном фонде. Монтажная глубина 62 мм и 3 внутренних камеры обеспечивают хорошую тепло-сберегающую способность и позволяют установить стеклопакет толщиной до 32 мм. Долговечность профиля – не менее 60 лет.

Данная система IVAPER 62 имеет коэффициентом сопротивления теплопередаче  $0,77 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ .

Для теплоизоляции фасадов применим систему КНАУФ – Теплая стена II, которая помимо прочих назначений может быть использована для утепления стен реконструируемых зданий с внешней стороны. Систему допускается монтировать на наружные стены, выполненные из материалов плотностью не менее  $600 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

Таблица 4.1 – Характеристика слоев наружной стены жилого дома по ул. Кирова, д. 86

№ слоя	Наименование слоя	$\rho_0, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\delta, \text{м}$	$\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$
1	Наружная штукатурка, цементно-песчаный раствор	1800	0,03	0,93
2	Плита минераловатная, KNAUF INSULATION ФАСАД TS 032 AQUASTATIK	35	0,1	0,032
3	Основной слой, кирпич	1800	0,6	0,81
4	Внутренняя штукатурка, известково-песчаный раствор	1600	0,02	0,81

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		53

Расчет сопротивления теплопередаче для многослойной ограждающей конструкции ведется по [1; прил. Е] и определяется по формуле:

$$R_0^{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{R_0^{\text{усл}}} + \sum l_j \psi_j + \sum n_k x_k} = \frac{1}{\sum a_i U_i + \sum l_j \psi_j + \sum n_k x_k}, \quad (4.1)$$

где  $R_0^{\text{усл}}$  – условное сопротивление теплопередаче ОК,  $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$ ;

$a_i$  – удельная геометрическая характеристика плоского элемента,  $a_i, \text{м}^2 / \text{м}^2$ , есть отношение площади  $i$ -го элемента в исследуемой конструкции,  $A_i, \text{м}^2$ , к общей площади конструкции,  $A, \text{м}^2$ ;

$U_i$  – удельные потери теплоты через плоский элемент  $i$ -го вида,  $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ;

$l_j$  – протяженность линейной неоднородности  $j$ -го вида, приходящаяся на  $1 \text{ м}^2$  фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции,  $\text{м} / \text{м}^2$ ;

$\psi_j$  – удельные потери теплоты через линейную неоднородность  $j$ -го вида,  $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$ ;

$n_k$  – количество точечных неоднородностей  $k$ -го вида, приходящихся на  $1 \text{ м}^2$  фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции,  $\text{шт.} / \text{м}^2$ ;

$x_k$  – удельные потери теплоты через точечную неоднородность  $k$ -го вида,  $\text{Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$ .

$$R_0^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (4.2)$$

где  $\alpha_{\text{в}}$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ОК,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$ , принимаем в главе 1;

$\alpha_{\text{н}}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ОК,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}$ , принимаем в главе 1;

$\delta_{1,2,3,4}$  – толщина слоя,  $\text{м}$ ;

$\lambda_{1,2,3,4}$  – коэффициент теплопроводности материала,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$ , принимаем по [1; прил. Г].

$$R_0^{\text{усл}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,1}{0,032} + \frac{0,6}{0,81} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{23} = 4,06 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		54

Расчет удельных потерь теплоты через линейные и точечные элементы ограждающей конструкции производится с помощью программы «ELCUT».

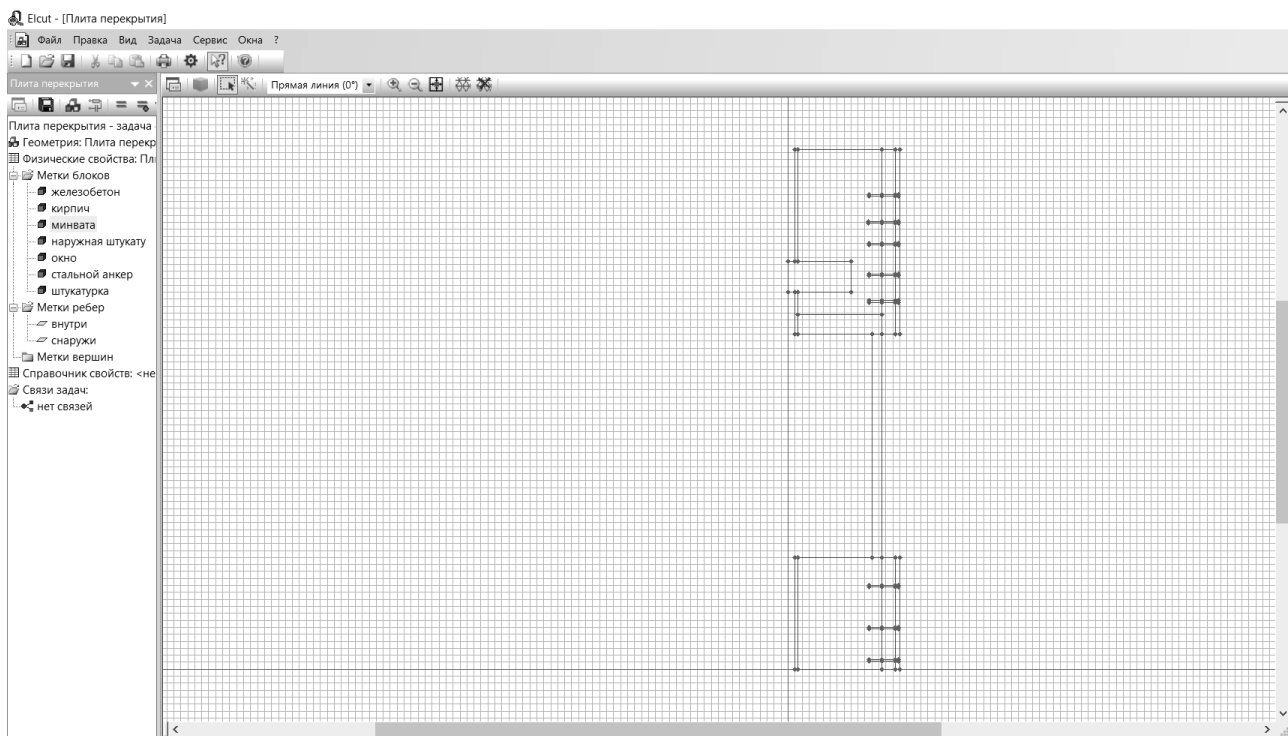


Рисунок 4.3 – Исходные данные для расчета наружной стены

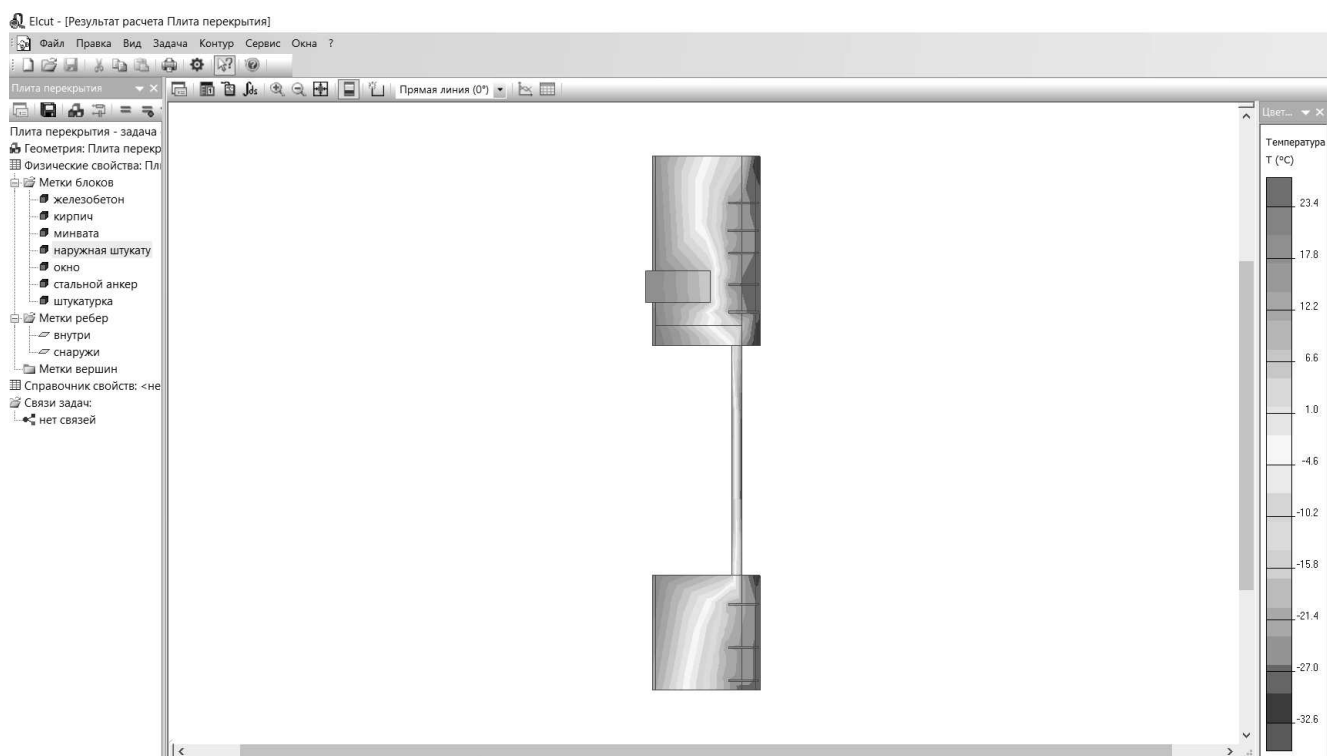


Рисунок 4.4 - Результаты расчета наружной стены

**Рассчитаем удельные геометрические характеристики для плоских элементов конструкции наружной стены:**

$$a_i = \frac{A_i}{A}, \quad (4.3)$$

Площадь фрагмента стены:

$$A = A_{\text{ст}} - A_{\text{ок}} = H \cdot L - h_{\text{ок}} \cdot l_{\text{ок}};$$

$$A = 2,92 \cdot 3 - 1,6 \cdot 1,8 = 5,9 \text{ м}^2.$$

Площадь торца железобетонного перекрытия:

$$A_1 = L \cdot \delta_1 = 3 \cdot 0,22 = 0,66 \text{ м}^2, \quad a_1 = \frac{0,66}{5,9} = 0,112 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}.$$

Площадь перемычки:

$$A_2 = l_{\text{пер}} \cdot \delta_{\text{пер}} = 2,5 \cdot 0,14 = 0,35 \text{ м}^2, \quad a_2 = \frac{0,35}{5,9} = 0,06 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}.$$

Площадь стены:

$$A_3 = A - (A_1 + A_2) = 5,9 - (0,66 + 0,35) = 4,89 \text{ м}^2,$$

$$a_3 = \frac{4,89}{5,9} = 0,83 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}.$$

$$U_i = \frac{1}{R_0^{\text{усл}}}, \quad (4.4)$$

$$U_1 = \frac{1}{4,06} = 0,246 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}.$$

$$l_i = \frac{L_i}{A}, \quad (4.5)$$

Оконный откос, образованный железобетонной перемычкой:

$$L_1 = l_{\text{ок}} = 1,8 \text{ м},$$

$$l_1 = \frac{L_1}{A} = \frac{1,8}{5,9} = 0,305 \frac{\text{м}}{\text{м}^2}.$$

Оконный откос, образованный керамзитобетоном:

$$L_2 = 2h_{\text{ок}} + l_{\text{ок}} = 2 \cdot 1,6 + 1,8 = 5 \text{ м},$$

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		56

$$l_2 = \frac{L_2}{A} = \frac{5}{5,9} = 0,847 \frac{\text{м}}{\text{м}^2}.$$

Стык железобетонного перекрытия со стеной:

$$L_3 = 2L = 2 \cdot 3 = 6 \text{ м},$$

$$l_3 = \frac{L_3}{A} = \frac{6}{5,9} = 1,02 \frac{\text{м}}{\text{м}^2}.$$

$$n_k = \frac{N_k}{A}, \quad (4.6)$$

$$n_4 = \frac{N_4}{A} = \frac{60}{5,9} = 10 \frac{\text{шт}}{\text{м}^2}.$$

$$\psi_j = \frac{\Delta Q_j^L}{t_B - t_H}, \quad (4.7)$$

где  $\Delta Q_j^L$  - дополнительные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность j-го вида, приходящиеся на 1 пог.м, Вт/м.

$$\Delta Q_j^L = Q_j^L - Q_{j1} - Q_{j2}, \quad (4.8)$$

где  $Q_j^L$  - потери теплоты через расчетную область с линейной теплотехнической неоднородностью j-го вида, приходящиеся на 1 пог.м стыка, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт/м;

$Q_{j1}, Q_{j2}$  - потери теплоты через участки однородных частей фрагмента, вошедшие в расчетную область при расчете температурного поля области с линейной теплотехнической неоднородностью j-го вида, Вт/м.

$$Q_{j1,2} = \frac{(t_B - t_H) \cdot S_j}{R_0^{\text{учл}} 1\text{м}}, \quad (4.9)$$

где  $S_j$  - площадь однородных частей конструкции, вошедшие в расчетную область при расчете температурного поля, м<sup>2</sup>.

$$x_k = \frac{\Delta Q_k^L}{t_B - t_H}, \quad (4.10)$$

$$\Delta Q_k^L = Q_k - \overline{Q}_k, \quad (4.11)$$

где  $Q_k$  - потери теплоты через узел, содержащий точечную теплотехническую неоднородность k-го вида, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт;

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		57



$\overline{Q}_k$  - потери теплоты через тот же узел, не содержащий точечную теплотехническую неоднородность k-го вида, являющиеся результатом расчета теплопереноса через плоское (однородное) ограждение, Вт.

### Расчет удельных потерь теплоты через линейную неоднородность.

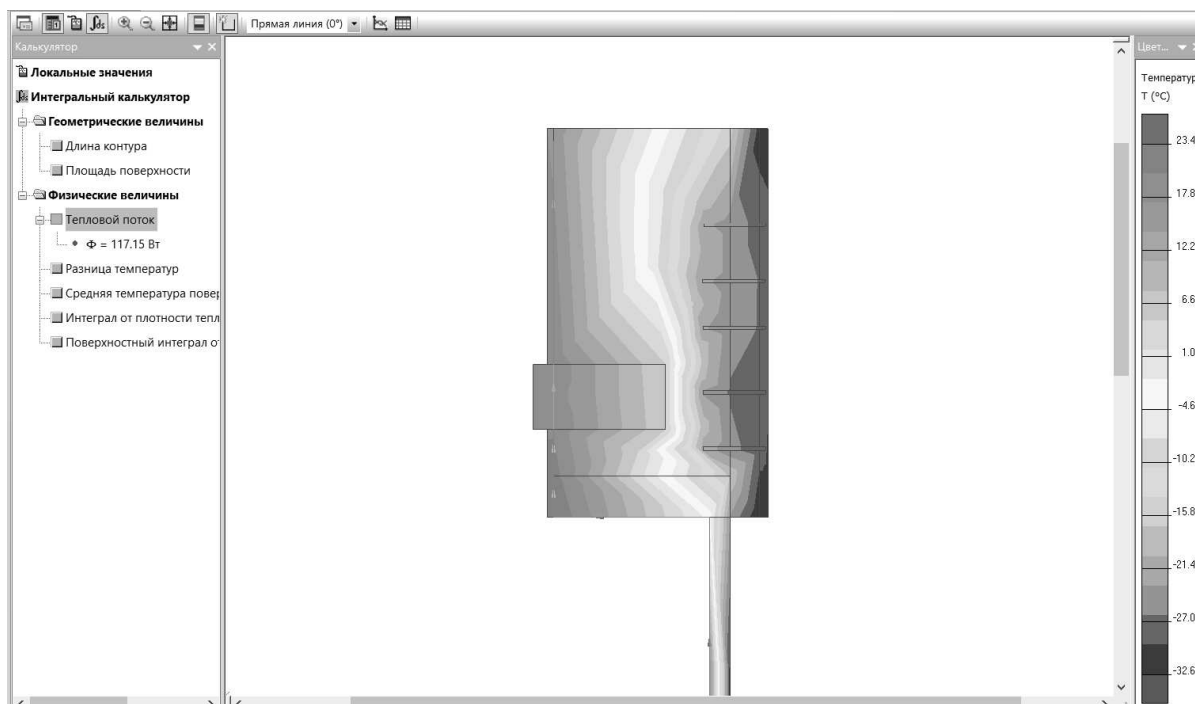


Рисунок 4.5 - Оконный откос, образованный железобетонной перемычкой

По Elcut:  $Q_1^L = 117,2$  Вт/м,

- ПЛОСКОСТЬ ОКНА:

$$Q_{j1\text{ок}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot S_j}{R_{0\text{ок}}^{\text{усл}} 1} = \frac{(21 - (-32)) \cdot (1,6 \cdot 1)}{0,77 \cdot 1} = 110 \frac{\text{Вт}}{\text{м}},$$

- ПЛОСКОСТЬ СТЕНЫ:

$$Q_{j2\text{ст}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot S_j}{R_{0\text{ст}}^{\text{усл}} 1} = \frac{(21 - (-32)) \cdot (0,52 \cdot 1)}{4,06 \cdot 1} = 6,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}},$$

$$\Delta Q_1^L = 117,2 - 110 - 6,8 = 0,4 \frac{\text{Вт}}{\text{м}},$$

$$\psi_1 = \frac{\Delta Q_1^L}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}} = \frac{0,4}{(21 - (-32))} = 0,0075 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}.$$

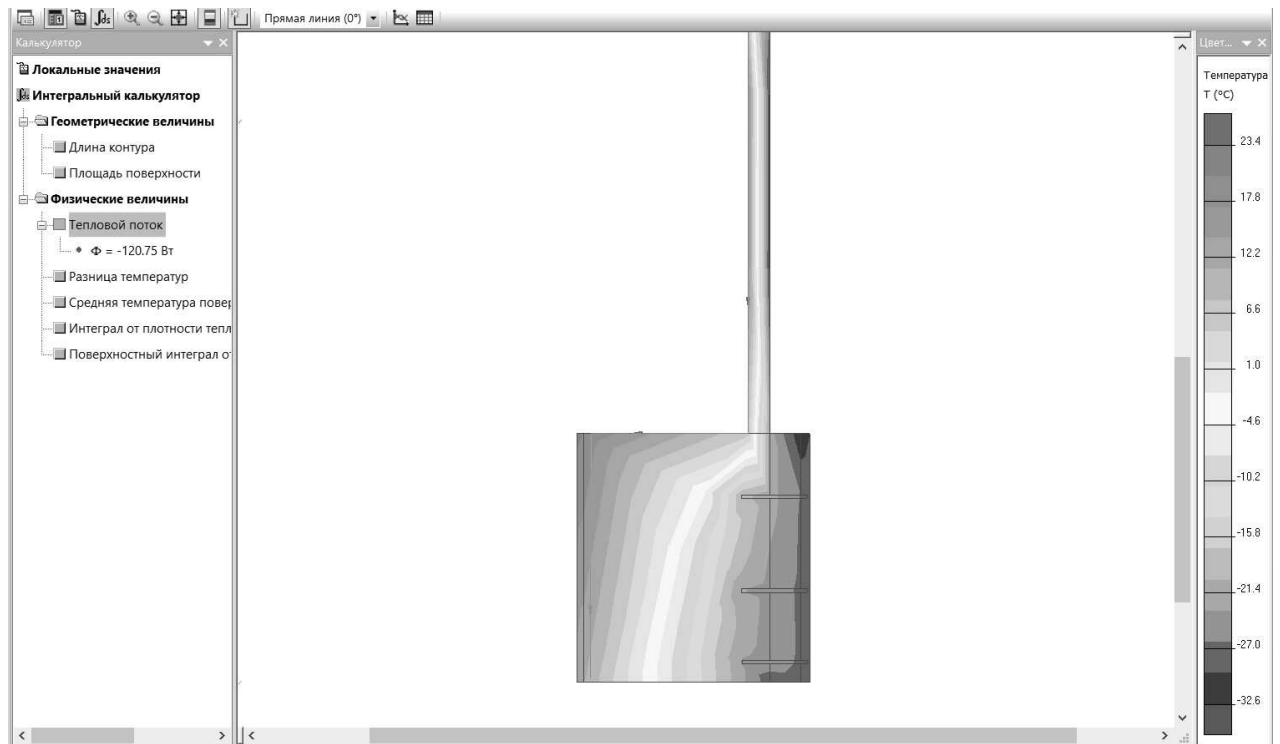


Рисунок 4.6 - Оконный откос, образованный керамзитобетоном

По Elcut:  $Q_2^L = 120,8 \text{ Вт/м}$ ,

- ПЛОСКОСТЬ ОКНА:

$$Q_{j1\text{ок}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot S_j}{R_{0\text{ок}}^{\text{усл}}} = \frac{(21 - (-32)) \cdot (1,6 \cdot 1)}{0,77 \cdot 1} = 110 \frac{\text{Вт}}{\text{м}},$$

- ПЛОСКОСТЬ СТЕНЫ:

$$Q_{j2\text{ст}} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot S_j}{R_{0\text{ст}}^{\text{усл}}} = \frac{(21 - (-32)) \cdot (0,8 \cdot 1)}{4,06 \cdot 1} = 10,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}},$$

$$\Delta Q_2^L = 120,8 - 110 - 10,5 = 0,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}},$$

$$\psi_2 = \frac{\Delta Q_2^L}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}} = \frac{0,3}{(21 - (-32))} = 0,0057 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}.$$

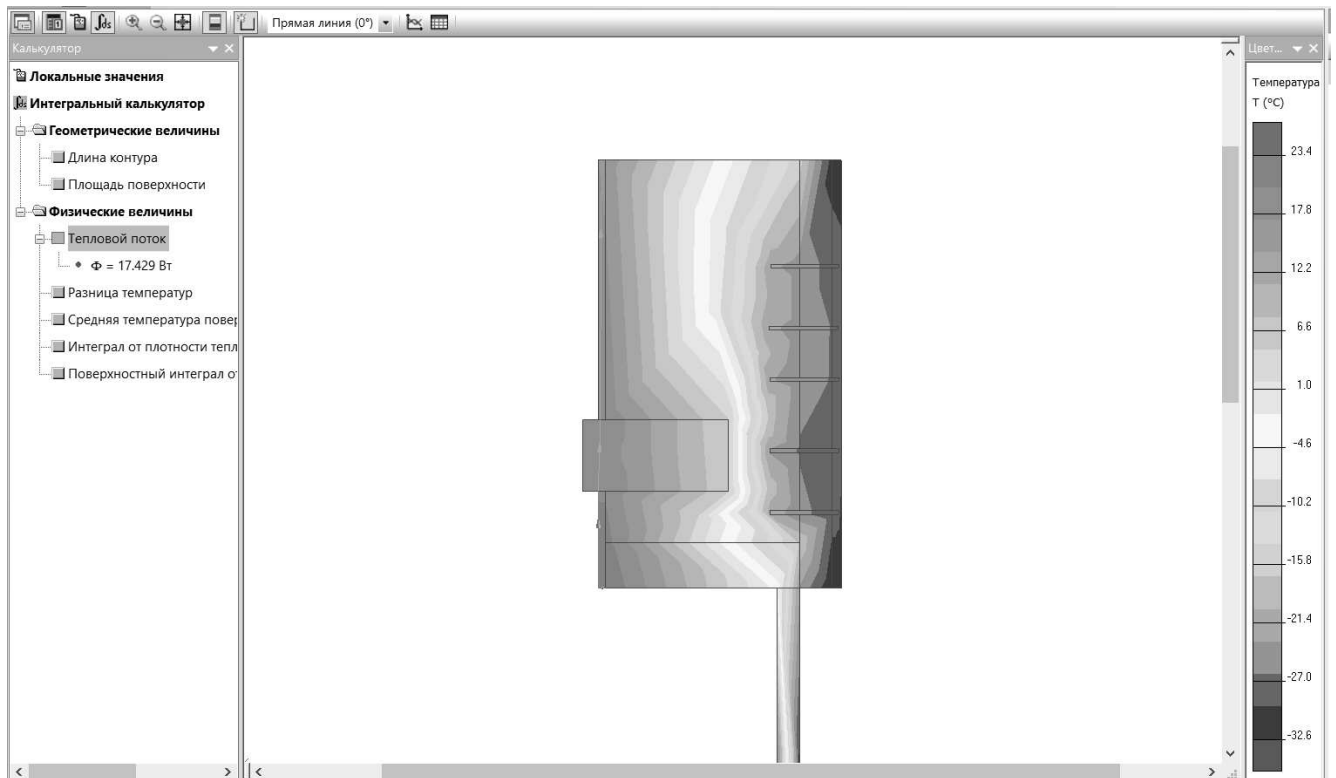


Рисунок 4.7 - Стык железобетонного перекрытия со стеной

По Elcut:  $Q_3^L = 17,43 \text{ Вт/м}$ ,

$$Q_{j1} = \frac{(t_B - t_H) \cdot S_j}{R_{0\text{ст}}^{\text{усл}}} = \frac{(21 - (-32)) \cdot (1,32 \cdot 1)}{4,06} = 17,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}},$$

$$\Delta Q_3^L = 17,43 - 18,2 = 0,23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}},$$

$$\psi_3 = \frac{\Delta Q_3^L}{t_B - t_H} = \frac{0,23}{(21 - (-32))} = 0,0043 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}.$$

## Расчет удельных потерь теплоты через точечную неоднородность

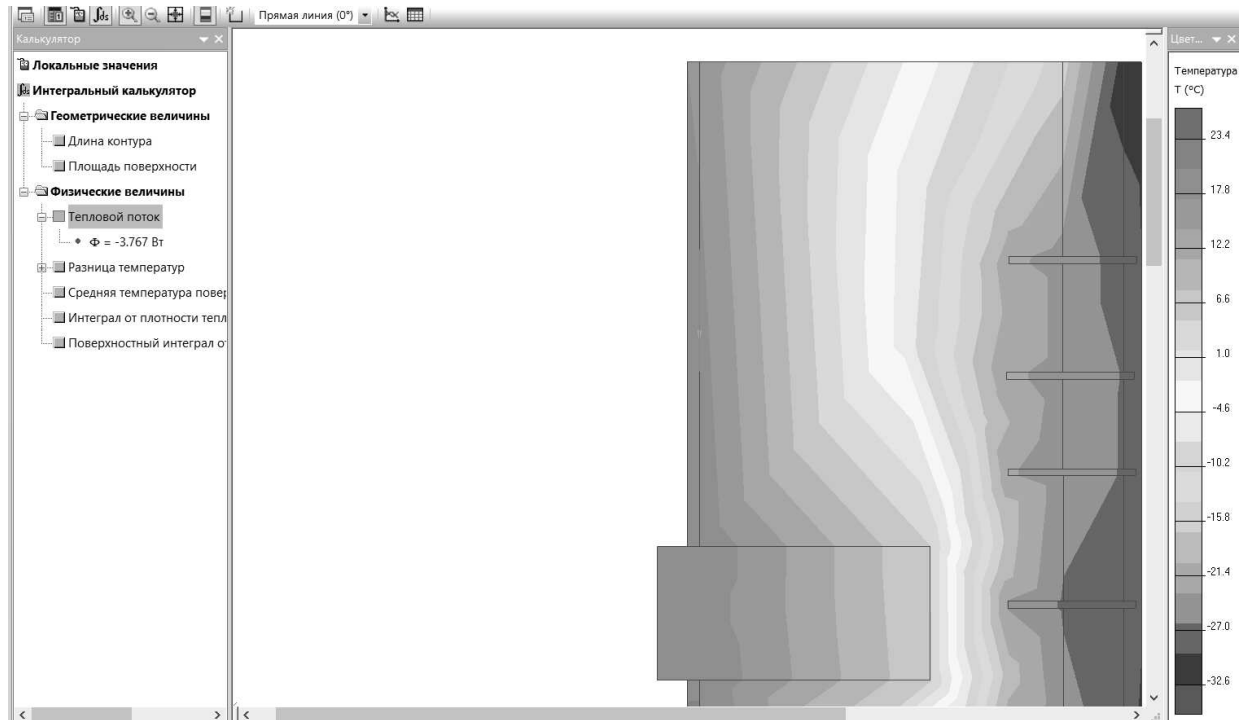


Рисунок 4.8 – Расположение анкеров в слое утеплителя

По Elcut:  $Q_k = 3,77 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$ ,

$$\overline{Q_k} = \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot S_j}{R_{\text{ост}}^{\text{усл}}} = \frac{(21 - (-32)) \cdot (3,14 \cdot 0,3^2)}{4,06} = 3,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$$

$$\Delta Q_k^L = 3,77 - 3,7 = 0,07 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$$

$$x_k = \frac{\Delta Q_k^L}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}} = \frac{0,07}{(21 - (-32))} = 0,0013 \text{ Вт/м}^\circ\text{С.}$$

Расчет сопротивления теплопередаче для многослойной ограждающей конструкции:

$$\begin{aligned} R_{\text{онс}}^{\text{пр}} &= \frac{1}{(a_1 + a_2 + a_3)U + (l_1\psi_1 + l_2\psi_2 + l_3\psi_3) + (n_{1-4} \cdot x_{1-4})} \\ &= \frac{1}{(0,112 + 0,06 + 0,83) \cdot 0,246 + (0,305 \cdot 0,0075 + 0,847 \cdot 0,0057 + 1,02 \cdot 0,0043) + (10 \cdot 0,0013)} \\ &= \frac{1}{0,345} = 3,7 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}}{\text{Вт}}. \end{aligned}$$

Определим температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции по формуле:

$$\Delta t_{\text{в}} = t_{\text{в}} - \tau_{\text{в}}, \quad (4.13)$$

$$\Delta t_{\text{в}} = 21 - 18,6 = 2,4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$\tau_{\text{в}} > t_{\text{т.р}}, 18,6^\circ\text{C} > 11,1 \text{ } ^\circ\text{C}; \Delta t_{\text{в}} < \Delta t_{\text{НС}}^{\text{H}}, 2,4^\circ\text{C} < 4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$R_{\text{ОНС}}^{\text{ТР}} = 3,45 \frac{\text{М}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} < R_{\text{ОНС}}^{\text{ПР}} = 3,7 \frac{\text{М}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

**Вывод:** конструкция наружной стены удовлетворяет санитарно-гигиеническим требованиям СП50.13330.2012 с изм. 1. Выполняется поэлементное требование по теплозащите, приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены больше нормируемого значения.

Для теплоизоляции чердачного перекрытия применим систему KNAUF THERM КРОВЛЯ PRO.

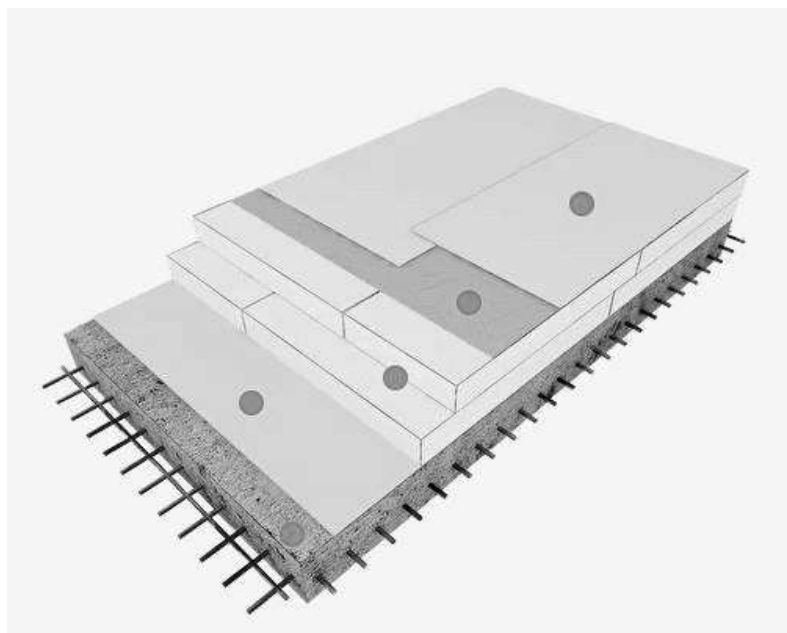


Рисунок 4.9 – Устройство теплоизоляции перекрытия по ж/б плите

Таблица 4.2 – Характеристика слоев чердачного перекрытия МКД по ул. Кирова, д. 86

№ слоя	Наименование слоя	$\rho_0, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\delta, \text{м}$	$\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$
1	Железобетонная плита	2500	0,3	2,04
2	Пароизоляция полиэтиленовая	850	0,006	0,28
3	Пенополистирол KNAUF Therm КРОВЛЯ PRO	15	0,15	0,036
4	Стеклохолст	200	0,005	0,3
5	Один слой рубероида	600	0,002	0,17
6	Цементно-песчаная стяжка	1800	0,03	0,93

$$R_{\text{опт}}^{\text{пр}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,3}{2,04} + \frac{0,006}{0,28} + \frac{0,15}{0,036} + \frac{0,005}{0,3} + \frac{0,002}{0,17} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{1}{12}$$

$$= 4,59 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

$$R_{\text{опт}}^{\text{пр}} > R_{\text{опт}}^{\text{тр}}, 4,59 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} > 4,53 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

Определим температуру на внутренней поверхности ограждающей конструкции по формуле:

$$\tau_{\text{в}} = t_{\text{в}} - \frac{n \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}})}{R_{\text{опт}}^{\text{пр}} \cdot \alpha_{\text{в}}}, \quad (4.14)$$

$$\tau_{\text{в}} = 21 - \frac{0,9 \cdot (21 - (-32))}{4,59 \cdot 8,7} = 19,8 \text{ °C};$$

$$\Delta t_{\text{в}} = 21 - 19,8 = 1,2 \text{ °C};$$

$$\tau_{\text{в}} > t_{\text{т.р}}, 19,8 \text{ °C} > 11,1 \text{ °C}; \Delta t_{\text{в}} < \Delta t_{\text{пт}}^{\text{н}}, 1,2 \text{ °C} < 3 \text{ °C}.$$

**Вывод:** конструкция чердачного перекрытия удовлетворяет санитарно-гигиеническим требованиям СП50.13330.2012 с изм. 1. Выполняется поэлементное требование по теплозащите, приведенное сопротивление теплопередаче больше нормируемого значения.

Для улучшения энергоэффективность перекрытия над неотапливаемым подвалом будет реализован подвесной потолок с утеплителем из КНАУФ-листов на двухуровневом металлическом каркасе. Подвесной потолок крепится к потолку в подвале.

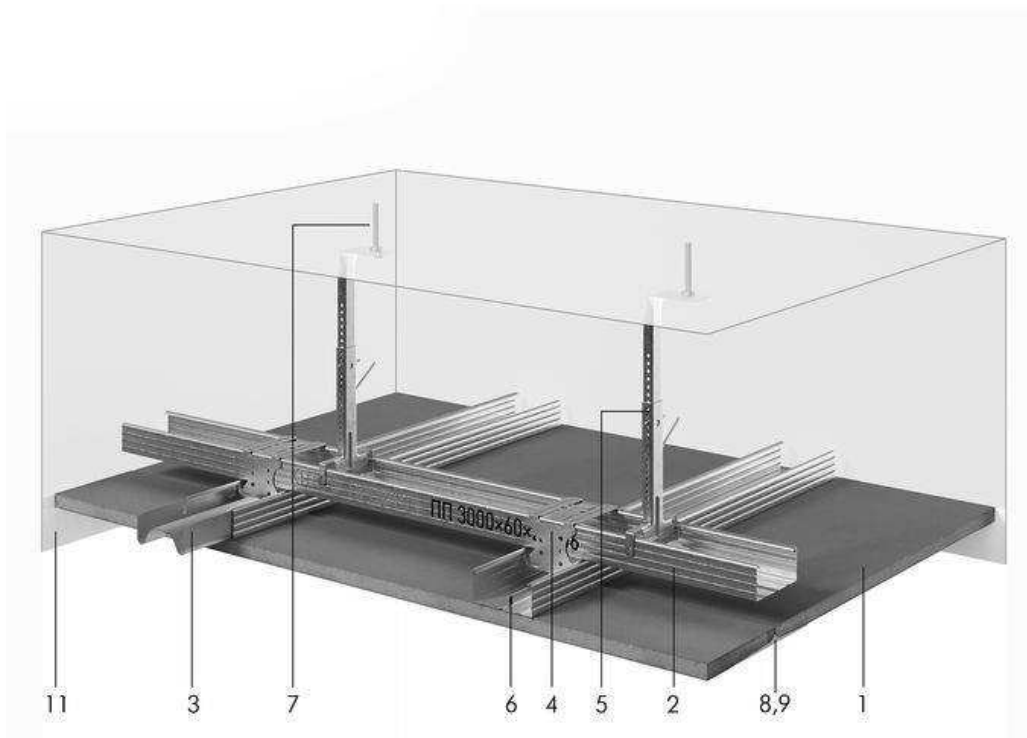


Рисунок 4.10 - Самонесущий подвесной потолок из КНАУФ-листов

Таблица 4.3 – Характеристика слоев перекрытия над неотапливаемым подвалом

№ слоя	Наименование слоя	$\rho_0, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\delta, \text{м}$	$\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°C}}$
1	Покрытие, сосна и ель поперек волокон	500	0,02	0,18
2	Цементно-песчаная стяжка	1800	0,03	0,93
3	Один слой рубероида	600	0,002	0,17
4	Железобетонная плита	2500	0,3	2,04
5	Минеральная вата КНАУФ для перекрытий	150	0,2	0,04
6	Гипсоволокнистый лист КНАУФ	1000	0,02	0,22

$$R_{0\text{пл}}^{\text{пр}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,18} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,002}{0,17} + \frac{0,3}{2,04} + \frac{0,2}{0,04} + \frac{0,02}{0,22} + \frac{1}{6}$$

$$= 5,67 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

$$R_{0\text{пл}}^{\text{пр}} > R_{0\text{пл}}^{\text{тр}}, 5,67 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} > 4,53 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$\tau_{\text{в}} = 21 - \frac{0,6 \cdot (21 - 5)}{5,67 \cdot 8,7} = 20,8 \text{ °C};$$

$$\Delta t_{\text{в}} = 21 - 20,8 = 0,2 \text{ °C};$$

$$\tau_{\text{в}} > t_{\text{т,р}}, 20,8 \text{ °C} > 11,1 \text{ °C}; \Delta t_{\text{в}} < \Delta t_{\text{пт}}^{\text{н}}, 0,2 \text{ °C} < 2 \text{ °C}.$$

**Вывод:** конструкция перекрытия над неотапливаемым подвалом удовлетворяет санитарно-гигиеническим требованиям СП50.13330.2012 с изм. 1. Выполняется поэлементное требование по теплозащите, приведенное сопротивление теплопередаче больше нормируемого значения.

Входная дверь в подъезд будет установлена с  $R_{0\text{дв}}^{\text{пр}} = 2,37 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$ . Дверь фирмы Тогех модель Snegir45. Терморазрыв в полотне и коробке двери, 3 слоя теплоизолирующих материалов общей толщиной 95 мм обеспечивают хорошую теплозащиту.

$$R_{0\text{дв}}^{\text{пр}} = 2,37 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

$$R_{0\text{дв}}^{\text{тр}} = 0,6 \cdot 3,45 = 2,07 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

$$R_{0\text{дв}}^{\text{пр}} > R_{0\text{дв}}^{\text{тр}}, 2,37 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} > 2,07 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

**Вывод:** в данной главе представлена методика расчета энергосберегающих мероприятий, связанных с утеплением наружных ограждающих конструкций дома по ул. Кирова, д. 86. По итогам расчета было установлено, что устройство дополнительной тепловой изоляции приводит к увеличению сопротивления теплопередачи конструкций и приведения их значений к требуемым величинам, установленных СП50.133303.2012 с изм. 1.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		65



## 4.2 Повышение уровня теплозащиты наружных ограждающих конструкций для жилого дома по ул. Горького, д. 68

Старые оконные блоки будут заменены так же, как и в МКД по ул. Кирова, д.86. Оконные профили IVAPER 62 с коэффициентом сопротивления теплопередаче 0,77 м<sup>2</sup>·°С/Вт.

Аналогично пункту 3.1 для теплоизоляции фасадов будет применена система KNAUF – Теплая стена II. Систему допускается монтировать на наружные стены, выполненные из материалов плотностью не менее 600  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .

Таблица 4.2 – Теплотехнические характеристики материалов слоев наружной стены для МКД по ул. Горького, д. 68

№ слоя	Наименование слоя	$\rho_0, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\delta, \text{м}$	$\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°С}}$
1	Наружная штукатурка, цементно-песчаный раствор	1800	0,03	0,93
2	Плита минераловатная, KNAUF INSULATION ФАСАД TS 032 AQUASTATIK	35	0,01	0,032
3	Лицевой слой, бетон на гравии из природного камня	2400	0,06	1,74
4	Теплоизоляция, плиты минераловатные из каменного волокна	180	0,12	0,045
5	Внутренний слой, железобетон	2400	0,12	1,92

$$R_0^{\text{усл}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,01}{0,032} + \frac{0,06}{1,74} + \frac{0,12}{0,045} + \frac{0,12}{1,92} + \frac{1}{23} = 4,47 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$$

Расчет удельных потерь теплоты через линейные и точечные элементы ограждающей конструкции производится аналогично пункту 3.1 с помощью программы «ELCUT».

Расчет сопротивления теплопередаче для многослойной ограждающей конструкции:

$$R_{\text{онс}}^{\text{пр}} = \frac{1}{(a_1 + a_2 + a_3)U + (l_1\psi_1 + l_2\psi_2 + l_3\psi_3) + (n_{1-4} \cdot x_{1-4})}$$

$$= \frac{1}{(0,124 + 0,066 + 0,81) \cdot 0,224 + (0,34 \cdot 0,0052 + 0,94 \cdot 0,0025 + 1,13 \cdot 0,0021) + (11 \cdot 0,0018)}$$

$$= \frac{1}{0,244} = 4,0 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°С}}{\text{Вт}}$$

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		66

Определим температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции по формуле:

$$\Delta t_{\text{в}} = 21 - 19,6 = 1,4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$\tau_{\text{в}} > t_{\text{т.р}}, 19,6^\circ\text{C} > 11,1 \text{ } ^\circ\text{C}; \Delta t_{\text{в}} < \Delta t_{\text{н.с.}}^{\text{н}}, 1,4^\circ\text{C} < 4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$R_{\text{онс}}^{\text{тр}} = 3,45 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} < R_{\text{онс}}^{\text{пр}} = 4 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

**Вывод:** конструкция наружной стены удовлетворяет санитарно-гигиеническим требованиям СП50.13330.2012 с изм. 1. Выполняется поэлементное требование по теплозащите, приведенное сопротивление теплопередаче наружной стены больше нормируемого значения.

Для теплоизоляции покрытия так же применим систему KNAUF THERM КРОВЛЯ PRO.

Таблица 4.3 – Теплотехнические характеристики материалов слоев покрытия для МКД по ул. Горького, д. 68

№ слоя	Наименование слоя	$\rho_0, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\delta, \text{м}$	$\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$
1	Один слой рубероида	600	0,002	0,17
2	Стеклохолст	200	0,005	0,3
3	Пенополистирол KNAUF Therm КРОВЛЯ PRO	15	0,15	0,036
4	Пароизоляция полиэтиленовая	850	0,006	0,28
5	Три слоя рубероида	600	0,001	0,17
6	Железобетонная плита	2500	0,22	1,92
7	Раствор известково-песчаный	1600	0,035	0,7

$$R_{\text{опт}}^{\text{пр}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,002}{0,17} + \frac{0,005}{0,3} + \frac{0,15}{0,036} + \frac{0,006}{0,28} + \frac{0,003}{0,17} + \frac{0,22}{1,92} + \frac{0,035}{0,7} + \frac{1}{23}$$

$$= 4,56 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

$$R_{\text{опт}}^{\text{пр}} > R_{\text{опт}}^{\text{тр}}, 4,56 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}} > 4,53 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}};$$

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп.	Дата		67

Определим температуру на внутренней поверхности ограждающей конструкции по формуле

$$\tau_B = t_B - \frac{n \cdot (t_B - t_H)}{R_{\text{опт}}^{\text{пр}} \cdot \alpha_B}, \quad (4.14)$$

$$\tau_B = 21 - \frac{0,9 \cdot (21 - (-32))}{4,56 \cdot 8,7} = 19,8 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_B = 21 - 19,8 = 1,2 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\tau_B > t_{\text{т.р}}, 19,8^\circ\text{C} > 11,1 \text{ } ^\circ\text{C}; \Delta t_B < \Delta t_{\text{пт}}^{\text{н}}, 1,2^\circ\text{C} < 3 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

**Вывод:** конструкция чердачного перекрытия удовлетворяет санитарно-гигиеническим требованиям СП50.13330.2012 с изм. 1. Выполняется поэлементное требование по теплозащите, приведенное сопротивление теплопередаче больше нормируемого значения.

Теплоизоляция перекрытия над неотапливаемым подвалом будет производиться по той же технологии, что и в доме по ул. Кирова д. 86

Таблица 4.4 – Теплотехнические характеристики материалов слоев перекрытия над неотапливаемым подвалом для МКД по ул. Горького, д. 68

№ слоя	Наименование слоя	$\rho_0, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\delta, \text{м}$	$\lambda, \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}$
1	Гипсоволокнистый лист КНАУФ	1000	0,02	0,22
2	Минеральная вата КНАУФ для перекрытий	150	0,2	0,04
3	Железобетонная плита	2500	0,22	1,92
4	Один слой рубероида	600	0,002	0,17
5	Цементно-песчаная стяжка	1800	0,03	0,93
6	Покрытие: сосна и ель поперек волокон	500	0,02	0,18

$$R_{\text{опл}}^{\text{пр}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,22} + \frac{0,2}{0,04} + \frac{0,22}{1,92} + \frac{0,002}{0,17} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,02}{0,18} + \frac{1}{6}$$

$$= 5,64 \frac{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

$$R_{\text{Опл}}^{\text{пр}} > R_{\text{Опл}}^{\text{тр}}, 5,64 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} > 4,53 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}};$$

$$\tau_{\text{в}} = 21 - \frac{0,6 \cdot (21 - 5)}{5,64 \cdot 8,7} = 20,8 \text{ °C};$$

$$\Delta t_{\text{в}} = 21 - 20,8 = 0,2 \text{ °C};$$

$$\tau_{\text{в}} > t_{\text{т,р}}, 20,8 \text{ °C} > 11,1 \text{ °C}; \Delta t_{\text{в}} < \Delta t_{\text{пт}}^{\text{н}}, 0,2 \text{ °C} < 2 \text{ °C}.$$

**Вывод:** конструкция перекрытия над неотапливаемым подвалом удовлетворяет санитарно-гигиеническим требованиям СП50.13330.2012 с изм. 1. Выполняется элементное требование по теплозащите, приведенное сопротивление теплопередаче больше нормируемого значения.

Дверь в подъезде многоквартирного дома будут установлены такие же, как и в доме по ул. Кирова, д. 86.

**Вывод:** в данной главе представлена методика расчета энергосберегающих мероприятий, связанных с утеплением наружных ограждающих конструкций дома по ул. Горького, д. 68. По итогам расчета было установлено, что устройство дополнительной тепловой изоляции приводит к увеличению сопротивления теплопередачи конструкций и приведения их значений к требуемым величинам, установленных СП50.133303.2012 с изм. 1.

#### 4.3 Определение тепловой мощности системы отопления после применения энергосберегающих мероприятий

После применения энергосберегающих мероприятий, основанных на утеплении НОК и замены окон и входных дверей, необходимо произвести перерасчет тепловых потерь через НОК учитывая новые значения сопротивления теплопередачи.

Получим следующие значения тепловой мощности системы отопления.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		69

Таблица 4.5 - нагрузки на отопление, вентиляцию и ГВС жилых домов после утепления.

Итоговая таблица количества тепловой энергии на отопление и ГВС зданий							
Наименование серии	V, м <sup>3</sup>	Q <sub>от</sub> , Вт	Q <sub>вент</sub> , Вт	Q <sub>со</sub> , Вт	G <sub>со</sub> , м <sup>3</sup> /ч	Q <sub>ГВС</sub> , Вт	G <sub>ГВС</sub> , м <sup>3</sup> /ч
121-3 Горького 68	35559	191072	301619	492691	10,78	216680	3,06
Кирова 86	30039	179351	183040	362391	9,31	100460	1,42

В результате проведения энергосберегающих мероприятий тепловая мощность системы отопления Q<sub>со</sub> для МКД по ул. Горького, д. 68 уменьшилась на 20%; для жилого дома по ул. Кирова, д. 86 сократилась на 51%.

Таблица 4.6 - Удельные тепловые характеристики зданий после утепления.

Сводный анализ удельных тепловых характеристик зданий					
Наименование серии	q1, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{°C}}$	q2, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{°C}}$	q3, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{°C}}$	q4, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	q5, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$
121-3 Горького 68	0,315	0,161	0,319	60,2	72
Кирова 86	0,075	0,134	0,359	42,8	91

По данным таблицы 4.6 видно, что расчетная величина удельной тепловой характеристики здания q1 для МКД по ул. Горького, д. 68 стала меньше нормируемой величины q3 на -1,25%, класс энергоэффективности здания повысился с Д (пониженный) до С (нормальный). Для жилого дома по ул. Кирова, д. 86 величина q1 стала меньше нормируемой величины q3 на -79 %, класс энергетической эффективности повысился с класса Д (пониженный) до А++ (очень высокий).

Рассчитаем различные варианты применения энергосберегающих мероприятий при проведении капитального ремонта и сравним процентное снижение мощности системы отопления.

Таблица 4.7 – Сравнительная таблица мощности системы отопления до и после применения энергосберегающих мероприятий

Наименование серии	До капитального ремонта		После комплексного капитального ремонта		Снижение Q <sub>со</sub> , %	После утепления чердачного перекрытия (покрытия) и перекрытия над подвалом		Снижение Q <sub>со</sub> , %
	Q <sub>со</sub> , Вт	G <sub>со</sub> , м <sup>3</sup> /ч	Q <sub>со</sub> , Вт	G <sub>со</sub> , м <sup>3</sup> /ч		Q <sub>со</sub> , Вт	G <sub>со</sub> , м <sup>3</sup> /ч	
121-3 Горького 68	616779	15,87	492691	10,78	20	561068	13,41	9
Кирова 86	741602	19,1	362391	9,31	51	559803	14,4	25

Таблица 4.8 – Сравнительная таблица удельных тепловых характеристик и класса энергетической эффективности до и после применения энергосберегающих мероприятий

Наименование серии	До капитального ремонта		Класс	После комплексного капитального ремонта		Класс	После утепления чердачного перекрытия (покрытия) и перекрытия над подвалом		Класс
	q <sub>1</sub> , $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$	q <sub>3</sub> , $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$		q <sub>1</sub> , $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$	q <sub>3</sub> , $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$		q <sub>1</sub> , $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$	q <sub>3</sub> , $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$	
121-3 Горького 68	0,429	0,319	Д	0,315	0,319	С	0,335	0,319	С-
Кирова 86	0,466	0,359	Д	0,075	0,359	А++	0,170	0,359	А+

На основании проделанных расчетов, приведенных в таблице 3.8, следует сделать вывод о том, что для дома, расположенного по ул. Горького, д. 68 будет целесообразнее проводить комплексный капитальный ремонт с применением всех энергосберегающих мероприятий для повышения класса его энергетической эффективности. Для многоквартирного дома по ул. Кирова, д. 86 экономически разумным было бы применить частичный капитальный ремонт.

**Вывод:** в данном разделе рассчитали тепловую мощность системы отопления и удельные тепловые характеристики для двух МКД. Составили сводные таблицы, по которым можно оценить величину удельной тепловой характеристики по сравнению с нормируемой, а также насколько снизилась тепловая нагрузка и увеличился класс энергетической эффективности жилых зданий.

#### 4.4 Описание принятой системы отопления

В здании по ул. Кирова, д. 86 запроектировано 11 независимых систем отопления, из них приходится: 2 системы для жилой части здания, 7 систем для общественных помещений 1-го этажа, 1 система отопления лестничной клетки и 1 воздушно-тепловой завесы. В МКД по ул. Горького, д. 68 запроектировано четыре по-фасадные системы отопления.

В жилой части здания запроектированы вертикальные двухтрубные системы отопления с нижней разводкой подающей и обратной магистрали с тупиковым движением теплоносителя. Для общественных помещений первого этажа здания предусмотрены горизонтальные двухтрубные системы отопления. Источником теплоснабжения являются тепловые сети, поэтому в подвале под нежилыми помещениями располагается индивидуальный тепловой пункт (ИТП). Система отопления подключена к тепловым сетям по независимой схеме. Циркуляция теплоносителя осуществляется с помощью циркуляционного насоса, установленного на обратной магистрали.

В качестве теплоносителя используется подготовленная вода, она поступает с параметрами для ул. Кирова, д. 86 -  $120/70^{\circ}\text{C}$ ,  $p_1 = 49$  кПа,  $p_2 = 43$  кПа, для дома по ул. Горького, д. 68 -  $120/70^{\circ}\text{C}$ ,  $p_1 = 50$  кПа,  $p_2 = 45$  кПа.

Подающий и обратный трубопроводы прокладываются в подвале под потолком на опорах вдоль стен, на отметке – -1.650 м.

Подающая и обратная магистрали прокладывается с уклоном  $\angle 0,002$  в сторону ИТП для облегчения слива теплоносителя. Трубопроводы СО выполняются из водогазопроводных труб (ГОСТ 3262-75) диаметром до  $D_u \leq 40$  мм, и электросварных прямошовных труб (ГОСТ 10704-91) диаметром  $D_u \geq 50$  мм.

На каждой ветке устанавливается запорная арматура (шаровый кран) и дренажная арматура (шаровый дренажный кран) для отключения ветвей по отдельности и слива теплоносителя.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		72

Прокладку труб в помещении выполняют открытую как более простую и дешевую. Стояки присоединяются напрямую к магистрали. Они располагаются открыто у наружной стены в углах здания на расстоянии не менее  $150 \pm 50$  мм от оконного проема и 40 мм от поверхности стены до оси трубопровода. У двухтрубных стояков расстояние между осями труб - 80 мм.

В узле присоединения подающей магистрали к стояку устанавливается следующая арматура: клапан-партнер для компенсации перепада давления, кран шаровый типа для отключения стояка, сетчатый фильтр типа для защиты арматуры от взвешенных частиц.

В узле присоединения обратной магистрали к стояку устанавливается следующая арматура: кран шаровый типа для перекрытия движения теплоносителя по стояку, кран шаровый дренажный типа со спускным элементом для слива теплоносителя из СО, автоматический балансировочный клапан для поддержания постоянной разницы давлений в системе отопления.

В приборном узле устанавливается следующая арматура: шаровый кран на обратной подводке для перекрытия подачи теплоносителя, а на подаче устанавливается термостатический элемент типа для регулирования расхода теплоносителя и создания оптимальной температуры воздуха в помещении.

В качестве отопительных приборов в системе отопления жилой части устанавливается стальной панельный радиатор DEKATHERM KH-60 типа 10,20 и 30.

Панельный радиатор следует размещать под оконными проемами по середине. Длина отопительного прибора по возможности должна составлять не менее 50% длины светового проема. Отопительный прибор крепится к стене на кронштейнах. Расстояние от пола до низа кожуха составляет 120 мм. Присоединение отопительного прибора к стояку выполняется с помощью подводов.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		73



Отопление лестничной клетки представляет собой двухтрубную проточную регулируемую по воздуху систему с нижней разводкой обеих магистралей. При установке отопительных приборов в лестничной клетке следует соблюдать правила пожарной безопасности.

В лестничной клетке устанавливаются конвекторы фирмы PURMO типа AURA WBE 28 08. Отопительный прибор монтируется в лестничных клетках Б, В и Г на первом и втором этаже на высоте 2 м от уровня пола. В лестничных клетках А и Д монтируются два прибора на первом этаже, один непосредственно в лестничной клетке, второй в тамбуре на высоте 2м от уровня пола.

Подающая и обратная магистрали в здании прокладываются в неотопливаемом подвале на расстоянии 30 см от перекрытия подвала. Трубопроводы необходимо изолировать для уменьшения потерь теплоты.

В качестве теплоизоляционного материала используем теплоизоляция из вспененного синтетического каучука с ячеистой структурой Aeroflex EPDM НТ. Выпускается в виде трубок, листов и рулонов. Такой материал экологичен, гидрофобен (не впитывает влагу), не крошится и не образует пыль, сохраняет гибкость и эластичность при высоких и низких температурах и обладает низким стабильным коэффициентом теплопроводности. Изолированную трубу обматывают хомутами или проволокой. Для предотвращения коррозии из трубопроводов удаляют воздух, а снаружи покрывают грунтом и масляной краской.

**Вывод:** в данном пункте представлено описание двухтрубных систем отопления, которые будут запроектированы в жилых домах. Выбрана фирма и тип применяемых отопительных приборов: для жилых помещений это «DEKATHERM КН-60», для лестничных клеток это «PURMO типа AURA WBE».

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		74

## 5 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

### 5.1 Гидравлический расчет СО в программе Danfoss C

В дипломном проекте гидравлический расчет систем отопления выполняется в программе «Danfoss C.O. 3.8».

В качестве примера произведем расчет и подбор оборудования для одной из систем отопления многоквартирного жилого дома по ул. Кирова, д.86.

Данные - Общие

Данные - Общие

Тип	Символ	труб	dnmin	dnmax	K	Кам.	Wmin	Wmax
A	GO_10704	50	400	0.400	0.00	1.0	3.0	
B	GO_3262S	15	40	0.400	0.00	1.0	3.0	
C								
D								
E								
F								
G								
H								
I								

Рисунок 5.1 – Исходные данные для гидравлического расчета

Таблица 5.1 – Гидравлический расчет ОЦК жилой части через стояк №43

Тип уча	Тип тру	Номер		L [М]	dn [мм]	Q [Вт]	G [кг/с]	w [м/с]	R [Па/м]	Dzeta	dP [Па]
Стояк21 ОЦК Цирк. кольцо отоп. пр.: 2 в помещении .....: 213											
dP <sub>ЦК</sub> = 57848 Па dP <sub>гр</sub> = 848 Па dH = 7.36 м L <sub>ЦК</sub> = 181.7 м											
П	А		1	2,60	50	121803	1,161	0,568	116,4	0,0	303
П	А		10	3,50	50	73074	0,696	0,341	42,5	3,0	322
П	А		11	0,60	50	69722	0,664	0,325	38,7	0,5	48
П	А		12	5,92	50	65852	0,628	0,307	34,6	0,5	227
П	А		13	11,25	50	58166	0,554	0,271	27,1	0,5	322
П	А		14	6,11	50	51545	0,491	0,240	21,4	0,5	144
П	А		15	0,60	50	48193	0,459	0,225	18,8	0,5	23
П	А		16	5,92	50	44409	0,423	0,207	16,0	0,5	105
П	А		17	11,25	50	36723	0,350	0,171	11,1	0,5	131
П	А		18	6,11	50	30102	0,287	0,140	7,5	0,5	51
П	А		19	0,60	50	26750	0,255	0,125	6,0	0,5	7
П	А		20	5,75	50	22868	0,218	0,107	4,4	0,5	28
П	А		21	9,61	50	14923	0,142	0,070	2,0	0,5	20
П	В		22	10,46	20	9657	0,092	0,271	90,9	1,0	986
П	В	21	23	3,11	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,5	135
П	В	21	23	0,60	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,7	36
П	В	21	1	5,15	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,0	211
П	В	21	1	1,50	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,0	61
П	В	21	2	1,14	15	840	0,008	0,043	1,8	11932,2	11013
				RA-DV П RA настройка 3 dn 15 мм							
				Q = 0.030 м3/ч Kv = 0.090 м3/ч							
				Отоп.пр.: 10 К-60 n = 10 эл. l = 1.00 м							
О	В	21	22	1,30	15	840	0,008	0,042	2,4	1,4	4
О	В	21	24	1,00	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,0	41
О	В	21	24	4,45	20	6421	0,061	0,177	41,1	1292,4	20499
				ASV-PV 25 4G настройка 14 dn 15 мм							
				dP <sub>ст</sub> = 11.00 кПа Kv = 0.500 м3/ч							
О	В	21	45	0,40	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,7	28
О	В	21	45	3,11	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,5	135
О	В		44	10,14	20	9657	0,092	0,267	90,6	1,5	971
О	А		43	9,94	50	14923	0,142	0,068	2,0	0,9	22
О	А		42	5,43	50	22868	0,218	0,105	4,5	0,5	27
О	А		41	0,92	50	26750	0,255	0,123	6,0	0,5	9
О	А		40	6,11	50	30102	0,287	0,138	7,6	0,5	51
О	А		39	11,25	50	36723	0,350	0,169	11,1	0,5	131
О	А		38	5,60	50	44409	0,423	0,204	16,0	0,5	99
О	А		37	0,92	50	48193	0,459	0,221	18,8	0,5	29
О	А		36	6,11	50	51545	0,491	0,237	21,4	0,5	144
О	А		35	11,25	50	58166	0,554	0,267	27,0	0,5	321
О	А		34	5,60	50	65852	0,628	0,302	34,5	0,5	214

08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР

Лист.

76

Изм. Лист. № докум. Подп Дата

Продолжение таблицы 5.1

Тип	Тип	Номер		L	dn	Q	G	w	R	Dzeta	dP
уча	тру	Стояк	Участ.	[М]	[мм]	[Вт]	[кг/с]	[м/с]	[Па/м]		[Па]
О	А		33	0,92	50	69722	0,664	0,320	38,5	0,5	59
О	А		32	3,18	50	73074	0,696	0,335	42,2	364,1	20618
				АРТ 20-60 настройка 12 dn 32 мм							
				dPst = 36.00 кПа Kv = 5.690 м3/ч							
О	А		1	2,25	50	121803	1,161	0,559	115,3	0,0	259
				Стояк21 Цирк. кольцо отоп. пр.: 3 в помещении .....: 211							
				dPцк = 57850 Па dPпр = 850 Па dH = 7.36 м Lцк = 180.6 м							
П	А		1	2,60	50	121803	1,161	0,568	116,4	0,0	303
П	А		10	3,50	50	73074	0,696	0,341	42,5	3,0	322
П	А		11	0,60	50	69722	0,664	0,325	38,7	0,5	48
П	А		12	5,92	50	65852	0,628	0,307	34,6	0,5	227
П	А		13	11,25	50	58166	0,554	0,271	27,1	0,5	322
П	А		14	6,11	50	51545	0,491	0,240	21,4	0,5	144
П	А		15	0,60	50	48193	0,459	0,225	18,8	0,5	23
П	А		16	5,92	50	44409	0,423	0,207	16,0	0,5	105
П	А		17	11,25	50	36723	0,350	0,171	11,1	0,5	131
П	А		18	6,11	50	30102	0,287	0,140	7,5	0,5	51
П	А		19	0,60	50	26750	0,255	0,125	6,0	0,5	7
П	А		20	5,75	50	22868	0,218	0,107	4,4	0,5	28
П	А		21	9,61	50	14923	0,142	0,070	2,0	0,5	20
П	В		22	10,46	20	9657	0,092	0,271	90,9	1,0	986
П	В	21	23	3,11	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,5	135
П	В	21	23	0,60	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,7	36
П	В	21	1	5,15	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,0	211
П	В	21	1	1,50	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,0	61
П	В	21	3	0,75	15	741	0,007	0,038	1,6	15325,7	11020
				RA-DV П RA настройка 3 dn 15 мм							
				Q = 0.026 м3/ч Kv = 0.080 м3/ч							
				Отоп.пр.: 10 К-60 n = 9 эл. l = 0.90 м							11
О	В	21	23	0,59	15	741	0,007	0,037	2,1	1,4	2
О	В	21	24	1,00	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,0	41
О	В	21	24	4,45	20	6421	0,061	0,177	41,1	1292,4	20499
				ASV-PV 25 4G настройка 14 dn 15 мм							
				dPst = 11.00 кПа Kv = 0.500 м3/ч							
О	В	21	45	0,40	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,7	28
О	В	21	45	3,11	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,5	135
О	В		44	10,14	20	9657	0,092	0,267	90,6	1,5	971
О	А		43	9,94	50	14923	0,142	0,068	2,0	0,9	22
О	А		42	5,43	50	22868	0,218	0,105	4,5	0,5	27
О	А		41	0,92	50	26750	0,255	0,123	6,0	0,5	9
О	А		40	6,11	50	30102	0,287	0,138	7,6	0,5	51

Продолжение таблицы 5.1

Тип	Тип	Номер		L	dn	Q	G	w	R	Dzeta	dP	
уча	тру	Стойк	Участ.	[м]	[мм]	[Вт]	[кг/с]	[м/с]	[Па/м]		[Па]	
О	А		39	11,25	50	36723	0,350	0,169	11,1	0,5	131	
О	А		38	5,60	50	44409	0,423	0,204	16,0	0,5	99	
О	А		37	0,92	50	48193	0,459	0,221	18,8	0,5	29	
О	А		36	6,11	50	51545	0,491	0,237	21,4	0,5	144	
О	А		35	11,25	50	58166	0,554	0,267	27,0	0,5	321	
О	А		34	5,60	50	65852	0,628	0,302	34,5	0,5	214	
О	А		33	0,92	50	69722	0,664	0,320	38,5	0,5	59	
О	А		32	3,18	50	73074	0,696	0,335	42,2	364,1	20618	
				АРТ 20-60 настройка 12 dn 32 мм								
				dPst = 36.00 кПа				Kv = 5.690 м3/ч				
О	А		1	2,25	50	121803	1,161	0,559	115,3	0,0	259	
				Стойк21 Цирк. кольцо отоп. пр.: 5 в помещении .....: 313								
				dPцк = 58230 Па		dPгр = 1230 Па		dH = 10.65 м		Lцк = 188.3 м		
П	А		1	2,60	50	121803	1,161	0,568	116,4	0,0	303	
П	А		10	3,50	50	73074	0,696	0,341	42,5	3,0	322	
П	А		11	0,60	50	69722	0,664	0,325	38,7	0,5	48	
П	А		12	5,92	50	65852	0,628	0,307	34,6	0,5	227	
П	А		13	11,25	50	58166	0,554	0,271	27,1	0,5	322	
П	А		14	6,11	50	51545	0,491	0,240	21,4	0,5	144	
П	А		15	0,60	50	48193	0,459	0,225	18,8	0,5	23	
П	А		16	5,92	50	44409	0,423	0,207	16,0	0,5	105	
П	А		17	11,25	50	36723	0,350	0,171	11,1	0,5	131	
П	А		18	6,11	50	30102	0,287	0,140	7,5	0,5	51	
П	А		19	0,60	50	26750	0,255	0,125	6,0	0,5	7	
П	А		20	5,75	50	22868	0,218	0,107	4,4	0,5	28	
П	А		21	9,61	50	14923	0,142	0,070	2,0	0,5	20	
П	В		22	10,46	20	9657	0,092	0,271	90,9	1,0	986	
П	В	21	23	3,11	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,5	135	
П	В	21	23	0,60	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,7	36	
П	В	21	1	5,15	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,0	211	
П	В	21	1	1,50	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,0	61	
П	В	21	4	3,30	15	4840	0,046	0,248	115,7	1,4	425	
П	В	21	5	1,14	15	840	0,008	0,043	1,8	11409,7	10531	
				РА-DV П РА настройка 3 dn 15 мм								
				Q = 0.030 м3/ч				Kv = 0.092 м3/ч				
				Отоп.пр.: 10 К-60 n = 10 эл. l = 1.00 м							14	
О	В	21	19	1,30	15	840	0,008	0,042	2,4	1,4	4	
О	В	21	21	3,30	15	4840	0,046	0,244	115,5	1,9	438	
О	В	21	24	1,00	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,0	41	

Продолжение таблицы 5.1

Тип	Тип	Номер		L	dn	Q	G	w	R	Dzeta	dP
уча	тру	Стояк	Участ.	[м]	[мм]	[Вт]	[кг/с]	[м/с]	[Па/м]		[Па]
О	В	21	24	4,45	20	6421	0,061	0,177	41,1	1292,4	20499
				ASV-PV 25 4G настройка 14 dn 15 мм							
				dPst = 11.00 кПа				Kv = 0.500 м3/ч			
О	В	21	45	0,40	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,7	28
О	В	21	45	3,11	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,5	135
О	В		44	10,14	20	9657	0,092	0,267	90,6	1,5	971
О	А		43	9,94	50	14923	0,142	0,068	2,0	0,9	22
О	А		42	5,43	50	22868	0,218	0,105	4,5	0,5	27
О	А		41	0,92	50	26750	0,255	0,123	6,0	0,5	9
О	А		40	6,11	50	30102	0,287	0,138	7,6	0,5	51
О	А		39	11,25	50	36723	0,350	0,169	11,1	0,5	131
О	А		38	5,60	50	44409	0,423	0,204	16,0	0,5	99
О	А		37	0,92	50	48193	0,459	0,221	18,8	0,5	29
О	А		36	6,11	50	51545	0,491	0,237	21,4	0,5	144
О	А		35	11,25	50	58166	0,554	0,267	27,0	0,5	321
О	А		34	5,60	50	65852	0,628	0,302	34,5	0,5	214
О	А		33	0,92	50	69722	0,664	0,320	38,5	0,5	59
О	А		32	3,18	50	73074	0,696	0,335	42,2	364,1	20618
				АРТ 20-60 настройка 12 dn 32 мм							
				dPst = 36.00 кПа				Kv = 5.690 м3/ч			
О	А		1	2,25	50	121803	1,161	0,559	115,3	0,0	259
		Стояк21		Цирк. кольцо отоп. пр.: 6		в помещении .....		311			
		dPцк = 58231 Па		dPгр = 1231 Па		dH = 10.65 м		Lцк = 187.2 м			
П	А		1	2,60	50	121803	1,161	0,568	116,4	0,0	303
П	А		10	3,50	50	73074	0,696	0,341	42,5	3,0	322
П	А		11	0,60	50	69722	0,664	0,325	38,7	0,5	48
П	А		12	5,92	50	65852	0,628	0,307	34,6	0,5	227
П	А		13	11,25	50	58166	0,554	0,271	27,1	0,5	322
П	А		14	6,11	50	51545	0,491	0,240	21,4	0,5	144
П	А		15	0,60	50	48193	0,459	0,225	18,8	0,5	23
П	А		16	5,92	50	44409	0,423	0,207	16,0	0,5	105
П	А		17	11,25	50	36723	0,350	0,171	11,1	0,5	131
П	А		18	6,11	50	30102	0,287	0,140	7,5	0,5	51
П	А		19	0,60	50	26750	0,255	0,125	6,0	0,5	7
П	А		20	5,75	50	22868	0,218	0,107	4,4	0,5	28
П	А		21	9,61	50	14923	0,142	0,070	2,0	0,5	20
П	В		22	10,46	20	9657	0,092	0,271	90,9	1,0	986
П	В	21	23	3,11	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,5	135
П	В	21	23	0,60	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,7	36
П	В	21	1	5,15	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,0	211
П	В	21	1	1,50	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,0	61

Продолжение таблицы 5.1

Тип	Тип	Номер		L	dn	Q	G	w	R	Dzeta	dP
уча	тру	Стойк	Участ.	[М]	[мм]	[Вт]	[кг/с]	[м/с]	[Па/м]		[Па]
П	В	21	4	3,30	15	4840	0,046	0,248	115,7	1,4	425
П	В	21	6	0,75	15	741	0,007	0,038	1,6	1,4	2
				Отоп.пр.: 10 К-60 n = 9 эл. l = 0.90 м							11
О	В	21	20	0,59	15	741	0,007	0,037	2,1	1,4	2
О	В	21	21	3,30	15	4840	0,046	0,244	115,5	1,9	438
О	В	21	24	1,00	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,0	41
О	В	21	24	4,45	20	6421	0,061	0,177	41,1	1292,4	20499
				ASV-PV 25 4G настройка 14 dn 15 мм							
				dPst = 11.00 кПа Kv = 0.500 м3/ч							
О	В	21	45	0,40	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,7	28
О	В	21	45	3,11	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,5	135
О	В		44	10,14	20	9657	0,092	0,267	90,6	1,5	971
О	А		43	9,94	50	14923	0,142	0,068	2,0	0,9	22
О	А		42	5,43	50	22868	0,218	0,105	4,5	0,5	27
О	А		41	0,92	50	26750	0,255	0,123	6,0	0,5	9
О	А		40	6,11	50	30102	0,287	0,138	7,6	0,5	51
О	А		39	11,25	50	36723	0,350	0,169	11,1	0,5	131
О	А		38	5,60	50	44409	0,423	0,204	16,0	0,5	99
О	А		37	0,92	50	48193	0,459	0,221	18,8	0,5	29
О	А		36	6,11	50	51545	0,491	0,237	21,4	0,5	144
О	А		35	11,25	50	58166	0,554	0,267	27,0	0,5	321
О	А		34	5,60	50	65852	0,628	0,302	34,5	0,5	214
О	А		33	0,92	50	69722	0,664	0,320	38,5	0,5	59
О	А		32	3,18	50	73074	0,696	0,335	42,2	364,1	20618
				АРТ 20-60 настройка 12 dn 32 мм							
				dPst = 36.00 кПа Kv = 5.690 м3/ч							
О	А		1	2,25	50	121803	1,161	0,559	115,3	0,0	259
		Стойк21		Цирк. кольцо отоп. пр.: 8		в помещении .....: 413					
		dPцк = 58613 Па		dPгр = 1613 Па		dH = 13.96 м		Лцк = 194.9 м			
П	А		1	2,60	50	121803	1,161	0,568	116,4	0,0	303
П	А		10	3,50	50	73074	0,696	0,341	42,5	3,0	322
П	А		11	0,60	50	69722	0,664	0,325	38,7	0,5	48
П	А		12	5,92	50	65852	0,628	0,307	34,6	0,5	227
П	А		13	11,25	50	58166	0,554	0,271	27,1	0,5	322
П	А		14	6,11	50	51545	0,491	0,240	21,4	0,5	144
П	А		15	0,60	50	48193	0,459	0,225	18,8	0,5	23
П	А		16	5,92	50	44409	0,423	0,207	16,0	0,5	105
П	А		17	11,25	50	36723	0,350	0,171	11,1	0,5	131
П	А		18	6,11	50	30102	0,287	0,140	7,5	0,5	51
П	А		19	0,60	50	26750	0,255	0,125	6,0	0,5	7
П	А		20	5,75	50	22868	0,218	0,107	4,4	0,5	28

Продолжение таблицы 5.1

Тип	Тип	Номер		L	dn	Q	G	w	R	Dzeta	dP	
уча	тру	Стояк	Участ.	[М]	[мм]	[Вт]	[кг/с]	[м/с]	[Па/м]		[Па]	
П	А		21	9,61	50	14923	0,142	0,070	2,0	0,5	20	
П	В		22	10,46	20	9657	0,092	0,271	90,9	1,0	986	
П	В	21	23	3,11	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,5	135	
П	В	21	23	0,60	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,7	36	
П	В	21	1	5,15	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,0	211	
П	В	21	1	1,50	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,0	61	
П	В	21	4	3,30	15	4840	0,046	0,248	115,7	1,4	425	
П	В	21	7	3,30	15	3260	0,031	0,167	53,6	0,9	190	
П	В	21	8	1,14	15	840	0,008	0,043	1,8	11413,8	10535	
				RA-DV П RA настройка 3 dn 15 мм								
				Q = 0.030 м3/ч Kv = 0.092 м3/ч								
				Отоп.пр.: 10 К-60 n = 10 эл. l = 1.00 м								14
О	В	21	16	1,30	15	840	0,008	0,042	2,4	1,4	4	
О	В	21	18	3,30	15	3260	0,031	0,164	53,8	0,9	190	
О	В	21	21	3,30	15	4840	0,046	0,244	115,5	1,9	438	
О	В	21	24	1,00	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,0	41	
О	В	21	24	4,45	20	6421	0,061	0,177	41,1	1292,4	20499	
				ASV-PV 25 4G настройка 14 dn 15 мм								
				dPst = 11.00 кПа Kv = 0.500 м3/ч								
О	В	21	45	0,40	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,7	28	
О	В	21	45	3,11	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,5	135	
О	В		44	10,14	20	9657	0,092	0,267	90,6	1,5	971	
О	А		43	9,94	50	14923	0,142	0,068	2,0	0,9	22	
О	А		42	5,43	50	22868	0,218	0,105	4,5	0,5	27	
О	А		41	0,92	50	26750	0,255	0,123	6,0	0,5	9	
О	А		40	6,11	50	30102	0,287	0,138	7,6	0,5	51	
О	А		39	11,25	50	36723	0,350	0,169	11,1	0,5	131	
О	А		38	5,60	50	44409	0,423	0,204	16,0	0,5	99	
О	А		37	0,92	50	48193	0,459	0,221	18,8	0,5	29	
О	А		36	6,11	50	51545	0,491	0,237	21,4	0,5	144	
О	А		35	11,25	50	58166	0,554	0,267	27,0	0,5	321	
О	А		34	5,60	50	65852	0,628	0,302	34,5	0,5	214	
О	А		33	0,92	50	69722	0,664	0,320	38,5	0,5	59	
О	А		32	3,18	50	73074	0,696	0,335	42,2	364,1	20618	
				АРТ 20-60 настройка 12 dn 32 мм								
				dPst = 36.00 кПа Kv = 5.690 м3/ч								
О	А		1	2,25	50	121803	1,161	0,559	115,3	0,0	259	
		Стояк21		Цирк. кольцо отоп. пр.: 9		в помещении .....: 411						
		dPцк = 58615 Па		dPгр = 1615 Па		dH = 13.96 м		Lцк = 193.8 м				
П	А		1	2,60	50	121803	1,161	0,568	116,4	0,0	303	
П	А		10	3,50	50	73074	0,696	0,341	42,5	3,0	322	



Продолжение таблицы 5.1

Тип	Тип	Номер		L	dn	Q	G	w	R	Dzeta	dP	
уча	тру	Стойк	Участ.	[М]	[мм]	[Вт]	[кг/с]	[м/с]	[Па/м]		[Па]	
П	А		11	0,60	50	69722	0,664	0,325	38,7	0,5	48	
П	А		12	5,92	50	65852	0,628	0,307	34,6	0,5	227	
П	А		13	11,25	50	58166	0,554	0,271	27,1	0,5	322	
П	А		14	6,11	50	51545	0,491	0,240	21,4	0,5	144	
П	А		15	0,60	50	48193	0,459	0,225	18,8	0,5	23	
П	А		16	5,92	50	44409	0,423	0,207	16,0	0,5	105	
П	А		17	11,25	50	36723	0,350	0,171	11,1	0,5	131	
П	А		18	6,11	50	30102	0,287	0,140	7,5	0,5	51	
П	А		19	0,60	50	26750	0,255	0,125	6,0	0,5	7	
П	А		20	5,75	50	22868	0,218	0,107	4,4	0,5	28	
П	А		21	9,61	50	14923	0,142	0,070	2,0	0,5	20	
П	В		22	10,46	20	9657	0,092	0,271	90,9	1,0	986	
П	В	21	23	3,11	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,5	135	
П	В	21	23	0,60	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,7	36	
П	В	21	1	5,15	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,0	211	
П	В	21	1	1,50	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,0	61	
П	В	21	4	3,30	15	4840	0,046	0,248	115,7	1,4	425	
П	В	21	7	3,30	15	3260	0,031	0,167	53,6	0,9	190	
П	В	21	9	0,75	15	741	0,007	0,038	1,6	14660,3	10542	
				RA-DV П RA настройка 3 dn 15 мм								
				Q = 0.026 м3/ч Kv = 0.081 м3/ч								
				Отоп.пр.: 10 К-60 n = 9 эл. l = 0.90 м							11	
О	В	21	17	0,59	15	741	0,007	0,037	2,1	1,4	2	
О	В	21	18	3,30	15	3260	0,031	0,164	53,8	0,9	190	
О	В	21	21	3,30	15	4840	0,046	0,244	115,5	1,9	438	
О	В	21	24	1,00	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,0	41	
О	В	21	24	4,45	20	6421	0,061	0,177	41,1	1292,4	20499	
				ASV-PV 25 4G настройка 14 dn 15 мм								
				dPst = 11.00 кПа Kv = 0.500 м3/ч								
О	В	21	45	0,40	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,7	28	
О	В	21	45	3,11	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,5	135	
О	В		44	10,14	20	9657	0,092	0,267	90,6	1,5	971	
О	А		43	9,94	50	14923	0,142	0,068	2,0	0,9	22	
О	А		42	5,43	50	22868	0,218	0,105	4,5	0,5	27	
О	А		41	0,92	50	26750	0,255	0,123	6,0	0,5	9	
О	А		40	6,11	50	30102	0,287	0,138	7,6	0,5	51	
О	А		39	11,25	50	36723	0,350	0,169	11,1	0,5	131	
О	А		38	5,60	50	44409	0,423	0,204	16,0	0,5	99	
О	А		37	0,92	50	48193	0,459	0,221	18,8	0,5	29	
О	А		36	6,11	50	51545	0,491	0,237	21,4	0,5	144	
О	А		35	11,25	50	58166	0,554	0,267	27,0	0,5	321	
О	А		34	5,60	50	65852	0,628	0,302	34,5	0,5	214	

Продолжение таблицы 5.1

Тип	Тип	Номер		L	dn	Q	G	w	R	Dzeta	dP
уча	тру	Стояк	Участ.	[М]	[мм]	[Вт]	[кг/с]	[м/с]	[Па/м]		[Па]
О	А		33	0,92	50	69722	0,664	0,320	38,5	0,5	59
О	А		32	3,18	50	73074	0,696	0,335	42,2	364,1	20618
				АРТ 20-60 настройка 12 dn 32 мм							
				dPst = 36.00 кПа Kv = 5.690 м3/ч							
О	А		1	2,25	50	121803	1,161	0,559	115,3	0,0	259
				Стояк21 Цирк. кольцо отоп. пр.: 11 в помещении .....: 513							
				dPцк = 59003 Па dPгр = 2003 Па dH = 17.26 м Лцк = 201.1 м							
П	А		1	2,60	50	121803	1,161	0,568	116,4	0,0	303
П	А		10	3,50	50	73074	0,696	0,341	42,5	3,0	322
П	А		11	0,60	50	69722	0,664	0,325	38,7	0,5	48
П	А		12	5,92	50	65852	0,628	0,307	34,6	0,5	227
П	А		13	11,25	50	58166	0,554	0,271	27,1	0,5	322
П	А		14	6,11	50	51545	0,491	0,240	21,4	0,5	144
П	А		15	0,60	50	48193	0,459	0,225	18,8	0,5	23
П	А		16	5,92	50	44409	0,423	0,207	16,0	0,5	105
П	А		17	11,25	50	36723	0,350	0,171	11,1	0,5	131
П	А		18	6,11	50	30102	0,287	0,140	7,5	0,5	51
П	А		19	0,60	50	26750	0,255	0,125	6,0	0,5	7
П	А		20	5,75	50	22868	0,218	0,107	4,4	0,5	28
П	А		21	9,61	50	14923	0,142	0,070	2,0	0,5	20
П	В		22	10,46	20	9657	0,092	0,271	90,9	1,0	986
П	В	21	23	3,11	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,5	135
П	В	21	23	0,60	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,7	36
П	В	21	1	5,15	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,0	211
П	В	21	1	1,50	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,0	61
П	В	21	4	3,30	15	4840	0,046	0,248	115,7	1,4	425
П	В	21	7	3,30	15	3260	0,031	0,167	53,6	0,9	190
П	В	21	10	3,00	15	1679	0,016	0,086	15,0	0,9	48
П	В	21	11	1,14	15	718	0,007	0,037	1,6	16060,4	10843
				RA-DV П RA настройка 3 dn 15 мм							
				Q = 0.026 м3/ч Kv = 0.078 м3/ч							
				Отоп.пр.: 10 К-60 n = 9 эл. l = 0.90 м							10
О	В	21	13	1,30	15	718	0,007	0,036	2,1	3,2	5
О	В	21	15	3,25	15	1679	0,016	0,085	10,3	0,9	37
О	В	21	18	3,30	15	3260	0,031	0,164	53,8	0,9	190
О	В	21	21	3,30	15	4840	0,046	0,244	115,5	1,9	438
О	В	21	24	1,00	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,0	41
О	В	21	24	4,45	20	6421	0,061	0,177	41,1	1292,4	20499
				ASV-PV 25 4G настройка 14 dn 15 мм							
				dPst = 11.00 кПа Kv = 0.500 м3/ч							
О	В	21	45	0,40	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,7	28

Продолжение таблицы 5.1

Тип	Тип	Номер		L	dn	Q	G	w	R	Dzeta	dP	
уча	тру	Стояк	Участ.	[М]	[мм]	[Вт]	[кг/с]	[м/с]	[Па/м]		[Па]	
О	В	21	45	3,11	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,5	135	
О	В		44	10,14	20	9657	0,092	0,267	90,6	1,5	971	
О	А		43	9,94	50	14923	0,142	0,068	2,0	0,9	22	
О	А		42	5,43	50	22868	0,218	0,105	4,5	0,5	27	
О	А		41	0,92	50	26750	0,255	0,123	6,0	0,5	9	
О	А		40	6,11	50	30102	0,287	0,138	7,6	0,5	51	
О	А		39	11,25	50	36723	0,350	0,169	11,1	0,5	131	
О	А		38	5,60	50	44409	0,423	0,204	16,0	0,5	99	
О	А		37	0,92	50	48193	0,459	0,221	18,8	0,5	29	
О	А		36	6,11	50	51545	0,491	0,237	21,4	0,5	144	
О	А		35	11,25	50	58166	0,554	0,267	27,0	0,5	321	
О	А		34	5,60	50	65852	0,628	0,302	34,5	0,5	214	
О	А		33	0,92	50	69722	0,664	0,320	38,5	0,5	59	
О	А		32	3,18	50	73074	0,696	0,335	42,2	364,1	20618	
				АРТ 20-60 настройка 12 dn 32 мм								
				dPst = 36.00 кПа Kv = 5.690 м3/ч								
О	А		1	2,25	50	121803	1,161	0,559	115,3	0,0	259	
Стояк21				Цирк. кольцо отоп. пр.: 12 в помещении .....: 511								
				dPцк = 59004 Па dPгр = 2004 Па dH = 17.26 м Lцк = 200.0 м								
П	А		1	2,60	50	121803	1,161	0,568	116,4	0,0	303	
П	А		10	3,50	50	73074	0,696	0,341	42,5	3,0	322	
П	А		11	0,60	50	69722	0,664	0,325	38,7	0,5	48	
П	А		12	5,92	50	65852	0,628	0,307	34,6	0,5	227	
П	А		13	11,25	50	58166	0,554	0,271	27,1	0,5	322	
П	А		14	6,11	50	51545	0,491	0,240	21,4	0,5	144	
П	А		15	0,60	50	48193	0,459	0,225	18,8	0,5	23	
П	А		16	5,92	50	44409	0,423	0,207	16,0	0,5	105	
П	А		17	11,25	50	36723	0,350	0,171	11,1	0,5	131	
П	А		18	6,11	50	30102	0,287	0,140	7,5	0,5	51	
П	А		19	0,60	50	26750	0,255	0,125	6,0	0,5	7	
П	А		20	5,75	50	22868	0,218	0,107	4,4	0,5	28	
П	А		21	9,61	50	14923	0,142	0,070	2,0	0,5	20	
П	В		22	10,46	20	9657	0,092	0,271	90,9	1,0	986	
П	В	21	23	3,11	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,5	135	
П	В	21	23	0,60	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,7	36	
П	В	21	1	5,15	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,0	211	
П	В	21	1	1,50	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,0	61	
П	В	21	4	3,30	15	4840	0,046	0,248	115,7	1,4	425	
П	В	21	7	3,30	15	3260	0,031	0,167	53,6	0,9	190	
П	В	21	10	3,00	15	1679	0,016	0,086	15,0	0,9	48	

Продолжение таблицы 5.1

Тип	Тип	Номер		L	dn	Q	G	w	R	Dzeta	dP
уча	тру	Стойк	Участ.	[М]	[мм]	[Вт]	[кг/с]	[м/с]	[Па/м]		[Па]
П	В	21	12	0,75	15	961	0,009	0,049	2,2	8958,7	10835
				RA-DV П RA настройка 4 dn 15 мм							
				Q = 0.034 м3/ч Kv = 0.104 м3/ч							
				Отоп.пр.: 10 К-60 n = 12 эл. l = 1.20 м							18
О	В	21	14	0,59	15	961	0,009	0,048	2,8	3,2	5
О	В	21	15	3,25	15	1679	0,016	0,085	10,3	0,9	37
О	В	21	18	3,30	15	3260	0,031	0,164	53,8	0,9	190
О	В	21	21	3,30	15	4840	0,046	0,244	115,5	1,9	438
О	В	21	24	1,00	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,0	41
О	В	21	24	4,45	20	6421	0,061	0,177	41,1	1292,4	20499
				ASV-PV 25 4G настройка 14 dn 15 мм							
				dPst = 11.00 кПа Kv = 0.500 м3/ч							
О	В	21	45	0,40	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,7	28
О	В	21	45	3,11	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,5	135
О	В		44	10,14	20	9657	0,092	0,267	90,6	1,5	971
О	А		43	9,94	50	14923	0,142	0,068	2,0	0,9	22
О	А		42	5,43	50	22868	0,218	0,105	4,5	0,5	27
О	А		41	0,92	50	26750	0,255	0,123	6,0	0,5	9
О	А		40	6,11	50	30102	0,287	0,138	7,6	0,5	51
О	А		39	11,25	50	36723	0,350	0,169	11,1	0,5	131
О	А		38	5,60	50	44409	0,423	0,204	16,0	0,5	99
О	А		37	0,92	50	48193	0,459	0,221	18,8	0,5	29
О	А		36	6,11	50	51545	0,491	0,237	21,4	0,5	144
О	А		35	11,25	50	58166	0,554	0,267	27,0	0,5	321
О	А		34	5,60	50	65852	0,628	0,302	34,5	0,5	214
О	А		33	0,92	50	69722	0,664	0,320	38,5	0,5	59
О	А		32	3,18	50	73074	0,696	0,335	42,2	364,1	20618
				АРТ 20-60 настройка 12 dn 32 мм							
				dPst = 36.00 кПа Kv = 5.690 м3/ч							
О	А		1	2,25	50	121803	1,161	0,559	115,3	0,0	259

Все остальные стояки системы отопления рассчитываются аналогично, результаты расчета сводим в таблицу 5.2. Расчетная схемы системы отопления представлены в приложении А. Итоговая таблица потерь давления по всем системам отопления двух МКД представлена в приложении Б.

Таблица 5.2 – Сводная таблица гидравлического расчета ОЦК, ВЦК 1, ВЦК 2

Тип уча	Тип тру	Номер		L	dn	Q	G	w	R	Dzeta	dP
		Стояк	Участ.	[М]	[ММ]	[Вт]	[кг/с]	[м/с]	[Па/м]		[Па]
		Стояк21 ОЦК		Цирк. кольцо отоп. пр.: 12				в помещении .....: 511			
		dPцк = 59004 Па		dPгр = 2004 Па		dH = 17.26 м		Lцк = 200.0 м			
П	А		1	2,60	50	121803	1,161	0,568	116,4	0,0	303
П	А		10	3,50	50	73074	0,696	0,341	42,5	3,0	322
П	А		11	0,60	50	69722	0,664	0,325	38,7	0,5	48
П	А		12	5,92	50	65852	0,628	0,307	34,6	0,5	227
П	А		13	11,25	50	58166	0,554	0,271	27,1	0,5	322
П	А		14	6,11	50	51545	0,491	0,240	21,4	0,5	144
П	А		15	0,60	50	48193	0,459	0,225	18,8	0,5	23
П	А		16	5,92	50	44409	0,423	0,207	16,0	0,5	105
П	А		17	11,25	50	36723	0,350	0,171	11,1	0,5	131
П	А		18	6,11	50	30102	0,287	0,140	7,5	0,5	51
П	А		19	0,60	50	26750	0,255	0,125	6,0	0,5	7
П	А		20	5,75	50	22868	0,218	0,107	4,4	0,5	28
П	А		21	9,61	50	14923	0,142	0,070	2,0	0,5	20
П	В		22	10,46	20	9657	0,092	0,271	90,9	1,0	986
П	В	21	23	3,11	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,5	135
П	В	21	23	0,60	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,7	36
П	В	21	1	5,15	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,0	211
П	В	21	1	1,50	20	6421	0,061	0,180	41,0	0,0	61
П	В	21	4	3,30	15	4840	0,046	0,248	115,7	1,4	425
П	В	21	7	3,30	15	3260	0,031	0,167	53,6	0,9	190
П	В	21	10	3,00	15	1679	0,016	0,086	15,0	0,9	48
П	В	21	12	0,75	15	961	0,009	0,049	2,2	8958,7	10835
				RA-DV П RA настройка 4				dn 15 мм			
				Q = 0.034 м3/ч Kv = 0.104 м3/ч							
				Отоп.пр.: 10 К-60				n = 12 эл. l = 1.20 м			
				18							
О	В	21	14	0,59	15	961	0,009	0,048	2,8	3,2	5
О	В	21	15	3,25	15	1679	0,016	0,085	10,3	0,9	37
О	В	21	18	3,30	15	3260	0,031	0,164	53,8	0,9	190
О	В	21	21	3,30	15	4840	0,046	0,244	115,5	1,9	438
О	В	21	24	1,00	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,0	41
О	В	21	24	4,45	20	6421	0,061	0,177	41,1	1292,4	20499
				ASV-PV 25 4G настройка 14				dn 15 мм			
				dPst = 11.00 кПа				Kv = 0.500 м3/ч			
О	В	21	45	0,40	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,7	28
О	В	21	45	3,11	20	6421	0,061	0,177	41,1	0,5	135
О	В		44	10,14	20	9657	0,092	0,267	90,6	1,5	971
О	А		43	9,94	50	14923	0,142	0,068	2,0	0,9	22
О	А		42	5,43	50	22868	0,218	0,105	4,5	0,5	27
О	А		41	0,92	50	26750	0,255	0,123	6,0	0,5	9
О	А		40	6,11	50	30102	0,287	0,138	7,6	0,5	51

08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР

Лист.

86

Изм. Лист. № докум. Подп Дата

Продолжение таблицы 5.2

Тип	Тип	Номер		L	dn	Q	G	w	R	Dzeta	dP		
уча	тру	Стойк	Участ.	[м]	[мм]	[Вт]	[кг/с]	[м/с]	[Па/м]		[Па]		
О	А		39	11,25	50	36723	0,350	0,169	11,1	0,5	131		
О	А		38	5,60	50	44409	0,423	0,204	16,0	0,5	99		
О	А		37	0,92	50	48193	0,459	0,221	18,8	0,5	29		
О	А		36	6,11	50	51545	0,491	0,237	21,4	0,5	144		
О	А		35	11,25	50	58166	0,554	0,267	27,0	0,5	321		
О	А		34	5,60	50	65852	0,628	0,302	34,5	0,5	214		
О	А		33	0,92	50	69722	0,664	0,320	38,5	0,5	59		
О	А		32	3,18	50	73074	0,696	0,335	42,2	364,1	20618		
				АРТ 20-60 настройка 12 dn 32 мм									
				dPst = 36.00 кПа				Kv = 5.690 м3/ч					
О	А		1	2,25	50	121803	1,161	0,559	115,3	0,0	259		
О	В	20	16	1,00	15	3237	0,031	0,163	53,1	0,0	53		
О	В	20	16	4,45	15	3237	0,031	0,163	53,1	1549,3	20790		
				ASV-PV 25 4G настройка 14 dn 15 мм									
				dPst = 11.00 кПа				Kv = 0.250 м3/ч					
О	В	20	16	0,40	15	3237	0,031	0,163	53,1	1,4	39		
О	В		44	10,14	20	9657	0,092	0,267	90,6	1,5	971		
О	А		43	9,94	50	14923	0,142	0,068	2,0	0,9	22		
О	А		42	5,43	50	22868	0,218	0,105	4,5	0,5	27		
О	А		41	0,92	50	26750	0,255	0,123	6,0	0,5	9		
О	А		40	6,11	50	30102	0,287	0,138	7,6	0,5	51		
О	А		39	11,25	50	36723	0,350	0,169	11,1	0,5	131		
О	А		38	5,60	50	44409	0,423	0,204	16,0	0,5	99		
О	А		37	0,92	50	48193	0,459	0,221	18,8	0,5	29		
О	А		36	6,11	50	51545	0,491	0,237	21,4	0,5	144		
О	А		35	11,25	50	58166	0,554	0,267	27,0	0,5	321		
О	А		34	5,60	50	65852	0,628	0,302	34,5	0,5	214		
О	А		33	0,92	50	69722	0,664	0,320	38,5	0,5	59		
О	А		32	3,18	50	73074	0,696	0,335	42,2	364,1	20618		
				АРТ 20-60 настройка 12 dn 32 мм									
				dPst = 36.00 кПа				Kv = 5.690 м3/ч					
О	А		1	2,25	50	121803	1,161	0,559	115,3	0,0	259		
Стойк49 ВЦК №2 Цирк. кольцо отоп. пр.: 14 в помещении .....: 503													
				dPцк = 58996 Па				dPгр = 1996 Па		dH = 17.27 м		Lцк = 137.9 м	
П	А		1	2,60	50	121803	1,161	0,568	116,4	0,0	303		
П	А		2	2,61	50	48729	0,464	0,227	19,2	3,0	127		
П	А		3	11,25	50	42108	0,401	0,196	14,4	0,5	171		
П	А		4	5,92	50	34422	0,328	0,161	9,8	0,5	64		
П	А		5	0,60	50	30552	0,291	0,143	7,7	0,5	9		
П	А		6	6,17	50	26670	0,254	0,124	6,0	0,5	40		

Продолжение таблицы 5.2

Тип	Тип	Номер		L	dn	Q	G	w	R	Dzeta	dP	
уча	тру	Стойк	Участ.	[м]	[мм]	[Вт]	[кг/с]	[м/с]	[Па/м]		[Па]	
П	А		7	9,20	50	18725	0,178	0,087	3,0	0,5	30	
П	А		8	5,25	50	12667	0,121	0,059	1,4	0,5	8	
П	В	49	9	7,76	20	8757	0,083	0,246	75,0	1,0	611	
П	В	49	9	0,60	20	8757	0,083	0,246	75,0	0,7	67	
П	В	49	1	1,85	20	8757	0,083	0,246	75,0	0,0	139	
П	В	49	4	3,30	20	6783	0,065	0,190	45,6	0,9	167	
П	В	49	4	1,55	20	6783	0,065	0,190	45,6	0,0	71	
П	В	49	7	3,30	15	5162	0,049	0,264	131,2	1,4	483	
П	В	49	10	3,30	15	3542	0,034	0,181	62,9	0,9	223	
П	В	49	13	3,30	15	1921	0,018	0,098	19,4	0,9	68	
П	В	49	14	1,17	15	1107	0,011	0,057	3,6	6451,3	10356	
				RA-DV П RA настройка 4 dn 15 мм								
				Q = 0.039 м3/ч Kv = 0.123 м3/ч								
				Отоп.пр.: 10 К-60 n = 13 эл. l = 1.30 м							25	
О	В	49	16	1,33	15	1107	0,011	0,056	3,2	3,2	9	
О	В	49	18	3,30	15	1921	0,018	0,097	17,7	0,9	63	
О	В	49	21	3,30	15	3542	0,034	0,178	63,1	0,9	223	
О	В	49	24	3,30	15	5162	0,049	0,260	130,9	1,9	497	
О	В	49	27	3,30	20	6783	0,065	0,187	45,7	0,0	151	
О	В	49	27	2,25	20	6783	0,065	0,187	45,7	0,9	119	
О	В	49	30	1,10	20	8757	0,083	0,242	74,9	718,8	21099	
				ASV-PV 25 4G настройка 14 dn 15 мм								
				dPst = 11.00 кПа Kv = 0.670 м3/ч								
О	В	49	31	0,40	20	8757	0,083	0,242	74,9	0,7	51	
О	В	49	31	7,12	20	8757	0,083	0,242	74,9	2,4	603	
О	А		30	4,47	50	12667	0,121	0,058	1,5	0,5	7	
О	А		30	0,78	50	18725	0,178	0,086	3,1	0,0	2	
О	А		29	8,43	50	18725	0,178	0,086	3,1	0,9	29	
О	А		28	6,17	50	26670	0,254	0,122	6,0	0,5	41	
О	А		27	0,92	50	30552	0,291	0,140	7,8	0,5	12	
О	А		26	5,60	50	34422	0,328	0,158	9,8	0,5	61	
О	А		25	11,25	50	42108	0,401	0,193	14,4	0,5	171	
О	А		24	2,93	50	48729	0,464	0,224	19,2	902,6	22637	
				APT 20-60 настройка 13 dn 25 мм								
				dPst = 34.00 кПа Kv = 3.605 м3/ч								
О	А		1	2,25	50	121803	1,161	0,559	115,3	0,0	259	

Продолжение таблицы 5.2

Тип уча	Тип тру	Номер		L [м]	dn [мм]	Q [Вт]	G [кг/с]	w [м/с]	R [Па/м]	Dzeta	dP [Па]
Стояк8 ВЦК №1 Цирк. кольцо отоп. пр.: 8 в помещении .....: 544											
dPцк = 58976 Па dPгр = 1976 Па dH = 17.42 м Lцк = 45.7 м											
П	А		1	2,60	50	121803	1,161	0,568	116,4	0,0	303
П	А		10	3,50	50	73074	0,696	0,341	42,5	3,0	322
П	В	8	1	0,60	15	3352	0,032	0,172	56,5	1,8	61
П	В	8	1	5,15	15	3352	0,032	0,172	56,5	0,0	291
П	В	8	1	1,65	15	3352	0,032	0,172	56,5	0,0	93
П	В	8	3	3,30	15	2534	0,024	0,130	32,9	0,5	113
П	В	8	5	3,30	15	1716	0,016	0,088	15,6	0,5	53
П	В	8	7	3,30	15	898	0,009	0,046	2,0	0,5	7
П	В	8	8	0,58	15	898	0,009	0,046	2,0	10986,7	11602
RA-DV П RA настройка 4 dn 15 мм											
Q = 0.032 м3/ч Kv = 0.094 м3/ч											
Отоп.пр.: 10 К-60 n = 10 эл. l = 1.00 м											
											16
О	В	8	9	0,42	15	898	0,009	0,045	2,6	0,7	2
О	В	8	10	3,30	15	898	0,009	0,045	2,6	0,5	9
О	В	8	12	3,30	15	1716	0,016	0,086	11,7	0,5	40
О	В	8	14	3,30	15	2534	0,024	0,128	33,2	0,5	113
О	В	8	16	1,15	15	3352	0,032	0,169	56,7	0,0	65
О	В	8	16	4,45	15	3352	0,032	0,169	56,7	1733,7	24966
ASV-PV 25 4G настройка 14 dn 15 мм											
dPst = 11.00 кПа Kv = 0.237 м3/ч											
О	В	8	16	0,40	15	3352	0,032	0,169	56,7	1,4	42
О	А		32	3,18	50	73074	0,696	0,335	42,2	364,1	20618
APT 20-60 настройка 12 dn 32 мм											
dPst = 36.00 кПа Kv = 5.690 м3/ч											
О	А		1	2,25	50	121803	1,161	0,559	115,3	0,0	259

**Вывод:** в данной главе выполнили гидравлический расчет системы отопления, потери составили  $\Delta p_{OЦК} = 59004$  Па,  $\Delta p_{ВЦК1} = 58976$  Па,  $\Delta p_{ВЦК2} = 58996$  Па.

### 5.2 Увязка циркуляционных колец. Подбор АБК

Для увязки тупиковой системы отопления необходимо, чтобы выполнялось условие:

$$H = \frac{\Delta p_p - \Delta p_\phi}{\Delta p_p} \cdot 100\% \leq \pm 5\%, \quad (5.1)$$

где  $\Delta p_p$  – располагаемые потери на необщих участках ОЦК, через стояк № 21;



$\Delta p_{\phi}$  – фактические потери давления на необщих участках ВЦК, через дальний стояк №49 и самый нагруженный стояк из средних стояк №8.

Потери давления в балансировочном клапане, определяются по формуле:

$$\Delta p_{\text{АБК}} = (\Delta p_p - \Delta p_{\phi}) + \Delta p_{\text{АБК}}^{\text{ТР}}, \quad (5.2)$$

где  $\Delta p_{\text{АБК}}^{\text{ТР}} = 20$  кПа – минимальные потери на клапанах.

Пропускная способность АБК определяется по формуле:

$$k_{vs} = \frac{G}{\sqrt{10 \cdot \Delta p_{\text{АБК}}}}, \quad (5.3)$$

где  $G$  – расход на стояке,  $\frac{\text{кг}}{\text{час}}$ .

К установке принимаем автоматический балансировочный клапан фирмы Danfoss, типа АРТ 20-60 с диаметром присоединения  $D_y = 32$  мм, пропускной способностью  $k_{vs} = 5,69 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}$ , при настройке 12 поддерживаемый перепад давления  $\Delta P = 36$  кПа.

К установке принимаем автоматический балансировочный клапан фирмы Danfoss, типа АРТ 20-60 с диаметром присоединения  $D_y = 25$  мм, пропускной способностью  $k_{vs} = 3,605 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}$ , при настройке 13 поддерживаемый перепад давления  $\Delta P = 34$  кПа.

К установке на стояке принимаем ручной балансировочный клапан фирмы Danfoss, типа ASV-PV25 4G с диаметром присоединения  $D_y = 15$  мм, пропускной способностью  $k_{vs} = 0,5 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}$ , при настройке 14 поддерживаемый перепад давления  $\Delta P = 11$  кПа.

На подводке к отопительному прибору на подающем трубопроводе устанавливается терморегулятор фирмы Danfoss, типа RA-DV П RA, диаметр присоединения  $D_y = 15$  мм.

**Вывод:** в данном разделе произвели подбор АБК, РБК и терморегуляторов. Подбор осуществлялся с помощью программы Danfoss С.О. 3.8, в результате на магистралях устанавливаются АБК фирмы «Danfoss», типа АРТ 20-60, на стояках уста-

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		90

навливаются РБК фирмы «Danfoss», типа ASV-PV25 4G, в качестве терморегулирующих устройств устанавливаются терморегуляторы фирмы «Danfoss», типа RADV П RA.

## 6 ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Подбор и расчет отопительных приборов в жилой части здания и лестничных клетках производился в программе «Danfoss C.O. 3.8».

По определенному  $Q_{\text{тр.ном}}$  подбирается отопительный прибор, тепловая мощность  $Q_{\text{пр}}$  которого должна соответствовать одному из следующих условий:

- $Q_{\text{пр}} > Q_{\text{тр.ном}}$  не более чем на 15%;
- $Q_{\text{пр}}$  может быть меньше  $Q_{\text{тр.ном}}$ , но не более чем на 60 Вт.

В дипломном проекте необходимо подобрать отопительные приборы для стояка, через который проходит ОЦК. В данном случае рассчитываем стояк № 21, приборы на последнем и типовом этажах.

### Для последнего этажа:

Подбираем стальной панельный радиатор DEKATHERM типа K11-3 с номинальным тепловым потоком 1289 Вт.

### Для типового этажа:

Подбираем стальной панельный радиатор DEKATHERM типа K11-5 с номинальным тепловым потоком 911 Вт.

В лестничной клетке устанавливаются конвекторы фирмы PURMO типа AURA WBE 28 08.

**Вывод:** в данной главе произвели расчет отопительных приборов СО, в качестве примера рассчитали ОП на стояке 21, и по требуемому номинальному потоку прибора подобрали в каталоге отопительный прибор на последнем и типовом этаже.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		91

## 7. РАЗРАБОТКА ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТА

В качестве примера разберем подбор оборудования ИТП для многоквартирного жилого дома после применения капитального ремонта по ул. Кирова, д. 86.

### 7.1 Исходные данные для проектирования

- 1) 5-этажное 5-секционное жилое здание  $H_{зд} = 22,25$  м.
- 2) Система отопления – двухтрубная с тупиковым движением теплоносителя.
- 3) Источник теплоснабжения здания – тепловые сети.
- 4) Параметры теплоносителя из тепловой сети:

$$\tau_1 = 130 \text{ }^\circ\text{C}, \tau_2 = 70 \text{ }^\circ\text{C}; P_1 = 0,49 \text{ МПа}, P_2 = 0,43 \text{ МПа}.$$

- 5) Параметры теплоносителя системы отопления:

$$T_1 = 95 \text{ }^\circ\text{C}, T_2 = 70 \text{ }^\circ\text{C}.$$

- 6) Схема подключения к тепловым сетям – независимая.
- 7) Тепловая мощность системы отопления:

$$Q_{co} = 362391 \text{ Вт}.$$

- 8) Тепловая мощность системы ГВС:

$$Q_{ГВС} = 100460 \text{ Вт}.$$

### 7.2 Описание индивидуального теплового пункта

Тепловой пункт расположен в подвальном помещении. Система отопления присоединяется к центральным тепловым сетям по независимой схеме.

В независимой схеме необходима установка теплообменника и линии подпитки для бесперебойной работы системы отопления в здании. Установлен теплообменник фирмы «Ридан», а также расширительный бак фирмы «VALTEC».

Циркуляции воды в системе отопления осуществляется с искусственным побуждением. Движение воды создается циркуляционным насосом, включенным в общую обратную магистраль, куда собирается охлажденная вода до температуры  $70^\circ\text{C}$  из всех приборов и стояков.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		92

Запорная арматура в тепловом пункте здания предназначена для отключения систем отопления и оборудования. В данном тепловом пункте устанавливается следующая арматура:

1) Регуляторы давления типа AFA/VFG2 фирмы «Danfoss». Предназначен для поддержания постоянного перепада давления в тепловом пункте.

2) Терморегулирующий клапан фирмы Danfoss типа VFG2. Предназначен для поддержания требуемой температуры в системе отопления и в зависимости от увеличения или уменьшения расхода, обеспечивают требуемую температуру без резких скачков.

3) Стальной шаровой кран Danfoss X3444.

4) Латунный шаровой кран «Danfoss» с рычажной рукояткой серии 065B полнопроходной с внутренней резьбой UNI ISO 7/1.

5) Сетчатый фильтр «Danfoss FVF».

Подбор оборудования ИТП должен быть осуществлен так, чтобы подача теплоносителя до потребителей обеспечивалась бесперебойно. Необходимо осуществить подбор регуляторов давления, фильтрующего оборудования, регуляторов температуры, а также циркуляционного насоса.

### 7.3 Подбор грязевика

Грязевики используются для улавливания стойких механических частиц, таких как ржавчина и окалина, которые могут причинить вред оборудованию и арматуре в трубопроводах различного назначения.

Необходимо подобрать грязевик из условия обеспечения скорости течения теплоносителя в нем  $0,05 \frac{м}{с}$ .

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		93

Исходя из полученного расхода теплоносителя, подбираем диаметр трубопроводов по [18, табл. П.2]: трубы стальные электросварные прямошовные

$$D_y = 100 \text{ мм}, \omega = 0,616 \frac{\text{м}}{\text{с}}, R = 45 \frac{\text{Па}}{\text{м}}.$$

По условному диаметру  $D_y = 100$  мм подбираем грязевик ГТП (ТС-569-04).

#### 7.4 Подбор теплообменника

С помощью пластинчатого теплообменника осуществляется присоединение системы отопления к тепловым сетям по независимой схеме. С помощью специальной расчетной программы "РИДАН" задаем необходимые параметры для подбора теплообменника:

Параметры теплоносителя из тепловой сети:

$$\tau_1 = 130 \text{ }^\circ\text{C}, \tau_2 = 70 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Параметры теплоносителя системы отопления:

$$T_1 = 95 \text{ }^\circ\text{C}, T_2 = 70 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Тепловая мощность системы отопления  $Q_{\text{со}} = 362391$  Вт.

The screenshot shows the 'РИДАН' software interface for selecting a plate heat exchanger. The interface is divided into several sections:

- Input Parameters:**
  - Мощность: 362 кВт
  - Расчетная температура: 130 °C
  - Расчетное давление: 16 атм.
  - Прокладка (для разборных ПТО): EPDM
  - Материал пластин: AISI316
  - Толщина пластины: Авто мм
  - Запас поверхности на загрязнение: 10 %
  - Направление потоков: Противоток
  - Тип среды: Вода
- Output Parameters:**
  - Массовый расход: 13772,02 / 31930,25 кг/ч
  - Температура среды на входе в ПТО: 130 / 69 °C
  - Температура среды на выходе из ПТО: 70 / 95 °C
  - Допускаемые потери давления в ПТО: 3,06 / 3,06 м.вод.ст.
  - Тип ответных фланцев: Черные
  - Тип теплообменника: Разборные ПТО
  - Число ходов: 1х
- Graph:** A line graph showing temperature profiles. The left y-axis ranges from -60 to 200 °C. The right y-axis ranges from -60 to 200 °C. The graph shows two lines: one for the heating medium (top) and one for the system (bottom). The heating medium starts at 130 °C and ends at 70 °C. The system starts at 95 °C and ends at 69 °C.
- Buttons:** A button labeled 'Подобрать теплообменник' is located at the bottom right.

Рисунок 7.2 – Исходные данные для подбора теплообменника

№	ПТО	Цена (%)	S (м2)	V (л)	Ходы	Срок поставки (недели)
1	НН-19-16/4-79-ТМТЛ86 (Ду 65 мм)	100	16,94	46,800	1	1
2	НН-47-16/1-44-ТКТМ88 (Ду 100 мм)	111	21,42	49,451	1	1
3	НН-41-16/1-44-ТЛ (Ду 150 мм)	119	18,90	53,750	1	1
4	НН-62-16/1-33-ТКТЛ66 (Ду 150 мм)	128	21,08	67,200	1	1
5	НН-20-16/3-104-ТМ (Ду 50 мм)	134	21,42	45,320	1	1
6	НН-86-16/1-26-ТК (Ду 150 мм)	142	21,60	67,500	1	1
7	НН-14-16/5-155-ТЛ (Ду 50 мм)	158	22,95	53,900	1	1
8	НН-65-16/1-32-ТЛ (Ду 200 мм)	161	20,40	52,700	1	4

Тепловая мощность	362	кВт
Запас пов-ти на загр. / Ф-р загр.	10,5% / 23,1 м2К/МВт	LMTD 9,6 С
К-т теплопередачи (треб./расч.)	4064 / 4491	ккал / (м2 ч С)
Тип среды	Гор. Вода	Хол. Вода
Расход	13772,02	31930,25 кг/ч
Температура	130 -> 70	95 < 69 С
Потери давления / в портах	0,72 / 0,02	2,93 / 0,09 м.вод.ст.
Скорость в портах / каналах	0,51 / 0,45	1,16 / 0,94 м/с
Масса пустой / заполненный	650 / 700 кг	Прокладка EPDM
0,5 мм AISI316; Фланцы Ду 100 (Черные); Максимальное кол-во пластин: 50; (P)		
<b>Основные теплофизические характеристики</b>		
Плотность	958,59	970,85 кг/м3
Удельная теплоемкость	4217,25	4197,61 Дж/(кг*К)
Теплопроводность	0,68	0,67 Вт/(м*К)
Динамическая вязкость	0,0002817	0,0003509 Па*с

НН-47-16/1-44-ТКТМ88 (Ду 100 мм)

Показать НН-47 на сайте

Печать и экспорт    Выход

Рисунок 7.3 – Итоги подбора теплообменника

Подбираем теплообменник типа НН-47-16/1-44-ТКТМ88 ( $D_y = 100$  мм).  $P_{тс} = 7200$  Па,  $P_{с0} = 29300$  Па.

## Подбор теплообменника для ГВС

Параметры теплоносителя системы ГВС:  $t_3 = 70^\circ\text{C}$ ,  $t_4 = 50^\circ\text{C}$ .

Среднечасовой расход воды:  $G_{2hm} = 3474 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .

Тепловая мощность:

$$Q_{\text{ГВС}} = 100460 \text{ Вт.}$$

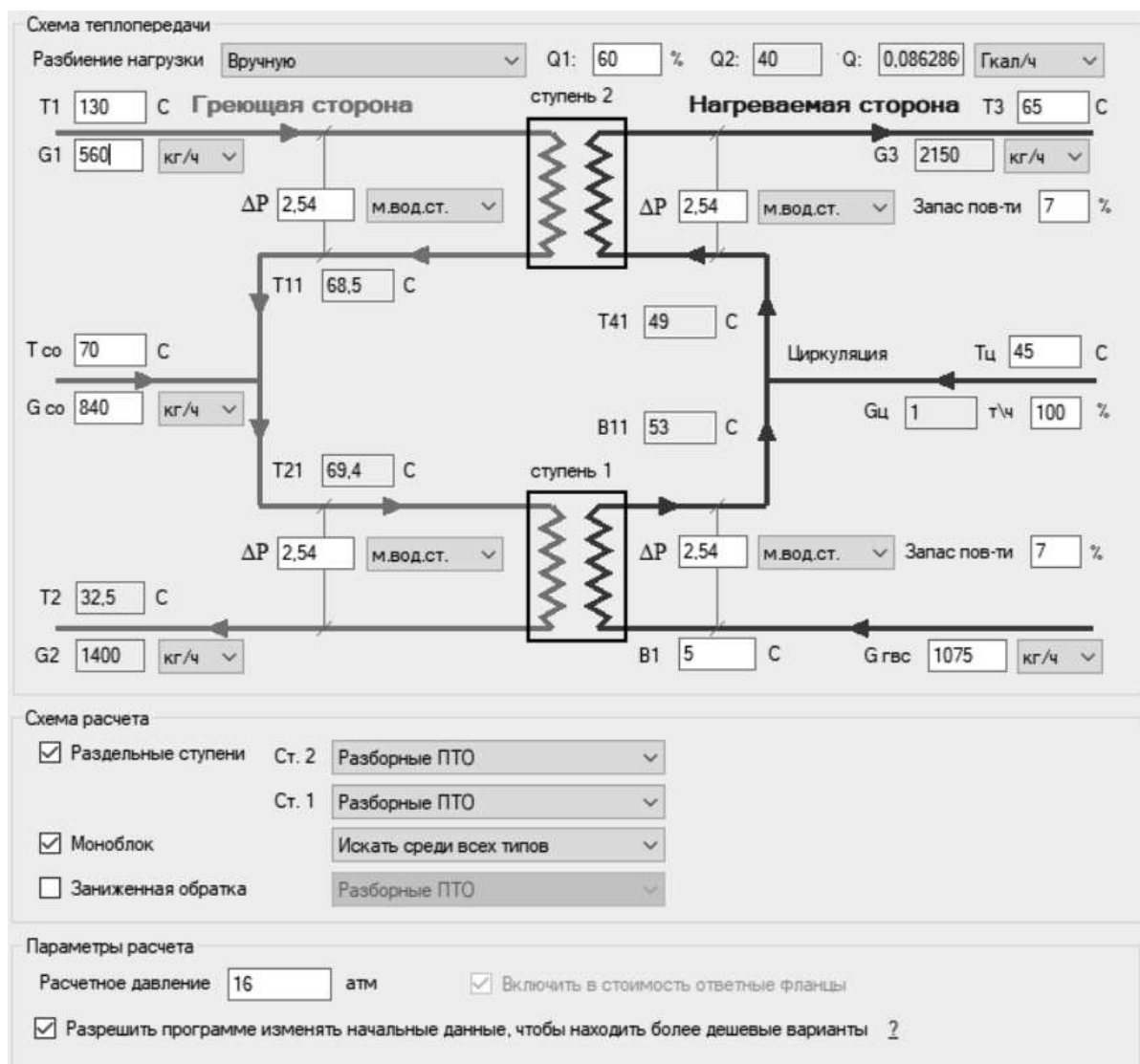


Рисунок 7.4 – Исходные данные для подбора

Раздельные ступени		ΔP (гор/хол) м. вод. ст.	Запас / Фактор загр. %	К треб./расч. м2К/МВт	Скорость в портах (гор/хол) ккал/(м2с)	С, м2	V (л)	M (кг)	
ст. 2: 40 %	НН-04-16/1-15-TL (Dy 32 мм)	1,68 / 1,68	497,7 /	773,1	973 / 5813	0,78 / 0,75	0,55	2,38	46
ст. 1: 60 %	НН-04-16/1-17-TL (Dy 32 мм)	2,47 / 0,34	208,8 /	466,3	1309 / 4044	1,07 / 0,37	0,63	2,72	46

Цена: 221 % Печать и экспорт

Рисунок 7.5 – Итоги подбора теплообменника для ГВС

Подбираем теплообменник типа ст. 1 НН-04-16/1-17-TL ( $D_y = 32$  мм).  $P_{co} = 3400$  Па,  $P_{ГВС} = 24700$  Па, ст. 2 НН-04-16/1-15-TL ( $D_y = 32$  мм).  $P_{co} = 16800$  Па,  $P_{ГВС} = 16800$  Па.

### 7.5 Линия подпитки

В системе водяного отопления должен циркулировать постоянный объём теплоносителя. В ИТП проектируют подпиточную линию так как в процессе эксплуатации происходят утечки теплоносителя. Подпитка необходима для возмещения потерь объёма теплоносителя в системе отопления.

Подпиточный насос используется когда соблюдается условие:  $P_1 < P_{2co}^{min}$

$$P_1 = 0,49 \text{ м} > P_{2co}^{min} = 0,28 \text{ м}.$$

Следовательно, подпиточный насос устанавливать не требуется.

### 7.6 Подбор расширительного бака

Расширительный бак - это важный элемент системы отопления. Он предназначен для приёма избытка воды, который возникает при её расширении в результате нагревания. Кроме того, бак предназначен для восполнения объёма воды в системе при небольших утечках и при понижении температуры.

К установке принимаем мембранный расширительный бак фирмы «VALTEC» типа VT.RV.R-1000 объёмом 1000 литров.

### 7.7 Подбор регулятора температуры

Регулятор температуры необходимо подбирать в зависимости от расхода и перепада давления на клапане.



Основной характеристикой регулятора температуры является авторитет клапана.

$$\Delta p_{\text{рег.с}} = 7200 \text{ Па} = 0,72 \text{ м вод. ст.} = 0,072 \text{ бар.}$$

Предварительно определим перепад давления на клапане:

$$\Delta p_{\text{кл}} = 0,072 \text{ бар.}$$

$k_{vS}$  – пропускная способность термостатического клапана, определяется по номограмме.

$$k_{vS} = 63 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

Найдем перепад давления на клапане по формуле 6.9:

$$\Delta p_{\text{кл}} = 0,076 \text{ бар} = 7600 \text{ Па.}$$

Определим авторитет клапана:

$$a = \frac{7600}{7600 + 7200} = 0,514.$$

$$a = 0,514 > 0,5$$

Условие выполняется.

К установке принимаем терморегулирующий клапан фирмы Danfoss типа с VFG2  $k_{vS} = 80 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ , и  $D_y = 80$  мм.

## 7.8 Подбор теплосчетчика

Теплосчетчик состоит из расходомеров, расположенных на подающем и на обратном трубопроводах. Так же устанавливается датчик температуры и тепловычислитель.

Подберем электромагнитный расходомер «Landis Gyr» типа UN50x83.

$$\Delta P_{\text{тепл.счет}} = 11500 \text{ Па.}$$

## 7.9 Подбор регулятора перепада давления

Регулятор давления в системе необходим для того, чтобы гасить перепад давления тепловой сети и теплового пункта, а также системы отопления.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		98

Перепад давления на регуляторе:

$$\Delta P_{рд} = 33700 \text{ Па.}$$

Определим требуемую пропускную способность регулятора:

$$K_{vS} = 35,8 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}.$$

К установке принимаем регулятор перепада давления фирмы Danfoss типа AFA/VFG2 с диаметром  $D_y = 65 \text{ мм}$ ,  $K_{vS} = 50 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$ .

### 7.10 Подбор циркуляционного насоса

Подбор циркуляционного насоса осуществим по напору на преодоление всех потерь в системе и расходу теплоносителя в системе отопления.

Максимальный расход циркуляционного насоса:

$$G_{цн} = 34779 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}.$$

Напор циркуляционного насоса:

$$\Delta P_{цн} = 675 \text{ кПа.}$$

Произведем подбор насоса с помощью программы Wilo-Select 4.

К установке принимаем циркуляционный насос с сухим ротором фирмы Wilo типа Standard IL 65/220-22/2.

### Подбор циркуляционного насоса для системы ГВС

Расход циркуляционного насоса:  $G_{цн} = 3474 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$ .

Напор циркуляционного насоса:

$$\Delta P_{цн} = 1,1 \cdot (P_{co} + P_{ГВС}),$$

$$\Delta P_{цн} = 1,1 \cdot (4900 + 27500) = 35640 \text{ Па.}$$

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		99

Произведем подбор насоса в программе Wilo-Select 4.

Для системы ГВС устанавливается насос с мокрым ротором Standard фирмы Wilo типа TOP-Z 40/7 DM PN16 RG.

Схемы ИТП до капитального ремонта приведена в приложении В и после капитального ремонта представлена в приложении Г.

**Вывод:** в данной главе произвели подбор основного оборудования для индивидуального теплового пункта, в качестве примера разобрали подбор оборудования для дома по ул. Кирова, д. 86. Результаты подбора оборудования для данного дома: теплообменник для системы отопления фирмы «RIDAN» типа НН-47-16/1-44-ТКТМ88, теплообменник для системы ГВС фирмы «RIDAN» типа ст. 1 НН-04-16/1-17-TL, ст. 2 НН-04-16/1-15-TL, грязевик фирмы «ГТП» типа ТС-569-04, расширительный бак фирмы «VALTEC» типа VT.RV.R-1000 объем 1000 л., насос для системы отопления фирмы «Wilo» типа Standard IL 65/220-22/2, насос для системы ГВС фирмы «Wilo» тип TOP-Z 40/7, расходомер фирмы «Landis Gyr» типа UN50x83, регулятор температуры системы отопления фирмы «Danfoss» типа VFG2 с Ду-80 мм  $Kvs=80 \text{ м}^3/\text{ч}$ , регулятора перепада давления фирмы «Danfoss» типа AFA/VFG2 Ду-65 мм  $Kvs=50 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

## 8 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЗРАБОТАННЫХ ВАРИАНТОВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Произведем укрупненный расчет с целью определения капитальных затрат при капитальном ремонте жилого многоквартирного дома. Расчет предполагает использование методики, прописанной в «Практическом пособии по повышению энергетической эффективности МКД при капитальном ремонте».

Абсолютная величина удельного параметра дополнительных капитальных затрат определяется следующим образом:

$$Q_{p.абс.} = Q_p \cdot S_{общ}, \quad (8.1)$$

где  $Q_p$  – расчетное значение искомого удельного параметра дополнительных капитальных затрат, руб/м<sup>2</sup>;

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		100

$S_{\text{общ}}$  – общая отапливаемая площадь для рассматриваемого МКД, м<sup>2</sup>.

$$Q_p = \frac{Q_{\text{табл}}}{216} \cdot S_p, \quad (8.2)$$

где  $Q_{\text{табл}}$  – табличное значение искомого удельного параметра дополнительных капитальных затрат, взятое из Регионального приложения, руб/м<sup>2</sup>;

$S_p$  – площадь этажа, приходящаяся на один подъезд рассматриваемого МКД, м<sup>2</sup>;

216 – площадь этажа, приходящаяся на один подъезд зданий, данные по которым представлены в Региональном приложении, м<sup>2</sup>.

$$S_p = \frac{S_{\text{общ}}}{N \cdot P}, \quad (8.3)$$

где  $N$  – количество этажей рассматриваемого МКД, ед.;

$P$  – количество подъездов рассматриваемого МКД, ед.

В качестве примера произведем расчет для МКД по ул. Кирова, д. 86, после применения всех энергосберегающих мероприятий.

Определим  $Q_{\text{табл}}$  для всех энергосберегающих мероприятий по Региональному приложению для Челябинской области.

1.3 Повышение уровня теплозащиты наружных стен до нормативов 2020 г.  
 $Q_{\text{табл}} = 138,9$  руб/м<sup>2</sup>;

1.6 Повышение уровня теплозащиты окон и балконных дверей до нормативов 2020 г.  
 $Q_{\text{табл}} = 1638,4$  руб/м<sup>2</sup>;

1.9 Уплотнение наружных входных дверей в подъездах с установкой доводчиков (обеспечение автоматического закрывания дверей),  $Q_{\text{табл}} = 4,12$  руб/м<sup>2</sup>;

2.3 Утепление крыши или чердачных перекрытий до нормативов 2016-2020 г.  
 $Q_{\text{табл}} = 82,2$  руб/м<sup>2</sup>;

3.1 Теплоизоляция внутридомовых инженерных сетей в подвале или на чердаке,  
 $Q_{\text{табл}} = 3,5$  руб/м<sup>2</sup>;

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		101

3.3 Установка общедомовых приборов учета потребления тепловой энергии,  
 $Q_{\text{табл}} = 28,7 \text{ руб/м}^2$ ;

3.8 Установка автоматизированного индивидуального теплового пункта – АИТП,  $Q_{\text{табл}} = 193,3 \text{ руб/м}^2$ ;

3.10 Установка терморегулирующих клапанов (терморегуляторов) на отопительные приборы,  $Q_{\text{табл}} = 43,6 \text{ руб/м}^2$ ;

Для 5 – этажного, 5-секционного МКД по ул. Кирова, д. 86 после утепления всего:

$$S_p = \frac{S_{\text{общ}}}{N \cdot P} = \frac{8463}{5 \cdot 5} = 339 \text{ м}^2.$$

$$Q_p = \frac{Q_{\text{табл}}}{216} \cdot S_p = \frac{2133}{216} \cdot 339 = 3348 \text{ руб/м}^2$$

$$Q_{\text{р.абс.}} = Q_p \cdot S_{\text{общ}} = 3348 \cdot 8463 = 28\,352\,870 \text{ руб.}$$

Для 5 – этажного, 5-секционного МКД по ул. Кирова, д. 86 после утепления чердачного покрытия и перекрытия над неотапливаемым подвалом:

$$S_p = \frac{S_{\text{общ}}}{N \cdot P} = \frac{8463}{5 \cdot 5} = 339 \text{ м}^2.$$

$$Q_p = \frac{Q_{\text{табл}}}{216} \cdot S_p = \frac{1994}{216} \cdot 339 = 3130 \text{ руб/м}^2$$

$$Q_{\text{р.абс.}} = Q_p \cdot S_{\text{общ}} = 3130 \cdot 8463 = 26\,489\,190 \text{ руб.}$$

Для 9 – этажного, 4-секционного МКД по ул. Горького, д. 68 после утепления всего:

$$S_p = \frac{S_{\text{общ}}}{N \cdot P} = \frac{8186}{9 \cdot 4} = 227 \text{ м}^2.$$

$$Q_p = \frac{Q_{\text{табл}}}{216} \cdot S_p = \frac{2133}{216} \cdot 227 = 2242 \text{ руб/м}^2$$

$$Q_{\text{р.абс.}} = Q_p \cdot S_{\text{общ}} = 2242 \cdot 8186 = 22\,148\,609 \text{ руб.}$$

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		102

Для 9 – этажного, 4-секционного МКД по ул. Горького, д. 68 после утепления чердачного покрытия и перекрытия над неотапливаемым подвалом:

$$S_p = \frac{S_{\text{общ}}}{N \cdot P} = \frac{8186}{9 \cdot 4} = 227 \text{ м}^2.$$

$$Q_p = \frac{Q_{\text{табл}}}{216} \cdot S_p = \frac{1994}{216} \cdot 227 = 2096 \text{ руб/м}^2$$

$$Q_{\text{р.абс.}} = Q_p \cdot S_{\text{общ}} = 2096 \cdot 8186 = 17\,157\,856 \text{ руб.}$$

В качестве примера рассчитаем смету на утепление фасада многоквартирного жилого дома по ул. Кирова, д. 86.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		103

Стройка: утепление и ремонт фасада МКД ул.Кирова 86

Объект: утепление и ремонт фасада МКД ул.Кирова 86

**ЛОКАЛЬНАЯ СМЕТА № 1**  
(Локальный сметный расчет)  
утепление и ремонт фасада МКД ул.Кирова 86

Сметная стоимость: **2 924.684** тыс. руб.  
Нормативная трудоемкость: **5.355** тыс.чел.ч  
Сметная заработная плата: **915.900** тыс. руб.

Составлена в текущих ценах на 01.2020 г.

№ поз.	Шифр и № позиции норматива, Наименование работ и затрат, Единица измерения	Количество	Стоим. ед., руб.		Общая стоимость, руб.			Затр. труда рабочих, не зан. обл. машин, чел-ч	
			всего	экс. маш.	всего	оплата труда осн. раб.	экс. маш. в т.ч. опл. труда мех.	обслуж. машины	
			оплата труда осн. раб.	в т.ч. опл. труда мех.				на ед.	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

**Раздел 1. Общестроительные работы**

*Ремонт фасада*

1.	E46-02-009-02 Отбивка штукатурки с поверхностей стен и потолков кирпичных, 100 м2	10.714	<u>3 437.83</u> 3 437.83		36 833	36 833		<u>22.82</u>	<u>244.49348</u>
2.	E62-42-1 (к=2) Протравка цементной штукатурки нейтрализующим раствором за два раза, 100 м2 протравленной поверхности <i>Начисления: H5= 2, H48= 2</i>	0.754	<u>1 289.39</u> 1 135.90		972	856		<u>7.54</u>	<u>5.68516</u>
3.	E15-02-001-01 Улучшенная штукатурка фасадов цементно-известковым раствором по камню стен, 100 м2 оштукатуриваемой поверхности	10.714	<u>22 852.16</u> 13 155.33	<u>837.13</u> 505.63	244 838	140 946	<u>8 969</u> 5 417	<u>70.88</u> 2.78	<u>759.40832</u> 29.78492
4.	E61-10-3 Ремонт штукатурки гладких фасадов по камню и бетону с земли и лесов цементно-известковым раствором площадью отдельных мест более 5 м2 толщиной слоя до 20 мм, 100 м2 отремонтированной поверхности	4.277	<u>42 159.87</u> 31 842.49	<u>6.46</u>	180 318	136 190	<u>28</u>	<u>188.25</u>	<u>805.14525</u>

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5.	E15-04-006-03 Покрытие поверхностей грунтовкой глубокого проникновения за 1 раз стен ( первая грунтовка), 100 м2 покрытия	19.163	<u>1 232.04</u> 1 215.68	<u>10.89</u> 1.82	23 609	23 296	<u>209</u> 35	<u>6.55</u> 0.01	<u>125.51765</u> 0.19163
6.	С"Прайс". Грунтовка морозостойкая Ceresit, л	191.63	<u>49.90</u>		9 562				
7.	E62-27-1 Сплошная шпаклевка ранее оштукатуренных поверхностей цементно-поливинилацетатным составом с лесов и земли, 100 м2 ошпаклеванной поверхности	19.163	<u>4 384.29</u> 3 969.21	<u>7.51</u>	84 016	76 062	<u>144</u>	<u>24.05</u>	<u>460.87015</u>
8.	С"Прайс". Зимняя шпаклевка Vittonitn fasade WINTER (2мм), кг	229.95	<u>20.50</u>		4 714				
9.	E15-04-006-03 Покрытие поверхностей грунтовкой глубокого проникновения за 1 раз стен (вторая грунтовка), 100 м2 покрытия	19.163	<u>1 232.04</u> 1 215.68	<u>10.89</u> 1.82	23 609	23 296	<u>209</u> 35	<u>6.55</u> 0.01	<u>125.51765</u> 0.19163
10.	С"Прайс". Грунтовка морозостойкая Ceresit, л	191.63	<u>49.90</u>		9 562				
11.	E15-04-014-03 Окраска фасадов с лесов по подготовленной поверхности поливинилацетатная (за два раза), 100 м2 окрашиваемой поверхности	19.163	<u>2 154.81</u> 1 209.36	<u>39.01</u>	41 293	23 175	<u>748</u>	<u>6.74</u>	<u>129.15862</u>
12.	C101-0348 Краски водно-дисперсионные поливинилацетатные ВД-ВА-17 серовато-розовая, т Объем: (19.163)*(-0.038)	-0.728194	<u>23 853.75</u>		-17 370				
13.	С"Прайс". Краска АП-115ф фасадная морозостойкая, кг	728.19	<u>86.00</u>		62 624				
14.	E53-15-1 Ремонт лицевой поверхности наружных кирпичных стен при глубине заделки в 1/2 кирпича площадью в одном месте до 1 м2, 100 м2 отремонтированной поверхности стен	0.276	<u>134 384.09</u> 63 910.31	<u>822.31</u> 235.38	37 090	17 639	<u>227</u> 65	<u>397.65</u> 1	<u>109.7514</u> 0.276



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15.	E62-25-1 Огрунтовка ранее окрашенных фасадов под окраску перхлорвиниловыми красками простых с земли и лесов (кирпичная часть фасада), 100 м2 обработанной поверхности	8.4572	<u>2 219.76</u> 716.86	<u>221.59</u>	18 773	6 063	<u>1 874</u>	<u>4.29</u>	<u>36.281388</u>
16.	C113-0032 Грунтовка ХС-04 коричневая, т Объем: (8.4572)*(-0.0161)	-0.1362	<u>79 584.42</u>		-10 839				
17.	С"Прайс". Грунтовка морозостойкая Ceresit, л	84.57	<u>49.90</u>		4 220				
18.	E62-26-4 Окраска перхлорвиниловыми красками по подготовленной поверхности фасадов простых за 2 раза с земли и лесов (кирпичной части фасада), 100 м2 окрашиваемой поверхности	8.4572	<u>5 786.26</u> 2 437.99	<u>827.71</u>	48 936	20 619	<u>7 000</u>	<u>14.59</u>	<u>123.39055</u>
19.	C101-0485 Краска ХВ-161 перхлорвиниловая фасадная марок А, Б, т Объем: (8.4572)*(-0.0538)	-0.455	<u>45 204.12</u>		-20 568				
20.	С"Прайс". Краска АП-115ф фасадная морозостойкая, кг  <i>Ремонт оконных откосов</i>	455	<u>86.00</u>		39 130				
21.	E61-20-1 Ремонт штукатурки наружных прямолинейных откосов по камню и бетону цементно-известковым раствором с земли и лесов, 100 м2 отремонтированной поверхности	0.472	<u>78 649.93</u> 58 027.66	<u>12.38</u>	37 123	27 389	<u>6</u>	<u>323.4</u>	<u>152.6448</u>
22.	E15-04-006-03 Покрытие поверхностей грунтовкой глубокого проникновения за 1 раз стен, 100 м2 покрытия	0.472	<u>1 232.04</u> 1 215.68	<u>10.89</u> 1.82	582	574	<u>5</u> 1	<u>6.55</u> 0.01	<u>3.0916</u> 0.00472
23.	С"Прайс". Грунтовка морозостойкая Ceresit, л	4.72	<u>49.90</u>		236				
24.	E62-27-1 Сплошная шпаклевка ранее оштукатуренных поверхностей цементно-поливинилацетатным составом с лесов и земли, 100 м2 ошпаклеванной поверхности	0.974	<u>4 384.29</u> 3 969.21	<u>7.51</u>	4 270	3 866	<u>7</u>	<u>24.05</u>	<u>23.4247</u>

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25.	С"Прайс". Зимняя шпаклевка Vittonitn fasade WINTER (2мм), кг	9.74	<u>20.50</u>		200				
26.	E15-04-006-03 Покрытие поверхностей грунтовкой глубокого проникновения за 1 раз стен, 100 м2 покрытия	0.974	<u>1 232.04</u> 1 215.68	<u>10.89</u> 1.82	1 200	1 184	<u>11</u> 2	<u>6.55</u> 0.01	<u>6.3797</u> 0.00974
27.	С"Прайс". Грунтовка морозостойкая Ceresit, л	9.74	<u>49.90</u>		486				
28.	E15-04-014-03 Окраска фасадов с лесов по подготовленной поверхности поливинилацетатная, 100 м2 окрашиваемой поверхности	0.974	<u>2 154.81</u> 1 209.36	<u>39.01</u>	2 099	1 178	<u>38</u>	<u>6.74</u>	<u>6.56476</u>
29.	C101-0348 Краски водно-дисперсионные поливинилацетатные ВД-ВА-17 серовато-розовая, т  Объем: (0.974)*(-0.038)	-0.037012	<u>23 853.75</u>		- 883				
30.	С"Прайс". Краска АП-115ф фасадная морозостойкая, кг	37	<u>86.00</u>		3 182				
31.	E63-2-3 Смена стекол толщиной 4-6 мм в деревянных переплетах на штапиках по замазке при площади стекол до 1,0 м2, 100 м2 остекления  <i>Окраска оконных рам</i>	0.586	<u>43 920.42</u> 18 677.06	<u>272.19</u> 45.47	25 737	10 945	<u>160</u> 27	<u>105.3</u> 0.25	<u>61.7058</u> 0.1465
32.	E62-4-5 Простая масляная окраска ранее окрашенных окон только со стороны фасада с приставных лестниц без подготовки с расчисткой старой краски до 10%, 100 м2 окрашиваемой поверхности	2.544	<u>7 445.43</u> 6 782.59	<u>45.06</u>	18 941	17 255	<u>115</u>	<u>40.59</u>	<u>103.26096</u>
33.	E58-16-1 (прим.) Ремонт цементной стяжки площадью заделки до 0,25 м2 - под оконными отливами, 100 мест	1.54	<u>10 264.76</u> 7 772.93	<u>344.90</u> 65.54	15 808	11 970	<u>531</u> 101	<u>45.4</u> 0.32	<u>69.916</u> 0.4928
34.	E58-20-1 Смена обделок из листовой стали (поясков, сандриков, отливов, карнизов) шириной до 0,4 м, 100 м	2.156	<u>14 702.42</u> 6 834.31	<u>57.06</u> 14.55	31 698	14 735	<u>123</u> 31	<u>41.41</u> 0.08	<u>89.27996</u> 0.17248

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Объем: 154*1.4								
	<i>Ремонт балконных плит</i>								
35.	E56-23-1 Обрамление балконных плит угловой сталью, т	0.183	<u>40 716.49</u> 7 623.44	<u>229.75</u> 69.11	7 451	1 395	<u>42</u> 13	<u>44</u> 0.38	<u>8.052</u> 0.06954
36.	E15-02-036-02 Штукатурка по сетке без устройства каркаса улучшенная потолков, 100 м2 оштукатуриваемой поверхности	0.696	<u>59 619.35</u> 25 654.80	<u>537.64</u> 265.12	41 495	17 856	<u>374</u> 185	<u>144.64</u> 1.44	<u>100.66944</u> 1.00224
37.	E15-04-006-03 Покрытие поверхностей грунтовкой глубокого проникновения за 1 раз стен, 100 м2 покрытия	0.696	<u>1 232.04</u> 1 215.68	<u>10.89</u> 1.82	857	846	<u>8</u> 1	<u>6.55</u> 0.01	<u>4.5588</u> 0.00696
38.	С"Прайс". Грунтовка морозостойкая Ceresit, л	6.96	<u>49.90</u>		347				
39.	E62-27-1 Сплошная шпаклевка ранее оштукатуренных поверхностей цементно-поливинилацетатным составом с лесов и земли, 100 м2 ошпаклеванной поверхности	0.696	<u>4 384.29</u> 3 969.21	<u>7.51</u>	3 051	2 763	<u>5</u>	<u>24.05</u>	<u>16.7388</u>
40.	С"Прайс". Зимняя шпаклевка Vittonitn fasade WINTER (2мм), кг	8.35	<u>20.50</u>		171				
41.	E15-04-006-03 Покрытие поверхностей грунтовкой глубокого проникновения за 1 раз стен, 100 м2 покрытия	0.696	<u>1 232.04</u> 1 215.68	<u>10.89</u> 1.82	857	846	<u>8</u> 1	<u>6.55</u> 0.01	<u>4.5588</u> 0.00696
42.	С"Прайс". Грунтовка морозостойкая Ceresit, л	6.96	<u>49.90</u>		347				
43.	E15-04-014-03 Окраска фасадов с лесов по подготовленной поверхности поливинилацетатная, 100 м2 окрашиваемой поверхности	0.696	<u>2 154.81</u> 1 209.36	<u>39.01</u>	1 500	842	<u>27</u>	<u>6.74</u>	<u>4.69104</u>
44.	S101-0348 Краски водно-дисперсионные поливинилацетатные ВД-ВА-17 серовато-розовая, т Объем: (0.696)*(-0.038)	-0.026448	<u>23 853.75</u>		- 631				
45.	С"Прайс". Краска АП-115ф фасадная морозостойкая, кг	26.44	<u>86.00</u>		2 274				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
46.	E62-5-3 (прим.) Простая масляная окраска ранее окрашенных дверей с подготовкой и расчисткой старой краски до 35% - балясин, 100 м2 окрашиваемой поверхности  <i>Металлическая решетка</i>	0.672	<u>8 718.74</u> 6 839.40	<u>78.83</u> 18.19	5 859	4 596	<u>53</u> 12	<u>40.93</u> 0.1	<u>27.50496</u> 0.0672
47.	E62-35-4 Окраска масляными составами ранее окрашенных металлических решеток и оград художественных с рельефом за 2 раза, 100 м2 окрашиваемой поверхности  <i>Двери</i>	0.12	<u>19 081.68</u> 16 826.97	<u>7.51</u>	2 290	2 019	<u>1</u>	<u>100.7</u>	<u>12.084</u>
48.	E56-10-1 Снятие дверных полотен, 100 м2 дверных полотен	0.156	<u>5 570.07</u> 5 570.07		869	869		<u>36.28</u>	<u>5.65968</u>
49.	E56-9-1 Демонтаж дверных коробок в каменных стенах с отбивкой штукатурки в откосах, 100 коробок	0.06	<u>32 594.85</u> 27 786.12	<u>4 808.73</u> 813.10	1 956	1 667	<u>289</u> 49	<u>179.3</u> 3.97	<u>10.758</u> 0.2382
50.	E09-06-001-01 Монтаж конструкций дверей,, т конструкций Объем: 17.64*0.05	0.882	<u>16 033.17</u> 14 769.43	<u>1 069.50</u> 115.34	14 141	13 027	<u>943</u> 102	<u>89.49</u> 0.49	<u>78.93018</u> 0.43218
51.	C201-0251 Двери стальные утепленные двупольные 2ДСУ 2.02.1, шт.	6	<u>11 519.91</u>		69 119				
52.	E62-10-5 Улучшенная масляная окраска ранее окрашенных дверей за два раза с расчисткой старой краски до 35%, 100 м2 окрашиваемой поверхности  <i>Окраска карниза</i>	0.07	<u>13 222.06</u> 11 087.09	<u>78.83</u> 18.19	926	776	<u>6</u> 1	<u>66.35</u> 0.1	<u>4.6445</u> 0.007
53.	E62-21-7 (прим.) Простая масляная окраска ранее окрашенных фасадов с подготовкой и расчисткой старой краски до 35% с земли и лесов - деревянного карниза, 100 м2 окрашиваемой поверхности	2.051	<u>7 301.41</u> 5 718.41	<u>76.01</u>	14 975	11 728	<u>156</u>	<u>33.4</u>	<u>68.5034</u>

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Ремонт цоколя</i>									
54.	E61-10-1 (прим.) Ремонт штукатурки гладких фасадов по камню и бетону с земли и лесов цементно-известковым раствором площадью отдельных мест до 5 м2 толщиной слоя до 20 мм - под "шубу", 100 м2 отремонтированной поверхности	0.975	<u>44 458.62</u> 34 141.24	<u>6.46</u>	43 347	33 288	<u>6</u>	<u>201.84</u>	<u>196.794</u>
55.	E15-04-006-03 Покрытие поверхностей грунтовкой глубокого проникновения за 1 раз стен, 100 м2 покрытия	2.93	<u>1 232.04</u> 1 215.68	<u>10.89</u> 1.82	3 610	3 562	<u>32</u> 5	<u>6.55</u> 0.01	<u>19.1915</u> 0.0293
56.	С"Прайс". Грунтовка морозостойкая Ceresit, л	29.3	<u>49.90</u>		1 462				
57.	E15-04-014-03 Окраска фасадов с лесов по подготовленной поверхности поливинилацетатная, 100 м2 окрашиваемой поверхности	2.93	<u>2 154.81</u> 1 209.36	<u>39.01</u>	6 314	3 543	<u>114</u>	<u>6.74</u>	<u>19.7482</u>
58.	C101-0348 Краски водно-дисперсионные поливинилацетатные ВД-ВА-17 серовато-розовая, т Объем: (2.93)*(-0.038)	-0.11134	<u>23 853.75</u>		-2 656				
59.	С"Прайс". Краска АП-115ф фасадная морозостойкая, кг	111.34	<u>86.00</u>		9 575				
					<b>1 191 507</b>	<b>693 694</b>	<b>22 468</b>	<b>4024.5752</b>	
							<b>6 083</b>	<b>33.13</b>	
	<b>СТОИМОСТЬ ОБЩЕСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ -</b>				<b>1 191 507</b>	<b>693 694</b>	<b>22 468</b>	<b>4024.5752</b>	
							<b>6 083</b>	<b>33.13</b>	
	<b>. НАКЛАДНЫЕ РАСХОДЫ - (%=108.9 - по стр. 1; %=88 - по стр. 2, 7, 15, 18, 24, 32, 39, 46, 47, 52, 53; %=104.4 - по стр. 3, 5, 9, 11, 22, 26, 28, 36, 37, 41, 43, 55, 57; %=87 - по стр. 4, 21, 54; %=95 - по стр. 14; %=85 - по стр. 31; %=91 - по стр. 33, 34; %=90 - по стр. 35, 48, 49; %=89.1 - по стр. 50)</b>				<b>663 952</b>				
	<b>. СМЕТНАЯ ПРИБЫЛЬ - (%=59.5 - по стр. 1; %=50 - по стр. 2, 4, 7, 15, 18, 21, 24, 31, 32, 39, 46, 47, 52-54; %=46.75 - по стр. 3, 5, 9, 11, 22, 26, 28, 36, 37, 41, 43, 55, 57; %=70 - по стр. 14; %=65 - по стр. 33, 34; %=62 - по стр. 35, 48, 49; %=72.25 - по стр. 50)</b>				<b>356 333</b>				
	<b>ВСЕГО, СТОИМОСТЬ ОБЩЕСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ -</b>				<b>2 211 792</b>				
	<b>. ВСЕГО ПО РАЗДЕЛУ 1</b>				<b>2 211 792</b>				

< 20 \* 1 \* 1 >

ПК РИК (вер.1.3.110720) тел./факс (495) 347-33-01

Форма 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	<b>ВСЕГО, СТОИМОСТЬ ОБЩЕСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ -</b>				<b>2 924 684</b>				
	<b>. ВСЕГО ПО СМЕТЕ</b>				<b>2 924 684</b>				
	<b>ВСЕГО НАКЛАДНЫЕ РАСХОДЫ</b>				<b>923 948</b>				
	<b>ВСЕГО СМЕТНАЯ ПРИБЫЛЬ</b>				<b>503 045</b>				

---

---

Итого на утепление фасадов будет потрачено 2 924 684 тыс. руб. На теплоизоляцию подвала 814 821 тыс. руб. На теплоизоляцию крыши затраты составят 1 500 794 тыс. руб. На установку оборудования АИТП и проектирование новой системы отопления 11 410 697 тыс. руб. Все остальные сметы рассчитываются аналогично, результаты расчета по каждому дому с разной нагрузкой сводятся в таблицу 7.1.

Таблица 8.1 – Сравнительная таблица методов технико-экономического расчета энергосберегающих мероприятий

Наименование серии	Вариант энергосбережения	Нагрузка на СО, Вт	Сметный расчет капитального ремонта, руб.	Укрупненный расчет капитального ремонта, руб.	Срок окупаемости капитального ремонта, лет
121-3	1	616 779	3 830 900	-	-
	2	561 068	6 709 050	17 157 856	30
	3	492 691	11 952 850	22 148 609	25
Кирова, 86	1	741 602	4 033 685	-	-
	2	559 803	13 726 312	26 489 190	19
	3	362 391	16 650 996	28 352 870	11

Методика по укрупненному расчету дает только приблизительную стоимость капитального ремонта, которая не учитывает точные финансовые затраты на конкретные материалы, затраты труда рабочих и НДС. Следовательно, при определении стоимости капитального ремонта следует воспользоваться методикой, при расчете сметной документации на конкретные виды работ. Срок окупаемости капитального ремонта определен исходя из сметной стоимости, применяемых энергосберегающих мероприятий.

Согласно «Методические рекомендации по технико-экономической эффективности реконструкции жилых зданий и определении сроков окупаемости затрат» расчет оценочного срока окупаемости можно произвести следующим образом:

$$T_k = \frac{K_p}{Q_{CO1}^{год} - Q_{CO2}^{год}} \quad (8.4)$$

где  $Q_{\text{co1}}^{\text{год}}$  – стоимость потребления тепловой энергии зданием за год до применения капитального ремонта,  $\frac{\text{руб}}{\text{гкал}}$ ;

$$Q_{\text{co1}}^{\text{год}} = Q_{\text{co1}} \cdot 1761,91 \frac{\text{руб}}{\text{гкал}};$$

$1761,91 \frac{\text{руб}}{\text{гкал}}$  – тариф на тепловую энергию за 2021 год, «АО УСТЕК – Челябинск»;

$Q_{\text{co2}}^{\text{год}}$  – стоимость потребления тепловой энергии зданием за год после применения капитального ремонта,  $\frac{\text{руб}}{\text{гкал}}$ ;

$$Q_{\text{co2}}^{\text{год}} = Q_{\text{co2}} \cdot 1761,91 \frac{\text{руб}}{\text{гкал}};$$

$K_p$  – размер инвестиционных затрат на капитальный ремонт МКД,  $\frac{\text{руб}}{\text{кВт}\cdot\text{ч}}$ , по сметной документации;

Для МКД по ул. Кирова, д. 86, при варианте энергосбережения № 2 рассчитаем срок окупаемости:

$$T_k = \frac{13\,726\,312}{2\,976\,939 - 2\,247\,162} = 19 \text{ лет.}$$

Для МКД по ул. Кирова, д. 86, при варианте энергосбережения № 3 рассчитаем срок окупаемости:

$$T_k = \frac{16\,650\,996}{2\,976\,939 - 1\,454\,710} = 11 \text{ лет.}$$

Для МКД по ул. Горького, д. 68, при варианте энергосбережения № 2 рассчитаем срок окупаемости:

$$T_k = \frac{6\,709\,050}{2\,475\,875 - 2\,252\,240} = 30 \text{ лет.}$$

					08.04.01.2021.305.056. ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		113



Для МКД по ул. Горького, д. 68, при варианте энергосбережения № 3 рассчитаем срок окупаемости:

$$T_k = \frac{11\,952\,850}{2\,475\,875 - 1\,977\,761} = 25 \text{ года.}$$

Согласно расчетам стоимости и срока окупаемости капитального ремонта, можно сказать о том, что утепление НОК – это дорогостоящее энергосберегающее мероприятие и вопрос об его осуществлении обязательно должен быть рассмотрен на примере конкретного объекта. Нельзя сделать вывод о том, что утепление наружных стен, чердачного перекрытия или покрытия, перекрытия над неотапливаемым подвалом одинаково экономически выгодно для всех зданий.

Для дома серии (121-3) не рекомендуется применение 2 и 3 варианта капитального ремонта так как класс энергосбережения достигается только С “нормальный” при том что сроки окупаемости очень большие. Для варианта с утепление всех НОК срок окупаемости 25 лет, а для варианта с утеплением только покрытия и перекрытия – 30 лет. Примененные энергосберегающие мероприятия не приносят желаемой экономии тепловой энергии и ввиду больших капитальных затрат имеют невыгодные сроки окупаемости.

Для МКД по ул. Кирова, д. 86 рекомендуется применить 3 вариант капремонта. После применения энергосберегающих мероприятий здание имеет класс энергоэффективности “очень высокий”. При капитальных затратах К=16 650 996 р. срок окупаемости равен 11 лет. Достигается большая экономия тепловой энергии.

**Вывод:** в данной главе произвели расчет стоимости капитального ремонта по укрупненной методике, предлагаемой ООО «ИНСОЛАР» и рассчитали сметы на разные виды работ. Затраты на капитальный ремонт МКД при расчете по двум разным методикам расходятся, это объясняется не точностью расчетов с использованием укрупненных значений. Выбор сделан в пользу более правдоподобного рас-

					08.04.01.2021.305.056. ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		114

чёта смет - по стандартной методике. Рассчитав капитальные затраты на энергосберегающие мероприятия, были определены сроки окупаемости капитального ремонта при различных вариантах энергосбережения.

## **9 ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ МЕРОПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ**

### **9.1 Подогрев воды для 1-й ступени теплообменника системы ГВС за счёт геотермального теплового насоса с U-образным грунтовым теплообменником.**

Источником доступной низкопотенциальной тепловой энергии является теплота грунтового массива, которая относится к нетрадиционным возобновляемым источникам энергии. Она формируется из двух основных источников – радиогенная энергия глубинных слоёв Земли и солнечная энергия.

Рассмотрим вариант применения геотермального теплового насоса для подогрева воды перед 1-й ступенью теплообменника системы ГВС на примере дома по ул. Кривова, д. 86. Это здание находится в центре города в условиях активной городской застройки, поэтому ещё одним источником теплоты грунтового массива будет служить антропогенное воздействие – многочисленные коммуникации (теплотрассы, канализация и т.д.).

Важным элементов тепловой насосной установки является грунтовый теплообменник, который непосредственно отбирает теплоту грунтового слоя. Существует несколько типов грунтовых теплообменников, но я остановил свой выбор на вертикальном U-образном грунтовым теплообменнике, который размещается в скважине глубиной от 30 до 120 метров. В условиях плотной городской застройки другие типы теплообменников не подходят. U-образный грунтовый теплообменник размещается, как правило, на прилегающей к объекту территории, но может находиться и непосредственно под объектом. Тепловой насос установлен в ИТП и служит для подогрева воды из водопровода перед 1 ступенью теплообменника системы ГВС.

					08.04.01.2021.305.056. ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		115

Эффективность работы грунтового теплообменника зависит от величины теплосъёма, которая уже зависит от типа грунта. Для сухого песка, гравия теплосъём равен  $25 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$ , а для известняка, насыщенного водой или влажной глины может

доходить до  $60 - 80 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$ . Исследовать род породы не представляется возможным, поэтому я принимаю среднее значение теплосъёма  $50 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$ .

Тип грунтового теплообменника – двойной U-образный теплообменник (наиболее широко используемый тип вертикальных грунтовых теплообменников). В одной скважине располагаются две пары труб, что позволяет увеличить теплосъём до 25%.

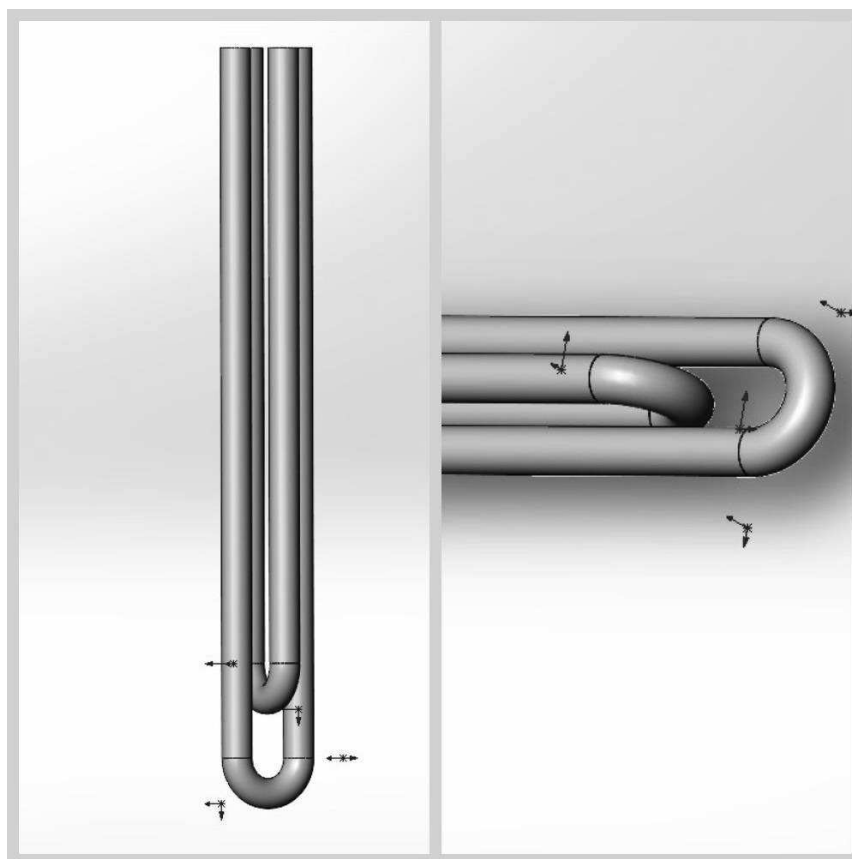


Рисунок 9.1 – Вид двойного U-образного грунтового теплообменника

## 9.2 Подбор теплового насоса

Снимаемая мощность контуров грунтового теплообменника теплового насоса вычисляется относительно мощности и КПД выбранного насоса по формуле:

$$Q_e = Q_n \cdot \left(1 - \frac{1}{\zeta}\right), \text{ кВт},$$

где  $Q_n$  – номинальная мощность теплового насоса;

$\zeta$  – коэффициент преобразования (коэффициент полезного действия).

Необходимая длина вертикального грунтового теплообменник вычисляется по формуле:

$$L = \frac{Q_e}{q}, \text{ м},$$

где  $q$  – теплосъём, снимаемая мощность одного метра трубы,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}}$ . Зависит от вида грунта и типа грунтового теплообменника.

В моем проекте мощность теплового насоса равна 50% мощности теплообменника 1 ступени ГВС.

$$Q_T = \frac{1}{2} \cdot Q_1^{\text{ГВС}} = 30,2 \text{ кВт}.$$

По требуемой тепловой мощности подобран тепловой насос фирмы NIBE модель AP-BW30-45 с номинальной тепловой мощностью 42,7 кВт и коэффициентом преобразования 3,7. Этот тепловой насос подходит для больших зданий, а также коммерческих объектов. Тип используемого хладагента R410A, температурой нагрева теплового контура до 20-58 °С.

					08.04.01.2021.305.056. ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		117

NIBE™			AP-BW30-29H	AP-BW30-37	AP-BW30-45
Heating power/COP at 80W35 <sup>1)</sup>	1 compressor	kW	27,5 / 4,30	37,2 / 4,80	45,0 / 4,80
Heating power/COP at 80W45 <sup>1)</sup>	1 compressor	kW	26,7 / 3,40	35,8 / 3,70	42,7 / 3,70
Heating power/COP at 87W35 <sup>1)</sup>	1 compressor	kW	33,2 / 5,10	45,4 / 5,60	55,0 / 5,70
Heating power/COP at 80W50 <sup>1)</sup>	1 compressor	kW	25,9 / 2,70	34,8 / 2,90	41,1 / 2,90
Heat circuit		°C	20 - 64	20 - 57	20 - 58
Heat source		°C			-5
Additional operating points			B4/W70	B3/W65	
Sound pressure level at 1m gap around the machine averaged (in free field)		dB (A)	43	39	41
Sound power level as per EN12102		dB	58	54	56
Connections heating circuit					DN50
Connections brine circuit					DN50
Refrigerant type / Filling capacity	- / kg		R134a/6,7	R410A/7,2	R410A/8,2
Voltage	- / A				
All-pole circuit breaker for heat pump <sup>2)</sup>			C40	C32	C40
Voltage controller/ circuit breaker <sup>2)</sup>	- / A				1-/N/PE230
Weight		kg	319	371	385

Рисунок 9.2 – Характеристики теплового насоса NIBE AP-BW30-45

$$Q_e = 42,7 \cdot \left(1 - \frac{1}{3,7}\right) = 31,2 \text{ кВт}$$

$$L = \frac{31,2 \cdot 10^3}{62,5} = 499,2 \text{ м}$$

Для моего теплового насоса будет оптимально 5 скважин по 100м. При использовании нескольких грунтовых теплообменников необходимо бурить скважины на отдалении друг от друга не менее 6 метров. В каждой из них по 2 контура из металлопластиковых труб типоразмера 32x3, сопротивление контура 13,8 кПа, скорость потока 0,34 м/с.

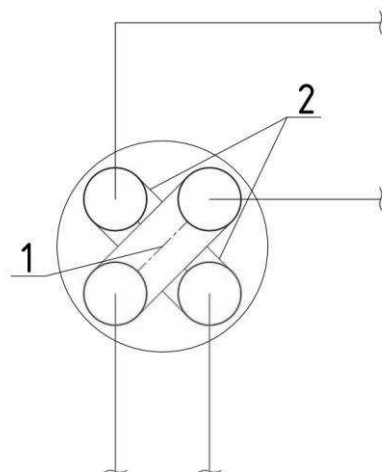


Рисунок 9.3 – Схема скважины с двойным U-образным грунтовым теплообменником. 1 – первый контур; 2 – второй контур.

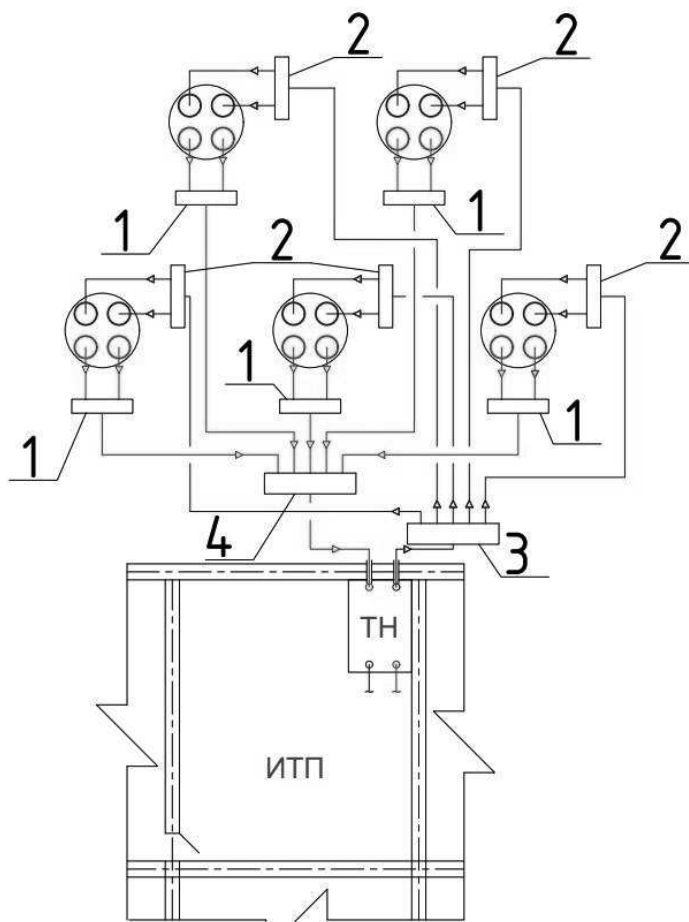


Рисунок 9.4 – Схема прокладки трубопроводов к скважинам. 1 – сборный скважинный коллектор; 2 – распределительный скважинный коллектор; 3 – распределительный общий коллектор; 4 – сборный общий коллектор.

Принцип работы системы основан на отборе теплоты грунта с помощью теплового насоса, и последующим нагревом воды для системы ГВС.

Пять двойных U-образный теплообменник, погруженных в скважины глубиной 100 метров, отбирают теплоту грунта, температура которого в диапазоне +8-10 °С. Конденсатор теплового насоса нагревает водяной контур с +40 °С до +58 °С. Далее этот контур проходит через промежуточный теплообменник и отдаёт теплоту теплоносителю из водопровода, который заходит в теплообменник с температурой +5 °С. На выходе из теплообменника теплоноситель нагрет до +30 °С и подаётся уже на 1-ю ступень ГВС, где нагревается водой из тепловых сетей до +64 °С.

После 1-ой ступени системы ГВС нагретая вода смешивается с теплоносителем из трубопровода циркуляции системы горячего водоснабжения, температура которого ниже, +45 °С. В теплообменнике 2-ой ступень смешанная вода с температурой +54 °С нагревается до нужной температуры + 65°С и может уже подаваться в систему горячего теплоснабжения.

На рисунке 9.3 представлена схема ИТП с подогревом воды перед 1 ступенью ГВС, за счёт теплоты от системы теплового насоса.

					08.04.01.2021.305.056. ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		120

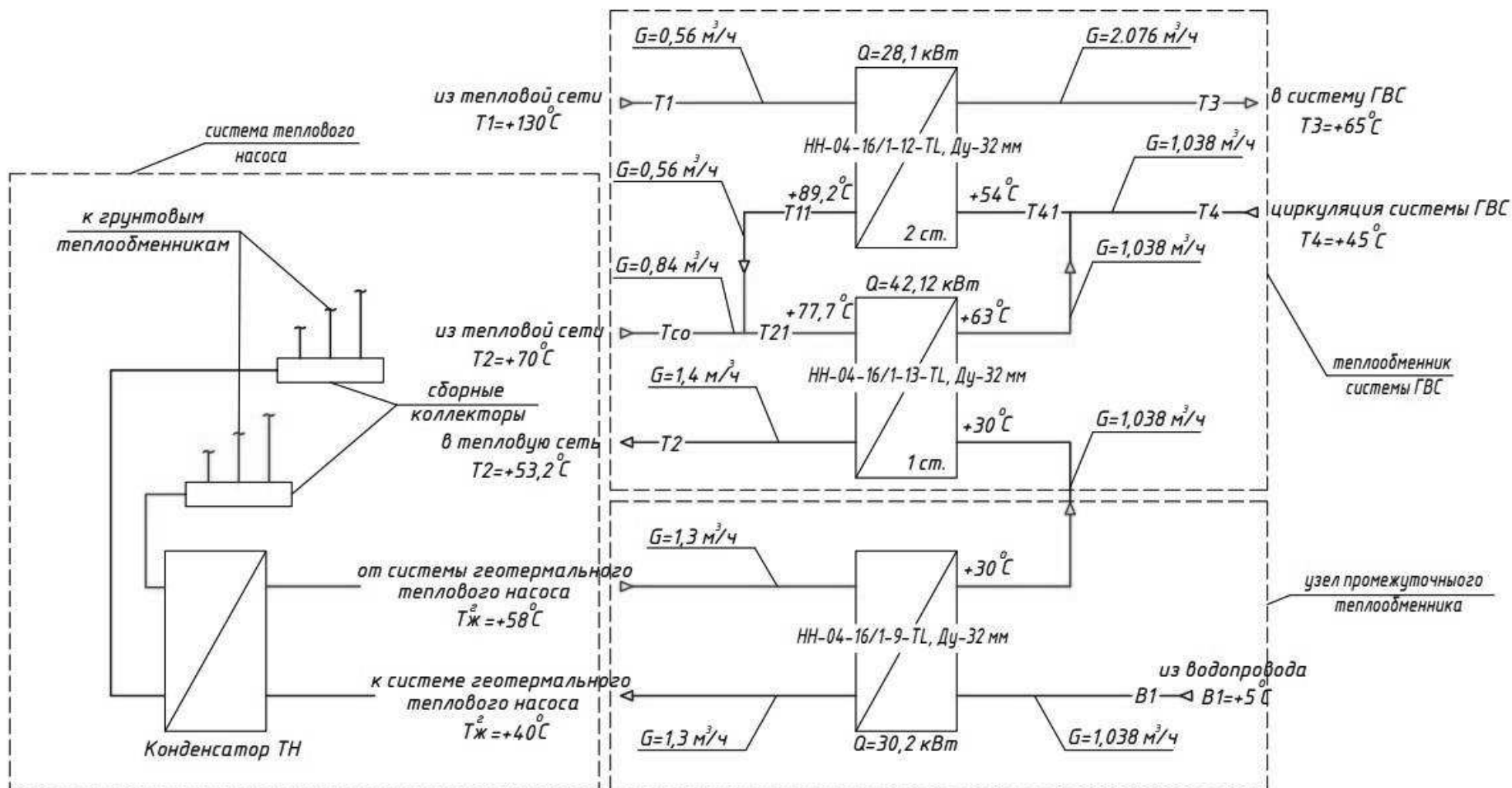


Рисунок 9.5 – Схема ИТП с подогревом воды перед 1 ступенью ГВС, за счёт теплоты от системы теплового насоса



### 9.3 Подбор теплообменников, промежуточного и 2-х ступеней ГВС

#### Подбор промежуточного теплообменника.

Мощность теплообменника  $Q_{ТО} = 30,2$  кВт, температуры греющей среды 58/40 °С, температуры нагреваемой среды 5/30 °С.

Мощность	30,2	кВт	
Расчетная температура	130	С	
Расчетное давление	16	атм.	
Прокладка (для разборных ПТО)	EPDM		
Материал пластин	AISI316		
Толщина пластины	Авто	мм	
Запас поверхности на загрязнение	10	%	
Направление потоков	Противоток		
Тип среды	Гор. Вода	Хол. Вода	
Массовый расход	1301,06	1038,07	кг/ч
Температура среды на входе в ПТО	58	5	С
Температура среды на выходе из ПТО	38	30	С
Допускаемые потери давления в ПТО	3,06	3,06	м.вод.ст.
Тип ответных фланцев	Черные	Черные	
Тип теплообменника	Разборные ПТО		

Подобрать теплообменник

Рисунок 9.6 – Исходные данные для подбора промежуточного теплообменника.

N	ПТО	Цена (%)	S (м2)	V (л)	Ходы	Срок поставки (недели)
1	НН-04-16/1-9-TL (Ду 32 мм)	100	0,29	1,360	1	1
2	XG-10-16/1-13-H (Ду 25 мм)	103	0,31	0,541	1	По запросу
3	XGM-032-16/1-9-L (Ду 32 мм)	128	0,48	1,130	1	6
4	НН-08-16/1-11-TL (Ду 32 мм)	139	0,77	2,100	1	1
5	НН-07-16/1-6-TL (Ду 50 мм)	143	0,29	1,000	1	1
6	XGM-050-16/1-6-L (Ду 50 мм)	174	0,49	1,271	1	2
7	НН-14-16/1-5-TK (Ду 50 мм)	180	0,45	1,400	1	1
8	НН-20-16/1-11-TK (Ду 50 мм)	288	1,89	4,400	1	1

Тепловая мощность	30,2	кВт
Запас пов-ти на загр. / Ф-р загр.	66,5 % / 136,1 м2К/МВт	LMTD 30,4 С
К-т теплопередачи (треб./расч.)	2903 / 4833	ккал / (м2 ч С)
Гор. Холод.		
Тип среды	Вода	Вода
Расход	1301,06	1038,07 кг/ч
Температура	58 -> 38	30 < 5 С
Потери давления / в портах	1,87 / 0,01	1,24 / 0,01 м.вод.ст.
Скорость в портах / каналах	0,45 / 0,35	0,36 / 0,28 м/с
Масса пустой / заполненный	45 / 46 кг	Прокладка EPDM
0,5 мм AISI316; Патрубки черные Ду 32; Максимальное кол-во пластин: 34;		
<b>Основные теплофизические характеристики</b>		
Плотность	988,91	998,39 кг/м3
Удельная теплоемкость	4178,13	4189,32 Дж/(кг*К)
Теплопроводность	0,64	0,6 Вт/(м*К)
Динамическая вязкость	0,0005674	0,0010694 Па*с

Рисунок 9.7 – Результаты подбора промежуточного теплообменника

С помощью программы «RIDAN» выбираем теплообменник типа НН-04-16/1-9-TL с параметрами:  $D_y = 32$  мм,  $P_r = 18700$  Па,  $P_x = 12400$  Па.

## Подбор 2-х ступенчатого теплообменника для системы ГВС

Мощность 2-х ступенчатого теплообменника  $Q_{\text{ТО}} = 70,2$  кВт.

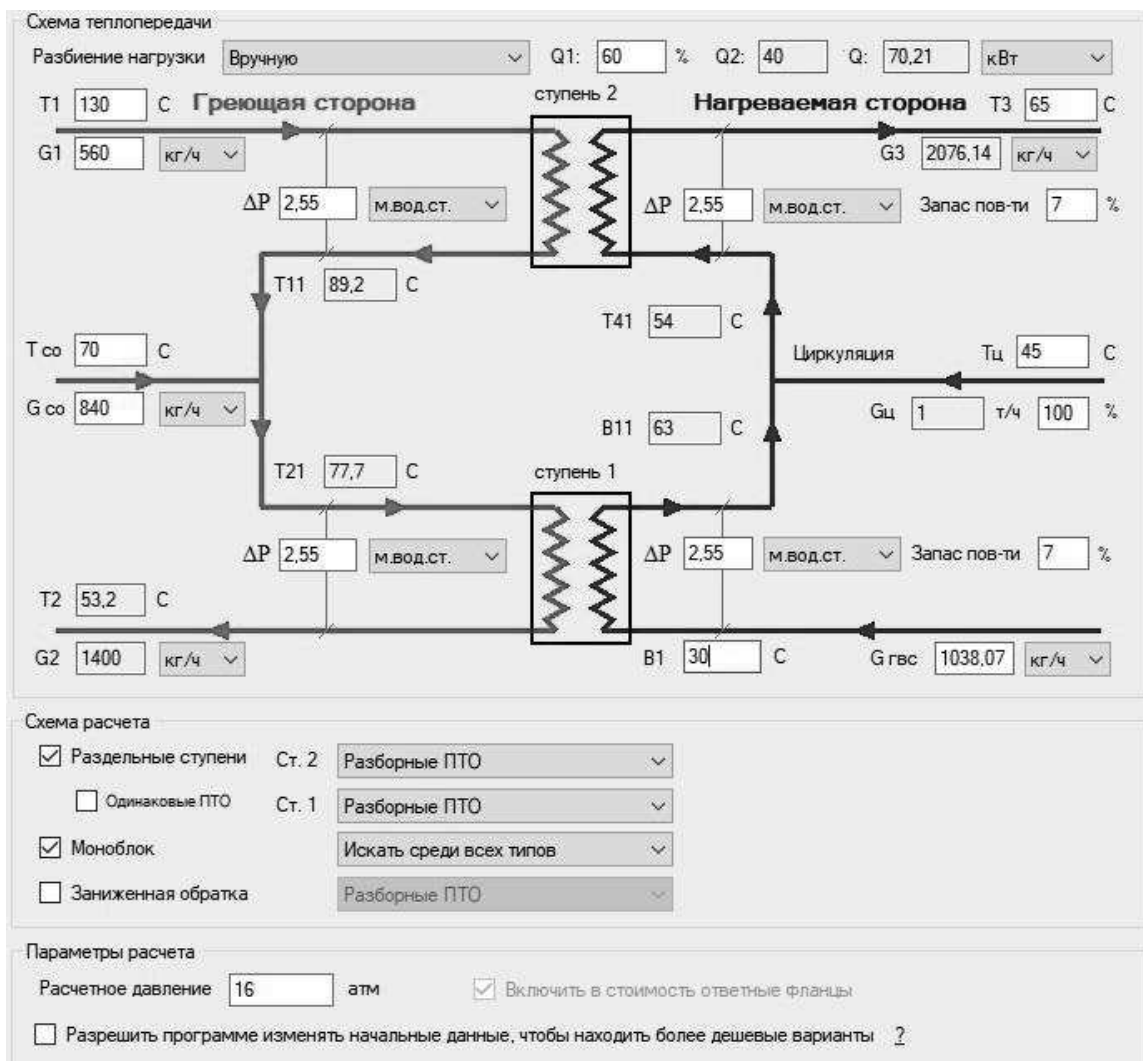


Рисунок 9.8 – Исходные данные для подбора 2-х ступенчатого теплообменника.

Раздельные ступени									
		ΔP (гор/хол)	Запас / Фактор загр.	К треб./расч.	Скорость в портах (гор/хол)	S, м2	V (л)	M (кг)	
		м.вод.ст.	%	м2К/МВт	ккал/(м2с)	м/с			
Ст. 2:40 %	НН-04-16/1-12-TL (Ду 32 мм)	0,23 / 2,11	307,2 / 664,7	1123 / 4572	0,2 / 0,73	0,42	1,87	46	
Ст. 1:60 %	НН-04-16/1-13-TL (Ду 32 мм)	0,98 / 0,55	9 / 20,4	3994 / 4353	0,49 / 0,36	0,46	2,04	46	
Цена: 120%		>>		Печать и экспорт					

Рисунок 9.9 – Результаты подбора 2-х ступенчатого теплообменника

С помощью программы «RIDAN» выбираем теплообменник для ст. 1: НН-04-16/1-13-TL с параметрами:  $D_y = 32$  мм,  $P_T = 9800$  Па,  $P_X = 5500$  Па, для ст. 2: НН-04-16/1-12-TL с параметрами:  $D_y = 32$  мм,  $P_T = 2300$  Па,  $P_X = 21100$  Па.

**Вывод:** в этом разделе было подобрано оборудование для реализации схемы подогрева воды из водопровода перед 1-й ступенью ГВС за счёт системы теплового насоса. Система теплового насоса производит 30,2 кВт теплоты и нагревает промежуточный контур 58°C. Этот контур через промежуточный теплообменник нагревает водопроводную воду до 30°C.

Результат этого – снижение на 30,1 % тепловой нагрузки для подогрева 1-й ступени ГВС (с 60,27 кВт до 42,12 кВт). Тепловая энергия, потребляемая из ТС снизилась с 100,46 кВт до 70,21 кВт.

#### 9.4 Технико-экономическая оценка варианта использования теплоты грунта

Годовые затраты на эксплуатацию системы или объекта руб/год определяются по формуле:

$$G = K_k + K_T + P + A + S_{эл}, \quad (9.1)$$

где  $K_k$  – затраты на капитальный ремонт системы, которые составляют 0,021 от капитальных затрат,  $\frac{\text{руб}}{\text{год}}$ ;

$K_T$  – затраты на текущий ремонт системы, составляют 0,014 от капитальных затрат,  $\frac{\text{руб}}{\text{год}}$ ;

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		125

$P$  – затраты на реновацию системы, составляют 0,1 от капитальных затрат,  $\frac{\text{руб}}{\text{год}}$ ;

$A$  – затраты на управление, они зависят от стоимости системы и устанавливаются в % от капитальных затрат: одна сменная работа 5,4 %, 2-х сменная работы 9 %, 3-х сменная работы 12,4 %;

$S_{\text{эл}}$  – затраты на электрическую энергию за год, зависят от тарифа на электрическую энергию,  $\frac{\text{руб}}{\text{год}}$ .

$$S_{\text{эл}} = C_{\text{эл}} \cdot \tau \cdot N, \quad (9.2)$$

где  $C_{\text{эл}}$  – цена расходуемой электрической энергии,  $\frac{\text{руб}}{\text{кВт}}$ ;

$\tau$  – время работы системы в году,  $\frac{\text{час}}{\text{год}}$ ;

$N$  – мощность функционирующих электрических двигателей, кВт.

Таблица 9.1 – Капитальные затраты на систему

№ п/п	Наим. затрат и работ	Ед. изм.	Кол-во	Цена ед-цы, руб.	Общ. стоимость
	Стоимость теплового насоса NIBE AP-BW30-45	шт.	1	1 075 281	1 075 281
	Монтаж теплового насоса NIBE AP-BW30-45	шт.	1	107 528	107 528
	Буферный бак ГВС, V-300 л.	шт.	1	101 350	101 350
	Рама горизонтальной установки бака	шт.	1	11 538	11 538
	Бурение скважины для теплового насоса NIBE AP-BW30-45, 100 м	шт.	5	140 000	700 000
	Монтаж (опуск) геотермального зонда	шт.	5	10 000	50 000
	Опресовка и заполнение контуров	шт.	5	5 000	25 000
	Обсыпка скважины (гранитный отсев)	шт.	5	5 000	25 000
	Стоимость теплообменника НН-04-16/1-9-ТЛ фирмы «РИДАН»	шт.	1	18 900	18 900
	Монтаж теплообменника НН-04-16/1-9-ТЛ фирмы «РИДАН»	шт.	1	28 000	28 000
	Стоимость 2-х ступенчатого теплообменника ст. 1: НН-04-16/1-13-ТЛ, ст. 2: НН-04-16/1-12-ТЛ фирмы «РИДАН»	шт.	1	37 800	37 800

Продолжение таблицы 9.1

№ п/п	Наим. затрат и работ	Ед. изм.	Кол-во	Цена ед-цы, руб.	Общ. стоимость
	Монтаж 2-х ступенчатого теплообменника ст. 1: НН-04-16/1-13-TL, ст. 2: НН-04-16/1-12-TL фирмы «РИДАН»	шт.	1	56 000	56 000
	Геотермальный зонд UPONOR PE100, диаметр 40 x 2,4 мм, 2x100 м	шт.	5	24 708	123 540
	Комплект запорной арматуры	шт.	5	2 200	11 000
	Антифриз UPONOR пропиленгликоль, 25 л.	шт.	40	19 696	787 840
	Распределительный коллектор UPONOR, 2x40 мм	шт.	10	3500	35 000
	Распределительный коллектор UPONOR, 5x40 мм	шт.	2	7 500	15 000
	Колено UPONOR для вертикального грунтового зонда	шт.	10	3 374	33 740
	Смотровой колодец UPONOR	шт.	5	7 402	37 010
	Крышка колодца сплошная квадратная	шт.	5	21 607	108 035
	Груз 10,5 кг	шт.	5	2 607	13 035
	Труба из сшитого полиэтилена UPONOR, диаметр 40 x 3,7 мм, длина 100 м	шт.	5	4490	22 450
	Пусконаладочные работы	-	-	-	80 833
<b>ИТОГО за материалы и оборудование:</b>					2 428 599
	Накладные расходы				420 148
	Плановые накопления				145 716
	Усредненные удорожания и соц. налоги				70 429
<b>ИТОГО КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ:</b>					3 064 892

Рассчитаем эксплуатационные затраты по формуле 9.1:

$$K_k = 0,021 \cdot K = 0,021 \cdot 3\,064\,892 = 64\,363 \text{ руб/год};$$

$$K_T = 0,014 \cdot K = 0,014 \cdot 3\,064\,892 = 42\,908 \text{ руб/год};$$

$$P = 0,1 \cdot K = 0,1 \cdot 3\,064\,892 = 306\,489 \text{ руб/год};$$

$$A = 0,054 \cdot K = 0,054 \cdot 3\,064\,892 = 165\,504 \text{ руб/год}.$$

Суммарная допустимая электрическая мощность:  $\sum N_{\text{доп}} = 15,0 \text{ кВт}$ .

Рассчитаем затраты на электрическую энергию за год по формуле 9.2:

Цена за электрическую энергию на 2021 год составляет 3,31 руб/кВт, система будет работать 24 часов в сутки 365 дней в году.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп.	Дата		127

$$S_{\text{эл}} = 3,31 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 15,0 = 434\,934 \frac{\text{руб}}{\text{год}}$$

Итого годовые затраты на эксплуатацию системы:

$$G = 64\,363 + 42\,908 + 306\,489 + 165\,504 + 434\,934 = 1\,014\,198 \frac{\text{руб}}{\text{год}}$$

Рассчитаем перекроют ли затраты на систему использования теплоты грунта с промежуточным теплоносителем поступления от сэкономленного тепла в течение 10 лет, т.е. окупится ли система использования теплоты грунта за 10 лет.

Приведенные затраты за 10 лет составляют:

$$П = 1 \cdot K + 0,7 \cdot G = 1 \cdot 3\,064\,892 + 0,7 \cdot 1\,014\,198 = 3\,774\,831 \frac{\text{руб}}{\text{сист}}$$

Годовое количество использованной теплоты от грунта составило:

$$Q_{\text{год}}^{\text{ут}} = 245 \text{ Гкал/год.}$$

За 10 лет количество теплоты составит:

$$Q_{\text{ут}} = 10 \cdot Q_{\text{год}}^{\text{ут}} = 10 \cdot 245 = 2\,450 \frac{\text{Гкал}}{10 \text{ лет}}$$

Стоимость тепловой энергии на 2021 год составляет: 1761,97 руб/Гкал.

Экономия тепловой энергия за 10 лет в рублях составит:

$$\mathcal{E} = 2\,450 \cdot 1761,97 = 4\,316\,827 \frac{\text{руб}}{10 \text{ лет}}$$

Срок окупаемости системы утилизации теплоты вытяжного воздуха составит:

$$T = \frac{П}{\mathcal{E}} \cdot 10 = \frac{3\,774\,831}{4\,316\,827} \cdot 10 = 8 \text{ лет } 7 \text{ месяцев.}$$

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		128

**Вывод:** в данном разделе посчитал капитальные и эксплуатационные затраты на систему теплового насоса, рассчитали срок окупаемости, который составил (8 лет 7 месяцев). Хоть срок окупаемости и меньше срока службы теплового насоса (10 лет) потребитель может не получить экономию, а только окупить свои затраты на это энергосберегающее мероприятие. На практике, не смотря на гарантированные производителем 10 лет службы теплового насоса имеет место большое количество негативных отзывов о качестве продукции. Тепловой насос редко работает гарантированный срок без поломок и ещё реже продолжает работать свыше этого срока. Ввиду выше сказанного, это энергосберегающее мероприятие не рекомендуется к применению.

### 9.5 Построение годового графика расходов теплоты

Построим годовой график расходов теплоты для МКД по ул. Кирова, д. 86.

Построение графика выполняется графоаналитическим способом.

Для этого график разбивается на части:

- вспомогательную (левую),
- основную (правую).

Во вспомогательной части строим графики зависимостей часовых расходов теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение от наружной температуры воздуха  $t_H$ , а также график для суммарной тепловой нагрузки. Все эти графики представляют собой прямые. Они строятся по двум точкам. Точка 1 соответствует значениям расчётных нагрузок  $Q_o^{max}$ ,  $Q_B^{max}$ ,  $Q_\Sigma^{max}$ . Значения нагрузок  $Q_o$ ,  $Q_B$ ,  $Q_\Sigma$  для построения точки 2 рассчитываются аналитически по формуле:

$$Q_{co} = Q_{co}^{max} = \frac{(t_B - t_H)}{(t_B - t_{H0})} \quad (9.3)$$

Результат вычислений представим в таблице 9.2

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		129



Таблица 9.2 - Расчет тепловой нагрузки при изменении температуры наружного воздуха

$t_n, ^\circ\text{C}$	$Q_o, \text{кВт}$	$Q_b, \text{кВт}$	$Q_{\text{ГВС}}^3, \text{кВт}$	$Q_{\text{ГВС}}^L, \text{кВт}$	$Q_s, \text{кВт}$
До применения энергосберегающих мероприятий (1)					
-32	741,6	183	100,5	65,8	1025
+8	181,9	44,9	100,5	65,8	251,4
После утепления чердачного перекрытия и перекрытия над подвалом (2)					
-32	559,8	183	100,5	65,8	843,3
+8	137,3	44,9	100,5	65,8	206,8
После комплексного капитального ремонта (3)					
-32	362,4	183	100,5	65,8	645,9
+8	88,9	44,9	100,5	65,8	158,4
После комплексного капитального ремонта и применения нетрадиционного источника энергии (4)					
-32	362,4	183	70,2	45,9	615,6
+8	88,9	44,9	70,2	45,9	151

Далее приступают к построению основной части графика. Для чего, сначала выписывают из климатологических таблиц продолжительность стояния различных температур во время отопительного периода для города Челябинска.

Выписку продолжительности стояния различных температур начинают с  $t_{n,\text{расч.}}$  с шагом  $5^\circ\text{C}$ , включая в интервал продолжительность стояния данной температуры и температур ниже ее в часах.

Таблица 9.3 – Продолжительность стояния температур

$t_n, ^\circ\text{C}$	-35	-32	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+8
$n, \text{час}$	7	31	38	161	506	1079	1893	2835	3728	4588	5184

Далее на оси абсцисс, справа откладываем последовательно в масштабе время повторяемости для каждого интервала наружных температур в часах. Ординаты точек, показывающих потребление теплоты при каждом интервале температур, определяем с помощью вспомогательного графика суммарного расхода теплоты.

Полученные в правой части точки графика, соответствующие каждому диапазону температур наружного воздуха в отопительный период, соединяем плавной кривой и получаем график отпуска теплоты в течение отопительного сезона. Затем добавляем летнюю часть графика, соответствующую расходу теплоты на ГВС в летний период и получаем суммарный годовой расход теплоты. График представлен на рисунке 9.10

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		131

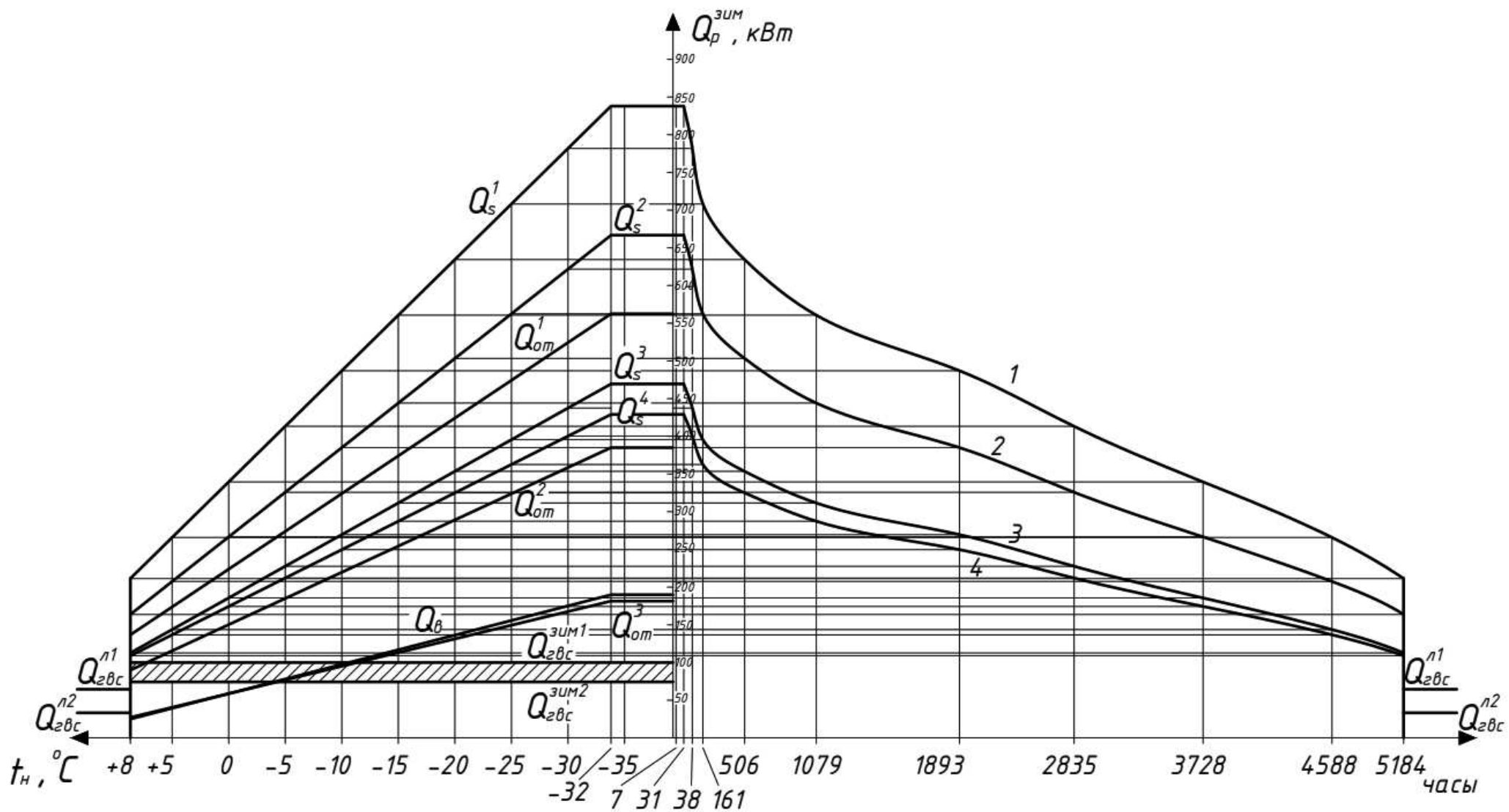


Рисунок 9.10 – Годовой график расходов теплоты

**Вывод:** в данном разделе построили годовой график расходов теплоты для МКД по ул. Кирова, д. 86. На правой части графика наблюдается снижение тепловой нагрузки на отопление и горячее водоснабжения за отопительный период. Значительное сокращение тепловой энергии происходит при применении комплексного капитального ремонта и системы утилизации теплоты от грунта для подогрева воды на систему ГВС. Тепловая энергия, потребляемая из ТС снизилась с 100,46 кВт до 70,21 кВт. Энергосберегающие мероприятия позволяют сократить потребление тепловой энергии домом с 1025 кВт до 615,6 кВт, что составляет 60 % сэкономленных тепловых энергоресурсов.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		133

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной научно-исследовательской работе были разработаны методики применения энергосберегающих мероприятий по отношению к многоквартирным жилым домам с целью повышения их энергоэффективности.

Для двух исследуемых объектов был выбран ряд возможных энергосберегающих мероприятий. Была проведена оценка всего ряда этих мероприятий и предлагаемых методик их инженерного и экономического расчёта для того, чтобы выбрать из них наиболее полезные и перспективные энергосберегающие мероприятия – мероприятия, которые действительно улучшают теплотехническое состояние здания и имеют положительный экономический прогноз.

Были разработаны несколько вариантов проведения капитального ремонта каждого объекта. Для одного из зданий было также разработано нетрадиционное энергосберегающее мероприятие – геотермальный тепловой насос. После проведения экономических расчетов, определения сроков окупаемости, были сформулированы выводы о целесообразности применения тех или иных мероприятий.

Применение энергоэффективных и экономически выгодных мероприятий – это важная задача при проведении капремонта. В моей научно-исследовательской работе было рассмотрено множество аспектов и возможных проблем, были сформулированы итоговые выводы и предложены комплексные варианты капитального ремонта. На мой взгляд, несколько таких вариантов можно использовать при реальном капитальном ремонте исследуемых объектов.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		134

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 131.13330.2018. «СНиП 23-01-99\* Строительная климатология». – М.: Минстрой России, 2018. - 10 с.
2. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – М.: Госстрой России, 1996. - 17с.
3. СП 50.13330.2012. с изм. 1 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий». – М.: Стандартинформ, 2018. - 100 с.
4. СП 60.13330.2016. «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование». – М.: Стандартинформ, 2019. – 76 с.
5. СП 230.1325800.2015 «Конструкции, ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей (с Изменением №1)». – М.: Стандартинформ, 2019. – 85 с.
6. Рекомендации АВОК «Организация воздухообмена в квартирах жилых зданий» / НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО «Инженеры по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике» (НП «АВОК»).
7. Технический каталог. Клапаны регулирующие и электрические приводы ООО «Данфосс». Каталог - М.: Москва, 2015. - 291с.
8. Журнал "Энергосбережение". - М.: Группа компаний термоинженеринг. Издатель ООО "АВОК-ПРЕСС".
9. Корниенко С.В. Энергоэффективный капитальный ремонт жилых зданий первых массовых серий / Энергоэффективные здания. Технологии. – 2018. – АВОК №6. – С. 12-18.
10. Инновационные строительные материалы и технологии при новом строительстве и при проведении капитального ремонта МКД / Инженерные системы зданий. –2018. – АВОК №8. – С. 26-30.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		135

11. Степанова М.В. Энергосберегающий капитальный ремонт – 2014. – СОК №4. – С. 30-43.

11. Барон В.Г. Малозатратные энергосберегающие решения для энергоэффективных зданий / Энергоэффективные здания. Технологии. –2015. – АВОК №1. – С. 14-19.

12. Крупнов Б.А. О комплексных мерах снижения энергопотребления – 2019. – СОК №4. – С. 86-94.

13. Раевская А.В. Повышение энергоэффективности при капитальном ремонте многоквартирных домов / Энергоэффективные здания. Технологии. –2016. – АВОК №8. – С. 24-28.

19. Раевская А.В. Инновационные решения в системе ЖКХ. Опыт Восточного административного округа города Москвы / Энергосбережение –2019. – АВОК №8. – С. 22-25.

20. Иночкин Е.В. Индивидуальный учет потребления тепловой энергии / Учет теплоносителей и стоимость тепла –2013. – АВОК №3. – С. 44-53.

21. Сату Пайхо . Анализ затрат на энергосберегающий ремонт московского микрорайона / Ринат Абдурафиков, Ха Хоанг / Устойчивые города и общество. – 2015. – Том 14. – С. 5-15.

22. Сатоши Хонма. Общий коэффициент энергоэффективности регионов в Японии / Цзинь-Ли Ху / Энергетическая политика. – 2008. – Том 36. – С. 821-833.

23. Эрика Мата. Использование энергии и технический потенциал для мер по энергосбережению в шведском жилом фонде / Анжела Сасик Калагасидис, Филипп Джонссон / Энергетическая политика. – 2013. – Том 55. – С. 404-414.

24. Вахид Вакилороая. Обзор различных стратегий энергосбережения HVAC / Биджан Самали, Ахмад Фахар, Камбиз Пишгадам / Преобразование энергии и управление. – 2014. – Том №77. – С. 738-754.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		136

25. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика: Теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха Текст учеб. для вузов В. Н. Богословский. - 3-е изд. - СПб.: АВОК Северо-Запад, 2006. - 399, [1] с. ил.

26. Свод правил СП 73.13330.2012 "СНиП 3.05.01-85. Внутренние санитарно-технические системы зданий". Актуализированная редакция СНиП 3.05.01-85.

27. СП 124.13330.2012 с изм. 1 «СНиП 41-02-2003 Тепловые сети». – М.: Минстрой России, 2020. – прил. В.

28. Мартыновский В. С. Тепловые насосы. - М.-Л.: Госэнергоиздат, 1955.- 192 с. Циклы, схемы и характеристики термотрансформаторов. - М.: Энергия, 1979. - 285 с.

29. Васильев Г.П. Использование низкопотенциальной тепловой энергии земли в теплонасосных установках / Г.П. Васильев, Н.В. Шилкин // АВОК.-2003.-№2.- С.52-60.

30. Калнинь И.М. Энергосберегающие теплонасосные технологии / И.М. Калнинь. 2001.

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		137



## ПРИЛОЖЕНИЕ А

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		138

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		139

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		140

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

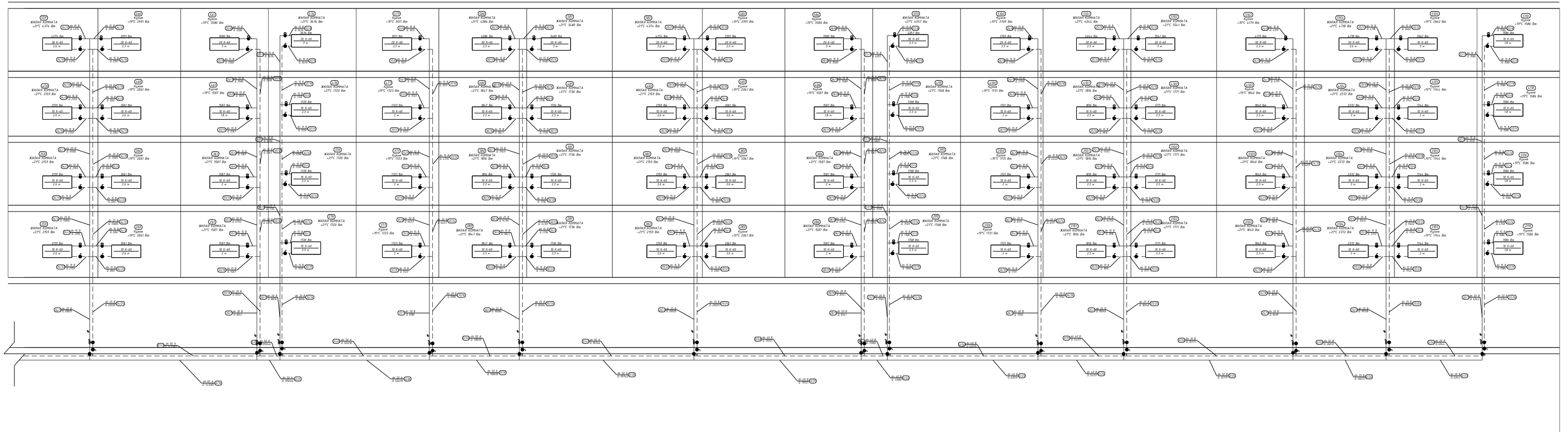
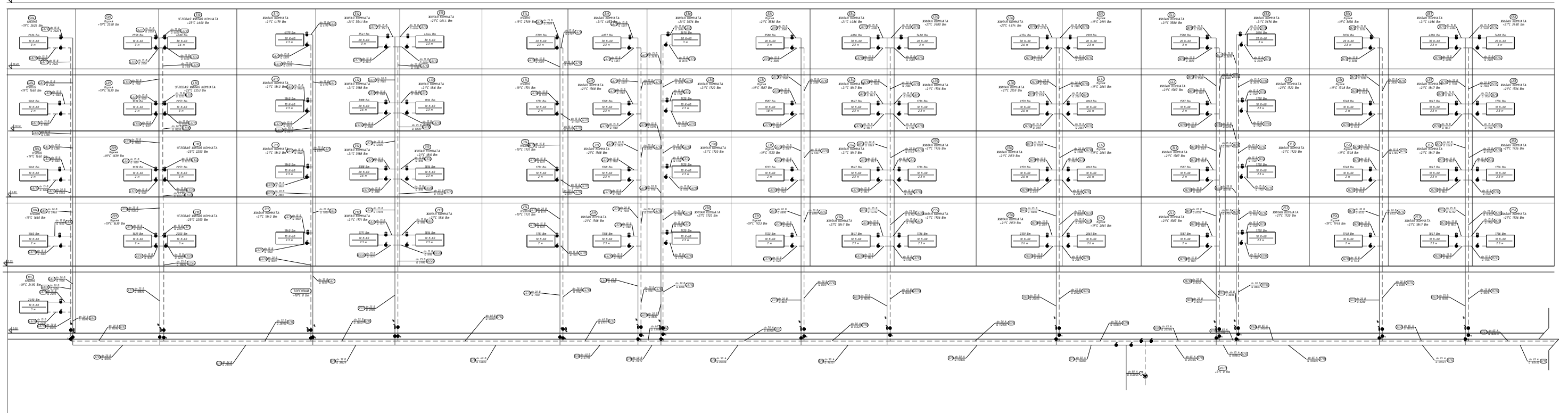
					08.04.01.2021.305.056.ПЗ ВКР	Лист.
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп	Дата		141

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

## Расчётная схема для гидравлического расчёта системы отопления

МКД ул. Кирова, д. 86

Рисунок А.1



## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Сводная таблица теплотерь, расхода воды и потерь давления всех систем

Таблица Б.1 – МКД по ул. Кирова, д. 86 до капитального ремонта

№ системы	Наименование системы	Тепловые потери $Q$ , кВт	Расход воды $G, \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$	Потери давления $\Delta P$ , кПа
1	Отопление жилой части	314	10757	52
2		340	11668	52
3	Отопление общественных помещений 1-го этажа	13	493	50,2
4		17	576	50,3
5		26	889	50,3
6		21	713	50,2
7		34	1181	50,3
8		19	659	50,3
9		28	968	50,3
10	Отопление лестничных клеток	44	1555	50,4

## Продолжение приложения Б

Таблица Б.2 – МКД по ул. Кирова, д. 86 после утепления чердачного перекрытия и покрытия

№ системы	Наименование системы	Тепловые потери $Q$ , кВт	Расход воды $G, \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$	Потери давления $\Delta P$ , кПа
1	Отопление жилой части	229	7858	66
2		267,8	9187	73
3	Отопление общественных помещений 1-го этажа	7,8	266	50,5
4		9,7	334	50,4
5		10,2	348	50,3
6		11,3	385	50,1
7		20,1	685	49,9
8		8,2	279,6	50,5
9		13,6	464	49,9
10		Отопление лестничных клеток	27	925

## Продолжение приложения Б

Таблица Б.3 – МКД по ул. Кирова, д. 86 после утепления НОК

№ системы	Наименование системы	Тепловые потери $Q$ , кВт	Расход воды $G, \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$	Потери давления $\Delta P$ , кПа
1	Отопление жилой части	122	4180	59
2		152	5227	66
3	Отопление общественных помещений 1-го этажа	3,4	115	39,2
4		4,8	162	50,4
5		4	137	38,2
6		7	241	32,6
7		4,3	148	37,2
8		4,5	150	38,1
9		5,1	164	37,5
10	Отопление лестничных клеток	17,2	590	50,7



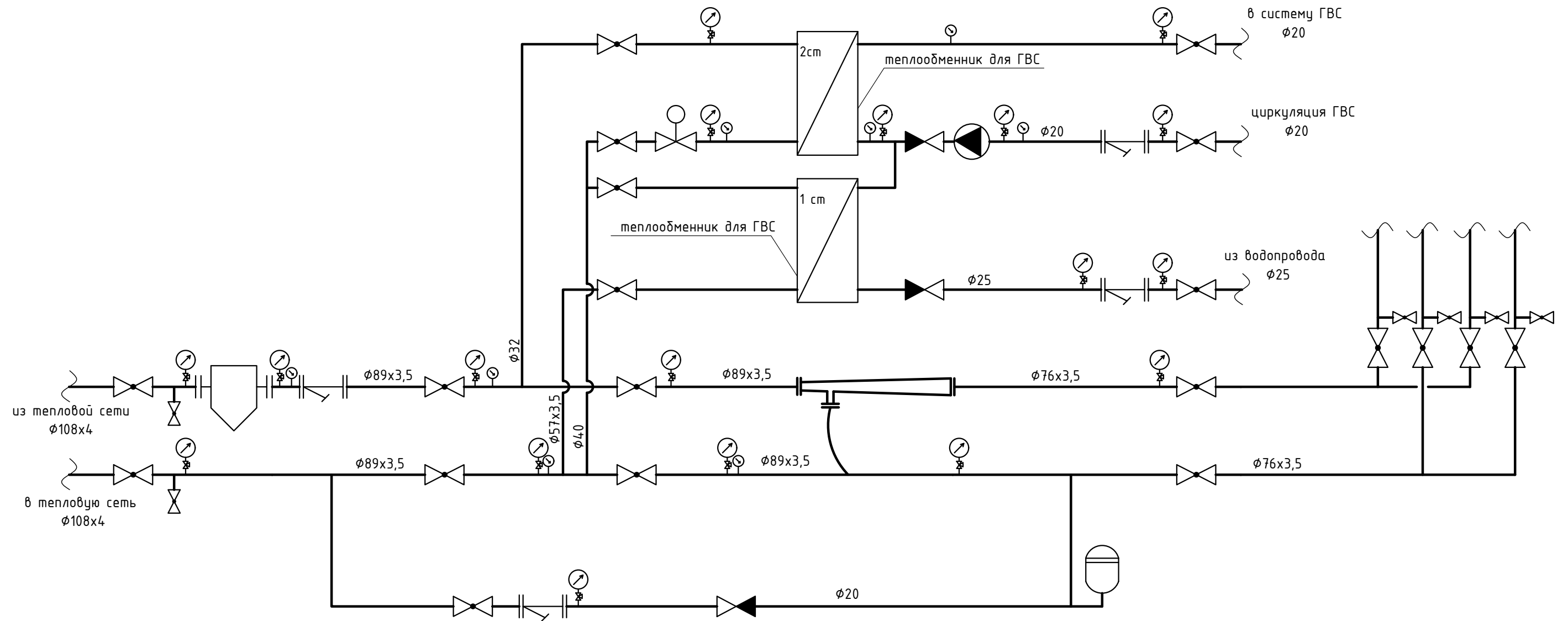
## Продолжение приложения Б

Таблица Б.4 – МКД по ул. Горького, д. 68

Вариант капремонта	Наименование системы	№ системы	Тепловые потери $Q$ , кВт	Расход воды $G, \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$	Потери давления $\Delta P$ , кПа
СО до капремонта	Отопление жилой части, ЛК	1	142,2	4878	69,2
		2	189	6469	69,2
		3	80,1	2747	62,3
		4	117,1	1965	69,2
СО после утепления НОК	Отопление жилой части, ЛК	1	111	3805	69,2
		2	152	5202	69,1
		3	64,1	2200	69,2
		4	91,7	3146	69,2
СО после утепления чердачного перекрытия и покрытия	Отопление жилой части, ЛК	1	117,3	4025	69
		2	159,7	5479	69,2
		3	68,6	2354	69,1
		4	98,2	3369	69,2

# ПРИЛОЖЕНИЕ В

## ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ИТП ДО КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА



# ПРИЛОЖЕНИЕ Г

## ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ИТП ПОСЛЕ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА

