

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ЭКСПЕРТИЗЫ НЕДВИЖИМОСТИ

---

Выпускная квалификационная работа № \_\_\_\_\_  
(Бакалаврская работа)

Студента \_\_\_\_\_ Волошко Евгения Игоревича

Направление \_\_\_\_\_ 08.03.01 – «Строительство», направленность (профиль)  
\_\_\_\_\_ «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Защищена \_\_\_\_\_

Тема \_\_\_\_\_ Проект крышной котельной для теплоснабжения  
\_\_\_\_\_ торгово-офисного центра в г. Ставрополе

Распоряжение о закреплении темы от \_\_\_\_\_ 14 апреля 2020 г. № 35.3-14.00-03

Чертежи \_\_\_\_\_ 8 \_\_\_\_\_ листов

Пояснительная записка \_\_\_\_\_ 112 \_\_\_\_\_ листов

Подпись лица, принявшего  
документы \_\_\_\_\_

---

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерный институт

Кафедра теплогазоснабжения и экспертизы недвижимости

Утверждена распоряжением по институту  
от 14 апреля 2020 г. № 35.3-14.00-03

Выполнена по заявке организации  
(предприятия)

Допущена к защите  
« 15 » июня 2020 г.

Зав. кафедрой теплогазоснабжения и  
экспертизы недвижимости, доктор  
технических наук, доцент  
Стоянов Николай Иванович

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Проект крышной котельной для теплоснабжения  
торгово-офисного центра в г. Ставрополе

Рецензент:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Выполнил Волошко Евгений Игоревич  
студент 4 курса, СТР-б-о-16-3 группы  
профиль Теплогазоснабжение и вентиляция  
очной формы обучения

Нормоконтролер:

Стоянов Николай Иванович,  
доктор технических наук, доцент,  
зав. кафедрой теплогазоснабжения и  
экспертизы недвижимости

Руководитель:

Аборнев Денис Викторович,  
канд. техн. наук, доцент, кафедры ТиЭН

Дата защиты  
«25» июня 2020 г.

Оценка \_\_\_\_\_

Ставрополь, 2020 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерный институт

Кафедра теплогазоснабжения и экспертизы недвижимости

Направление подготовки 08.03.01 Строительство

Профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой ТГС и ЭН

Н.И. Стоянов

подпись, инициалы, фамилия

« 20 » апреля 2020 г.

**ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**(Бакалаврскую работу)**

Студент Волошко Евгений Игоревич группа СТР-б-о-16-3  
Фамилия, имя, отчество

1. Тема: Проект крышной котельной для теплоснабжения  
торгово-офисного центра в г. Ставрополе

утверждена распоряжением по институту от 14 апреля 2020 г. № 35.3-14.00-03

2. Срок представления проекта к защите «15» июня 2020 г.

3. Исходные данные для проектирования Технические и технологические  
характеристики объекта проектирования. Схемные и конструкторские решения  
основных узлов и оборудования.

4. Содержание пояснительной записки:

4.1. Технологическая часть

Характеристика строительной площадки

Исходные данные для проектирования

Регулирование отпуска тепла

Определение тепловых нагрузок

Описание тепловой схемы

Расчёт тепловой схемы котельной

Регулирование ГВС

Расчёт диаметров трубопроводов

Подбор оборудования и компоновка

Гидравлический расчёт газопровода котельной

Описание основного оборудования ГСВ

4.2. Автоматизация и контроль производственных процессов

Автоматизация работы тепломеханической части

Автоматизация работы системы газоснабжения

4.3. Организационно-техническая часть

Характеристика объекта

- Анализ условий строительства  
Календарный план  
Выбор способа производства работ
- 4.4. Безопасность и экологичность проекта  
Защита от шума и вибраций  
Обеспечение электробезопасности  
Воздействие объекта на атмосферу
- 4.5. Технико-экономический раздел.  
Расчёт количества необходимой тепловой энергии  
Расчёт годового расхода условного и натурального топлива  
Водоснабжение и водоотведение  
Расчётный расход воды на хозяйственно-бытовые нужды  
Стоимость отпускаемого тепла  
Стоимость основного оборудования котельной
5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей) Л № 1 План торгово-офисного центра; Фасад здания  
Л. № 2 Дымовые трубы. Вид сверху; Разрез 1-1  
Л № 3 Принципиальная упрощённая тепловая схема котельной и распределительных коллекторов  
Л № 4 Компоновка КРГК-2,08МВт с распределительными коллекторами  
Л № 5 Принципиальная тепловая схема котельной  
Л № 6 Принципиальная тепловая схема распределительного коллектора  
Л № 7 Блок схема алгоритма работы системы диспетчеризации и системы безопасности котельной  
Л № 8 Календарный план.

Дата выдачи задания 20 апреля 2020 г.

Руководитель проекта Аборнев Д.В.  
подпись, инициалы, фамилия

Консультанты по разделам:

Автоматизация и контроль производственных процессов  
краткое наименование раздела Е.И. Беляев  
подпись, инициалы, фамилия

Организационно-технологический раздел  
краткое наименование раздела А.А. Хащенко  
подпись, инициалы, фамилия

Безопасность и экологичность проекта  
краткое наименование раздела А.И. Воронин  
подпись, инициалы, фамилия

Технико-экономический раздел  
краткое наименование раздела А.В. Смирнова  
подпись, инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению: Е.И. Волошко  
подпись, дата инициалы, фамилия



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерный институт

Кафедра теплогазоснабжения и экспертизы недвижимости

Направление подготовки 08.03.01 Строительство

Профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»

## Календарный план

1. Направление подготовки 08.03.01 Строительство
2. Профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция»
3. Фамилия, имя, отчество (полностью) Волошко Евгений Игоревич
4. Выпускной квалификационной работы Проект крышной котельной для теплоснабжения  
торгово-офисного центра в г. Ставрополе
5. Руководитель проекта (работы) Д.В. Аборнев

6. Консультанты:

| № п/п | Ф. И. О.      | По какому разделу        | Кол-во часов |
|-------|---------------|--------------------------|--------------|
|       | Беляев Е.И.   | Автоматизация            | 1,0          |
|       | Хащенко А.А.  | Орг.-технологический     | 1,0          |
|       | Воронин А.И.  | Безоп. и эколог. проекта | 1,0          |
|       | Смирнова А.И. | Тех.-экономический       | 1,0          |

|    | Наименование этапов выпускной квалификационной работы | Сроки выполнения работы | Примечание |
|----|---|-------------------------|------------|
| 1. | Технологический                                       | 20.04.20 – 02.05.20     |            |
| 2. | Автоматизация   | 04.05.20 – 09.05.20     |            |
| 3. | Орг.- технологический                                 | 11.05.20 – 16.05.20     |            |
| 4. | Безоп. и экологичность                                | 18.05.20 – 23.05.20     |            |
| 5. | Технико - экономический                               | 25.05.20 – 30.05.20     |            |
| 6. | Графический   | 01.06.20 – 13.06.20     |            |

Руководитель Д.В. Аборнев

Зав. кафедрой Н.И. Стоянов

«20» апреля 2020 г.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |     |
|---|-----|
| <b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....   | 5   |
| <b>1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b> .....                                   | 7   |
| 1.1. ХАРАКТЕРИСТИКА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ.....                          | 7   |
| 1.2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....                            | 9   |
| 1.3. РЕГУЛИРОВАНИЕ ОТПУСКА ТЕПЛА.....                                   | 14  |
| 1.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК.....                                 | 15  |
| 1.5. ОПИСАНИЕ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ.....                                       | 16  |
| 1.6. РАСЧЁТ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ КОТЕЛЬНОЙ.....                               | 18  |
| 1.7. РЕГУЛИРОВАНИЕ ГВС.....   | 34  |
| 1.8. РАСЧЁТ ДИАМЕТРОВ ТРУБОПРОВОДОВ.....                                | 36  |
| 1.9. ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ И КОМПОНОВКА.....                              | 39  |
| 1.10. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ГАЗОПРОВОДА КОТЕЛЬНОЙ.....                  | 60  |
| 1.11. ОПИСАНИЕ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ГСВ.....                          | 76  |
| <b>2. АВТОМАТИЗАЦИЯ И КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ</b> .....     | 80  |
| 2.1. АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ.....                  | 80  |
| 2.2. АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ.....                    | 83  |
| <b>3. ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b> .....                        | 85  |
| 3.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА.....  | 85  |
| 3.2. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА.....                                  | 85  |
| 3.3. КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН.....  | 86  |
| 3.4. ВЫБОР СПОСОБА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ.....                              | 89  |
| <b>4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА</b> .....                    | 94  |
| 4.1. ЗАЩИТА ОТ ШУМА И ВИБРАЦИЙ.....                                     | 95  |
| 4.2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ.....                               | 96  |
| 4.3. ВОЗДЕЙСТВИЕ ОБЪЕКТА НА АТМОСФЕРУ.....                              | 97  |
| <b>5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ</b> .....                            | 99  |
| 5.1. РАСЧЁТ КОЛИЧЕСТВА НЕОБХОДИМОЙ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ.....                | 99  |
| 5.2. РАСЧЁТ ГОДОВОГО РАСХОДА УСЛОВНОГО И НАТУРАЛЬНОГО ТОПЛИВА.....      | 102 |
| 5.3. ВОДОСНАБЖЕНИЕ И ВОДООТВЕДЕНИЕ.....                                 | 104 |
| 5.4. РАСЧЁТНЫЙ РАСХОД ВОДЫ НА ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫЕ НУЖДЫ КОТЕЛЬНОЙ..... | 105 |
| 5.5. СТОИМОСТЬ ОТПУСКАЕМОГО ТЕПЛА.....                                  | 106 |
| 5.6. СТОИМОСТЬ ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ КОТЕЛЬНОЙ.....                    | 108 |
| <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....   | 110 |
| <b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....  | 111 |

## ВВЕДЕНИЕ

Еще несколько десятков лет назад казалось, что за централизованными системами будущее. Мощные теплофикационные системы наиболее эффективно решали проблему обеспечения тепловой и электрической энергией. Термодинамические циклы в крупных установках проходят эффективнее.

Энергоустановки как правило имели больше габариты, и как следствие их размещали за территорией города или на его периферии. Это давало возможность улучшить экологические показатели города.

Они давали возможность промышленным предприятиям использовать вторичные энергоресурсы.

Не смотря на достоинства централизованного теплоснабжения оно имеет и ряд серьёзных недостатков. Самым ненадёжным элементом в данной системе являются тепловые сети (ТС). К наиболее существенным недостаткам ТС можно отнести следующие: сильный износ сети; потери тепла превышают нормативные; ненадёжность, которая приводит к аварийным ситуациям, что влечёт за собой перебои в поставке тепла потребителю; система гидравлически разрегулирована из-за подключения всё новых и новых абонентов; высокие затраты электроэнергии на транспортировку теплоносителя.

Для потребителя это означает, что себестоимость отпускаемого тепла будет высокая и с каждым годом она будет только расти.

Тепловые сети и централизованные источники тепла морально и физически изношены. Это наблюдается в превышении нормативных значений потерь тепла, предельных режимах работы оборудования, частых авариях в теплотрассе.

|           |              |          |       |              |   |  |  |      |      |        |  |
|-----------|--------------|----------|-------|--------------|---|--|--|------|------|--------|--|
|           |              |          |       |              | ДП-СКФУ-ИИ-08.03.01-161059-2020   |  |  |      |      |        |  |
| Изм       | Лист         | № докум. | Подп. | Дата         | Проект крышной котельной для<br>теплоснабжения торгово-офисного центра в<br>городе Ставрополь |  |  | Лит. | Лист | Листов |  |
| Разраб.   | Волошко Е.И. |          |       | у            |   |  |  |      | 5    | 112    |  |
| Пров.     | Аборнев Д.В  |          |       | Кафедра ТиЭН |   |  |  |      |      |        |  |
| Н. контр. | Стоянов Н.И. |          |       |              |   |  |  |      |      |        |  |
| Утв.      | Стоянов Н.И. |          |       |              |   |  |  |      |      |        |  |



На этом фоне все увереннее позиции децентрализованного теплоснабжения, к которому относятся современные компактные транспортабельные блочные котельные (разновидностью которых являются крышные рамные котельные (КРК)) с высокоэффективными жаротрубными водогрейными котлами, КПД которых достигает 92-93%.

Использование децентрализации позволяет лучше адаптировать систему теплоснабжения к условиям потребления теплоты конкретного обслуживаемого ею объекта, а отсутствие внешних распределительных сетей практически исключает непроизводственные потери теплоты при транспорте теплоносителя.[1]

Так же при децентрализации возможно достичь снижения капитальных вложений за счет сокращения или вовсе отсутствия тепловых сетей.

Так же одним из методов разгрузки старых и нагруженных тепловых сетей, при отсутствии свободных мощностей, является подключение к автономной блочной котельной.

Нахождение человека в потенциально опасном месте сводится к минимуму, так как возможна полная автоматизация котельной без постоянного присутствия людей.

В данном дипломном проекте, крышной рамной газовой котельной (КРГК) для Торгово-офисного здания, решаются следующие задачи:

- Теплоснабжение торгово-офисного здания и гипермаркета магнит;
- Проектирование распределительных коллекторов для распределения теплоносителя между торгово-офисным центром (ТОЦ) и гипермаркетом магнит (ГММ);
- Установка современного оборудования с высокой эффективностью;
- Применение новой системы автоматизации.

# 1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1.1. Характеристика строительной площадки

Котельную для Торгово-офисного центра в г. Ставрополе на ул. Тухачевского было принято разместить на крыше здания. Котельная поставляется без ограждающих конструкций так как устанавливаться она будет в специальное помещение на верхнем этаже здания. Затем после установки котельной будут устанавливаться перекрытия.

Под котельную застройщик предварительно монтирует металлические пластины в опорных точках заподлицо с верхом монтажной площадки котельной. За отметку верха закладных котельной принимаем минус 0,123м, относительно отметки  $\pm 0,000$ м чистого пола котельной.

Для обеспечения объекта тепловой энергией будут установлены распределительные коллектора. Внутренний контур котельной будет отделён от распределительных коллекторов ОВ термогидравлическим разделителем. Коллектора предназначены для разделения систем теплоснабжения торгово-офисного центра и гипермаркета магнит. Разделение систем теплоснабжения идет на 6 контуров. По два контура в каждой системе.

Контур горячего водоснабжения по способу присоединения к системе теплоснабжения – закрытый (вода на горячее водоснабжение забирается из водопровода и нагревается в теплообменнике сетевой водой).

Топливоснабжение крышной рамной котельной будет осуществляться из проектируемого подземного газопровода среднего давления. Проводка газопровода до КРГК осуществляется по стене здания. Подключение КРГК к наружным сетям газопровода предусматривается через газорегуляторную установку, входящую в состав котельной.

Все свечи от газопровода среднего и низкого давления (сбросные, продувочные и свечи безопасности) выводятся выше кровли здания, в котором расположена котельная, на 1,0 м.

Электричество будет подаваться в новую крышную котельную от трансформаторной подстанции, расположенной в непосредственной близости от котельной. Прокладка электрического кабеля, от подстанции до здания торгово-офисного центра запроектирована подземная по двум независимым линиям, что исключит возможные перебои в работе котельной, далее кабель прокладывается в технологической шахте для прокладки коммуникаций, затем по наружной части каркаса рамной котельной заходит в шит автоматизации котельной.

Дымовые газы от котлов Logano SK755-1040 отводятся через индивидуальные дымовые трубы. Дымовые трубы устанавливаются на крыше здания с выводом выше кровли помещения котельной на 1 м. Общая высота относительно пола котельной 6,2 м.

В котельной предусмотрена система водоотведения В19. Предназначена она для отвода:

- продувочной воды с котловых агрегатов,
- отработавшей воды на собственные нужды установки ХВО,
- сбрасываемого теплоносителя с предохранительных клапанов,
- конденсата с дымовых труб;

- грязной воды после влажной уборки котельной;

- теплоносителя с оборудования и трубопроводов (при необходимости слива теплоносителя, к специальному крану от оборудования или трубопровода подключается гибкий шланг и выводится в дренаж).

Система водоотведения из крышной котельной подключается к существующей канализации К1, затем стоки сливаются в существующие наружные сети канализации.

Выход из котельного зала запроектирован на крышу здания. Направление открытия двери наружу.

В соответствии с СП 14.13330.2018 [24] по табл. 4.2 объект теплоснабжения торгово-офисного здания относится к первому классу объектов. Для оценки сейсмичности таких объектов предназначена карта А ОСР-2015. Сейсмичность данного района составит 8 баллов.

## 1.2. Исходные данные для проектирования

Крышная рамная котельная устанавливается на объекте: г. Ставрополь, ул. Тухачевского, 25/1, «Торгово-офисный центр».

Комплект КРГК состоит из трех транспортабельных блоков, габаритами 6200x2400x3100(h) каждый и распределительного коллектора отопления и вентиляции с разводкой на 4 независимых контура.

Блоки котельной выполнены в виде каркасной конструкции из металлических профилей, без входной двери и оконных проёмов. Ограждающие конструкции для такого типа котельной не предусматриваются, так как блоки будут устанавливаться внутрь помещения. В помещении предусмотрены оконные проемы в которые устанавливаются стеклопакеты. Они используются в качестве легкобрасываемых элементов конструкции котельной. По типу вскрытия сбросного проема стеклопакеты относятся к смещаемым. Дополнительно стеклопакет служит для естественного освещения котельной. Так же для проветривания 25% окон спроектированы открывающимися.

Для транспортировки до места установки блоки котельной упаковывают в термоусадочную плёнку, предварительно сняв с нее элементы подлежащие демонтажу. Упаковка осуществляется в заводских условиях.

Конструктивно блоки рассчитаны на перевозку в полуприцепе на базе автомобиля «КАМАЗ», или на других (достаточных по габаритам) прицепах, полуприцепах, железнодорожном транспорте.

В новой крышной газовой котельной планируется установить:

- Стальные водогрейные котлы Logano SK755-1040, максимальной тепловой мощностью 1040 кВт, максимальное рабочее давление теплоносителя до 6,0 кгс/см<sup>2</sup>, максимальная температура до 110°C, КПД при номинальной нагрузке (100%) – 92%, производства «Buderus», Германия. Котлы укомплектованы газовыми горелками модели WM-G 20/2-A, исполнения ZM, с низким выделением окислов азота, с газовой рампой, производства компании «Weishaupt», Германия;

- Высокоэффективное насосное оборудование (с необходимым резервированием) производства фирмы «Grundfos», Германия.
- Бак запаса воды на 800 литров, с возможностью бесперебойной подачи подпиточной воды;
- Комплексную систему автоматизации на базе электронных контроллеров, которая обеспечит контроль над основными технологическими процессами в котельной и исключит необходимость постоянного присутствия обслуживающего персонала;
- Узлы учёта тепловой энергии, расхода топлива, воды, электричества;
- Газорегуляторную установку (ГРУ) с основной и резервной линией редуцирования.
- Термогидравлический разделитель на 1590 кВт;
- Шумопоглощающие опоры для котлов и виброзвукоизолирующие вставки для насосного оборудования.

Котельная работает в автоматическом режиме, без постоянного присутствия обслуживающего персонала. Диспетчеризация котельной в случае аварии производится посредством GSM связи. Удалённо оператору отправляется письмо с причиной остановки котельной. Запустить котельную возможно только из самого помещения котельного зала.

В соответствии со строительными правилами [6] котельная относится к отопительным. КРГК обеспечивает тепло системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения ТОЦ и ГММ.

Котельная по надёжности отпуска тепла потребителям, относятся ко II категории [6]. К этой категории относятся те потребители, для которых допускается снижение температуры в отапливаемых помещениях на период ликвидации аварии, но не более 54 ч.

Сооружение котельной относится к категории «Г» по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности, а так же имеет II степень огнестойкости [6].

В качестве топлива для блочной котельной, используется природный газ по ГОСТ 5542-2014 с номинальной теплотворной способностью  $Q_n^c=8000$  ккал/нм<sup>3</sup>. Для данной котельной резервное топливо не предусматривается.

По техническим условиям на газ максимальное давление природного газа в газопроводе на вводе в котельную – 0,3МПа (рабочее давление 0,11МПа).

Для работы горелок необходимо понизить давление газа до 0,03МПа. Для этого в котельной предусмотрена газорегуляторная установка с основной и резервной линией редуцирования (ГРУ).

В соответствии с СП «Тепловые сети» [8] и на основании технико-экономических расчетов система теплоснабжения принята – закрытая, четырёхтрубная. Подача тепла на отопление и вентиляцию осуществляется через гидравлический разделитель, который в свою очередь соединён с распределительным коллектором. Подача тепла на горячее водоснабжение осуществляется через водо-водяные теплообменники установленные в блоке котельной.

К плюсам закрытой системы относятся:

- Возможность слежения за утечками в теплосети;
- Низкие затраты на подготовку воды для подпитки системы;
- Водоразбор для системы ГВС идет из водопровода, а не из теплосети

Установленная тепловая мощность крышной котельной составляет 2,08 МВт. Номинальная тепловая мощность на систему отопления и вентиляции составляет 1,59 МВт, а на систему ГВС 430 кВт.

В данной котельной в качестве теплоносителя используется вода с температурным графиком:

- 95/70 °С (368/343 К) на контур №2 и контур №4 (Теплоснабжение системы отопления ТОЦ и ГММ);

- 85/60 °С (358/333 К) на контур №1 и контур №3 (теплоснабжение системы вентиляции ТОО и ГММ)
- 60/40 °С (333/313 К) на контур №5 и контур №6 (система горячего водоснабжения для ТОО и ГММ)

Давление в трубопроводах теплосети определено по результатам гидравлического расчёта и составляет:

- Система отопления ТОО: подающий трубопровод  $P_1^{\text{ТОО}} = 40$  м.в.ст., обратный трубопровод  $P_2^{\text{ТОО}} = 20$  м.в.ст.;
- Система вентиляции ТОО: подающий трубопровод  $P_5^{\text{ГММ}} = 35$  м.в.ст., обратный трубопровод  $P_6^{\text{ТОО}} = 20$  м.в.ст.;
- Система отопления ГММ: подающий трубопровод  $P_1^{\text{ГММ}} = 35$  м.в.ст., обратный трубопровод  $P_2^{\text{ТОО}} = 20$  м.в.ст.;
- Система вентиляции ГММ: подающий трубопровод  $P_5^{\text{ГММ}} = 35$  м.в.ст., обратный трубопровод  $P_6^{\text{ТОО}} = 20$  м.в.ст.

Давление в существующем хозяйственно-питьевом водопроводе составляет  $P_{В1} = 40$  м.в.ст. – на вводе в котельную.

Максимальное давление в котлах и системе теплоснабжения – 0,6 МПа. На максимальное давление настроены предохранительные клапана, расположенные на общем коллекторе подающего трубопровода. При достижении максимума они открываются и сбрасывают теплоноситель в дренажный трубопровод. Присоединение к дренажу выполнено в виде воронки открытого типа.

Сейсмичность в месте установки блочной котельной – 8 баллов. При сейсмичности выше 7 баллов необходимо принимать меры по предотвращению возникновения разрушения конструкции, а так же отключению подачи газа.

Для подпитки системы ОВ предусмотрен трубопровод Т94. Водопроводная вода имеет ионы жёсткости, которые необходимо удалить. Умягчение воды для подпитки системы теплоснабжения будет осуществляться через блок ХВО, установленном в блоке котельной.

Блок химводоочистки состоит из двух натрий-катионитовых фильтров, соединенных по схеме одноступенчатого натрий-катионирования, бака для сбора умягченной воды, солерастворителя, насосов сырой воды и подпиточного насоса.

По данным [9], средние и расчетные температуры наружного воздуха принимаются в соответствии со строительными нормами и правилами по строительной климатологии и геофизике и по проектированию отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Для проектирования летнего режима работы используются параметры «А». Зимний режим рассчитывается на параметры «Б».

Параметры наружного воздуха представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Параметры наружного воздуха для холодного и теплого периода.

| Для холодного периода года (параметры «Б»)                                 |      |
|--|------|
| Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью 0,92 | - 18 |
| Продолжительность отопительного периода, сут                               | 168  |
| Средняя температура воздуха, °С (при $\leq 8$ °С)                          | 0,5  |
| Абсолютно-минимальная температура воздуха, °С                              | - 31 |
| Средняя месячная температура воздуха наиболее холодного месяца, °С         | -2,9 |
| Для теплого периода года (параметры «А»)                                   |      |
| Температура наружного воздуха, °С, обеспеченностью 0,95                    | + 26 |



### 1.3. Регулирование отпуска тепла

Регулирование отпуска тепла котельной зависит от температуры наружного воздуха. В КРГК предусмотрено централизованное (внутри котельной) качественное регулирование отпуска тепла на системы ОВ.

Для снабжения потребителя теплом была выбрана четырёхтрубная система теплоснабжения независимого типа (теплоноситель, циркулирующий по сетевому контуру, в термогидравлическом разделителе нагревает теплоноситель, циркулирующий в системе отопления и вентиляции). Система ГВС по способу присоединения к системе теплоснабжения закрытая ((вода на горячее водоснабжение забирается из водопровода и нагревается в теплообменнике сетевой водой)).

Регулирование отпуска тепла будет производится качественно по температурному графику. В контурах отопления и вентиляции устанавливается постоянный расход, при этом изменяется температура теплоносителя. Теплоноситель из обратной линии, посредством смесительного клапана, будет подмешиваться в подающую линию с целью понижения температуры до требуемой по температурному графику. Смесительный клапан работает автоматически.

Отпуск тепла на горячее водоснабжение регулируется так же качественно, но уже в зависимости от потребления горячей воды. При нулевом водоразборе горячей воды трехходовой смесительный клапан с греющей стороны перекрывает подачу горячего теплоносителя и закольцовывает охлаждённый теплоноситель в теплообменный аппарат, что экономит энергоресурсы.

Построим температурный график для определения расходов теплоносителя. Температурный график строится по параметрам наружного воздуха приведённым в табл. 1 п.1.2. и дополнительным параметрам для построения (табл. 1.2 п 1.3), приведённым ниже.

Таблица 1.2 – Дополнительные параметры для построения температурного графика

| Наименование величин  | Значение |
|---|----------|
| Начало и конец отопительного периода принимаются при температуре наружного воздуха, °С  | +8       |
| Усредненная расчетная температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, для жилых районов, °С  | +18      |
| Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С  | - 18     |
| Параметры теплоносителя котельной, °С   | 95-70    |
| Температура воды на входе в котельный агрегат, не ниже °С (это температура «точки росы» при сжигании природного газа, должна быть не ниже данного значения, для исключения конденсации водяных паров на поверхностях котла) | 62,3     |

Температуру на вводе в котлы примем 65 °С с запасом в 2,7 °С на неучтённые потери температуры в трубопроводах.

#### 1.4. Определение тепловых нагрузок

В соответствии со СП 89.13330.2016 «Котельные установки» [6], тепловые нагрузки для расчета и выбора оборудования котельной должны определяться для зимнего и летнего режима работы котельной.

Расчетная производительность котельной определяется суммой часовых расходов тепла на отопление и вентиляцию, горячее водоснабжение и технологические цели. Так же необходимо учитывать расходы тепла на собственные нужды котельной и потери тепла в котельной и в тепловых сетях.

Суммарная тепловая мощность котельной складывается из нагрузок на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение:

$$\sum Q_k = Q_O + Q_B + Q_{ГВС} \text{ МВт} \quad (1.1)$$

где  $Q_O$  – расход теплоты на отопление торгово-офисного центра и гипермаркета магнит, МВт;

$Q_B$  – расход теплоты на вентиляцию ТОЦ и ГММ, МВт;

$Q_{ГВС}$  – расход теплоты на горячее водоснабжение ТОЦ и ГММ, МВт;

Для подпитки системы ОВ используется подготовленная вода температурой  $5^{\circ}\text{C}$  - зимой и  $15^{\circ}\text{C}$  – летом.

Таблица 1.3 – Тепловые нагрузки котельной.

| Тепловые нагрузки КРГК                                  | Летний      | Зимний |
|---|-------------|--------|
| Тепловая нагрузка на отопление $Q_o$ , МВт              | отсутствует | 0,488  |
| Тепловая нагрузка на вентиляцию $Q_b$ , МВт             | отсутствует | 1,1    |
| Расход теплоты на горячее водоснабжение $Q_{ГВС}$ , МВт | 0,368       | 0,43   |
| Собственные нужды котельной, МВт                        | 0,06        | 0,06   |
| Суммарная тепловая нагрузка котельной $\sum Q_k$ , МВт  | 0,368       | 2,08   |

### 1.5. Описание тепловой схемы

Схемой предусматривается гидравлическая развязка контуров котла и контура отопления и вентиляции, через термогидравлический разделитель.

Для присоединения котловых агрегатов к внутреннему контуру котельной была выбрана двухтрубная система с попутным движением теплоносителя, так же именуемой петлёй Альберта Тихельмана или трехтрубной системой. Эта система имеет недостатки: повышенная материалоемкость относительно обычной двухтрубной системы и сложность в размещении дополнительного витка трубы. Преимущества перевешивают недостатки:

- Нет нужды в балансировке. Оба котла равноудалены от сетевых насосов - линейное и местное сопротивление через котлы одинаковое;
- Высокая стабильность системы;
- Увеличенный срок службы относительно обычной двухтрубной системы.

Теплоноситель контура ОВ нагревается в котлах, по подающим трубопроводам поступает в гидравлический разделитель затем в

распределительную гребёнку и далее по обратным трубопроводам возвращается в котлы. Регулирование производится установленным на нем трехходовым смесительным клапаном. К контуру котлов перед гидрострелкой подключены два теплообменника системы ГВС. Циркуляция в этом контуре осуществляется с помощью загрузочного сдвоенного насоса для системы ГВС.

На внутреннем подающем трубопроводе ГВС устанавливается трехходовой смесительный клапан с электроприводом, который обеспечивает регулирование температуры горячей воды.

В соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа (0,7 кгс/см<sup>2</sup>), водогрейных котлов и водоподогревателей с температурой нагрева воды не выше 388 К (115 °С) [22] на любых котлах (в том числе имеющих один предохранительный клапан) вместо одного предохранительного клапана допускается устанавливать обвод с обратным клапаном, пропускающим воду из котла в обход запорного устройства на выходе горячей воды. В этом случае между котлом и расширительным сосудом не должно быть другой запорной арматуры, кроме указанного обратного клапана.

Теплоноситель контура отопления и вентиляции поступает из теплосети и по обратному трубопроводу подается в гидрораспределитель и далее насосами циркуляции отопления и вентиляции по подающему трубопроводу в теплосеть. На подающем трубопроводе отопления устанавливается клапан трехходовой смесительный с электроприводом, обеспечивающий подмес теплоносителя из обратного трубопровода и регулирование температуры в подающем трубопроводе по температуре наружного воздуха.

В котельной предусмотрена система водоотведения В19. Система водоотведения из крышной котельной подключается к существующей канализации К1, затем стоки сливаются в существующие наружные сети канализации.

При аварийной ситуации (отключение холодной воды) котельной необходимо продолжать работу, так как инерционность работы котельной

высокая и резкое отключение котловых агрегатов может привести к их поломке. Для плавной остановки работы котлов необходимо продолжать пропускать теплоноситель через котлы и подпитывать систему ОВ, чтобы поддерживать нужный уровень теплоносителя в котлах и трубопроводах. Для этого система подпитки оборудована баком запаса питательной воды.

### **1.6. Расчёт тепловой схемы котельной**

Котельная предназначена для снабжения горячей водой для нужд отопления, вентиляции и ГВС торгово-офисного центра и гипермаркета магнит расположенного на первом этаже здания. Расчёт тепловой схемы можно условно разделить на 3 части:

- Расчёт распределительных коллекторов для отопления и вентиляции ТОЦ и ГММ (тепловая схема после термогидравлического разделителя по ходу движения теплоносителя, см лист 2 графической части данного дипломного проекта);
- Расчёт термогидравлического разделителя;
- Расчёт внутреннего контура тепловой схемы котельной (тепловая схема перед термогидравлическим разделителем по ходу движения теплоносителя, см лист 2 графической части данного дипломного проекта).

Расчёт тепловой схемы котельной, проводится в трех режимах работы:

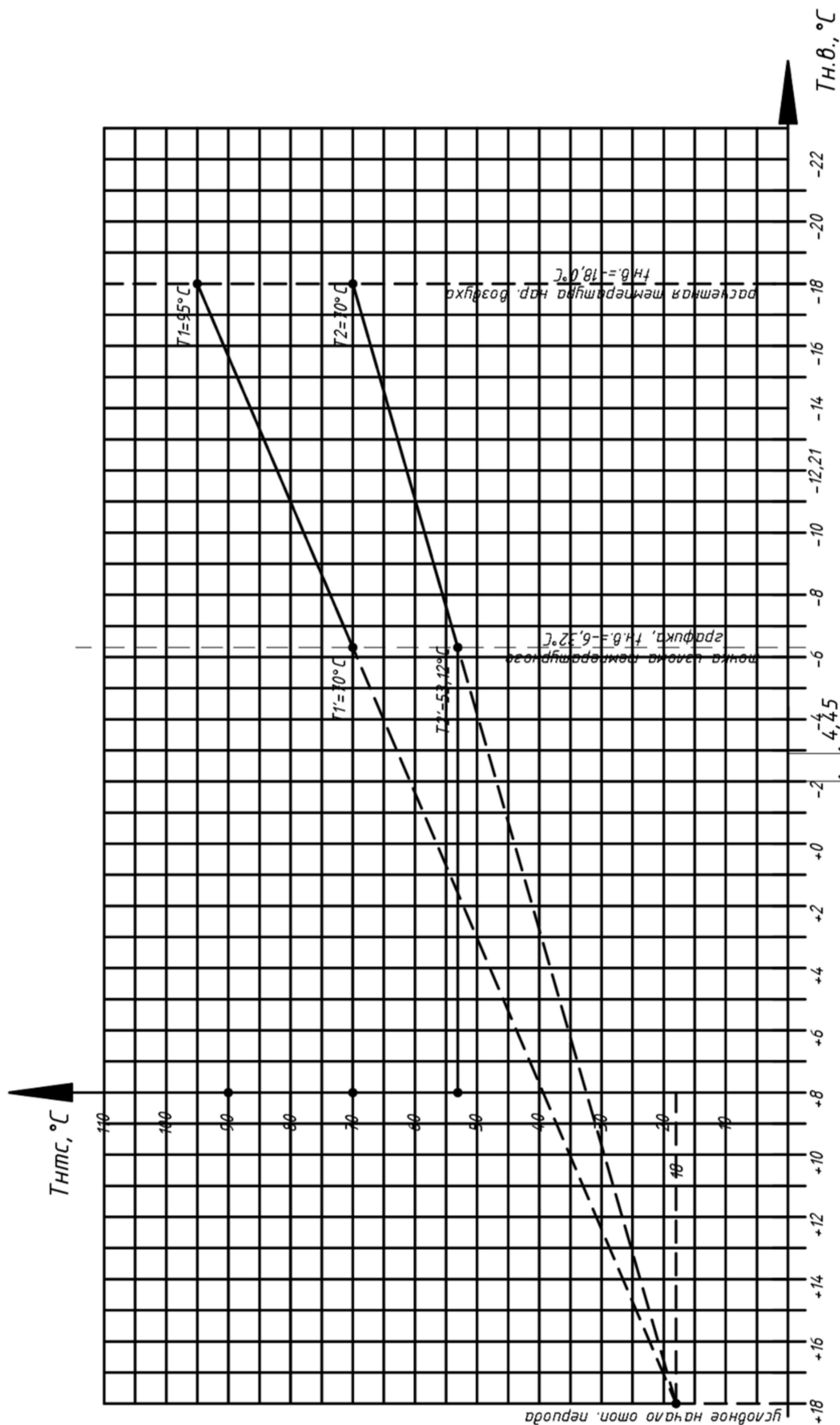
- Зимний период (максимальный)
- В точке излома температурного графика (переходный режим)
- Летний период

Рассмотрим подробно только переходный режим, так как он является наиболее нагруженным. Ниже в таблице №1.4 сведён расчёт всех пяти режимов работы.

Температурный напор на котлах равен температурному напору принятому на ГВС. Для ГВС в переходный режим по температурному графику (см рис. 1.3)

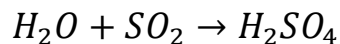
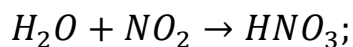
перепад принимается равным 16,88 °С. Отсюда температура на вводе в котел принимается 65°С (с запасом в 2,7°С на неучтённые потери тепла).

Рис. 1.1.1. Температурный график отпуска тепла КРГК - 2,08МВт.  
Топливо - природный газ.



$T_{нтс}$  – температура теплоносителя в наружных тепловых сетях (НТС);  
 $T_{н.в.}$  – температура наружного воздуха.

При режиме работы с температурой ниже 62,3 °С в дымовой трубе начнёт конденсироваться водяной пар. Водяной пар реагирует с продуктами горения топлива: оксидом азота ( $\text{NO}_x$ ) и оксидом серы ( $\text{SO}_2$ ):



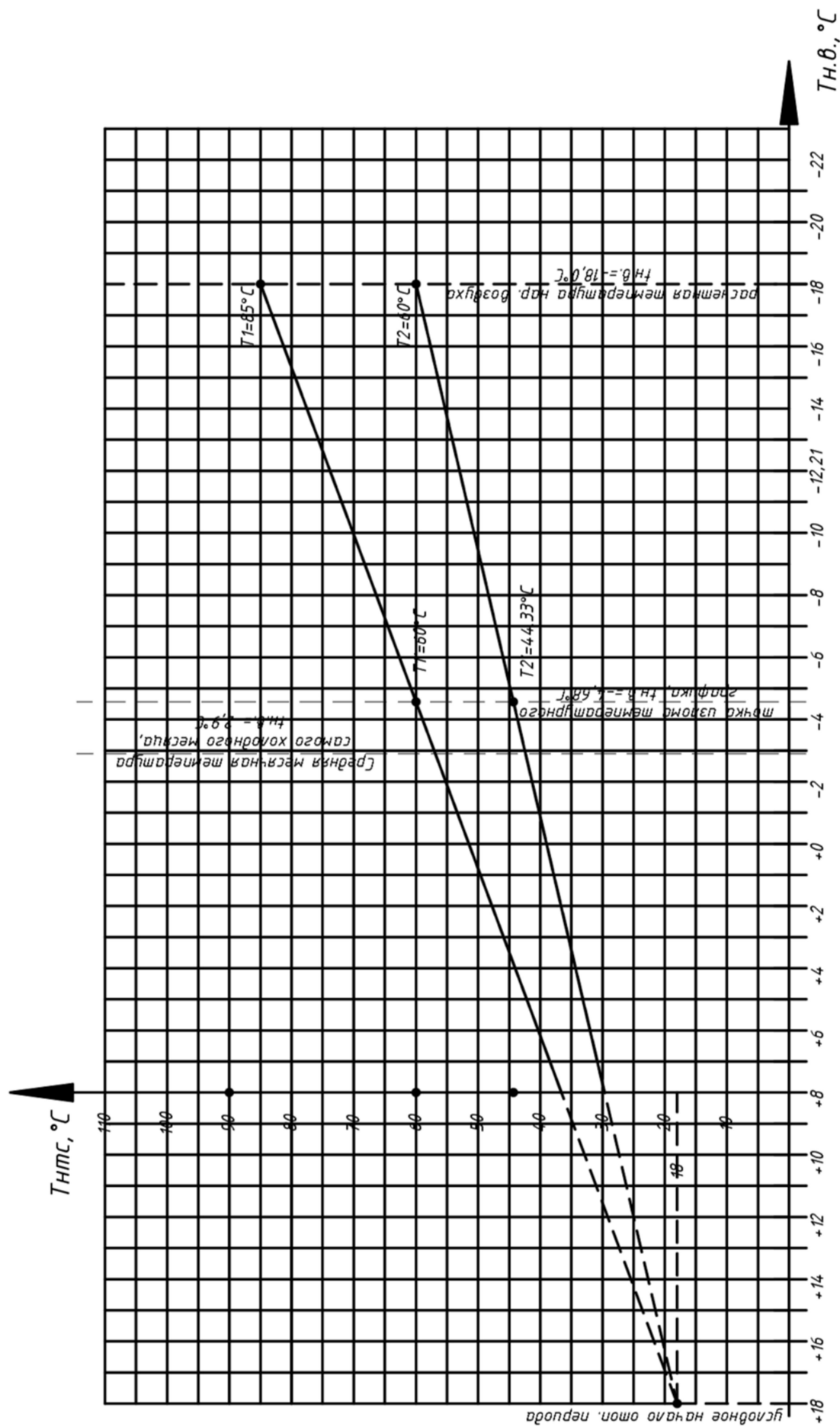
Из уравнения видно, что продуктом реакции являются кислоты. Дымоходы изготавливаются из кислотоустойчивых материалов, но даже они при постоянном воздействии слабых растворов кислот разрушаются со временем.

Для поддержания температуры на вводе в котлы используются рециркуляционные насосы. Рециркуляционные насос подключены к блоку управления, который считывает показания с индивидуальных термометров сопротивления (для каждого котла свой термометр), расположенных на обратном трубопроводе (Т4).

Температура в системе вентиляции на подаче соответствует температуре на выходе из котла. Так как нагрузка на вентиляцию постоянна, в независимости от наружной температуры, то температурный перепад на ней будет неизменен и составит  $\Delta t_v = 25^\circ\text{C}$ .

Для системы отопления используется другой режим отпуска тепла. Отпуск тепла производится по температурному графику 85/60°C, представленному на рис. 1.2.

Рис. 1.2. Температурный график работы системы отопления КРГК - 2,08МВт.  
Топливо - природный газ.



$T_{н.т.с.}$  – температура теплоносителя в наружных тепловых сетях (НТС);

$T_{н.в.}$  – температура наружного воздуха.



Системы отопления и вентиляции подключены через распределительный коллектор. Распределительный коллектор — это металлическая гребёнка оборудованная множеством выводов предназначенных для подключения к ней контуров отопления и вентиляции, с целью распределения теплоносителя по ним.

Техническим заданием предусматривается разработка распределительных коллекторов. Это увеличивает качество подачи тепла, надёжность системы, ремонтпригодность. Системы теплоснабжения объекта (отопления и вентиляции) присоединяются через термогидравлический разделитель, который установлен в котельной (поз. К9). Термогидравлический разделитель выполняет следующие функции:

- гидравлическая увязка первичного и вторичных контуров;
- предотвращение взаимного влияния объемных потоков воды в тепловой сети и контурах теплопотребителей;
- поступление в контуры теплопотребителей заданных объемов теплоносителя.
- эффективное удаление из теплоносителя воздуха и шлама.

Распределительные коллектора предназначены для разделения на контуры по назначению и объекту теплоснабжения. Разделение производится на 6 контуров (4 контура отопления и вентиляции и 2 контура горячего водоснабжения). На каждый контур, кроме контуров горячего водоснабжения, приходится по два насоса. Один насос является резервным.

На всех контурах устанавливаются теплосчётчики, подключенные к единому блоку.

Назначения контуров представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5. Характеристики контуров системы ОВ и ГВС

| №<br>п/п | Наименование<br>системы теплоснабжения             | Тепловая<br>мощность,<br>МВт | Температурный<br>график,<br>°С (К) |
|----------|--|------------------------------|------------------------------------|
| 1        | Контур №1 - Теплоснабжения системы отопления «ТОЦ» | 0,124                        | 85-60 (363-343)                    |
| 2        | Контур №2 - Теплоснабжения системы вентиляции      | 0,477                        | 95-70 (368-343)                    |

|   |   |       |                 |
|---|---|-------|-----------------|
|   | «ТОЦ»   |       |                 |
| 3 | Контур №3 - Теплоснабжения системы отопления «ГММ»  | 0,364 | 85-60 (363-343) |
| 4 | Контур №4 - Теплоснабжения системы вентиляции «ГММ» | 0,625 | 95-70 (368-343) |
| 5 | Контур №5 - Система горячего водоснабжения «ТОЦ»    | 0,093 | 60-55 (333-328) |
| 6 | Контур №6 - Система горячего водоснабжения «ГММ»    | 0,337 | 60-55 (333-328) |

Для каждого контура необходимо рассчитать потери теплоносителя. Потери тепловой сети рассчитываются в соответствии с СП 124.13330.2012 «Тепловые сети»: при отсутствии данных по фактическим объемам воды допускается принимать его равным  $65\text{ м}^3$  на 1 МВт расчетной тепловой нагрузки при закрытой системе теплоснабжения. Из вышеизложенных данных получаем формулу:

$$G_{\text{пот.}} = Q_{\text{ОВ}} * 0,0075 * 65, \quad \text{м}^3/\text{ч} \quad (1.2)$$

Потери для всех контуров рассчитываются идентично:

$$G_{\text{пот.}}^1 = 0,124 * 0,0075 * 65 = 0,06 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$G_{\text{пот.}}^2 = 0,23 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$G_{\text{пот.}}^3 = 0,177 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$G_{\text{пот.}}^4 = 0,304 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Подпиточная вода предварительно не подогревается, так как это мало эффективно из-за небольшого расхода подпиточной воды. Это решение позволяет дополнительно сэкономить полезное пространство, что важно при проектировании в малом объеме. Температура воды в зимний период принимается  $5^\circ\text{C}$ , а в летний  $15^\circ\text{C}$ .

Для расчёта расхода на регулирование необходимо определить максимальный расход в каждом из контуров систем ОВ:

$$G_{\text{о}}^{\text{ГММ}} = \frac{0,364 * 3600}{4,187 * 25} = 12,52 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$G_{\text{о}}^{\text{ТОЦ}} = \frac{0,124 * 3600}{4,187 * 25} = 4,26 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$G_{\text{в}}^{\text{ГММ}} = \frac{0,625 * 3600}{4,187 * 25} = 21,5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$G_{\text{в}}^{\text{ТОЦ}} = \frac{0,477 * 3600}{4,187 * 25} = 16,37 \text{ м}^3/\text{ч}$$

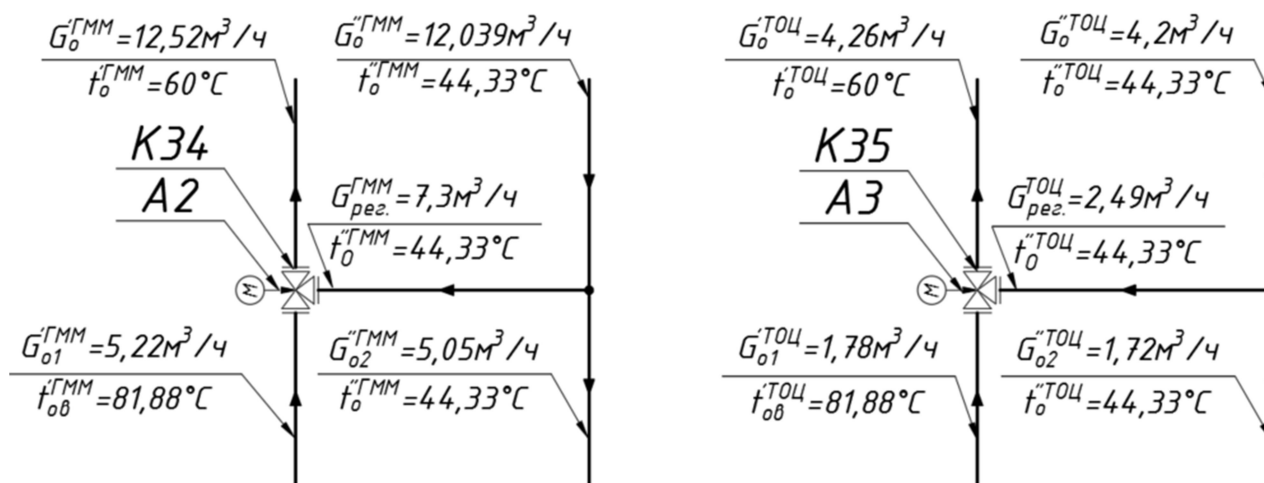
Расходы обратных трубопроводов для всех контуров рассчитываются как разность между подачей и потерями. Значения расходов сведены в таблицу 1.6.

Сложность расчёта распределительных коллекторов заключается в том, что рабочие температуры системы отопления отличаются от температур необходимых для работы системы вентиляции. Для регулирования отопления в схеме предусмотрены трехходовые смесительные клапана. Часть отработавшего теплоносителя будет подмешиваться к более горячему теплоносителю в подающую линию Т1 для снижения температуры.

В системе вентиляции регулирование не предусматривается, так как нагрузка на нее постоянная. Теплоноситель в нее поступает с той же температурой, что и в котловом контуре (81,88 °С в переходный режим), и выходит с установленным температурным перепадом в 25 °С (65 °С – в переходный режим).

Так как процесс расчета контуров предназначенных для теплоснабжения контуров гипермаркета магнит и контуров торгово-офисного центра полностью идентичен, то их расчёт будет вестись параллельно. Полученные значения будут сводиться в таблицу 1.6.

Первым участком для расчёта является узел регулирования отопления. Регулирование отопления производится трехходовым смесительным клапаном.



Для расчёта регулирования отопления воспользуемся уравнениями теплового и материального баланса

$$Q_{\text{пер.}} + Q'_{o1} = Q'_o \quad (1.3)$$

$$G_{\text{пер.}} + G'_{o1} = G'_o \quad (1.4)$$

Выразим из материального баланса  $G_{o1}$  и подставим его в уравнение теплового баланса. Теплоёмкость фигурирует в каждом из слагаемых, поэтому ее можно сократить, предварительно расписав мощности через расход и температуру

Путём несложных преобразований получается выражение:

$$G_{\text{пер.}} = \frac{G'_o * t''_o - G'_{o1} * t''_o}{t''_o}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1.5)$$

Подставив значения получим расход теплоносителя на регулирование отопления в переходный период:

$$G_{\text{пер.}}^{\text{ГММ}} = \frac{12,52 * (81,88 - 60)}{81,88 - 44,33} = 7,3 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$G_{\text{пер.о}}^{\text{ТОЦ}} = \frac{4,26 * (81,88 - 60)}{81,88 - 44,33} = 2,49 \text{ м}^3;$$

Расход теплоносителя на подающем трубопроводе отопления перед регулированием вычисляется по формуле материального баланса:

$$G'_{o1} = G'_o - G_{\text{пер.о}};$$

$$G'_{o1}{}^{\text{ГММ}} = 12,52 - 7,3 = 5,22 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$G'_{o1}{}^{\text{ТОЦ}} = 4,26 - 2,49 = 1,78 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

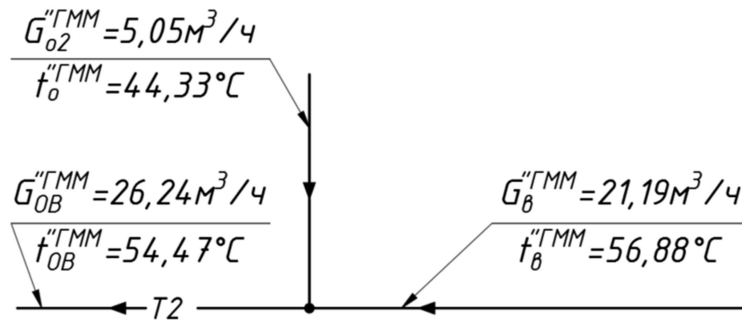
Аналогично производится расчёт расхода на обратной магистрали:

$$G''_{o2}{}^{\text{ГММ}} = 12,34 - 7,3 = 5,05 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$G''_{o2}{}^{\text{ТОЦ}} = 4,2 - 2,49 = 1,72 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

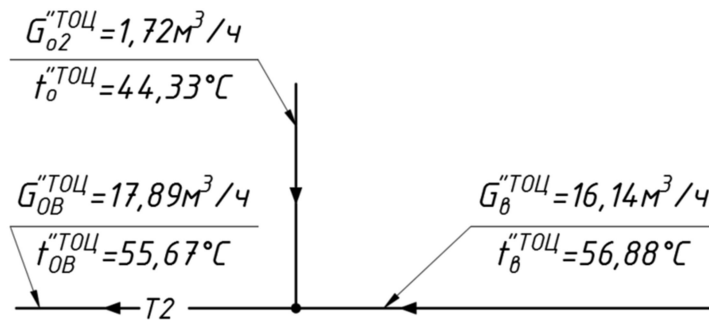
Разница между подающей линией и обратной соответствует потерям на каждом из контуров.

Определим температуру теплоносителя после смешения двух потоков отработавшего теплоносителя с контуров отопления и вентиляции:



$$t''_{об} = \frac{G''_{o2} * t''_o + G''_б * t''_б}{G''_{o2} + G''_б}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1.6)$$

$$t''_{об}^{\Gamma MM} = \frac{5,05 * 44,33 + 21,19 * 56,88}{5,05 + 21,19} = 54,47 \text{ } ^\circ\text{C};$$



$$t''_{об}^{\text{ТОЦ}} = \frac{1,72 * 44,33 + 16,17 * 56,88}{1,72 + 16,17} = 55,67 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Затем тем же самым методом определим температуру  $t''_{об}$ . Это температура обратной воды перед термогидравлическим разделителем по направлению обратного трубопровода:

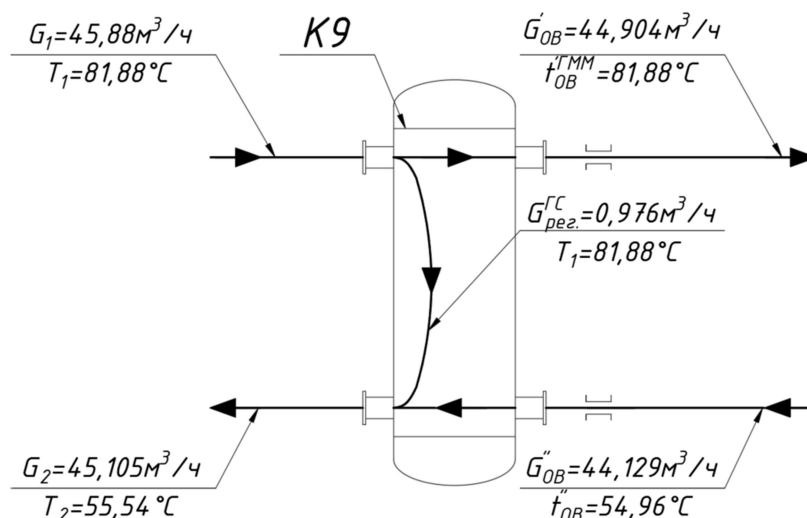
$$t''_{об} = \frac{26,72 * 54,47 + 17,89 * 55,67}{44,13} = 54,96 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Таблица 1.6 Характеристики контуров систем ОВ.

| Наименование  | Обозначение     | ГММ    | ТОЦ    | Обоснование   |
|---|-----------------|--------|--------|---|
| Максимальная нагрузка на систему Отопления, МВт                                       | $Q_o$           | 0,364  | 0,124  | Исх. Данные. Температурный график 85/60°C                     |
| Нагрузка на систему Вентиляции, МВт   | $Q_v$           | 0,625  | 0,477  | Исх. Данные. Температурный график 95/70°C                     |
| Перепад температур на ОВ, °C  | $\Delta t_{ov}$ | 25     | 25     | Максимальный перепад температур на системах ОВ равный         |
| Температура подачи в системе вентиляции в переходный режим, °C                        | $t'_{ov}$       | 81,88  | 81,88  | Равна температуре на выходе из котла                          |
| Температура обратки в системе вентиляции в переходный режим, °C                       | $t''_{ov}$      | 56,88  | 56,88  | $t''_{ov} = t'_{ov} - \Delta t_{ov}$                          |
| Потери на контуре отопления, $m^3/ч$  | $G_{пот.о}$     | 0,177  | 0,060  | $G_{пот.о} = Q_o * 0,0075 * 65$                               |
| Потери на контуре вентиляции, $m^3/ч$   | $G_{пот.в}$     | 0,305  | 0,233  | $G_{пот.в} = Q_{ов} * 0,0075 * 65$                            |
| Теплоёмкость воды, кДж/кг*С   | $c$             | 4,187  | 4,187  | Табличное значение  |
| Расход теплоносителя при максимальных нагрузках на систему Отопления, $m^3/ч$         | $G'_o$          | 12,52  | 4,26   | $G'_o = Q_o * \frac{3600}{c * \Delta t}$                      |
| Расход теплоносителя в обратном трубопроводе отопления, $m^3/ч$                       | $G''_o$         | 12,341 | 4,204  | $G''_o = G'_o - G_{пот.о}$                                    |
| Расход теплоносителя при максимальных нагрузках на систему Вентиляции, $m^3/ч$        | $G'_v$          | 21,50  | 16,41  | $G'_v = Q_v * \frac{3600}{c * \Delta t}$                      |
| Расход теплоносителя в обратном трубопроводе вентиляции, $m^3/ч$                      | $G''_v$         | 21,19  | 16,173 | $G''_v = G'_v - G_{пот.в}$                                    |
| Температура подаваемой воды в системе отопления, °C                                   | $t'_o$          | 60     | 60     | По температурному графику                                     |
| Температура обратной воды в системе отопления, °C                                     | $t''_o$         | 44,33  | 44,33  | По температурному графику                                     |
| Расход теплоносителя на регулирование системы отопления, $m^3/ч$                      | $G_{рег.о}$     | 7,295  | 2,485  | $G_{рег.о} = \frac{G'_o * (t'_{ов} - t'_o)}{t'_{ов} - t''_o}$ |
| Расход теплоносителя на подающем трубопроводе отопления перед регулированием, $m^3/ч$ | $G'_{o1}$       | 5,224  | 1,78   | $G'_{o1} = G'_o - G_{рег.о}$                                  |
| Расход теплоносителя на обратном трубопроводе отопления после регулирования, $m^3/ч$  | $G''_{o2}$      | 5,05   | 1,72   | $G''_{o2} = G''_o - G_{рег.о}$                                |

|   |                   |        |        |   |
|---|-------------------|--------|--------|---|
| Расход теплоносителя на подающем трубопроводе ОВ, м <sup>3</sup> /ч         | $G'_{\text{ОВ}}$  | 26,72  | 18,19  | $G'_{\text{ОВ}} = G'_0 + G'_B$  |
| Расход теплоносителя на обратном трубопроводе ОВ, м <sup>3</sup> /ч         | $G''_{\text{ОВ}}$ | 28,655 | 18,715 | $G''_{\text{ОВ}} = G''_0 + G''_B$   |
| Температура обратной после смешения ОВ, °С                                  | $t''_{\text{ОВ}}$ | 54,47  | 55,67  | $t''_{\text{ОВ}} = \frac{G''_0 * t''_0 + G''_B * t''_B}{G''_{\text{ОВ}}}$   |
| Расход теплоносителя на подающем трубопроводе на ГММ+ТОЦ, м <sup>3</sup> /ч | $G'_{\text{ОВ}}$  | 44,904 |        | $G'_{\text{ОВ}} = G'_{\text{ОВ}}^{\text{ГММ}} + G'_{\text{ОВ}}^{\text{ТОЦ}}$  |
| Расход теплоносителя на обратном трубопроводе на ГММ+ТОЦ, м <sup>3</sup> /ч | $G''_{\text{ОВ}}$ | 44,129 |        | $G''_{\text{ОВ}} = G''_{\text{ОВ}}^{\text{ГММ}} + G''_{\text{ОВ}}^{\text{ТОЦ}}$   |
| Температура воды на обратном трубопроводе на ГММ+ТОЦ, м <sup>3</sup> /ч     | $t''_{\text{ОВ}}$ | 54,956 |        | $t''_{\text{ОВ}} = \frac{G''_{\text{ОВ}}^{\text{ТОЦ}} * t''_{\text{ОВ}}^{\text{ТОЦ}} + G''_{\text{ОВ}}^{\text{ГММ}} * t''_{\text{ОВ}}^{\text{ГММ}}}{G''_{\text{ОВ}}}$ |

Для проверки правильности расчёта требуется рассчитать процесс смешения в термогидравлическом разделителе.



Определим максимальный расход теплоносителя в котловом контуре (расход сетевой воды  $G_{\text{с.в.}}$ ). Расход теплоносителя на котловом контуре рассчитывается как:

$$G_{\text{с.в.}} = \frac{Q * 3600}{c * \Delta t_{1-2}} \quad (1.7)$$

Где  $Q$  - расчётная нагрузка на систему отопления, вентиляции и ГВС объекта, МВт;

$c$  – теплоёмкость воды, принять за  $4,187 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$ ;

$\Delta t_{1-2}$  – перепад температур на системе ОВ, выбранный по температурному графику (рис. 1.1).

Получим для зимнего режима:

$$G_{\text{ОВ}} = \frac{2,02 * 3600}{4,187 * 25} = 69,47 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Расход теплоносителя на ГВС с греющей стороны принимается по переходному режиму:

$$G_{\text{ГВС}} = \frac{0,43 * 3600}{4,187 * 16,88} = 21,9 \text{ м}^3/\text{ч},$$

Где 16,88 °С – разность температур в переходный режим по графику отпуска тепла 95/70°С.

На термогидравлический разделитель пойдет оставшийся теплоноситель:

$$G_1 = G_{\text{ОВ}} - G_{\text{ГВС}}, \quad \text{м}^3/\text{ч}$$

$$G_1 = 69,47 - 21,9 = 47,57 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Разница между  $G_1$  и  $G'_{\text{ОВ}}$  - количество теплоносителя, который будет подмешиваться к обратке внутри термогидравлического разделителя:

$$G_{\text{рег.}}^{\text{ГС}} = 47,57 - 44,904 = 0,976 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Температура на выходе из термогидравлического разделителя будет рассчитываться как:

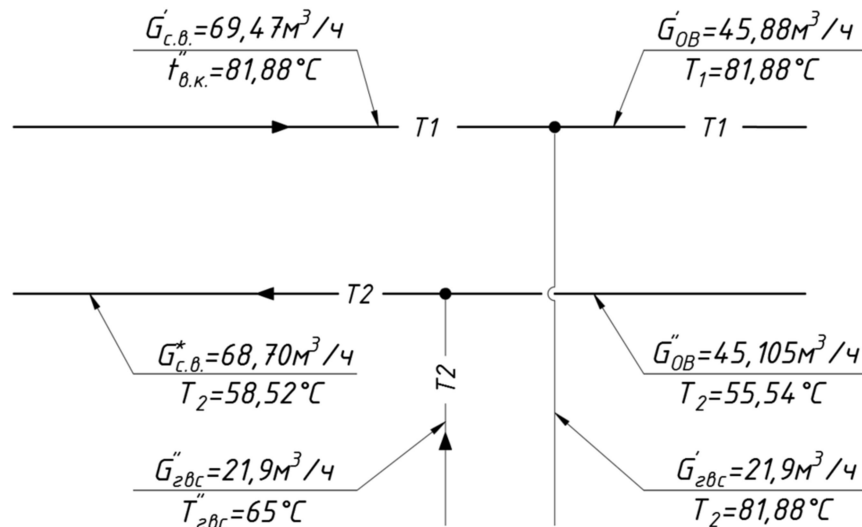
$$T_2 = \frac{0,976 * 81,88 + 44,129 * 54,96}{45,105} = 55,54 \text{ °С (для зимнего периода } 69,94\text{°С)}.$$

Дальнейшие действия сводится к расчёту последовательного смешения в трех узлах:

- Смешение с обраткой с греющей стороны ГВС;
- Смешение с подпиткой;
- Смещение с теплоносителем из рециркуляции



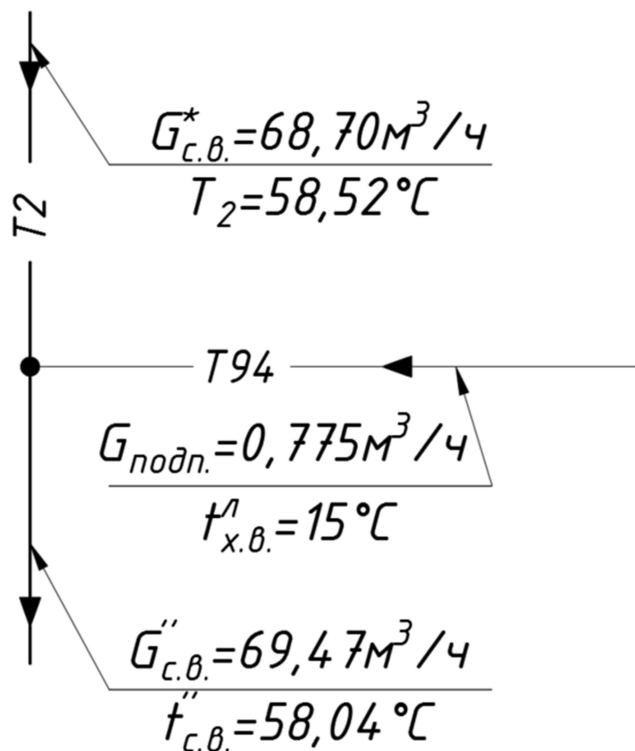
Первым рассчитываемым узлом тепловой схемы является смешение с обратной греющей стороны ГВС:



Температура после смешения вычисляется как:

$$t''_2 = \frac{45,105 * 55,54 + 21,9 * 65}{68,695} = 58,79 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Затем теплоноситель смешивается с подпиткой, которая восполнит потери в системе ОВ:



Для расчёта температуры на выходе из узла смешения воспользуемся формулой:

$$t''_{\text{с.в.}} = \frac{68,695 * 58,79 + 0,775 * 15}{69,47} = 58,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

В котельную предусмотрена установка двух высокоэффективных котлов Logano SK755-1040. Мощность каждого котла составляет 1040кВт. Нагрузки на них распределяются равномерно, из чего можно сделать вывод, что через них проходит равный расход:

$$G_{\text{с.в.}}^{\text{к}} = \frac{G''_{\text{с.в.}}}{N}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1.8)$$

$$G_{\text{с.в.}}^{\text{к}} = \frac{69,47}{2} = 34,74 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Расход теплоносителя для регулирования температуры на вводе в котел так же рассчитывается через тепловой и материальный баланс:

$$Q_{\text{рец.}}^{\text{к}} + Q_{\text{с.в.}}^{\text{к}} = Q''_{\text{в.к.}}, \quad (1.9)$$

$$G_{\text{рец.}}^{\text{к}} + G_{\text{с.в.}}^{\text{к}} = G''_{\text{в.к.}}, \quad (1.10)$$

Путем несложных преобразований этих двух уравнений получим выражение:

$$G_{\text{рец.}}^{\text{к}} = \frac{G_{\text{с.в.}}^{\text{к}} * (t''_{\text{в.к.}} - t''_{\text{с.в.}})}{t'_{\text{в.к.}} - t''_{\text{в.к.}}}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1.11)$$

$$G_{\text{рец.}}^{\text{к}} = \frac{34,74 * (65 - 58,71)}{81,88 - 65} = 12,95 \text{ м}^3/\text{ч}$$

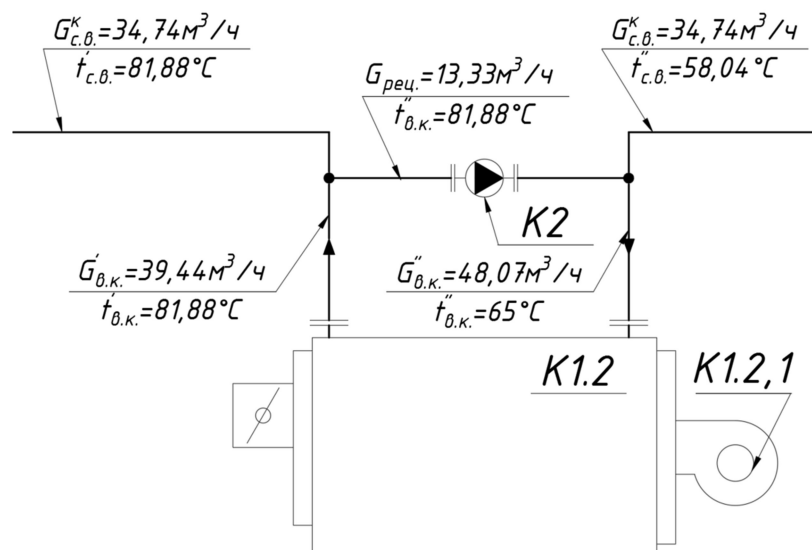


Таблица 1.4 – Расчёт тепловой схемы котельной

| Наименование  | Обозначение      | Расчётные режимы работы котельной |                             |        | Обоснование   |
|---|------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--------|---|
|   |                  | Максимальный (Зимний)             | В точке излома (Переходный) | Летний |   |
| Температура наружного воздуха, °С   | $t_n$            | -18                               | -6,32                       | 8      | См. литературу []   |
| Потребляемая мощность ОВ, МВт   | $Q$              | 2,02                              | 1,838                       | -      | $G_{ОВ} = Q_{ОВ} * 3600 / c * \Delta t_{ГСВ}$   |
| Теплоёмкость воды, кДж/кг*С   | $c$              | 4,187                             | 4,187                       | 4,187  | Табличное значение  |
| Температура подающей магистрали ОВ, °С  | $T_1$            | 95                                | 81,88                       | -      | По температурному графику   |
| Температура обратной магистрали ОВ (после термогидравлического разделителя), °С | $T_2$            | 69,94<br>0                        | 55,54                       | -      | По температурному графику   |
| Перепад температур на ОВ, °С  | $\Delta t_{ОВ}$  | 25                                | 16,88                       | -      | По температурному графику   |
| Температура воды на входе в котел   | $t'_{ВК}$        | 70                                | 65                          | 65     | $t'_{ВК} > 65^\circ\text{C}$  |
| Температура воды на выходе из котла   | $t''_{ВК}$       | 95                                | 81,88                       | 81,88  | $t''_{ВК} = \Delta t + t'_{ВК}$   |
| Нагрузка на систему ГВС, МВт  | $Q_{ГВС}$        | 0,43                              | 0,43                        | 0,368  | Исходные данные   |
| Температура подачи греющей стороны теплообменника, °С                           | $t'_{ГВС}$       | 95                                | 81,88                       | 81,88  | $t'_{ГВС} = t''_{ВК}$   |
| Перепад температур для теплообменников, °С                                      | $\Delta t_{ГСВ}$ | 25,00                             | 16,88                       | 16,88  | $\Delta t_{ГСВ}$ - принимают по перепаду температур на котловом контуре, но не ниже 16,88°С |
| Температура обратки греющей стороны теплообменника, °С                          | $t''_{ГВС}$      | 70,00                             | 65                          | 65     | $t''_{ГВС} = \Delta t_{ГСВ} + t'_{ГВС}$   |
| Расход теплоносителя греющей стороны на ГВС, м <sup>3</sup> /ч                  | $G_{ГВС}$        | 14,79                             | 21,90                       | 18,74  | $G_{ГВС}^{\Pi} = Q_{ГВС} * 3600 / c * \Delta t_{ГСВ}^{\Pi}$                                 |

|   |              |            |            |       |  |
|---|--------------|------------|------------|-------|--|
| Расход сетевой воды (С.В.) на подающей магистрали, м <sup>3</sup> /ч            | $G'_{с.в.}$  | 69,47      | 69,47      | 18,74 | Принимается по зимнему режиму для всех кроме летнего:<br>$G'_{с.в.} = Q * 3600 / c * \Delta t$ |
| Расход теплоносителя на ОВ (подающая магистраль), м <sup>3</sup> /ч             | $G_1$        | 54,68      | 47,57      | 0,00  | $G_1 = G'_{с.в.} - G_{ГВС}$  |
| Потери теплосети, м <sup>3</sup> /ч   | $G_{пот.}$   | 0,775      | 0,775      | 0,00  | $G_{пот.} = Q_{ОВ} * 0,0075 * 65$  |
| Расход теплоносителя на ОВ (обратная магистраль), м <sup>3</sup> /ч             | $G_2$        | 53,90<br>8 | 46,79<br>4 | 0,00  | $G_2 = G_1 - G_{пот.}$   |
| Расход воды на обратной магистрали после подмеса ГВС, м <sup>3</sup> /ч         | $G^*_{с.в.}$ | 68,70      | 68,70      | 18,74 | $G^*_{с.в.} = G''_{ОВ} + G_{ГВС}$  |
| Температура воды после смешения с обратной из ГВС, °С                           | $t'_2$       | 69,95      | 58,52      | 65,00 | $t'_2 = (G_2 * T_2 + G''_{ГВС} * T''_{ГВС}) / G^*_{с.в.}$                                      |
| Подпитка теплосети, м <sup>3</sup> /ч   | $G_{подп.}$  | 0,775      | 0,775      | 0,00  | $G_{подп.} = G_{пот.}$   |
| Температура подпитки, °С  | $t_{подп.}$  | 5          | 15         | 15    | Исходные данные  |
| Расход воды в обратной магистрали после смешения с подпиткой, м <sup>3</sup> /ч | $G''_{с.в.}$ | 69,47      | 69,47      | 18,74 | $G''_{с.в.} = G^*_{с.в.} + G_{подп.}$  |
| Температура воды после смешения с подпиткой, °С                                 | $t''_{с.в.}$ | 69,23      | 58,04      | 65,00 | $t''_{с.в.} = (G^*_{с.в.} * t'_2 + G''_{ГВС} * T''_{ГВС}) / G^*_{с.в.}$                        |
| Расход воды на рециркуляцию   | $G_{рец.}$   | 2,14       | 26,66      | 0,00  | $G_{рец.} = G_{с.в.} * (t''_{в.к.} - t''_{с.в.}) / (t'_{в.к.} - t''_{в.к.})$                   |
| Расход воды на котловом контуре   | $G^k_{с.в.}$ | 71,62      | 96,14      | 18,74 | $G_{в.к.} = G_{с.в.} + G_{рец.}$   |
| Выдаваемая мощность котельной, МВт  | $Q^{расч}$   | 2,08       | 1,89       | 0,368 | $Q^{расч} = G^k_{с.в.} * c * \Delta t / 3600$  |
| Номинальная мощность котельной, МВт   | $Q^{ном.}$   | 2,08       | 2,08       | 2,08  | Исходные данные  |
| Загрузка котлов   | $K_{загр.}$  | 100        | 90,74      | 17,69 | $K_{загр.} = Q^{расч.} / Q^{ном.} * 100\%$   |

Выполним проверку температуры  $t''_{в.к.}$  на входе в котлы:

$$t'_2 = \frac{12,95 * 81,88 + 34,74 * 58,71}{47,69} = 65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Полученное значение верно и совпадает с предварительно принятым в начале расчёта.

Следовательно, можно сделать вывод, что по результатам проверки температур, а так же по верно рассчитанным тепловым и материальным балансам, расхождений нет, то данная тепловая схема крышной рамной котельной считается полностью решенной.

По этим данным можно проводить расчёт диаметров трубопроводов и затем переходить к подбору основного и вспомогательного оборудования.

### 1.7. Регулирование ГВС

В котельной применена двухтрубная система горячего водоснабжения. Через циркуляционный трубопровод Т4 неостребованная горячая вода возвращается обратно в распределительный коллектор и затем в теплообменный аппарат. Эта схема имеет ряд преимуществ:

- При постоянной циркуляции в трубопроводе ГВС всегда горячая вода (при снижении водоразбора, например в ночное время, горячая вода в трубопроводе не остынет, как в тупиковой схеме подаче горячей воды);
- Отсутствие резких температурных перепадов на теплообменном аппарате;
- Экономия тепловой энергии

Для лучшего понимания качественного регулирования ГВС рассмотрим вариант, когда 30% горячей воды вернулось в теплообменник. Расход же в ТЗ (подача горячей воды) неизменен в зависимости от водоразбора:

$$G_{\text{ГВС}} = \frac{0,43 * 3600}{4,187 * (60 - 15)} = 8,22 \text{ м}^3/\text{ч};$$

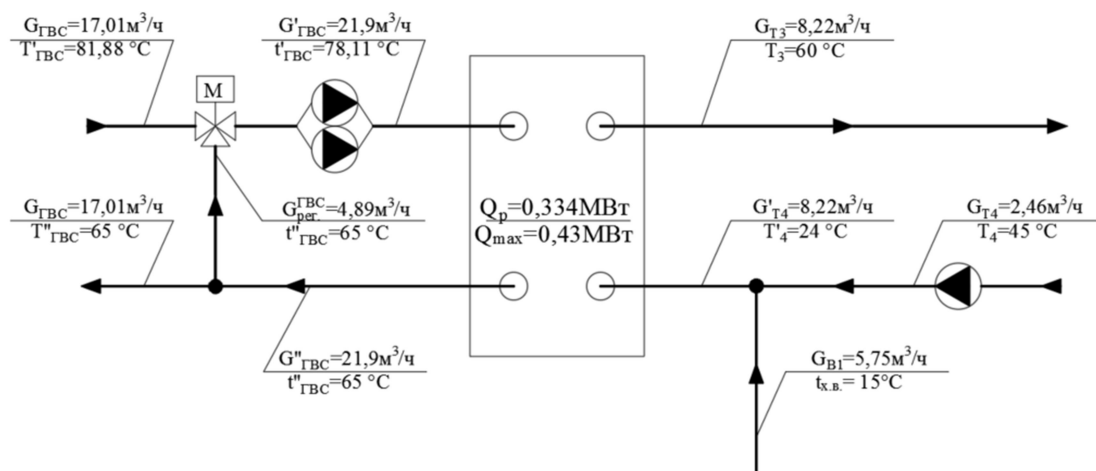
Расчёт принимается по температуре холодной воды для теплого периода, а именно 15°C, так как расход при таком режиме работы выше, чем при зимнем.

Расход греющей воды рассчитаем по формуле:

$$G_{ГВС} = \frac{Q_{ГВС} * 3600}{c * (t'_{ГВС} - t''_{ГВС})}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1.12)$$

$$G_{ГВС} = \frac{0,43 * 3600}{4,187 * (8,88 - 65)} = 21,9 \text{ м}^3/\text{ч};$$

Для расчёта расхода с нагрузкой в 70% от исходного потребления горячей воды воспользуемся упрощённой схемой регулирования греющей воды:



Перед расчётом расхода греющей стороны рассчитаем температуру нагреваемой воды на входе в теплообменник, выразив её из теплового баланса:

$$T'_4 = \frac{G_{Т4} * T_4 + G_{В1} * t_{х.в.}}{G_{Т4} + G_{В1}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1.13)$$

Где  $G_{Т4}$  – не использованная горячая вода. Рассматриваем случай когда в теплообменник вернулось 30% от ушедшей горячей воды:

$$G_{Т4} = G_{Т3} * 0,3, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1.14)$$

$$G_{Т4} = 8,22 * 0,3 = 2,46 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$T_4$  – температура вернувшейся горячей воды. Она может варьироваться с большим диапазоном в зависимости от множества факторов. Для рассмотрения качественного регулирования ГВС примем усреднённое значение - 45°C.

$G_{В1}$  – расход холодной воды для ГВС. Расход холодной воды для теплообменника рассчитывается по формуле:

$$G_{В1} = G_{Т3} - G_{Т4}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1.15)$$

$$G_{B1} = 8,22 - 2,46 = 5,75 \text{ м}^3/\text{ч};$$

Зная расходы и температуры смешивающихся потоков можем рассчитать температуру нагреваемой воды на входе в теплообменник:

$$T'_4 = \frac{2,46 * 45 + 5,75 * 15}{2,46 + 5,75} = 24 \text{ }^\circ\text{C}$$

Рабочая мощность при данных условиях составляет:

$$Q_p = \frac{G_{T3} * c * (T_4 - T'_4)}{3600}, \text{ МВт} \quad (1.16)$$

$$Q_p = \frac{8,22 * 4,187 * (60 - 24)}{3600} = 0,334 \text{ МВт}$$

Перепад температур на греющей стороне с нагрузкой в 70% потребления ГВС:

$$\Delta t_{ГВС} = \frac{0,334 * 3600}{4,187 * 21,9} = 13,11 \text{ }^\circ\text{C};$$

Снижение потребления ГВС регулируются качественно с помощью трехходового смесительного клапана, установленного перед сдвоенным загрузочным насосом системы ГВС. Расход на регулирование рассчитывается исходя из того, что расход греющей воды на ГВС постоянен, а требуемый зависит от потребления горячей воды:

$$G_{\text{рег}}^{\text{ГВС}} = \frac{G'_{\text{ГВС}} * (T'_{\text{ГВС}} - t'_{\text{ГВС}})}{(T'_{\text{ГВС}} - t''_{\text{ГВС}})}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1.17)$$

$$G_{\text{рег}}^{\text{ГВС}} = \frac{21,9 * (81,88 - 78,11)}{(81,88 - 65)} = 4,89 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Рассчитаем расход теплоносителя до регулирования:

$$G_{\text{ГВС}} = 21,9 - 4,89 = 17,01 \text{ м}^3/\text{ч}$$

## 1.8. Расчёт диаметров трубопроводов

Рассчитав тепловую схему котельной и тепловую схему распределительного узла по пяти режимам работы можем приступить к расчёту диаметров

трубопроводов. Для расчёта диаметров трубопроводов зададимся некоторыми параметрами:

Скорость потока воды не должна превышать 1,5 м/с. Это условие рассчитано на то, чтобы в трубах при высокой скорости теплоносителя не появлялся шум. Так же при увеличении скорости теплоносителя растут и линейные сопротивления.

Скорость так же не должна быть ниже 0,5 м/с. Это условие исключает разрыв потока теплоносителя, и последующем завоздушивании системы.

Для расчёта диаметров воспользуемся двумя формулами. Уравнением неразрывности:

$$G = S * V * 3600, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1.18)$$

Где  $G$  – расход теплоносителя в трубопроводе,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$S$  – площадь смоченного периметра трубопровода,  $\text{м}^2$ ;

$V$  – скорость потока теплоносителя,  $\text{м}/\text{с}$ .

Для закрытых трубопроводов, в которых нет воздушной прослойки площадь смоченного периметра рассчитывается как площадь круга:

$$S = \pi * \frac{d^2}{4}, \text{ м}^2 \quad (1.19)$$

Где  $d$  – диаметр трубопровода,  $\text{м}$ .

Подставив площадь трубопровода (ф. 1.19) в уравнение неразрывности (ф. 1.18) выразим диаметр:

$$d = \sqrt{\frac{G}{900 * \pi * V}}, \text{ м} \quad (1.20)$$

Рассчитаем все диаметры трубопроводов котельной. Рассчитанные диаметры нанесём на принципиальную схему теплоснабжения.

Рассмотрим подробно расчёт основных трубопроводов подводимых или отводимых от крышной рамной газовой котельной:

$$d = \sqrt{\frac{54,68}{900 * 3,14 * 1}} = 0,1391 \text{ м}$$



Ближайшем диаметром к полученному значению является Ду125мм (Ø133x4,0мм). Проверим скорость движения жидкости в трубопроводе при принятом диаметре:

$$V = \frac{G}{900 * \pi * d^2}, \text{ м/с} \quad (1.21)$$

$$V = \frac{54,68}{900 * 3,14 * 0,125^2} = 1,24 \text{ м/с}$$

Скорость потока попадает в допустимые значения. Примем диаметр трубопровода Т1 и Т2 - Ø133x4,0мм.

Диаметр подпитки Т94:

$$d = \sqrt{\frac{0,775}{900 * 3,14 * 1}} = 0,017 \text{ м}$$

Перед пуском котельной ее необходимо заполнить теплоносителем. Заполняется она через подпиточный трубопровод. Поэтому рассчитанный диаметр берётся не ниже Ду15мм. Примем диаметр больше расчётного – Ду20мм.

Диаметр трубопровода В1 рассчитывается аналогичным способом:

$$d = \sqrt{\frac{8,995}{900 * 3,14 * 1}} = 0,056 \text{ м}$$

Ближайшем диаметром к полученному значению является Ду50мм (Ø57x3,5мм). Проверим скорость движения жидкости в трубопроводе при принятом диаметре:

$$V = \frac{8,995}{900 * 3,14 * 0,05^2} = 1,27 \text{ м/с}$$

Скорость потока попадает в допустимые значения. Примем диаметр трубопровода В1 – Ø57x3,5мм.

Диаметр трубопровода Т3:

$$d = \sqrt{\frac{8,22}{900 * 3,14 * 1}} = 0,054 \text{ м}$$

Ближайшем диаметром к полученному значению является Ду50мм (Ø57x3,5мм). Проверим скорость движения жидкости в трубопроводе при принятом диаметре:

$$V = \frac{8,22}{900 * 3,14 * 0,05^2} = 1,16 \text{ м/с}$$

Скорость потока попадает в допустимые значения. Примем диаметр трубопровода Т3 – Ø57x3,5мм.

Диаметр трубопровода Т4 принимается на один диаметр меньше чем диаметр Т3. Отсюда диаметр трубопровода Т4 составляет 40мм, что соответствует Ду40мм.

### **1.9.Подбор оборудования и компоновка**

При размещении оборудования в помещении котельного зала учитывалась эргономичность размещения регулирующей и запорной арматуры. Были обеспечены проходы ко всем узлам в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации...» [22]. Для рационального использования места основное оборудование по тепломеханике было собрано в один блок, в остальных двух были расположены котловые агрегаты с горелочными устройствами, которые в свою очередь подразумевают близкое расположение системы топливоснабжения (ввод газопровода с основным оборудованием и двумя линиями редуцирования газа) и дымоотведения.

В крышной рамной газовой котельной для теплоснабжения торгово-офисного центра и гипермаркета магнит используется современное зарубежное оборудование. Установка его в котельную повышает надёжность котельной с повышением срока службы до отказа. Так же «новизна» устанавливаемого оборудования почти всегда даёт гарантию того, что на рынке оборудования сложно будет столкнуться с проблемой нахождения нужных запасных частей и расходных материалов. Рассмотрим и подберём требуемое оборудование для работы котельной:

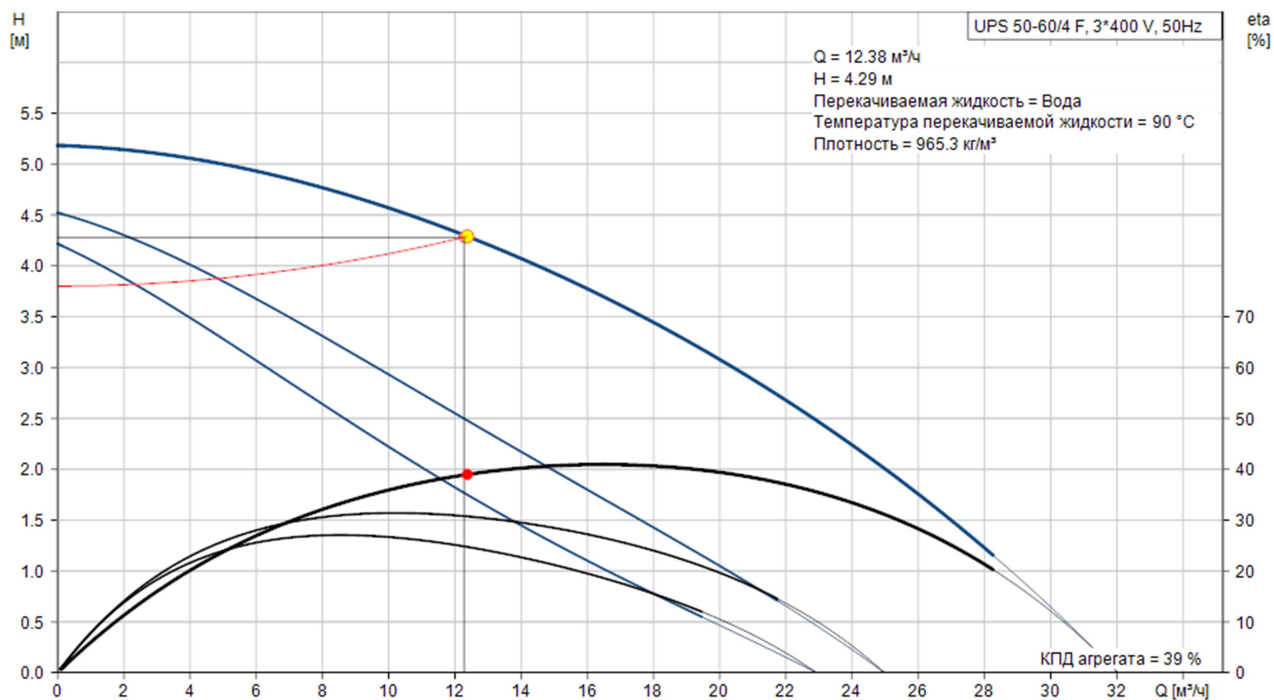
1. Для покрытия тепловых нагрузок здания в котельной установлены стационарные двухходовые котлы Logano SK755 1040, которые работают на газообразном топливе.

Таблица №1.7 — Основные технические характеристики котлов.

| № п.п. | Наименование показателя  | Ед. изм.          | Значение показателя                    |
|--------|--|-------------------|--|
| 1      | Тип котла  | -                 | стальной двухходовой водогрейный котел |
| 2      | Модель   | -                 | <b>Logano SK755-1040</b>               |
| 3      | Производитель  | -                 | Buderus, Германия                      |
| 4      | Номинальная теплопроизводительность  | кВт               | 1040                                   |
| 5      | КПД  | %                 | 92                                     |
| 6      | Максимальная температура воды  | °С                | 110                                    |
| 7      | Минимальная температура на входе в котел   | °С                | 62,3                                   |
| 8      | Максимально рабочее давление воды  | МПа               | 0,6                                    |
| 10     | Расход воды номинальный для $\Delta t=15^{\circ}\text{C}$  | м <sup>3</sup> /ч | 90                                     |
| 11     | Гидравлическое сопротивление водяного тракта при расходе теплоносителя для $\Delta t=15^{\circ}\text{C}$ | кПа               | 10                                     |
| 12     | Расход дымовых газов   | кг/с              | 0,4451                                 |
| 13     | Аэродинамическое сопротивление газового тракта для максимальной мощности                                 | Па                | 725                                    |
| 14     | Температура уходящих газов   | °С                | 198                                    |
| 15     | Объем топки  | м <sup>3</sup>    | 0,73                                   |
| 16     | Водяной объем котла  | л                 | 822                                    |
| 17     | Масса сухого котла   | кг                | 1795                                   |
| 18     | Нормативный срок эксплуатации котла  | лет               | 20                                     |

2. Рециркуляционный насос подбирается по расчётным значениям расходов на рециркуляцию котла. Необходимый напор, который должен создавать рециркуляционный (противоконденсатный) насос в соответствии с

гидравлическим расчётом составляет 4 м в.ст. Этого напора достаточно, чтобы протолкнуть теплоноситель по котловому контуру.



Воспользовавшись графиком рабочих характеристик насоса получаем, что по данным параметрам подходит насос UPS 50-60/4 F (поз. К2.1 и поз. К2.2).



В насосе реализуется технология «мокрого» ротора. Насос и электродвигатель образуют единый узел без уплотнения вала.

Характеристики насоса следующие:

- 3 скорость электродвигателя.
- Керамические радиальные подшипники.
- Карбонный упорный подшипник.
- Оболочка ротора, покрытие ротора, опорный диск из нержавеющей стали.

- Кожух статора из алюминиевого сплава.
- корпус насоса Чугун.
- Статор со встроенным тепловым реле.

Все реализованные в этой котельной насосы выдерживают температуры наружного воздуха до 40°C.

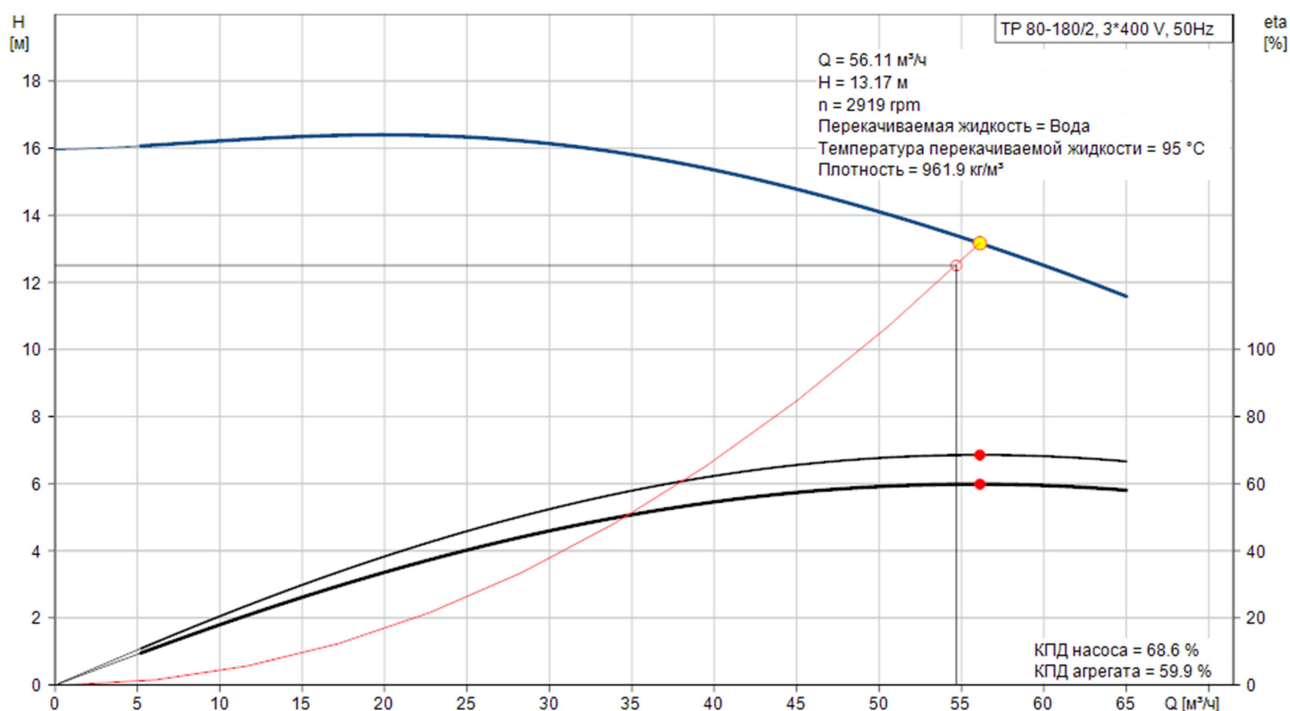
Электродвигатель насоса UPS 50-60/4 F имеет три фазы, т.е. работает от 380 В.

Так же он имеет три скорости вращения ротора, что позволит точнее контролировать подачу теплоносителя на рециркуляцию для поддержания минимальной температуры на вводе в котел. При минимальной скорости потребляемая мощность составляет 240 Вт, а при максимальном режиме работы 430 Вт.

3. В качестве сетевого насоса контура отопления и вентиляции будет служить насос TP 80-180/2 A-F-A-BAQE-JX1 (поз. К3.1 и поз. К3.2).



Расчётный гидростатический напор для подбора составляет 12,51 м в.ст., а расход 54,68 м<sup>3</sup>/ч рассчитанный в тепловой схеме котельной. На сетевом контуре ОВ устанавливается 2 насоса, один из которых является резервным.



Насос TR 80-180/2 А-F-A-BAQE-JX1 одноступенчатый, без соединительной муфты с всасывающим и выпускным патрубками на одной оси. Насос при поломке или плановой осмотре на наличие дефектов не обязательно снимать с трубопровода, так как он имеет конструктивную особенность. Головную часть можно демонтировать отдельно от самого корпуса насоса.

Расчётная скорость вращения вала насоса составляет 2900 об/мин. Номинальная мощность электродвигателя вращающего ротор составляет 3 кВт.

Для контуров отопления и вентиляции в тепловом узле используются насосы той же серии TR. Подобранные насосы сведены в таблицу № 1.9.

Таблица №1.9. Характеристики сетевых насосов теплового пункта

| № контура | Наименование контура                  | Наименование насоса | Характеристики насоса  |
|-----------|---------------------------------------|---------------------|--|
| № 1       | Теплоснабжение системы отопления ТОЦ  | TR 32-250/2         | Q=4,26м³/ч, H=25 м в.ст., с эл. двиг. 3х400В, 50 Гц, N=1,5кВт, n=2900об/мин, PN16, серии 300         |
| № 2       | Теплоснабжение системы вентиляции ТОЦ | TR 40-240/2         | Q=16,4м³/ч, H=19 м в.ст., с электродвигателем 3х400В, 50 Гц, N=2,2кВт, n=2900об/мин, PN16, серии 300 |

|     |                                       |             |   |
|-----|---------------------------------------|-------------|---|
| № 3 | Теплоснабжение системы отопления ГММ  | ТР 40-240/2 | Q=12,52м3/ч, Н=21 м в.ст., с электродвигателем 3х400В, 50 Гц, N=2,2кВт, n=2900об/мин, PN16, серии 300 |
| № 4 | Теплоснабжение системы вентиляции ГММ | ТР 40-300/2 | Q=21,46м3/ч, Н=21 м в.ст., с электродвигателем 3х400В, 50 Гц, N=3,0кВт, n=2900об/мин, PN16, серии 300 |

4. Для поддержания требуемого давления на трубопроводе подпитки Т94 устанавливается повысительный насос JPB 5 А-А-CVBP с 60 литровым диафрагменным баком в комплекте (поз. К4).



Диапазон рабочих температур для данного насоса от 0 до 40 °С.

Одним из плюсов данного насоса является его низкое шумовое давление. Достигается данный показатель благодаря механическому уплониению и короткозамкнутому ротору двигателя. Потребляемая мощность двигателя составляет 850 Вт.

Дополнительно повысительный насос JPB 5 А-А-CVBP с диафрагменным баком на 60 л оборудован реле давления с защитой от «сухого хода». Давление включения составляет 1,5 бара (поз. К4.1).

5. Для подачи воды на греющую сторону теплообменников системы ГВС используется насос серии UPSD модели 50-120 F (поз. К5). Он имеет конструктивную особенность: сдвоенный корпус под два электромотора. Это позволяет экономить место и материалы в отличие от параллельной установки двух насосов.

Характеристики насоса:

- Три скорости (потребляемая мощность в зависимости от скорости составляет: 450 Вт, 530 Вт, 720 Вт соответственно);
- Керамические радиальные подшипники;
- Осевой подшипник из графита;
- Гильза ротора, щелевое уплотнение и подшипниковая обойма сделаны из нержавеющей стали;
- Корпус статора - из алюминиевого сплава;
- Корпус насоса из высокоуглеродистой сплава железа (чугуна);
- Статор со встроенным термодатчиком.

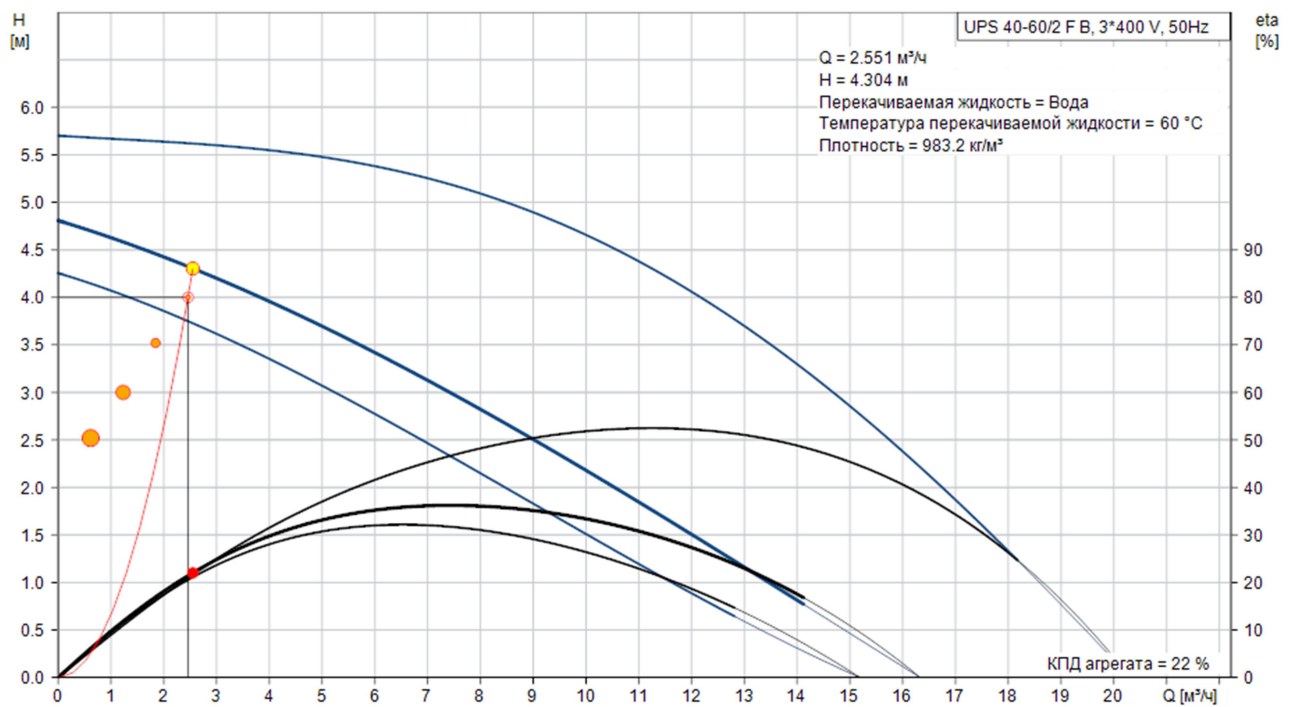


6. Для более качественной подачи горячей воды используется замкнутая система ГВС. При использовании замкнутой системы часть невостребованной потребителем воды возвращается обратно в теплообменник, что экономит тепловую энергию котельной. Насос подбирается с условием 30% возврата горячей воды от подаваемого расхода.

$$G_{T4} = G_{T3} * 0,3, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1.22)$$

$$G_{T4} = 8,22 * 0,3 = 2,46 \text{ м}^3/\text{ч};$$





Для рециркуляции подходит насос серии UPS модели 40-60/2 F B (поз. К6). Имеет те же достоинства, что и модель 50-60/4 F, подобранная ранее, но имеет бронзовый корпус, так как среда использования более агрессивная (нормы качества питьевой воды мягче чем нормы для питательной воды систем ОВ).

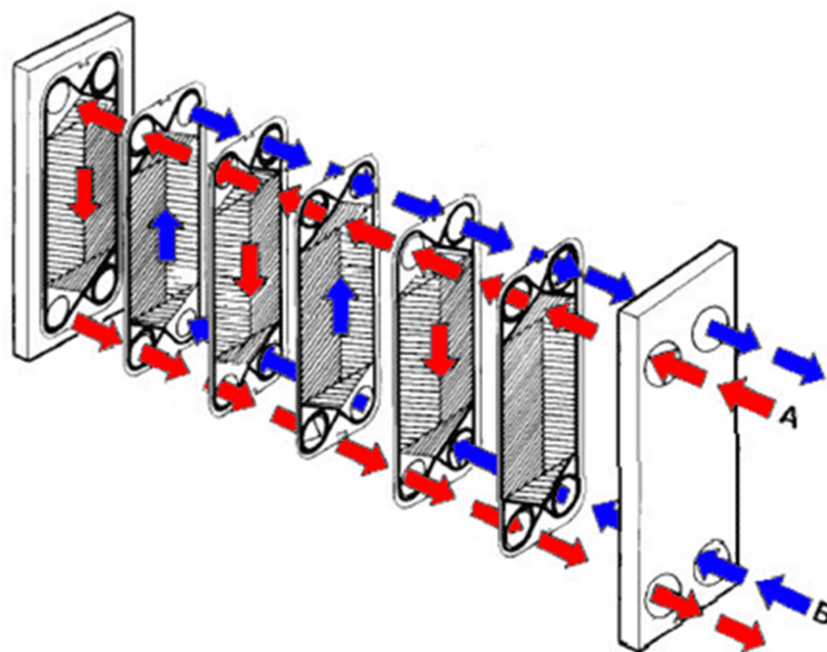
7. Пластинчатые теплообменники относятся к классу рекуперативных теплообменников и представляют собой аппараты, теплообменная поверхность которых образована набором тонких штампованных металлических пластин. Пластины теплообменника, собранные в единый пакет, образуют между собой каналы, по которым протекают теплоносители, обменивающиеся тепловой энергией.

Преимущества применения в эксплуатации теплообменников пластинчатого типа:

- простота установки, использования и ремонта устройства;
- для увеличения мощности предусматривается применение дополнительных пластин;
- турбулизация потока позволяет производить наименьшее загрязнение рабочей поверхности;

- небольшие габаритные параметры оснащения позволяют экономить производственную площадь и финансовые средства на обслуживание;
- конфигурация уплотнения не дает жидкостям смешиваться;
- комплектация предусматривает высокую стойкость перед коррозионными процессами.

Проточный теплообменник поставляется на заказ компанией ООО НПО «ЭТРА».



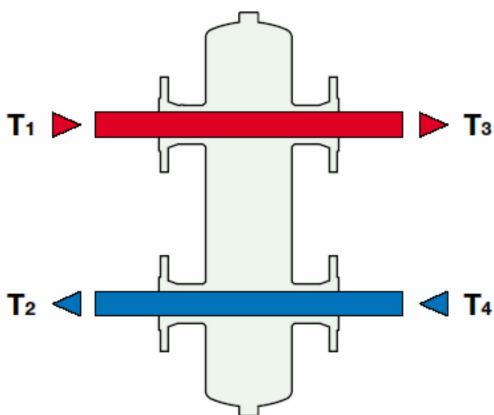
Расчётная мощность каждого составляет 215кВт с запасом по поверхности 17,2%. Конструктивно теплообменники (поз. К8.1 и К8.2) выполнены разборными с возможностью чистки и ремонта вышедших из строя узлов.

8. Работа гидравлического разделителя заключается в том, чтобы отделить контур котлов от контура отопления и вентиляции. Это позволяет решить ряд вопросов:

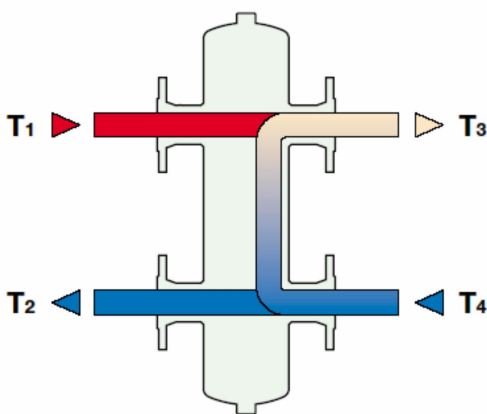
- Гидравлическая увязка первичного и вторичного контура;
- Предотвращение взаимного влияния объемных потоков воды в тепловой сети и контурах теплопотребителей.
- Поступление в контуры теплопотребителей заданных объемов теплоносителя;
- Эффективное удаление из теплоносителя воздуха и шлама.

Внутри гидравлического разделителя могут происходить перемешивания входящей и возвратной воды. В связи с этим его работу можно поделить на три режима:

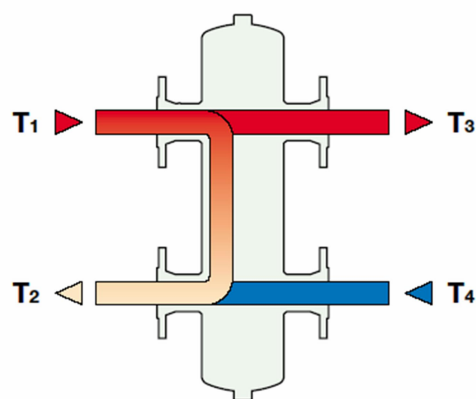
1) Когда потоки котлового (первичного) контура и контура отопления и вентиляции равны:



2) Когда проток на контур отопления и вентиляции преобладает над контуром котла:



3) Когда проток на первичном контуре преобладает над вторичным:



Единственный размер, который необходимо определить при подборе разделителя – это диаметр разделителя (или диаметр подводящих патрубков). Гидравлический разделитель подбирается, исходя из максимально возможного протока воды в системе (куб. м/час) и обеспечения минимальной скорости воды в разделителе и в подводящих патрубках. Рекомендуемая максимальная скорость

движения воды через поперечное сечение гидравлического разделителя составляет примерно 0,2 м/сек. Для расчёта возьмем 0,1 м/с – при такой скорости можно использовать термогидравлический разделитель как шламоуловитель и воздухоотделитель. В процессе эксплуатации в нижней части будет скапливаться шлам из системы ОВ. Его можно удалить через дренажный слив, который вваривается в нижней части конструкции. В верхней же части будет располагаться автоматический воздухоотводчик.

Для расчёта воспользуемся методом трех диаметров:

$$D = 3 * d = \sqrt{\frac{4 * G}{3600 * c * V * \pi}}, \text{ м} \quad (1.23)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 54,68}{3600 * 4,187 * 0,1 * 3,14}} = 0,440 \text{ м}$$

Диаметр корпуса гидравлического разделителя будет выполнен из трубы Ø426x6,0мм. Определим фактическую вертикальную скорость внутри гидрострелки:

$$V = \frac{4 * G}{3600 * c * d^2 * \pi}, \text{ м} \quad (1.24)$$

$$V = \frac{4 * 54,68}{3600 * 4,187 * 0,414^2 * 3,14} = 0,11, \text{ м}$$

Полученная скорость удовлетворяет допустимым значениям, следовательно диаметр гидравлического разделителя подобран верно. Определим присоединительные размеры трубопровода к гидрострелке:

$$d = \frac{D}{3} = \frac{0,414}{3} = 0,138 \text{ м}$$

Ближайшем диаметром для подводящих трубопроводов является Ø159x4,5мм. Диаметр взят с запасом для более плавного поступления теплоносителя в гидравлическую стрелку.

9. Для компенсации температурного расширения теплоносителя в котельной устанавливаются мембранные расширительные баки. Для котлового контура

предусматриваются расширительные баки компании «Reflex». Для контура отопления и вентиляции предусмотрены расширительные баки серии WRV от компании Wester.

а) Для внутреннего контура (до термогидравлического разделителя) баки подбираются в соответствии с инструкцией по применению [22]. Объем системы внутри котельной складывается из объема оборудования, трубопроводов и котлов. По предварительному расчёту объем теплоносителя в системе до термогидравлического разделителя примерно составляет  $V_a=21 \text{ м}^3$ .

Расчёт объема расширительного бака:

$$V = (V_e + V_v) * \frac{P_e + 1}{P_e - P_o}, \text{ л} \quad (1.25)$$

где  $V_e$  – объем расширения теплоносителя, л;

$V_v$  – начальный объем теплоносителя в расширительном баке, л;

$P_e$  – конечное давление внутри бака, бар;

$P_o$  – расчётное давление воздуха в мембранном баке перед установкой в систему, бар;

Объем расширения теплоносителя:

$$V_e = V_a * \Delta e, \text{ л} \quad (1.26)$$

Где  $V_a$  – объем теплоносителя в системе, л;

$\Delta e$  – разница коэффициентов расширения теплоносителя.

Для расчёта разницы коэффициентов расширения теплоносителя воспользуемся таблицей №1.12.

Подставив значения получим:

$$V_e = 21000 * (0,0226 - 0,0127) = 207,9 \text{ л.}$$

Таблица №1.12 — Основные технические характеристики котлов.

| Температура воды, °С                       | 0°С    | -20°С                | -30°С                | -65°С                | -30°С                  |
|--|--------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| Содержание гликоля                         | 0%     | 32,4% этилен-гликоля | 44,4% этилен-гликоля | 64,7% этилен-гликоля | 44,6% пропилен-гликоля |
| Теплоноситель/<br>Конечная температура, °С | Вода   | DIXIS-20             | DIXIS-30             | DIXIS-65             | DIXIS-TOP              |
| 0  | 0      | 0                    | 0                    | 0                    | 0                      |
| 10   | 0,0002 | 0,0037               | 0,0043               | 0,0057               | 0,0046                 |
| 20   | 0,0016 | 0,0074               | 0,0085               | 0,0115               | 0,0093                 |
| 30   | 0,0042 | 0,0125               | 0,0143               | 0,0178               | 0,0158                 |
| 40   | 0,0077 | 0,0177               | 0,0201               | 0,0241               | 0,0223                 |
| 50   | 0,0120 | 0,0229               | 0,0257               | 0,0305               | 0,0295                 |
| 60   | 0,0170 | 0,0282               | 0,0314               | 0,0370               | 0,0369                 |
| 70   | 0,0226 | 0,0335               | 0,0371               | 0,0435               | 0,0450                 |
| 80   | 0,0289 | 0,0389               | 0,0429               | 0,0502               | 0,0532                 |
| 90   | 0,0358 | 0,0449               | 0,0493               | 0,0569               | 0,0612                 |
| 100  | 0,0433 | 0,0509               | 0,0557               | 0,0638               | 0,0693                 |

Начальный объем теплоносителя в расширительном баке рассчитывается как:

$$V_v = \frac{V_a * 0,5}{100}, \text{ л} \quad (1.27)$$

$$V_v = \frac{21000 * 0,5}{100} = 105 \text{ л.}$$

Конечное давление рассчитывается по формуле:

$$P_e = (P_{sv} - P_{da}) + \left(\frac{H_{sv}}{10}\right), \text{ бар} \quad (1.28)$$

Где  $P_{sv}$  – давление срабатывания предохранительного клапана. Давление срабатывания предохранительных клапанов равно 6 бар;

$P_{da} = 0,05 * P_{sv}$ , и составит 0,3 бара;

$H_{sv}$  – разница между высотами установки предохранительного клапана и мембранного бака.  $H_{sv} = 1$  м – в соответствии с исходными данными.

Подставив значения получим:

$$P_e = (6 - 0,3) + \left(\frac{1}{10}\right) = 5,8 \text{ бар}$$

Расчётное давление воздуха в мембранном баке перед установкой в систему должно быть подобрано по формуле:

$$P_0 = \left(\frac{H_s}{10}\right) + 0,2, \text{ бар} \quad (1.29)$$

$H_s$  - статическая высота установки мембранного бака.  $H_s=0,3$  м – в соответствии с исходными данными.

$$P_0 = \left(\frac{0,3}{10}\right) + 0,2 = 0,23 \text{ бара.}$$

Подставив полученные значения в формулу (18) получим:

$$V = (207,9 + 105) * \frac{5,8 + 1}{5,8 - 0,23} = 381,996 \text{ л.}$$

Соответственно с необходимым резервированием подходят два мембранных бака N200 с объемом 200л каждый.



Рабочая температура таких баков не должна превышать 70°C. Покрытие баков качественное и надёжное, устойчиво к воздействию любых сред и не подвергается воздействию температурных колебаний.

б) По техническому заданию в тепловом узле (после термогидравлического разделителя) необходимо установить расширительные баки на ОВ для ТОЦ и ГММ. Объем системы составляет:

$$V_a = 1,59 * 65 * 1000 = 103350 \text{ л;}$$

По формуле 1.26 определим объем расширения теплоносителя:

$$V_e = 103350 * 0,0062 = 640,77 \text{ л;}$$

По формуле 1.27 вычислим начальный объем теплоносителя в расширительном баке:

$$V_v = \frac{103350 * 0,5}{100} = 516,75 \text{ л};$$

Конечное давление в баках составляет 6,46 бар (расчёт аналогичен расчёту расширительных баков внутреннего контура котельной). Отсюда по формуле 1.25 определим объём расширительных баков:

$$V = (640,77 + 516,75) * \frac{6,46 + 1}{6,46 - 0,2} = 1434,88 \text{ л.}$$

Соответственно с необходимым резервированием подходят два мембранных бака WRV1000, производства Wester. Объем бака 1000 л каждый.

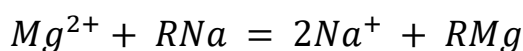
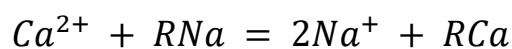
10. В крышной рамной газовой котельной предусматриваются следующие узлы учёта:

- Коммерческий учёт тепловой энергии, выполненный на базе теплового счётчика ТЭСМА-106.02, производства ООО «Энергосберегающая компания «ТЭМ»;
- Технологический учёт расхода водопроводной воды, поступающий на технологические нужды котельной. Для учёта используется водосчётчик ВСХ-20, производства ЗАО «Тепловодомер»;
- Технологический учёт потребляемой электрической энергии;

11. В водопроводной воде содержится множество различных ионов, которые усложняют процесс подпитки системы ОВ. Необходимо удалять из воды накипеобразующие ионы  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ .

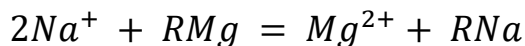
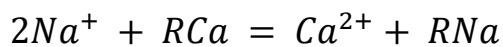
Принцип действия установки умягчения воды серии “STF” основан на методе натрий-катионирования. В результате ионного обмена из воды удаляются катионы  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ , а вода обогащается ионами  $Na^+$

в соответствии с реакциями:





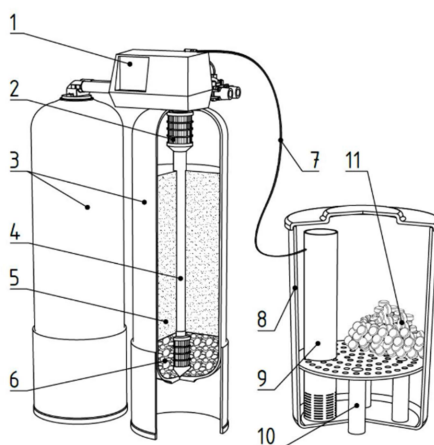
Восстановление регенерирующей способности смолы осуществляется посредством пропуска раствора поваренной соли (NaCl). При этом протекают обратные реакции:



Удаленные в ходе регенерации катионы жесткости отводятся в канализацию.

Установка Hydrotech STF 1044-9100 предназначена для непрерывного умягчения воды, без остановки на регенерацию. Система работает в маятниковом режиме: один корпус фильтра в работе, второй в режиме регенерации или ожидания. Фильтрующей средой является сильнокислотная ионообменная смола пищевого класса. Система умягчения серии STF позволяет удалить до 97 % накипеобразующих ионов.

Регенерация (восстановление обменной способности) установки происходит насыщенным раствором поваренной соли. Схема установки представлена ниже:



В соответствии со схемой в состав установки входит:

1. автоматический управляющий клапан;
2. оголовье дренажно-распределительной системы;
3. напорные корпуса — 2 шт.;
4. дренажно-распределительная система
5. сильнокислотная ионообменная смола
6. поддерживающий слой
- 7-10. бак-солерастворитель в комплекте с присоединителями;

## 11. таблетирования поваренная соль (NaCl) .

Продолжительности каждого этапа регенерации и этапа заполнения солевого бака определены с учетом установленных в управляющем блоке регуляторов дренажного потока и солевого потока. В зависимости от давления исходной воды во время регенераций, продолжительности каждого этапа регенерации и этапа заполнения солевого бака должны быть скорректированы в процессе пуско-наладочных работ.

Процесс регенерации каждого катионитного фильтра в составе установок серии “STF” состоит из следующих операций:

**Операция 1** – обратная промывка смолы умягченной водой, подаваемой в направлении снизу вверх. Служит для взрыхления и очистки смолы от накопившегося осадка.

**Операция 2** – обработка смолы раствором соли и медленная отмывка. Концентрированный раствор (26%) из бака-солерастворителя через солезборник по гибкому шлангу поступает в блок управления, где смешивается с умягченной водой до рабочей концентрации (7-10%), и затем подается в катионитный фильтр в направлении сверху вниз (по прямоточной схеме).

Отбор раствора из бака происходит за счет вакуума, образующегося во встроенном эжекторе под давлением воды.

После опорожнения солевого бака эжектирующая вода продолжает поступать в регенерируемый фильтр, то есть производится медленная прямоточная отмывка слоя смолы. При этом встроенный в солезборник воздушный клапан предотвращает подсос воздуха из солевого бака в солевую линию.

**Операция 3** – быстрая прямоточная отмывка смолы умягченной водой для уплотнения ее слоя и удаления из него остатков отработанного регенерационного раствора соли.

**Операция 4** – заполнение водой бака-солерастворителя.

Заданный объем умягченной воды заливается в бак-солерастворитель. Этот объем определяет дозу соли на регенерацию установки.

12. Для защиты теплообменных аппаратов от накипи и коррозии предусмотрена установка магнитного полиградиентного активатора воды МПВ МВС КЕМА Ду50 ФЦ(2”) (поз. К16).



Основным элементом активатора является магнитная система, собранная из высокоэнергетических магнитов, на основе сплава неодим–железо–бор установленных в корпусе из нержавеющей немагнитной стали так, что в рабочем зазоре активатора, через который протекает вода, создается несколько разнополюсных зон с высоким уровнем напряженности магнитного поля. Вода при прохождении этих зон временно (до нескольких часов) изменяет свои физические свойства, в результате чего при ее нагревании резко ускоряется процесс кристаллизации солей. При этом кристаллизация осуществляется не на стенках теплообменника, а в объеме воды. Выпавший в осадок шлам выносится потоком воды из зоны нагрева и, при необходимости, улавливается фильтрами за ее пределами.

13. В котельной для резервирования холодной воды предусмотрен бак на 800 л. Он имеет прямоугольную форму с специальными рёбрами жёсткости, которые обеспечивают надёжность и целостность бака. Размеры бака соответствуют стандартным дверным проёмам, что говорит о том, что при необходимости его будет удобно транспортировать.



Бак комплектуется крышкой с дыхательным клапаном, штуцерами и поплавковым механизмом с клапаном. Поплавковый механизм находит своё применение в активной защите от перелива. При наполнении бака до критического уровня электромагнитный клапан перекрывает подачу воды в бак.

14. На вводе водопровода в котельную устанавливается регулятор давления (после себя) D06F-40, производства «Honeywell».



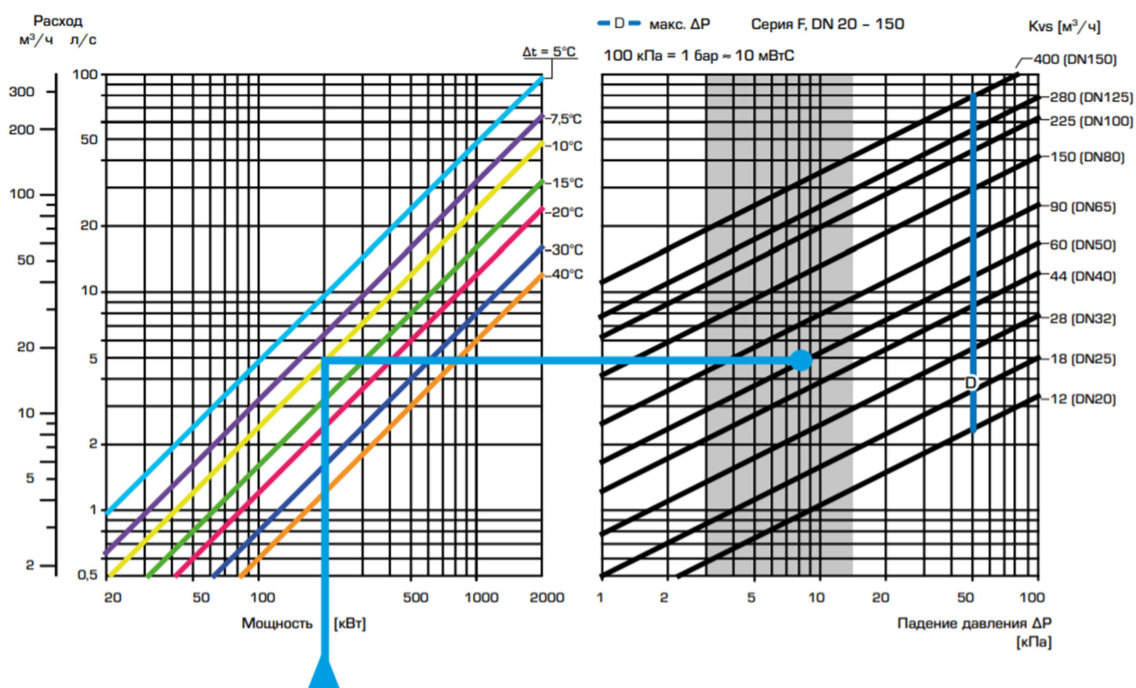
Он позволит гарантировать качественную работу оборудования. Работа теплообменных аппаратов подвергается опасности в случае скачков давления. Такие скачки могут достигать до 12 атм., при допустимых 3-4 атм. Регулятор будет не только понижать давление до необходимого значения (диапазон настроек рассчитан от 1,5 бар до 6 бар), но и сглаживать перепады давления на вводе. Условия для его установки такие:

- Давление на вводе водопровода в котельную должно быть выше требуемого;
- Обязательна установка механического фильтра перед регулятором давления;
- Установка регулятора допустима только шкалой для визуального контроля вверх

При выводе из строя регулятора давления (или иных причинах для снятия регулятора) на трубопроводе В1 предусмотрен байпас (трубопровод в обход регулятора) с нормально закрытой арматурой. Во избежание сильных скачков давления в водопроводе или непредвиденном его повышении после байпаса установлен предохранительный клапан SVW6. Такие же клапаны установлены на теплообменных аппаратах.

15. Смесительные трехходовые клапана подбираются в зависимости от расхода проходящего через него, температурного перепада, требуемой мощности. Для клапанов, производства Esbe подбор осуществляется с помощью номограммы представленной на рисунке 1.3.

Рис. 1.3. Номограмма для подбора трехходовых смесительных клапанов.



Синей стрелкой указано, как пользоваться номограммой. Правая часть номограммы предназначена для определения падения давления на трехходовом смесительном клапане. Серая зона на ней указывает оптимальные значения падения давления.



16. Так как сейсмичность принята 8 баллов, то на насосном оборудовании и котлах устанавливаются вибровставки. Вибровставки будут компенсировать колебания при возможной сейсмической активности, так же они выполняют функцию вибро и шумопоглощения от насосов и котла. Диаметры вибровставок должны соответствовать диаметру оборудования, к которому они присоединяются.

17. Предохранительный клапан предназначен для защиты оборудования от недопустимого превышения давления путём автоматического сброса избытка рабочей среды в атмосферу или отводящий трубопровод. Клапан обеспечивает прекращение сброса при восстановлении рабочего давления.



Число и размеры предохранительных клапанов для сетевого контура рассчитываются по формуле (п 5.2.14 «Правил устройства и безопасности...» [5]):

$$n * d * h = 0,000003 * Q,$$

Где n – число предохранительных клапанов;

d – диаметр предохранительного клапана, см;

h – высота подъема клапанов, см;

Q – максимальная суммарная производительность котлов, ккал/ч.

Высота подъема h принимается равной 1/20d. Предохранительные клапаны прием производства «АРМАГУС», в количестве 2 шт:

$$d = \sqrt{\frac{0,000003 * Q * 20}{n}}, \text{ см;} \quad (1.30)$$

$$d = \sqrt{\frac{0,000003 * 1788478 * 20}{2}} = 7,325 \text{ см} = 73,25 \text{ мм.}$$

Применять предохранительные клапана меньше расчётных категорически запрещено. Ближайшим по диаметру предохранительным клапаном из серии 17с28нж является Ду80мм.

### 1.10. Гидравлический расчёт газопровода котельной

Крышная рамная котельная будет работать на природном газе. Теплотворная способность газа составляет  $Q_H^p = 8000 \text{ ккал/м}^3$ . Газоснабжение котельной будет осуществляться из проектируемого подземного газопровода среднего давления. Максимальное давление в газопроводе составляет 0,3 МПа (рабочее давление 0,11 МПа). Проводка газопровода до КРГК осуществляется по стене здания.

Подключение КРГК к наружным сетям газопровода предусматривается через газорегуляторную установку, установленную на территории котельной для снижения давления газа перед подачей на горелки котлов. ГРУ снижает давление после себя до 0,03 МПа. Газопровод оборудован запорной арматурой, манометрами, термозапорным клапаном, электромагнитным клапаном, фильтром с индикатором перепада давления, счётчиками (коммерческим и по-агрегатными), регуляторами давления, свечами.

Гидравлический расчёт газопровода проводится для стационарного режима течения и заключается в определении неизвестных параметров режима по заданным граничным условиям. В число параметров режима входят давление в начальной и конечной точке газопровода, расход и скорость течения газа. В качестве граничных условий задаются, как правило, два из трех параметров: расход, давление в начальной и конечной точке. Расчёты проводятся при заданном компонентном составе и температуре газа.

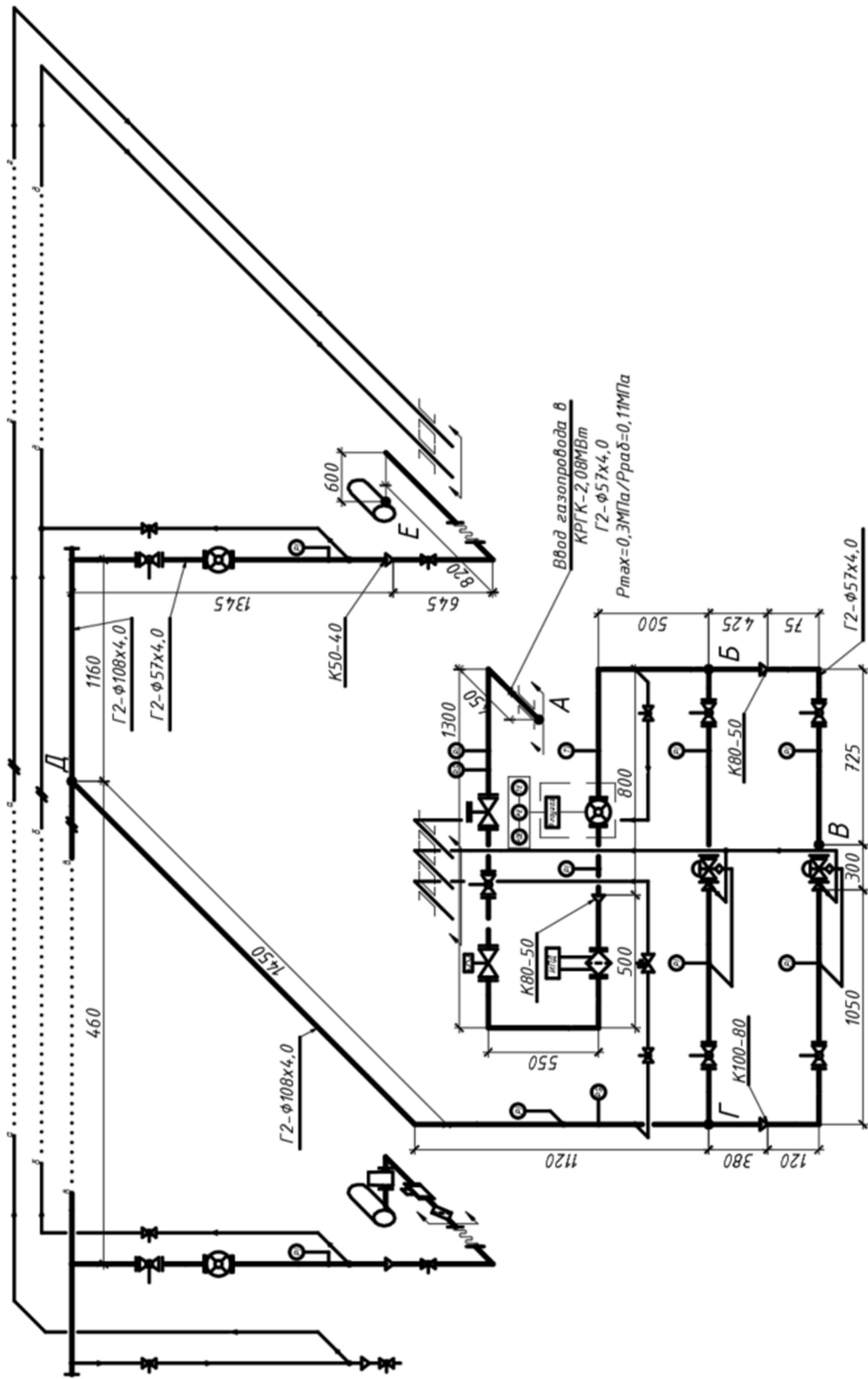
Основными задачами при выполнении гидравлического расчёта для газопровода являются:

- определение пропускной способности газопровода при заданном максимальном давлении газа в начальной точке и минимальном допустимом давлении газа в конечной точке;
- определение давления в конечной точке газопровода при заданном расходе газа и давлении в начальной точке;
- определение давления в начальной точке газопровода при заданном расходе газа и давлении в конечной точке;
- определение расхода газа при заданных значениях давления в начальной и конечной точке газопровода.

Расчёт потерь давления газа будет проводиться на самый удалённый участок трассы. Для удобства расчётов на принципиальной изометрической схеме системы внутреннего газоснабжения котельной обозначим участки: А-Б-В-Г-Д-Е. По трубопроводу А-В протекает природный газ под средним давлением  $P_{max} = 0,3\text{МПа}$  ( $P_{раб} = 0,11\text{МПа}$ ). Затем пройдя через регулятор-стабилизатор давление редуцируется до  $0,03\text{МПа}$ .



Принципиальная изометрическая схема системы внутреннего газоснабжения котельной



В котельной установлены эффективные двухходовые стальные водогрейные котлы Logano SK755 1040.

Суммарная установленная мощность котельной 2,08 МВт;

Дополнительные исходные данные для расчётов:

Плотность газа при 20°C  $\rho=0,73$  кг/м<sup>3</sup> ;

Кинематическая вязкость  $\nu = 14,7 * 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с;

Давление газа на вводе в котельную (технические условия на газ):

-максимальное  $P_{max}=0,3$ МПа

-рабочее  $P_{раб}=0,11$ МПа.

Для расчёта потребуется определить максимальный расход газа котлами

$$V_{газа}^{max} = \frac{Q_k * N * 0,86 * 10^6}{\eta * Q_H^p}, \text{ м}^3/\text{ч}; \quad (1.31)$$

Где  $Q_k$  номинальная теплопроизводительность котла Logano SK755 1040 — 1,04 МВт (см. паспорт на котлы);

$N$  – количество установленных котлов в котельной;

$\eta$  – коэффициент полезного действия котлов – 92%;

$Q_H^p$  низшая теплотворная способность газа, 8000ккал/м<sup>3</sup>;

$$V_{газа}^{max} = \frac{1,04 * 2 * 0,86 * 10^6}{0,92 * 8000} = 243,04 \text{ м}^3/\text{ч};$$

**Определяем диаметр газопровода на вводе в котельную.**

Для расчёта диаметра труб следует задаться скоростью потока газа. Для среднего давления скорость потока варьируется от 7 до 15 м/с. Примем для расчёта 13 м/с. Диаметр газопровода рассчитывается по следующей формуле:

$$d = \sqrt{\frac{0,001313 * V_{газа}^{max} * (273 + t)}{V * (P_{max} + 0,1)}}, \text{ см} \quad (1.32)$$
$$d = \sqrt{\frac{0,001313 * 243,04 * (273 + 20)}{13 * (0,3 + 0,1)}} = 4,24 \text{ см}.$$

Полученное значение диаметра располагается между диаметрами труб Ду40мм и Ду50мм. Предварительно зададимся для расчёта диаметром Ду50. Проверим скорость потока в газопроводе:

$$V_{\text{газа}}^{\text{Ду50}} = \frac{0,001313 * V_{\text{газа}}^{\text{max}} * (273 + t)}{(P_{\text{изб}} + 0,1) * d^2}, \text{ м/с};$$

$$V_{\text{газа}}^{\text{Ду50}} = \frac{0,001313 * 243,04 * (273 + t)}{(0,3 + 0,1) * 5^2} = 9,35, \text{ м/с};$$

Для удобства расчёта гидравлического сопротивления разобьем газопровод на участки. Участки газопровода подбираются таким образом, чтобы конечная точка участка выпадала на разветвление или соединение потока газа, кроме случаев, когда точка выпадает на узел редуцирования давления газа на узле ГРУ.

**Участок АБ:** Определим потери по длине для данного участка.

$$l_{\text{факт}} = 2,8 \text{ м}; d = 50 \text{ мм};$$

В соответствии с п.3.30, СП 42-101-2003, «...падение давления в местных сопротивлениях (колена, тройники, запорная арматура и др.) допускается учитывать путем увеличения фактической длины газопровода на 5-10%»

$$l = l_{\text{факт}} + l_{\text{факт}} * 10\%;$$

где  $l_{\text{факт}}$  — фактическая длина газопровода;

$$l = 2,8 + (2,8) * 0,1 = 3,08 \text{ м};$$

Скорость газа в газопроводе диаметром Ду50мм:

$$V_{\text{газа}}^{\text{Ду50}} = \frac{0,001313 * V_{\text{газа}}^{\text{max}} * (273 + t)}{(P_{\text{изб}} + 0,1) * d^2};$$

В зависимости от давления скорость потока газа будет меняться. Рассчитаем скорость для максимального давления:

$$V_{\text{газа}}^{\text{Ду50}} = \frac{0,001313 * 243,04 * (273 + 20)}{(0,3 + 0,1) * 5,0^2} = 9,35 \text{ м/с}$$

И для рабочего давления:

$$V_{\text{газа}}^{\text{ду50}} = \frac{0,001313 * 243,04 * (273 + 20)}{(0,11 + 0,1) * 5,0^2} = 17,81 \text{ м/с}$$

Для дальнейшего расчёта потребуется определить число Рейнольдса:

$$Re = 0,0354 * \frac{V_{\text{газа}}}{d * \nu};$$

$$Re^{\text{ду50}} = 0,0354 * \frac{243,04}{5,0 * 14,7 * 10^{-6}} = 117058;$$

Расчётная формула для определения коэффициента гидравлического трения зависит от числа Рейнольдса. При  $Re > 100\ 000$ :

$$\lambda = \frac{1}{(1,82 * \lg Re - 1,64)^2};$$

$$\lambda = \frac{1}{(1,82 * \lg 117056 - 1,64)^2} = 0,01738$$

Падение давления на трубопроводе диаметром 50мм (для сети среднего и высокого давления):

$$\Delta P_{\text{ду50}} = \frac{1,2687 * 10^{-4} * \lambda * \rho * l * V_{\text{газа}}^2}{d^5}, \text{ Па};$$

где,  $\lambda$  - коэффициент гидравлического трения;

$l$  - расчетная длина газопровода постоянного диаметра, м;

$d$  - внутренний диаметр газопровода, см;

$\rho$  - плотность газа при нормальных условиях,  $\text{кг/м}^3$ ;

$V_{\text{газа}}$  - расход газа,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$$\Delta P_{\text{Ду}50} = \frac{1,2687 * 10^{-4} * 0,01738 * 0,73 * 3,08 * 243,04^2}{5,0^5} = 93,734 \text{ Па};$$

$$l_{\text{факт}} = 1,4 \text{ м}; d = 80 \text{ мм};$$

$$l = 1,3 + (1,3) * 0,1 = 1,43;$$

Скорость газа в газопроводе диаметром 80 мм:

$$V_{\text{газа}}^{\text{Ду}80} = \frac{0,001313 * 243,04 * (273 + 20)}{(0,11 + 0,1) * 8,0^2} = 6,96 \text{ м/с};$$

Число Рейнольдса:

$$Re^{\text{Ду}80} = 0,0354 * \frac{243,04}{8,0 * 14,7 * 10^{-6}} = 73161;$$

Коэффициент гидравлического трения при  $4000 < Re < 100\ 000$ :

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}};$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{73161^{0,25}} = 0,01924;$$

Падение давления на трубопроводе диаметром 80 мм (для сети среднего и высокого давления):

$$\Delta P_{\text{ду}80} = \frac{1,2687 * 10^{-4} * 0,01924 * 0,73 * 1,43 * 243,04^2}{8,0^5} = 4,6 \text{ Па};$$

Линейные потери давления на участке АБ:

$$\Delta P^{\text{АБ}} = \Delta P_{\text{Ду}50} + \Delta P_{\text{Ду}80};$$

$$\Delta P^{\text{АБ}} = 93,734 + 4,6 = 98,3 \text{ Па}.$$

Определим потери давления на клапане термозапорном КТЗ 001-50-Ф:

Расход газа при нормальных условиях — 243,04 нм<sup>3</sup>/ч;

рабочее давление - 0,03МПа;

диаметр клапана DN50;

рабочая среда – природный газ.

1. Вычисляем расход газа при стандартных условиях:

$$Q_{cy} = V_{газа} * \frac{(273 + t)}{273}; \quad (1.33)$$

$$Q_{cy} = 243,04 * \frac{(273 + 20)}{273} = 260,85 \text{ м}^3/\text{ч};$$

2. Вычисляем плотность газа при рабочих условиях:

$$\rho_{py} = \rho_{cy} * \frac{(P_{атм} + P_{раб})}{P_{атм}} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \quad (1.34)$$

$$\rho_{py} = 0,687 * \frac{(0,1 + 0,11)}{0,1} = 1,443 \text{ кг/м}^3;$$

3. По диаграмме находим потери давления  $\Delta p_d$  при расходе 260,85 м<sup>3</sup>/ч при физических условиях для которых построена диаграмма (см. диаграмму):

$$\Delta p_d = 700 \text{ Па}$$

4. Определяем потери давления при данных рабочих условиях:

$$\Delta P^{КТЗ} = \Delta p_d * \frac{\rho_{py}}{\rho_{cy}}, \text{ Па};$$

$$\Delta P^{КТЗ} = 700 * \frac{1,443}{0,6668} = 1514 \text{ Па}.$$

Определим потери давления на электромагнитном клапане ВН2Н-6 фл.:

$$\Delta P_{\text{ВН2Н-6}} = \frac{\gamma * \xi * B_{\text{газа}}^2}{0,0157 * d^4}, \text{ кПа};$$

где,  $\gamma$  — удельный вес среды при эксплуатационных условиях,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\xi$  — коэффициент сопротивления клапана (для ВН2Н-6  $\xi = 11,6$ );

$Q_{\text{газа}}$  — объемный расход газа,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$d$  - внутренний диаметр газопровода, мм;

Удельный вес среды:

$$\gamma = 10333 * \frac{(P_{\text{раб}} + 1)}{R * T}, \text{ кг/м}^3$$

где,  $P_{\text{раб}}$  — избыточное давление до клапана,  $\text{кгс/см}^2$ ;

$R$  — газовая постоянная среды, (для природного газа  $R = 52,8$   $\text{кгм}$ );

$T = 273 + t$  — абсолютная температура среды, К;

$$\gamma = \frac{10333 * (1,1 + 1)}{52,8 * (273 + 20)} = 1,40 \text{ кг/м}^3;$$

Объемный расход газа:

$$Q_{\text{газа}} = \frac{B_{\text{газа}}^{\text{max}}}{P_{\text{раб}} + 1}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (1.35)$$

$$Q_{\text{газа}} = \frac{243,04}{1,1 + 1,0} = 115,73 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$\Delta P_{\text{ВН2Н-6}} = \frac{1,4 * 11,6 * 115,73^2}{0,0157 * 50^4} = 2,22095 \text{ кПа} = 2220,95 \text{ Па};$$

Определим потери давления на фильтре ФН2-6М:

$$\Delta P_{\text{ФН2}} = \frac{(\gamma * \xi * B_{\text{газа}}^2)}{0,0157 * d^4}, \text{ кПа};$$

где  $\xi = 3,0$  — для фильтра ФН2-6М;

$$\Delta P^{\Phi_{H2}} = \frac{1,4 * 3 * 115,73^2}{0,0157 * 50^4} = 0,60194 \text{ кПа} = 601,9 \text{ Па};$$

Вычисляем потери давления на счетчике при конкретных рабочих условиях и расходе газа на счетчике на период измерения перепада давления:

$$\Delta P = \Delta P_o * \frac{\rho_o}{\rho_{cy}} * (10 * P_{раб} + 1) * \left(\frac{Q_{раб}}{Q_{max}}\right)^2 * \frac{293,15}{273,15 + t}, \text{ Па}; \quad (1.36)$$

$\Delta P_o=173 \text{ Па}$  — перепад давления на счётчике, определённый по таблице (см. [4]);

$$\rho_o = 10333 * \frac{(10 * P_{раб} + 1)}{R * T}, \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \quad (1.37)$$

$$\rho_o = 10333 * \frac{(10 * 0,11 + 1)}{52,8 * 293} = 1,4 \text{ кг/м}^3;$$

$$Q_{газа} = \frac{243,04}{1,1 + 1,0} = 115,73 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$Q_{max}=160 \text{ м}^3/\text{ч}$  — расход газа на счётчике, определённый по таблице (см. [4])

$$\Delta P = 173 * \frac{1,4}{0,67} * (10 * 0,11 + 1) * \left(\frac{115,73}{160}\right)^2 * \frac{293,15}{273,15 + 20} = 549,09 \text{ Па}$$

### Участок БВ:

$$l_{факт} = 0,425 \text{ м}; d=80 \text{ мм};$$

$$l = 0,425 + (0,425) * 0,1 = 0,4675 \text{ м};$$

Скорость газа в газопроводе диаметром 80мм:

$$V_{газа}^{Dy80} = 0,001313 * 243,04 * \frac{273 + 20}{(0,11 + 0,1) * 8,02} = 6,96 \text{ м/с};$$

Число Рейнольдса:

$$Re^{Dy80} = 0,0354 * \frac{243,04}{8,0 * 14,7 * 10^{-6}} = 73161;$$



Коэффициент гидравлического трения при  $4000 < Re < 100\ 000$ :

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}};$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{73161^{0,25}} = 0,01924;$$

Падение давления на трубопроводе диаметром 80мм (для сети среднего и высокого давления):

$$\Delta P_{\text{ду}^{80}} = 1,2687 * 10^{-4} * 0,01924 * 0,73 * 0,4675 * \frac{243,04^2}{8,05} = 1,5 \text{ Па};$$

$$l_{\text{факт}} = 0,8\text{м}; d = 50\text{мм};$$

$$l = 0,8 + (0,8) * 0,1 = 0,88\text{м};$$

Скорость газа в газопроводе:

$$V_{\text{газа}}^{\text{ду}^{50}} = 0,001313 * 243,04 * \frac{273 + 20}{(0,11 + 0,1) * 5,02} = 17,81 \text{ м/с};$$

Число Рейнольдса:

$$Re^{\text{ду}^{50}} = 0,0354 * \frac{243,04}{5,0 * 14,7 * 10^{-6}} = 117058;$$

Коэффициент гидравлического трения при  $Re > 100\ 000$ :

$$\lambda = \frac{1}{(1,82 * \lg Re - 1,64)^2};$$

$$\lambda = \frac{1}{(1,82 * \lg 117058 - 1,64)^2} = 0,01738$$

Падение давления на трубопроводе диаметром 50мм (для сети среднего и высокого давления):

$$\Delta P_{\text{ду}^{50}} = 1,2687 * 10^{-4} * 0,01738 * 0,73 * 0,88 * \frac{243,04^2}{5,0^5} = 26,78 \text{ Па};$$

Линейные потери давления на участке АБ:

$$\Delta P^{БВ} = \Delta P^{Ду50} + \Delta P^{Ду80};$$

$$\Delta P^{БВ} = 1,5 + 26,78 = 28,28 \text{ Па.}$$

Итого, общие потери давления на участке газопровода А-Б-В:

$$\Delta P = \Delta P^{АБ} + \Delta P^{БВ} + \Delta P^{КТЗ} + \Delta P^{ВН2Н-6} + \Delta P^{ФН2} + \Delta P^{РСГ}, \text{ Па};$$

$$\Delta P = 98,3 + 28,28 + 1514 + 2220,95 + 601,9 + 549,09 = 5012,52 \text{ Па (5,0 кПа} = 0,005 \text{ МПа).}$$

$$\text{Давление перед регулятором } P = P_{\text{раб}} - \Delta P = 0,11 - 0,005 = 0,105 \text{ МПа.}$$

В точке «В» установлен регулятор давления, с помощью которого происходит редуцирование (понижение) давления газа до рабочего  $P = 0,03 \text{ МПа}$ .

### Участок ВГ:

$$l_{\text{факт}} = 0,3 \text{ м; } d = 50 \text{ мм;}$$

$$l = 0,3 + (0,3) * 0,1 = 0,33 \text{ м;}$$

Скорость газа в газопроводе:

$$V_{\text{газа}}^{Ду50} = \frac{0,001313 * 243,04 * (273 + 20)}{(0,03 + 0,1) * 5,02} = 28,77 \text{ м/с;}$$

Число Рейнольдса:

$$Re^{Ду50} = 0,0354 * \frac{243,04}{5,0 * 14,7 * 10^{-6}} = 117058;$$

Коэффициент гидравлического трения при  $Re > 100\,000$ :

$$\lambda = \frac{1}{(1,82 * \lg Re - 1,64)^2};$$

$$\lambda = \frac{1}{(1,82 * \lg 117056 - 1,64)^2} = 0,01738;$$

Падение давления на трубопроводе диаметром 50 мм (для сети среднего и высокого давления):

$$\Delta P^{ду50} = 1,2687 * 10^{-4} * 0,01738 * 0,73 * 0,33 * (243,04)^2 / 5,0^5 = 10,04 \text{ Па};$$

$$l_{\text{факт}} = 1,1 \text{ м}; d = 80 \text{ мм};$$

$$l = 1,17 + (1,17) * 0,1 = 1,287;$$

Скорость газа в газопроводе:

$$V_{\text{газа}}^{ду80} = \frac{0,001313 * 243,04 * (273 + 20)}{(0,03 + 0,1) * 8,0^2} = 11,24 \text{ м/с};$$

Число Рейнольдса:

$$Re^{ду80} = 0,0354 * \frac{243,04}{8,0 * 14,7 * 10^{-6}} = 73161;$$

Коэффициент гидравлического трения при  $4000 < Re < 100\ 000$ :

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}};$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{73161^{0,25}} = 0,01924;$$

Падение давления на трубопроводе диаметром 80 мм (для сети среднего и высокого давления):

$$\Delta P^{ду80} = 1,2687 * 10^{-4} * 0,01924 * 0,73 * 1,287 * \frac{243,04^2}{8,0^5} = 4,13 \text{ Па};$$

$$l_{\text{факт}} = 0,38 \text{ м}; d = 100 \text{ мм};$$

$$l = 0,38 + (0,38) * 0,1 = 0,418;$$

Скорость газа в газопроводе:

$$V_{\text{газа}}^{ду100} = \frac{0,001313 * 243,04 * (273 + 20)}{(0,03 + 0,1) * 10,0^2} = 7,19 \text{ м/с};$$

Число Рейнольдса:

$$Re^{Dy100} = 0,0354 * \frac{243,04}{10,0 * 14,7 * 10^{-6}} = 58529;$$

Коэффициент гидравлического трения при  $4000 < Re < 100\ 000$ :

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}};$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{58529^{0,25}} = 0,02034;$$

Падение давления на трубопроводе диаметром 100мм (для сети среднего и высокого давления):

$$\Delta P^{Dy100} = 1,2687 * 10^{-4} * 0,02034 * 0,73 * 0,418 * \frac{243,04^2}{10,0^5} = 0,44 \text{ Па};$$

Линейные потери давления на участке ВГ:

$$\Delta P^{ВГ} = \Delta P^{Dy50} + \Delta P^{Dy80} + \Delta P^{Dy100};$$

$$\Delta P^{ВГ} = 10,04 + 4,13 + 0,44 = 14,61 \text{ Па}.$$

### Участок ГД:

$$l_{\text{факт}} = 2,85 \text{ м}; \quad d = 100 \text{ мм};$$

$$l = 2,85 + (2,85) * 0,1 = 3,135 \text{ м};$$

Скорость газа в газопроводе:

$$V_{\text{газа}}^{Dy100} = 0,001313 * 243,04 * \frac{273 + 20}{(0,03 + 0,1) * 10,0^2} = 7,19 \text{ м/с};$$

Число Рейнольдса:

$$Re^{Dy100} = 0,0354 * \frac{243,04}{10,0 * 14,7 * 10^{-6}} = 58529;$$

Коэффициент гидравлического трения при  $4000 < Re < 100\ 000$ :

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}};$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{58529^{0,25}} = 0,02034;$$

Падение давления на участке ГД (для сети среднего и высокого давления):

$$\Delta P^{\Gamma D} = 1,2687 * 10^{-4} * 0,02034 * 0,73 * 3,135 * \frac{243,04^2}{10,0^5} = 3,3 \text{ Па};$$

### Участок ДЕ:

$$l_{\text{факт}} = 1,16 \text{ м}; d = 100 \text{ мм};$$

$$l = 1,16 + (1,16) * 0,1 = 1,276 \text{ м};$$

Скорость газа в газопроводе:

$$V_{\text{газа}}^{\text{Ду}100} = \frac{0,001313 * 121,52 * (273 + 20)}{(0,03 + 0,1) * 10,0^2} = 3,6 \text{ м/с};$$

Число Рейнольдса:

$$Re^{\text{Ду}100} = 0,0354 * \frac{121,52}{10,0 * 14,7 * 10^{-6}} = 58529;$$

Коэффициент гидравлического трения при  $4000 < Re < 100000$ :

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}};$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{58529^{0,25}} = 0,02034;$$

Падение давления на трубопроводе диаметром 100мм (для сети среднего и высокого давления):

$$\Delta P^{\text{Ду}100} = 1,2687 * 10^{-4} * 0,02034 * 0,73 * 1,276 * \frac{121,52^2}{10,0^5} = 1,34 \text{ Па};$$

$$l_{\text{факт}} = 1,345 \text{ м}; d = 50 \text{ мм};$$

$$l = 1,345 + (1,345) * 0,1 = 1,48 \text{ м};$$

Скорость газа в газопроводе:

$$V_{\text{газа}}^{\text{Ду}50} = \frac{0,001313 * 121,52 * (273 + 20)}{(0,03 + 0,1) * 5,0^2} = 14,38 \text{ м/с};$$

Число Рейнольдса:

$$Re^{\text{Ду}50} = 0,0354 * \frac{121,52}{5,0 * 14,7 * 10^{-6}} = 58529;$$

Коэффициент гидравлического трения при  $4000 < Re < 100000$ :

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}};$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{58529^{0,25}} = 0,02034;$$

Падение давления на трубопроводе диаметром 50мм (для сети среднего и высокого давления):

$$\Delta P_{\text{Ду}50} = 1,2687 * 10^{-4} * 0,02034 * 0,73 * 1,345 * \frac{121,52^2}{5,0^5} = 180,4 \text{ Па};$$

$$l_{\text{факт}} = 2,07 \text{ м}; d = 40 \text{ мм};$$

$$l = 2,07 + (2,07) * 0,1 = 2,28 \text{ м};$$

Скорость газа в газопроводе:

$$V_{\text{Ду}25 \text{ газа}} = 0,001313 * 121,52 * (273 + 20) / ((0,03 + 0,1) * 4,02) = 22,48 \text{ м/с};$$

Число Рейнольдса:

$$Re_{\text{Ду}40} = 0,0354 * \frac{121,52}{4,0 * 14,7 * 10^{-6}} = 73161;$$

Коэффициент гидравлического трения при  $4000 < Re < 100000$ :

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}};$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{73161^{0,25}} = 0,01924;$$

Падение давления на трубопроводе диаметром 40мм (для сети среднего и высокого давления):

$$\Delta P_{\text{Ду}40} = 1,2687 * 10^{-4} * 0,01924 * 0,73 * 2,28 * \frac{121,52^2}{4,0^5} = 70,6 \text{ Па};$$

Линейные потери давления на участке ДЕ:

$$\Delta P_{\text{ДЕ}} = \Delta P_{\text{Ду}100} + \Delta P_{\text{Ду}50} + \Delta P_{\text{Ду}25};$$

$$\Delta P_{\text{ДЕ}} = 1,34 + 180,4 + 70,6 = 252,38 \text{ Па}.$$

Вычисляем потери давления на счетчике при конкретных рабочих условиях и расходе газа на счетчике на период измерения перепада давления:

$$\Delta P = \Delta P_o * \frac{\rho_o}{\rho_{cy}} * (10 * P_{раб} + 1) * \left( \frac{Q_{раб}}{Q_{max}} \right)^2 * \frac{293,15}{273,15 + t}, \text{ Па};$$

$\Delta P_o=168$  Па — перепад давления на счётчике, определённый по таблице (см. [4]);

$$\rho_o=10333*(10*P_{раб}+1)/R*T, \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_o=10333*(10*0,3+1)/52,8*293=0,87\text{кг/м}^3;$$

$$Q_{газа} = 121,52 / (0,3+1,0)=93,48 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$Q_{max}=100\text{м}^3/\text{ч}$  — расход газа на счётчике, определённый по таблице (см. [4])

$$\Delta P = 168 * \frac{0,87}{0,67} * (10 * 0,03 + 1) * \left( \frac{93,48}{100} \right)^2 * \frac{293,15}{273,15 + 20} = 247,82 \text{ Па}$$

Суммарные потери давления на участке ДЕ:

$$\Delta P^{ДЕ} = 252,38 + 247,82 = 500,2 \text{ Па.}$$

Итого, общие потери давления по газопроводу (от ввода до газового блока горелки), составили:

$$\Sigma \Delta P = \Delta P^{ВГ} + \Delta P^{ГД} + \Delta P^{ДЕ}, \quad \text{Па};$$

$$\Sigma \Delta P = 14,61 + 3,3 + 500,2 = 518,11 \text{ Па};$$

Давление газа перед горелкой составит:

$$P = P_{раб} - \Delta P = 30000 - 518,11 = 29481,89 \text{ Па} = 29,48\text{кПа.}$$

### 1.11. Описание основного оборудования ГСВ

1. На котлы logano SK755-1040 устанавливаются высокоэффективные горелки производства «Weishaupt», Германия. Горелка WM-G 20/2-A, исполнения ZM предназначена для работы на газообразном топливе. Исполнение

ZM говорит о том, что горелка имеет Модулируемое регулирование горения. Диапазон регулирования горелки составляет 80-2000 кВт.



Горелка WM-G 20/2-A, исполнения ZM оснащена:

- удлинителем пламени головы на 100 мм
- реле максимального давления газа
- фильтром газовым тонкой очистки
- регулятором давления с пружиной

3. КТЗ предназначен для автоматического прекращения подачи газа к газопотребляющим устройствам при возникновении пожара в помещении. Внутри корпуса фланцевого КТЗ в подпружиненном состоянии установлен запорный элемент в виде клапана, который в свою очередь удерживается инновационным термоэлементом "термокапсулой". При нагревании корпуса КТЗ до температуры 80-100 градусов Цельсия, термокапсула разрушается, высвобождая запорный элемент, тем самым поток газа герметично перекрывается. Корпус цельнометаллический.

- КТЗ устанавливается только внутри помещений.
- КТЗ устанавливается самым первым устройством перед запорным краном на трубопроводе при входе трубопровода в помещение.
- КТЗ следует устанавливать строго по направлению потока газа в трубопроводе в соответствии с указателем на корпусе клапана (указатель в виде стрелки).



- Не допускается установка термозапорных клапанов в помещениях, где температура окружающей среды может достигать 52-55 градусов Цельсия.
- Специальная конструкция обеспечивающая максимально быстрое срабатывание клапана при нагревании.

4. Сейсмический сенсор SEISMIC M16 это устройство, которое, в сочетании с предохранительным электромагнитным клапаном, обеспечивает перекрытие подачи газа в следующих случаях:

- сейсмическое явление (временной и частотный анализ при трехосном ускорении);
- срабатывание дистанционного управления (например, при срабатывании сигнализатора загазованности, аварийной блокировки);
- сбой в системе или подачи напряжения.



В сенсоре также предусмотрен аварийный релейный выход, используемый для подключения дистанционных сигналов и отключения питания, что позволяет предотвратить возникновение источников возгорания и взрыва.

5. Стальные сильфонные газовые компенсаторы или антивибрационные вставки служат для амортизации вибраций, тепловых смещений, предотвращают деформацию газового трубопровода.



Сильфонные компенсаторы устанавливают непосредственно перед газовыми горелками. Гофрированная сталь, из которой выполнены вставки, компенсирует как продольные, так и поперечные напряжения, не передавая их на основную трубу, тем самым обеспечивая ее безопасность.

6. Для учёта потребляемого газа устанавливаются 2 типа счётчиков:

- Коммерческий комплекс на вводе газопровода в котельную;
- По-агрегатный – на каждом котловом агрегате.

В качестве коммерческого узла учёта используется комплекс КИ-СТГ-РС-2-Ф-80/G100-1 А-П с датчиком перепада давления на базе счётчика РСГ-СИГНАЛ 80-G100-2.



В качестве по-агрегатных счётчиков используются ротационные газовые счётчики РСГ-СИГНАЛ 50-G65-2:



## **2. АВТОМАТИЗАЦИЯ И КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

Система автоматизации предназначена для управления технологическими процессами и оборудованием котельной и теплового узла, обеспечения надежной, экономичной и безаварийной эксплуатации объекта управления.

Проектом предусмотрено оснащение крышной рамной водогрейной отопительной котельной средствами автоматического регулирования, контроля, защиты и блокировок.

Уровень автоматизации теплового пункта позволяет обеспечить надежную и экономичную работу технологического оборудования без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Для возможности удалённого контроля и проверки работоспособности узлов котельной в нее заложена функция диспетчеризации по GSM сигналу. Такая система позволяет контролировать основные параметры и посылать их значения по мобильной сотовой связи. Так же диспетчер удалённо может подавать команды с запросами отчетов по контролируемым параметрам. Диспетчер может остановить работу котельной с помощью специального SMS-кода.

### **2.1. Автоматизация работы тепломеханической части**

Котлы укомплектованы блочными газовыми горелками WM-G 20/2-A фирмы "Weishaupt", Германия поз. K1.1,1, K1.2,1 со встроенной системой управления. Система автоматики горелки обеспечивает:

- а) автоматический пуск котла;
- б) безаварийное отключение котла по температуре на выходе из котла;
- в) регулирование температуры на выходе из котла;
- г) автоматическую защиту котлов в следующих ситуациях:
  - при погасании пламени горелки;
  - при снижении давления воздуха перед горелкой;
  - при прекращении подачи электроэнергии;
  - при снижении или повышении давления газа перед горелкой.

5. Управление цепочкой безопасности котла (аварийное отключение с запоминанием первопричины аварии) осуществляется посредством узла защиты (УЗК-К1.1 и УЗК-К1.2 котлов К1.1 и К1.2 соответственно).

Узел защиты котла обеспечивает:

а) безаварийное отключение котла при уменьшении протока воды через котел;

б) аварийное отключение котла при повышении давления в топке котла;

в) аварийное отключение котла при повышении температуры за котлом свыше 90°С;

г) аварийное отключение котла при повышении или понижении давления воды за котлом.

6. На вспомогательном оборудовании котельной осуществляется контроль и автоматическое регулирование следующих теплотехнических параметров:

а) Для внешнего отключения котлов по температуре наружного воздуха и температуре воды на выходе из котла, в щит Щ-1 установлен измеритель-регулятор 2ТРМ1 (поз. ТУС3), который получает сигналы от датчиков температуры: ТЕ2е – общего коллектора котла и датчика поз. ТЕ1е – температуры наружного воздуха.

б) Защита котлов от образования конденсата. Для поддержания температуры воды на входе в котлы не менее 65°С выполняется автоматическое управление работой рециркуляционных насосов К2.1 и К2.2, посредством контроллера, установленного в щите Щ-1 (по сигналу датчика, установленного на трубопроводе Т2).

в) Схема подпитки теплосети предназначена для обеспечения необходимого давления в системе отопления. Для выполнения этой функции в трубопровод Т94 установлен соленоидный клапан, управляемый датчиком давления, который установлен в трубопроводе Т2.

г) Для коммерческого учета тепла и расхода теплоносителя в проекте предусмотрен теплосчетчик ТЭСМА-106.02, который укомплектован преобразователями расхода ПРП Ду80 и расходомерами РСМ-05-05 Ду32, а также

комплексом термопреобразователей, установленных на трубопроводах системы отопления и горячего водоснабжения.

д) Блок управления БУ-1.1 обеспечивает звуковую сигнализацию, управление аварийной вентиляцией, сетевыми насосами КЗ.1 и КЗ.2, клапаном-отсекателем газа (поз. УА-2), по следующим параметрам:

- превышение содержания метана в помещении котельной на 10%
- НКПР (СГГ-6М);
- превышение СО на 5% ПДК (СОУ-1);
- пожар в помещении котельной (НОТА-2);
- несанкционированное проникновение (НОТА-2);
- аварийное давление воды в системе отопления;
- авария сетевого насоса;
- высокое давление газа;
- отключение электроэнергии;
- сейсмическая активность.

Кроме того, блок управления БУ-1.1 по сигналу от датчика загазованности СОУ-1, обеспечивает автоматическое включение системы аварийной вентиляции в случае загазованности котельной по оксиду углерода.

Автоматизация крышной рамной газовой котельной выполнена на основании требований СП 89.13330.2016 и включает выполнение работ по контролю загазованности помещения котельной на метан и окись углерода, учету расхода газа и контролю основных параметров.

С целью достижения нормативного уровня подпиточной воды для системы теплоснабжения котельной и стальных двухходовых водогрейных котлов Logano SK755-1040, производства «Buderus», предусматривается: автоматическая установка умягчения непрерывного действия HYDROTECH STF 1044-9100 SEM (поз. К15), производства ООО «ГидроТехИнжиниринг» — предназначенная для удаления из воды катионов жесткости методом натрий-катионирования.

Регулирование уровня воды в баке запаса воды будет осуществляться по сигналам от кондуктометрических датчиков уровня. При достижении среднего рабочего уровня, клапан подпитки открывается и начинается заполнение бака. При достижении верхнего аварийного уровня клапан закрывается. При опустошении бака до нижнего аварийного уровня происходит отключение повысительных насосов. Также предусмотрена защита от перегрева бака.

## **2.2. Автоматизация работы системы газоснабжения**

В проекте котельной приняты узлы учета расхода природного газа, производства ООО ЭПО "СИГНАЛ":

коммерческий – для измерения количества газа КИ-СТГ-РС-2-Ф-50/G25-1 А-П с ДПД (поз.Г1.1) на базе ротационного газового счетчика РСГ-СИГНАЛ 50-G25-2 и блока коррекции объема газа «ФЛОУГАЗ».

Предельные значения устанавливаемого оборудования обеспечивают учет параметров газа во всем диапазоне работы газопотребляющего оборудования.

Для контроля перепада давления газовый фильтр ФН2-2М комплектуется индикатором загрязненности фильтроэлемента. Индикатор не имеет нормированных метрологических характеристик, не является средством измерения, он позволяет контролировать степень засорения фильтра.

На вводе газопровода предусматривается контроль давления газа с помощью манометров и электроконтактного манометра (поз. PIS1в) ДМ-2010 до регуляторов давления газа (поз. Г1.6,1 и Г1.6,2) FRG/2MB и реле давления GW500 после регуляторов давления газа. При превышении значений, установленных на этих датчиках, формируется сигнал и передается на блок управления БУ-1.1, который управляет клапаном-отсекателем газа ВН11/4Н-3.

В котельном зале выполнен контроль загазованности по оксиду углерода (СО), посредством сигнализатора загазованности СОУ-1 и контроль загазованности по метану (СН<sub>4</sub>), посредством сигнализатора загазованности СГГ-6М.

Отсечка газа на вводе газопровода в котельный зал происходит при:

- превышении содержания метана в помещении котельной на 10% НКПР (СГГ-6М);
- превышении СО на 5% ПДК (СОУ-1);
- при пожаре в помещении котельной (НОТА-2);
- при несанкционированном проникновении (НОТА-2);
- аварийном давлении воды в системе отопления;
- высоком давлении газа;
- аварийном отключении сетевого насоса;
- отключении электроэнергии;
- сейсмической активности.

Для защиты от статического электричества и электромагнитной индукции применено выравнивание потенциалов, объединяющее все металлические конструкции, стационарно проложенные трубопроводы газа, воды и др. назначения, корпуса технологического оборудования, нормально не находящиеся под напряжением. Контур выравнивания потенциала присоединить к контуру заземления согласно ПУЭ. Сопротивление контура заземления не более 4.0 Ом.

### **3. ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

#### **3.1. Характеристика объекта**

Крышная рамная газовая котельная оснащается двумя двухходовыми водогрейными котлами Logano SK755-1040, производства «Buderus», Германия.

В качестве топлива, котельной используется природный газ (метан). В котельную он поступает через трубопровод Г2 с давлением 0,3 МПа. Затем редуцируется до 0,03 МПа – оптимальное давление для работы горелок.

Котельная обеспечит теплом проектируемое здание торгово-офисного центра расположенного в г. Ставрополе, ул. Тухачевского, 25/1.

В качестве теплоносителя используется вода. Котлы и вспомогательное оборудование монтируются внутри трех транспортабельных блоков габаритами 6200x2400x3100(h) мм каждый. Распределительный коллектор входящий в комплект поставки котельной устанавливается непосредственно в помещении теплового узла.

Конструктивно блоки рассчитаны на перевозку в полуприцепе на базе автомобиля «КАМАЗ», или на других (достаточных по габаритам) прицепах, полуприцепах, железнодорожном транспорте.

К месту установки КРГК подводятся необходимые коммуникации для ее подключения.

После установки комплекта КРГК производятся пуско-наладочные работы, и котельная передается заказчику в эксплуатацию.

#### **3.2. Анализ условий строительства**

Климатические условия в месте расположения КРГК (г. Ставрополь) – умеренные и относятся к климатическому району ШВ [9].

Температура наиболее холодной пятидневки для проектирования отопления: – 18°С, относительная влажность воздуха – 78%, максимальная скорость ветра – 7,4 м/с с господствующим его направлением западным и северо-западным.



Водоснабжение проектируемой котельной осуществляется от местного водопровода.

Электроэнергией котельная снабжается от городской электросети, от подстанции с трансформатором.

### **3.3. Календарный план**

Для того, чтобы установить последовательность, а также сроки производства работ, составляют проектно-технические документы (календарный план).

Заключительным результатом календарного плана является составление графика, (расписания) планируемых работ для исполнителей – строительных организаций, бригад, звеньев, определяющих календарные сроки начала и окончания их выполнения, а также выявления количества требуемых во времени материальных (трубы, конструкции и др.) и технических (машины и механизмы) ресурсов.

Календарный план по производству работ предусматривает следующие построения:

- составляется график проектируемого объекта; в нем определяется последовательность и срок выполнения данных видов работ, учитывается время работы строительной техники. Также определяется потребность в средствах механизации, выделяются работы, выполняемые бригадами;

- составляется календарный план производства работ по объекту, объемно-планировочные решения;

- для сложных строительно-монтажных работ;

Календарный план по производству работ разрабатывается по следующим исходным данным:

- по рабочим чертежам, а также сметам;
- по нормативам продолжительности строительства;
- по объемам работ;
- по решениям возведения проектируемого здания;

Разрабатывается календарный план по производству работ в следующей последовательности:

- осуществляется составление перечня производства работ;
- производится анализ объемно-планировочных работ;
- определяются объемы производимых работ;
- производится выбор состава бригад, для осуществления работ, выбор строительных машин, оборудования;
- определяется трудоемкость выполнения каждого вида работ (в чел.-дн.) и потребность в работе машин (в маш.-дн.);
- определяется температурно-влажностные характеристики, для производства работ;
- составляется определенная последовательность выполнения работ;
- составляется графический чертеж проектируемого сооружения;

Календарный план состоит из графической и расчетной части. Наименование производимых работ заполняются в технологической последовательности, группируются по видам. По рабочим чертежам и сметам определяются объемы работ. Выбор строительных машин осуществляется по их техническим параметрам.

Длительность выполнения работ строительными машинами определяется только по их производительности.

По выражению определяется производительность выполнения работ:

$$T_{\text{мех}} = \frac{N_{\text{маш-дн}}}{n_{\text{маш}} \cdot t},$$

где  $N_{\text{маш-дн}}$  – необходимое количество машино-дней;  $n_{\text{маш}}$  – количество машин;  $t$  – количество смен работы в сутки.

Длительность выполняемых работ рассчитывается делением трудоемкости на количество рабочих:

$$T_p = \frac{Q_p}{n_p},$$

где  $Q_p$  – трудоемкость работ, (чел.-дн.);  $n_p$  – количество рабочих (чел.).

Составы бригад, осуществляемые различные виды работ определяются в соответствии с трудоемкостью и продолжительностью работ. Устанавливается совмещение профессий в бригаде.

Распределение бригады происходит в следующей очередности:

- определяется комплекс поставленных работ, которые должна выполнить бригада;
- определяется трудоемкость работ;
- по профессиям и разрядам рабочих выбираются из калькуляции затраты труда;
- определяется состав бригады;
- определяется продолжительность процесса данных о времени, за которое необходимо выполнить ведущей машине намеченный комплекс работ.

Состав бригады должен соответствовать производительности ведущей машины. Для этого следует принять срок работ, определяемый по расчетному времени работы машины.

Также необходимо определить количественный состав каждого звена ( $n_{зв}$ ). Состав звена определяется на основе затрат труда рабочих, можно представить в виде формулы:

$$n_{зв} = \frac{Q_p}{T_{мех} \cdot m}.$$

Количественный состав бригады определяется суммированием численности рабочих всех звеньев бригады. Затраты труда по профессиям и разрядам устанавливаются по калькуляции трудовых затрат.

Из следующей формулы определяется численность рабочих по разрядам и профессиям:

$$n_{пр} = N_{бр} \cdot d;$$

где  $N_{бр}$  – общая численность бригады;  $d$  – удельный вес трудозатрат по профессиям и разрядам в общей трудоемкости работ.

### 3.4. Выбор способа производства работ

Наиболее прогрессивным методом организации строительного производства является поточный метод [5].

При последовательном методе строительства потребление ресурсов имеет сравнительно низкую интенсивность.

При параллельном методе строительства однотипные работы выполняют одновременно на разных объектах, продолжительность строительства при этом равна времени строительства одного объекта; интенсивность потребления материально-технических ресурсов наибольшая.

При поточном методе технологический процесс возведения объектов расчленяется на «n» составляющих производства (разнотипных работ), для каждого из которых назначают по возможности одинаковую продолжительность, и совмещают выполнение этих работ во времени, обеспечивая тем самым последовательное осуществление разнотипных работ и параллельное однотипных.

При строительстве объектов поточным методом требуется меньше времени, чем при последовательном, меньшее количество одновременных потребляемых ресурсов, чем при параллельном, равномерно потребляются однородные материально-технические ресурсы и загружается специализированный транспорт, а бригады рабочих постоянно выполняют одни и те же работы.

Поэтому выбираем поточный метод производства работ [5].

Перечень строительного-монтажных работ и результаты расчета их объемов приведены в таблице 3.1. Калькуляция затрат труда и машинного времени представлена в таблице 3.2, данного дипломного проекта.

В графической части дипломного проекта (см. лист 8) построен график движения рабочих по объекту.

Таблица 3.1 – Ведомость объемов и трудоемкости работ

| №<br>п/п | Обосно-<br>вание | Наименование  | Состав<br>бригады<br>и звена             | Ед.<br>изм | Объем<br>работ  | На  | На   |
|----------|------------------|---|--|------------|-----------------|---|--|
|          |                  |   |  |            |                 | ед.изм.                                       | весь объем                                     |
|          |                  |   |  |            |                 | Норма<br>времени<br><u>чел-час</u><br>маш-час | Трудо-<br>емкость<br><u>чел-час</u><br>маш-час |
| 1        | 2                | 3   | 4  | 5          | 6               | 7   | 8  |
| 1        | Е31-104          | Монтаж котлов<br>Logano SK755-<br>1040              | 6р. – 1<br>4р. – 1<br>3р. – 1<br>2р. – 1 | т          | 1,79*2=<br>3,58 | 14  | 50,12  |
| 2        | Е34-14           | Монтаж сетевых<br>насосов                           | 5р. – 1<br>3р. – 1                       | шт.        | 11              | 9,7   | 106,7  |
| 3        | Е34-14           | Монтаж котловых<br>насосов                          | 5р. – 1<br>3р. – 1                       | шт.        | 2               | 9,7   | 19,4   |
| 4        | Е34-14           | Монтаж насосов<br>сырой воды                        | 5р. – 1<br>3р. – 1                       | шт.        | 1               | 9,7   | 9,7  |
| 5        | Е9-1-28          | Монтаж<br>теплообменников                           | 5р. – 1<br>3р. – 1                       | шт.        | 2               | 6   | 12   |
| 6        | Е31-87           | Монтаж<br>расширительных<br>баков                   | 5р. – 1<br>4р. – 1<br>3р. – 2            | шт.        | 4               | 2,5   | 10   |
| 7        | Е34-14           | Монтаж<br>циркуляционных<br>насосов горячей<br>воды | 5р. – 1<br>3р. – 1                       | шт.        | 1               | 9,7   | 9,7  |
| 8        | Е31-108          | Монтаж<br>трубопроводов в<br>пределах<br>котельной  | 5р. – 1<br>3р. – 1                       | т          | 3,8             | 60  | 228  |
| 9        | Е31-108          | Монтаж<br>трубопроводов в<br>тепловом узле          | 5р. – 1<br>3р. – 1                       | т          | 0,5             | 60  | 30   |

|    |         |  |                               |                |    |      |       |
|----|---------|--|-------------------------------|----------------|----|------|-------|
| 10 | Е9-1-34 | Монтаж<br>водомерного узла               | 5р. – 1<br>3р. – 1            | шт.            | 10 | 0,38 | 3.8   |
| 11 | Е32-18  | Монтаж<br>манометров                     | 4р. – 1                       | шт.            | 96 | 0,12 | 11,52 |
| 12 | Е-31    | Тепловая изоляция<br>трубопроводов       | 5р. – 1<br>3р. – 1            | м <sup>3</sup> | 16 | 0,16 | 2,56  |
| 13 | Е31-65  | Монтаж горелок.<br>Технический<br>осмотр | 6р. – 1<br>4р. – 1            | шт.            | 2  | 3    | 6     |
| 14 | Е31-65  | Монтаж горелок.<br>Установка по<br>месту | 6р. – 1<br>4р. – 1<br>3р. – 1 | шт.            | 2  | 7    | 14    |

Таблица 3.2 – Калькуляция затрат труда

| № п/п | Наименование работ   | Объем работ |        | Затраты труда чел.-дн | Требование машин |               | Прод-ть работы в днях | Число смен работы | Состав бригады                           | График работ, дни |
|-------|--|-------------|--------|-----------------------|------------------|---------------|-----------------------|-------------------|--|-------------------|
|       |  | Ед. изм.    | Кол-во |                       | Наименование     | Число маш.-дн |                       |                   |  |                   |
| 1     | 2  | 3           | 4      | 5                     | 6                | 7             | 8                     | 9                 | 10                                       | 11                |
| 1     | Монтаж котлов Logano SK755-1040 в готовые транспорт-ые блоки | т           | 3,58   | 6,27                  | Кран-балка       | 1,7           | 1,57                  | 1                 | 6р. – 1<br>4р. – 1<br>3р. – 1<br>2р. – 1 | 1,57              |
| 2     | Монтаж сетевых насосов                                       | шт.         | 11     | 13,34                 | -                | -             | 6,67                  | 1                 | 5р. – 1<br>3р. – 1                       | 6,67              |
| 3     | Монтаж котловых насосов                                      | шт.         | 2      | 2,43                  | -                | -             | 1,22                  | 1                 | 5р. – 1<br>3р. – 1                       | 1,22              |
| 4     | Монтаж насосов сырой воды                                    | шт.         | 1      | 1,21                  | -                | -             | 0,61                  | 1                 | 5р. – 1<br>3р. – 1                       | 0,61              |
| 5     | Монтаж теплообменников                                       | шт.         | 2      | 1,5                   | -                | -             | 0,75                  | 1                 | 5р. – 1<br>3р. – 1                       | 0,75              |
| 6     | Монтаж расширительных баков                                  | шт.         | 4      | 1,25                  | -                | -             | 0,31                  | 1                 | 5р. – 1<br>4р. – 1<br>3р. – 2            | 0,31              |
| 7     | Монтаж циркуляционных насосов горячей воды                   | шт.         | 1      | 1,21                  | -                | -             | 0,61                  | 1                 | 5р. – 1<br>3р. – 1                       | 0,61              |
| 8     | Монтаж трубопроводов в пределах котельной                    | т           | 3,8    | 28,5                  | -                | -             | 14,25                 | 1                 | 5р. – 1<br>3р. – 1                       | 14,25             |

|                         |   |                |     |       |   |   |       |   |                               |       |
|-------------------------|---|----------------|-----|-------|---|---|-------|---|-------------------------------|-------|
| 9                       | Монтаж трубопроводов в тепловом узле                          | т              | 0,5 | 3,75  | - | - | 1,88  | 1 | 5р. – 1<br>3р. – 1            | 1,88  |
| 10                      | Монтаж водомерного узла                                       | шт.            | 10  | 3.8   | - | - | 1,9   | 1 | 5р. – 1<br>3р. – 1            | 1,9   |
| 11                      | Монтаж манометров   | шт.            | 96  | 11,52 | - | - | 11,52 | 1 | 4р. – 1                       | 11,52 |
| 12                      | Гидравлические испытания каждого оборудования и трубопроводов | к-т            | 1   | 16    | - | - | 4,0   | 1 | 5р. – 1<br>3р. – 1<br>2р. – 2 | 4,0   |
| 13                      | Тепловая изоляция трубопроводов                               | м <sup>3</sup> | 16  | 2,56  | - | - | 1,28  | 1 | 5р. – 1<br>3р. – 1            | 1,28  |
| 14                      | Монтаж горелок. Технический осмотр                            | шт.            | 2   | 6     | - | - | 3     | 1 | 6р. – 1<br>4р. – 1            | 3     |
| 15                      | Монтаж горелок. Установка по месту                            | шт.            | 2   | 14    | - | - | 7     | 1 | 6р. – 1<br>4р. – 1            | 7     |
| 16                      | Сдача котельной   | к-т            | 1   | 12    | - | - | 3     | 1 | 6р. – 1<br>3р. – 2<br>2р. – 1 | 3     |
| Суммарные затраты труда |   |                |     | 97,34 |   |   |       |   |                               | 57,73 |



#### 4. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОЕКТА

Крышная рамная газовая котельная проектируется согласно всем действующим правилам и нормам по безопасности эксплуатации.

К обслуживанию установок, работающих под давлением, допускаются лица, достигшие 18 лет и имеющие соответствующее квалификационное удостоверение.

Котельные помещения строят из негорючих материалов, без чердачных перекрытий. Фронт всех котлов должен быть расположен по прямой линии и обращен к окнам котельной. Расстояние от фронта котла до противоположной стены должно быть не менее 3 м, ширина проходов между котлами, а также между котлом и стенами здания — не менее 1 м.

В проектируемой КРГК площадь пола составляет 40,83м<sup>2</sup>. Разрешается проектировать один выход из котельного зала если площадь его менее 200 м<sup>2</sup>.

В помещении в которое устанавливается котельная должны предусматриваться оконные проёмы для естественного освещения. Так же дополнительно в котельной устанавливается искусственное освещение, В качестве рабочего освещения в котельной используются светильники типа ЛПП-30 с люминесцентными лампаи 2x36Вт. 10. В качестве аварийного освещения котельной предусматривается переносной электрический фонарь с аккумуляторным блоком. Для ремонтного освещения в щите Щ-1 предусматривается источник напряжения 12 В.

Выбор типов светильников принят согласно характеру окружающей среды и назначению помещений с учетом требований пожарной безопасности. Коэффициенты запаса и качественные показатели осветительных установок приняты в соответствии со СП52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение» [27]

Запрещается хранение в котельной легковоспламеняющихся и горючих жидкостей. Все проходы в котельном помещении и все выходы наружу должны быть свободными.

В помещении котельной у входа устанавливаются два огнетушителя. Огнетушители должны быть заправлены и иметь специальную наклейку о сроке безопасного использования.

Для обеспечения безопасных условий эксплуатации котлы (сосуды) должны быть оборудованы приборами для измерения давления и температуры, предохранительными устройствами, запорной арматурой и указателями уровня жидкости.

В крышной рамной газовой котельной предусматривается система оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ), которая включает в себя пожаро-охранную сигнализацию с выносным звуковым оповещателем, расположенную над выходом из котельного зала. Пожаро-охранная сигнализация выполнена на базе приемно-контрольного охранно-пожарного прибора (ППКОП) «Нота-2». ППКОП предназначен для обнаружения посторонних лиц в помещении котельной, а также пожара на ранней стадии его развития

#### **4.1. Защита от шума и вибраций**

При высоком уровне звукового давления производственный шум оказывает вредное влияние на нервную систему человека и его органы слуха, вызывая раздражение, утомление, снижение работоспособности, ухудшение слуха. При постоянном воздействии сильного шума (более 80 дБ) возможно возникновение гипертонии, сердечно-сосудистых заболеваний, снижение памяти. По всем этим причинам сильный шум в условиях производства может привести к несчастным случаям. Уровни шума соответствовать значениям ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности» [11].

Снижение вредного воздействия шума на человека достигается благодаря применению следующих средств: звукопоглощающих подкладок для котла,

звукоизолирующих кожухов, рациональным размещением оборудования, дистанционным управлением оборудования, применением звукового покрытия в газоходах, вибро-шумоизолирующих вставок насосов.

Ещё одной опасностью как для прибывания людей внутри котельной, так и на этажах ниже является вибрация. Вибрации – это резонансные частоты: при совпадении частоты колебания оборудования с частотами собственных колебаний внутренних органов, головного мозга человека может возникнуть повреждение и разрыв внутренних органов. Постоянное воздействие вибрации на организм человека может привести к возникновению очагов застойного возбуждения в головном и спинном мозге. Затем может произойти физическое расстройство со стороны конечностей опорно-двигательного аппарата. Уровень вибрации должен соответствовать ГОСТ 12.1.012-БТ. «Вибрационная безопасность. Общие требования» [12].

Так же вибрации воздействуют не только на организм человека, но и на материалы несущих конструкций. Вибрация со временем может проявлять разрушительное воздействие на перекрытия и ограждающие конструкции.

Уменьшение вибрации достигается применением виброизоляции, что значительно снижает передачу вибрации от источника к фундаменту и полу. Виброизоляторы изготовлены из материалов с большим внутренним трением: резины, пробки; применяются также пружинные амортизаторы. В соединениях трубопроводов, установлены виброизоляторы в виде гибких вставок.

#### **4.2. Обеспечение электробезопасности**

В котельной применяют различные электрические установки. Электроустановки эксплуатируются в помещении с большой влажностью и повышенной температурой воздуха.

Статистические данные показывают, что от 1 до 3 % от всех несчастных случаев приходится на поражения током. Причинами электротравм могут являться:

- случайное прикосновение или приближение к частям под напряжением;
- появления напряжения на металлических конструкциях из-за пробоя;
- ошибочные действия персонала;
- шаговые напряжения.

Действие тока на организм человека:

- термическое действие вплоть до обугливания;
- электролитическое - разложение крови в организме человека;
- биологическое воздействие - судорожное сокращение мышц при прохождении тока через жизненно-важные органы, нервные части.

Для предотвращения поражения током на все электросиловое оборудование в котельной предусмотрено заземление в соответствии с ГОСТ 12.1.030-81 «Электробезопасность. Защитное заземление, зануление». Защитному заземлению подлежат металлические токоведущие части электрооборудования, которые могут из-за неисправности изоляции оказаться под напряжением и к которым возможно прикосновение людей.

Защитное зануление предусмотрено на нулевом проводе питающей сети электрооборудования и других металлических конструктивных частей корпусов, которые нормально не находятся под напряжением, но вследствие повреждения изоляции могут оказаться под напряжением. В качестве защиты при занулении используются плавкие предохранители.

### **4.3. Воздействие объекта на атмосферу**

В период эксплуатации от труб газовой котельной атмосферу будут поступать загрязняющие вещества - продукты сгорания топлива (природного газа): оксид и диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода, бенз(а)пирен, выбросы которых не создают максимальных приземных концентраций, превышающих ПДК.

При эксплуатации котельной загрязнение атмосферы возможно из-за залповых и аварийных выбросов от свечных устройств котельной (ГРУ).

Максимальные приземные концентрации, создаваемые выбросами от продувочных и сбросных свечей не превышают 0,01 ПДК.

Таблица 7.1. Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу при работе в обычном режиме (на природном газе)

| Вещество               |  | Использ. критерий | Значение критерия мг/м <sup>3</sup> | Класс опасности |
|------------------------|--|-------------------|-------------------------------------|-----------------|
| Код                    | Наименование   |                   |                                     |                 |
| 0301                   | Азота диоксид  | ПДК м/р           | 0,200000                            | 3               |
| 0304                   | Азот (II) оксид  | ПДК м/р           | 0,400000                            | 3               |
| 0330                   | Ангидрид сернистый                                       | ПДК м/р           | 0,500000                            | 3               |
| 0333                   | Дигидросульфид (Сероводород)                             | ПДК м/р           | 0,008000                            | 2               |
| 0337                   | Углерод оксид  | ПДК м/р           | 5,000000                            | 4               |
| 0703                   | Бенз(а)пирен (3,4-Бензпирен)                             | ПДК с/с           | 0,000001                            | 1               |
| 2754                   | Углеводороды предельные C <sub>12</sub> -C <sub>19</sub> | ПДК м/р           | 1,000000                            | 4               |
| Всего веществ: 7       |  |                   |                                     |                 |
| в том числе твердых: 1 |  |                   |                                     |                 |
| жидких/газообразных: 6 |  |                   |                                     |                 |

## 5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Для определения экономических показателей котельной необходимо рассчитать стоимость одного Гкал. Следовательно необходимо определить количество потребляемого газа, электроэнергии и воды.

Для расчёта необходимо знать параметры наружного воздуха для проектирования систем отопления, вентиляции и ГВС.

Таблица №5.1 - Климатологические данные для г. Ставрополь

| № п/п | Наименование исходных данных  | Показатель                     |
|-------|---|--------------------------------|
| 1     | Расчетная температура наружного воздуха для проектирования системы отопления  | $t_o = -18^{\circ}\text{C}$    |
| 2     | Расчетная температура наружного воздуха для проектирования системы вентиляции | $t_b = -6^{\circ}\text{C}$     |
| 3     | Средняя температура наружного воздуха отопительного периода                   | $t_{от} = 0,5^{\circ}\text{C}$ |
| 4     | Продолжительность отопительного периода                                       | $Z_o = 168$ суток              |

### 5.1. Расчёт количества необходимой тепловой энергии

Для расчёта необходимой для выработки тепловой энергии для нужд здания требуется рассчитать потребляемую энергию по всем позициям, а именно:

1. Тепловая энергия в год на отопление;
2. Вентиляцию;
3. Горячее водоснабжение

1. Расчётные часовые нагрузки на отопление торгово-офисного здания и гипермаркета магнит приведены в исходных данных данного дипломного проекта. Определим суммарные потребности в тепле на отопление:

$$Q_{отmax} = Q_{отmax}^{ГММ} + Q_{отmax}^{ТОЦ}, \text{ МВт (Гкал/ч);}$$

$$Q_{отmax} = 0,124 + 0,364 = 0,488 \text{ МВт (0,4196 Гкал/ч);}$$

Количество тепловой энергии выдаваемой крышной рамной газовой котельной для отопления потребителей в планируемый период определяется по формуле:

$$Q_o = Q_{ота} * \frac{t_{вн} - t_{от}}{t_{вн} - t_o} * Z_o * 24, \text{ Гкал;}$$

где  $t_o$  – среднее значение температуры наружного воздуха на планируемый период, °С;

$Z$  – продолжительность функционирования систем отопления в планируемый период, сут;

$$Q_o = 0,4196 * \frac{18 - 0,5}{18 + 18} * 168 * 24 = 822,42 \text{ Гкал;}$$

2. Расчётные часовые нагрузки на вентиляцию торгово-офисного здания и гипермаркета магнит приведены в исходных данных данного дипломного проекта. Определим суммарные потребности в тепле на вентиляцию:

$$Q_v = Q_v^{ГММ} + Q_v^{ТОЦ}, \text{ МВт (Гкал/ч);}$$

$$Q_v = 0,477 + 0,625 = 1,102 \text{ МВт (0,9475 Гкал/ч);}$$

Количество тепловой энергии, Гкал, для вентиляции зданий на планируемый период, определяется по формуле:

$$Q_v = Q_v * \frac{t_{вн} - t_{от}}{t_{вн} - t_v} * Z_o * n, \text{ Гкал}$$

Количество тепловой энергии, Гкал, для вентиляции здания средней школы на 350 мест, составляет:

$$Q_{\text{в}} = 0,9475 * \frac{18 - 0,5}{18 + 6} * 168 * 24 = 2785,65 \text{ Гкал}$$

2. Расчётные часовые нагрузки на горячее водоснабжение торгово-офисного здания и гипермаркета магнит приведены в исходных данных данного дипломного проекта. Для отопительного и неотопительного периода нагрузки на ГВС отличаются:

$$Q_{\text{ГВС}}^3 = 0,43 \text{ МВт (0,3697 Гкал/ч)};$$

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{Л}} = 0,368 \text{ МВт (0,364 Гкал/ч)};$$

Количество тепловой энергии на горячее водоснабжение на планируемый период определяется по формуле:

$$Q_{\text{ГВС}} = \frac{Q_{\text{ГВС}}^3}{2,4} * 24 * Z_o + \frac{Q_{\text{ГВС}}^{\text{Л}}}{2,4} * \frac{t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВ}}^{\text{Л}}}{t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВ}}^3} * \beta * 24 * (350 - Z), \text{ Гкал/год}$$

Общая продолжительность функционирования систем горячего водоснабжения принимается (по Л5) в размере 350 сут. 15 суток отводится на плановый осмотр и ремонт систем ГВС.

$$\begin{aligned} Q_{\text{ГВС}} &= \frac{0,3697}{2,4} * 24 * 168 + \frac{0,3164}{2,4} * \frac{60 - 15}{60 - 5} * 1 * 24 * (350 - 168) = \\ &= 1092,244 \text{ Гкал/год} \end{aligned}$$

Количество тепловой энергии, необходимое потребителю на планируемый период (Гкал), складывается из количеств тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение:

$$\Sigma Q_i = Q_o + Q_{\text{в}} + Q_{\text{ГВС}}, \text{ Гкал}$$



$$\Sigma Q_i = 822,42 + 2785,65 + 1092,244 = 4700,314 \text{ Гкал}$$

## 5.2. Расчёт годового расхода условного и натурального топлива

Часовой расход натурального топлива (природного газа):

$$V_{\text{ч}}^{\text{нат}} = \frac{\Sigma Q * 10^6}{Q_{\text{н}}^{\text{р}} * \eta}, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где  $\Sigma Q$  – часовая тепловая нагрузка отопления, вентиляции и горячего водоснабжения в отопительный период, Гкал/ч;

$Q_{\text{н}}^{\text{р}}$  – низшая теплота сгорания натурального топлива, ккал/м<sup>3</sup> (природный газ  $Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 8000$  ккал/м<sup>3</sup>);

$\eta$  – КПД котлоагрегата, 92%.

Часовой расход натурального топлива котельной, предназначенной для покрытия тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение составит:

$$V_{\text{ч}}^{\text{нат}} = \frac{2,02 * 0,86 * 10^6}{8000 * 0,92} = 235,99 \text{ м}^3/\text{ч};$$

Часовой расход натурального топлива одним котлом Logano SK755-500 составит:

$$V_{\text{ч}}^{\text{нат}} = \frac{1,04 * 0,86 * 10^6}{8000 * 0,92} = 121,5 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Годовой расход условного топлива, т.у.т/год:

Потребность в условном топливе для выработки теплоты котельной (по ф.4.2, Л.1):

$$V_{\text{год}}^{\text{усл}} = \Sigma Q_i * b * 10^{-3}, \text{ т. у. т./год}$$

где  $b$  – удельный расход условного топлива (по ф.4.3а, Л.1), кг у.т./Гкал;

$$b = \frac{142,86}{\eta} * 100, \text{ кг у. т./Гкал}$$

$$b = \frac{142,86}{92} * 100 = 155,283 \text{ кг у. т./Гкал}$$

Годовой расход условного топлива котельной, предназначенной для покрытия тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение:

$$V_{\text{год}}^{\text{усл}} = 4700,314 * 155,283 * 10^{-3} = 729,879 \text{ т. у. т/год};$$

Годовой расход натурального топлива (природного газа), тыс.м<sup>3</sup>/год.

Перерасчет условного топлива  $V_{\text{год}}^{\text{усл}}$  в натуральное  $V_{\text{год}}^{\text{нат}}$  выполняется в соответствии с характеристикой топлива и значением калорийного эквивалента (по ф.4.10, Л.1):

$$V_{\text{год}}^{\text{нат}} = \frac{V_{\text{год}}^{\text{усл}}}{\mathcal{E}}, \text{ тыс. м}^3/\text{год}$$

где  $\mathcal{E}$  – калорийный коэффициент, определяемый по соотношению:

$$\mathcal{E} = \frac{Q_{\text{н}}^{\text{р}}}{Q_{\text{у.т}}^{\text{р}}}$$

где  $Q_{\text{у.т}}^{\text{р}}$  – низшая теплота сгорания условного топлива, равная 29309кДж/кг (7000ккал/кг);

$$\mathcal{E} = \frac{8000}{7000} = 1,143$$

Годовой расход натурального топлива (природного газа) котельной, предназначенной для покрытия тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение:

$$V_{\text{год}}^{\text{нат}} = \frac{729,879}{1,143} = 638,564 \text{ тыс. м}^3/\text{год}$$

В результате выполненных расчетов определены следующие количества натурального и условного топлива:

Таблица 5.2 Сводная таблица основных показателей технико-экономического расчёта.

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| Часовой расход натурального топлива при мощности котельной 1,789 Гкал/час                  | 235,99 м <sup>3</sup> /ч        |
| Часовой расход натурального топлива одним котлом Logano SK755-1040, производства «Buderus» | 121,5 м <sup>3</sup> /ч         |
| Годовой расход натурального топлива  | 638,564 тыс.м <sup>3</sup> /год |
| Годовой расход условного топлива   | 729,879 т.у.т./год              |
| Количества тепловой энергии на планируемый период  | 4700,314 Гкал/год               |

### 5.3. Водоснабжение и водоотведение

Водоснабжение проектируемой крышной рамной газовой котельной, установленной мощностью 2,08 МВт предусмотрено от проектируемой сети водопровода.

Проектируемые сети водоснабжения предусматривают обеспечение водой хозяйственно-бытовых нужд. Гарантируемый напор на вводе в котельную Н<sub>гар</sub> = 40 м в.ст.

Необходимый напор на вводе в котельную значительно меньше и составляет 20 м в.ст. Для снижения давления предусмотрен регулятор давления (после себя) D06F-40, производства «Honeywell». Температура водопроводной воды в зимний период 5 °С, а в летний 15 °С.

Качество исходной воды на котельную соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

Вода для подпитки котельной соответствует требованиям РД 24.031.120-91 и СНиП Приказ №116 от 25.03.2014 года. Для выполнения этого условия запроектированы установки ХВП.

#### 5.4. Расчётный расход воды на хозяйственно-бытовые нужды котельной

Чтобы рассчитать расход воды на мокрую уборку котельного зала воспользуемся литературой [6, п 18.7]. На 1 м<sup>2</sup> пола котельного зала необходимо 2 л воды в течение 1 ч в сутки. Площадь котельного составляет:

$$S_{\text{зала}} = 6,76 * 6,04 = 40,83 \text{ м}^2;$$

Отсюда расход на уборку составляет:

$$G_{\text{убор.}} = 2 * S_{\text{зала}};$$

$$G_{\text{убор.}} = 2 * 40,83 = 81,66 \text{ л/ч};$$

Таблица №5.3 – Основные показатели водоснабжения и водоотведения

| Наименование                                       | Расчетный расход    |                     |       | Примечание   |
|--|---------------------|---------------------|-------|--------------|
|  | м <sup>3</sup> /сут | м <sup>3</sup> /час | л/с   |              |
| <b>А. Водопотребление</b>                          |                     |                     |       |              |
| - мокрая уборка помещения                          | 0,082               | 0,082               | 0,023 | 1 ч в сутки  |
| - подпитка системы теплоснабжения                  | 1,55                | 0,775               | 0,215 | 2 ч в сутки  |
| - приготовление горячей воды (наибольшая нагрузка) | 82,2                | 8,22                | 2,28  | 10 ч в сутки |
| Итого:   | 83,782              | 9,077               | 2,518 |              |

Расход воды на приготовление горячей воды будет отличаться в зависимости от периода:

$$G_{\text{ГВС}}^{\text{л}} = \frac{0,368 * 3600}{4,187 * (60 - 15)} = 7,03 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$G_{\text{ГВС}}^{\text{з}} = \frac{0,43 * 3600}{4,187 * (60 - 5)} = 6,72 \text{ м}^3/\text{ч};$$

Максимальное необходимое количество холодной воды для нужд котельной за год рассчитывается как:

$$\Sigma G_{\text{хв}} = G_{\text{убор.}} + G_{\text{ГВС}}^{\text{л}} * 10 * (350 - Z) + G_{\text{ГВС}}^{\text{з}} * Z * 10 + G_{\text{подп.}}$$

Где  $G_{\text{убор.}}$  – суточный расход воды на мокрую уборку помещения, м<sup>3</sup>/сут;

$G_{\text{ГВС}}^{\text{л}}$  – расход на приготовление горячей воды в летний период, м<sup>3</sup>/сут;

$G_{\text{ГВС}}^{\text{з}}$  – расход на приготовление горячей воды в зимний период, м<sup>3</sup>/сут;

$Z$  – отопительный период для г. Ставрополь, сут;

$G_{\text{подп.}}$  – расход воды на подпитку системы ОВ, м<sup>3</sup>/сут.

$$\Sigma G_{\text{хв}} = 0,082 + 7,03 * 10 * (350 - 168) + 6,72 * 168 * 10 + 1,55 = 24086 \text{ м}^3$$

В котельной предусмотрен дренажный трубопровод диаметром Ø108x3,5. В него подключаются: продувки котлов, отвод конденсата от дымоходов, сливы теплоносителя со всего оборудования котельной и теплового узла, предохранительные клапана (общего коллектора ОВ, водопровода В1, защиты теплообменников), блок хим. водоподготовки. В бок химической водоподготовки входит установка умягчения непрерывного действия, без остановки на регенерацию. Система работает в маятниковом режиме: один корпус фильтра в работе, а второй в режиме регенерации или ожидания. На одну полную промывку установке HYDROTECH STF 1044-9100 требуется 280 л воды и 5 кг реагента (поваренной соли).

### 5.5. Стоимость отпускаемого тепла

Для определения стоимости отпускаемого тепла необходимо рассчитать стоимости потребляемых ресурсов котельной.

Определим стоимость потребляемого газа. Основной графой эксплуатационной стоимости, как правило, является расходы на топливо (60-80% от всех затрат).

Для расчёта стоимости природного газа в год необходимо годовой расход натурального топлива умножить на стоимость газа на период расчёта. Стоимость газа в Ставропольском крае составляет  $S=5,93$  руб/м<sup>3</sup> в соответствии с «Постановлением региональной тарифной комиссии Ставропольского края от 26.06.2019»:

$$S_{\text{газа}} = S * V_{\text{год}}^{\text{нат}} * 1000, \text{руб/год},$$

Где  $S_{\text{газа}}$  – стоимость газа, покрывающего расход топлива КРГК;

$S$  – стоимость 1 куб. газа на 2019 год, руб/м<sup>3</sup>;

$B_{\text{год}}^{\text{нат}}$  – расход натурального топлива, тыс.м<sup>3</sup>/год.

$$S_{\text{газа}} = 5,93 * 638,564 * 1000 = 3786684,52 \text{ руб};$$

Годовой расход электроэнергии на собственные нужды котельной определим по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{год}}^{\text{с.н.}} = N_{\text{уст}} \cdot h \cdot K_{\text{эл}}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{год}, \quad (4.8)$$

где  $K_{\text{эл}}$  - коэффициент использования установленной электрической мощности, для котельных с  $Q_{\text{уст}} \geq 200$  кВт, равен 0,85 [20];  $N_{\text{уст}}$  - установленная мощность токоприемников, определяется из формулы:

$$N_{\text{уст}} = N_{\text{с.н.}} \cdot Q_{\text{уст}}, \text{ кВт}, \quad (5.9)$$

где  $N_{\text{с.н.}}$  - удельный расход электрической энергии на собственные нужды котельной,  $N_{\text{с.н.}} = 20 \text{ кВт} / \text{МВт}$ ;

$$N_{\text{уст}} = 20 \cdot 2,08 = 41,6 \text{ (кВт)};$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}}^{\text{с.н.}} = 41,6 \cdot 5606 \cdot 0,85 = 198228 \text{ (кВт} \cdot \text{ч} / \text{год)};$$

Отсюда стоимость потребляемой электроэнергии можно рассчитать как:

$$S_{\text{э}} = \mathcal{E}_{\text{год}}^{\text{с.н.}} \cdot C_{\text{э}}, \text{ руб} / \text{год}, \quad (5.13)$$

где  $C_{\text{э}}$  - цена одного киловатт-часа, принимаем равной 4,63 руб;

$$S_{\text{э}} = 198228 \cdot 4,63 = 917795 \text{ (руб/год)};$$

Стоимость потребляемой воды рассчитывается как суммарное потребление воды в год умноженное на тарифную ставку. Тариф на один куб воды примем 46 руб:

$$S_{\text{х.в.}} = \Sigma G_{\text{хв}} * S_{\text{х.в.}}^{\text{м}^3};$$

$$S_{\text{х.в.}} = 24086 * 46 = 1107956 \text{ руб/год.}$$

Годовые расходы на потребляемые ресурсы котельной:

$$S_{\text{кот}} = S_{\text{газа}} + S_{\text{э}} + S_{\text{х.в.}};$$

$$S_{\text{кот}} = 3786684,52 + 917795 + 1107956 = 5812435,52 \text{ руб/год};$$

Себестоимость отпускаемой тепловой энергии КРГК:

$$S = \frac{S_{\text{кот.}}}{\sum Q_i}$$

$$S = \frac{5812435,52}{4700,314} = 1236,61 \text{ руб/Гкал.}$$

### 5.6. Стоимость основного оборудования котельной.

В котельную закрадывается качественное иностранное оборудование. Это повышает качество работы КРГК.

Стоимости основного оборудования котельной сведены в таблицу 4.3:

Таблица 4.3. Стоимость основного оборудования КРГК-2,08МВт.

| Наименование оборудования                 | Стоимость, тыс. руб | Количество, шт | Суммарная стоимость, тыс. руб |
|---|---------------------|----------------|-------------------------------|
| Котёл logano SK755-1040                   | 659                 | 2              | 1318                          |
| Горелка Weishaupt WM-G20/2 ZM             | 1559,52             | 2              | 3119,04                       |
| Насос UPS 50-60/4 F                       | 28,53               | 2              | 57,06                         |
| Насос UPSD 50-120 F                       | 64,57               | 1              | 64,57                         |
| UPS 25-120                                | 15,16               | 1              | 15,16                         |
| Расширительный бак N 200                  | 12,51               | 2              | 25,02                         |
| Клапан 3-х ходовой смесительный 3F100-225 | 24,8                | 1              | 49,6                          |
| Электропривод-контроллер 90С-1А           | 22,11               | 3              | 66,44                         |
| Клапан 3-х ходовой смесительный 3F50      | 12,15               | 1              | 12,15                         |
| Электропривод CRA121                      | 19,98               | 1              | 19,98                         |
| Клапан 3-х ходовой смесительный 3F40      | 17,54               | 1              | 17,54                         |
| Клапан 3-х ходовой смесительный 3F32      | 16,37               | 1              | 16,37                         |
| Предохранительный клапан SVW6             | 0,66                | 3              | 1,98                          |
| Гибкая вставка ф/ф Ду 50                  | 1,48                | 2              | 2,96                          |
| Насос TP 80-180/2                         | 64,76               | 2              | 129,52                        |
| Насосная станция JPB 5 бак 60 литров      | 25,94               | 1              | 25,94                         |
| Реле давления PM 1 15                     | 4,4                 | 1              | 4,4                           |
| Гибкая вставка ф/ф Ду 80                  | 2,58                | 4              | 10,32                         |

|  |        |   |         |
|--|--------|---|---------|
| Гибкая вставка ф/ф Ду 125                                  | 4,38   | 4 | 17,52   |
| Предохранительный клапан<br>17с28нж, Ду80мм                | 23,63  | 2 | 32,58   |
| Магнитный активатор Ду50                                   | 29,04  | 1 | 29,04   |
| Аппарат теплообменный<br>пластинчатый разборный<br>ЭТ-007с | 74,2   | 2 | 148,4   |
| Регулятор давления воды<br>D06F-1 1/2"А                    | 13,8   | 1 | 13,8    |
| Насос ТР 40-240/2  | 84,61  | 2 | 169,22  |
| Насос ТР 32-250/2  | 74,83  | 2 | 149,66  |
| Насос ТР 40-300/2  | 104,25 | 2 | 208,5   |
| Расширительный бак WRV1000                                 | 86,35  | 2 | 172,7   |
| Регулятор RG/2MB DN50                                      | 40,8   | 2 | 81,6    |
| Предохранительно-сбросной<br>клапан MVS/1                  | 6,38   | 1 | 6,38    |
| КИ-СТГ-РС-2-Ф-80/G100-1 А-П<br>с ДПД                       | 183,72 | 1 | 183,72  |
| РСГ Сигнал-50-G65-2  | 90,00  | 2 | 180,0   |
| Сейсмический сенсор SEISMIC<br>M16                         | 19,01  | 1 | 19,01   |
| Клапан термозапорный КТЗ<br>001-50-Ф                       | 2,0    | 1 | 2,0     |
| Фильтр газовый ФН2-6М                                      | 13,23  | 1 | 13,23   |
| Клапан газовый<br>электромагнитный ВН2Н-6                  | 27,14  | 1 | 27,14   |
| Сумма:   | -      | - | 6168,51 |



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте решен ряд технических заданий поставленных в начале проектирования:

- Рассчитана отопительная крышная рамная водогрейная газовая котельная в пяти режимах работы. КРГК предназначена для теплоснабжения торгово-офисного здания и гипермаркета магнит. В котельной установлено современное оборудование: двухходовые жаротрубные котлы Logano SK755-1040 с КПД 92%; насосное оборудование компании «Grundfos»; смесительные трехходовые клапана от, зарекомендовавшей себя, компании Esbe, которые показывают себя с лучшей стороны по надёжности и качеству.
- Рассчитан тепловой узел (распределительные коллектора для ТОЦ и ГММ). При расчёте так же были использованы высококачественные насосы от компании «Grundfos» и подобран гидравлический разделитель

Было уделено внимание расчёту гидравлики движения природного газа в газопроводе. Расчёт дал необходимые значения для подбора оборудования.

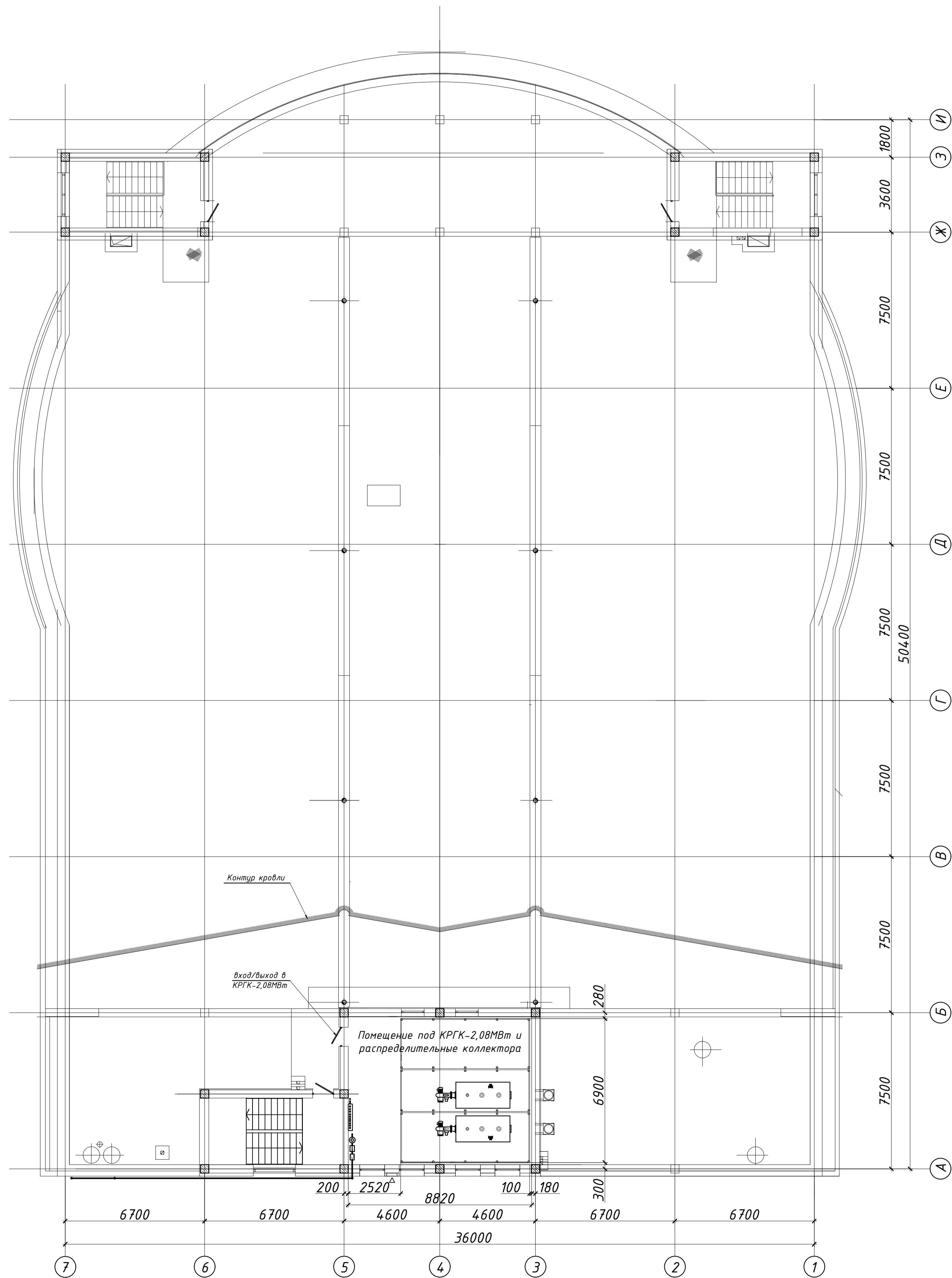
Для понимания экономической выгоды была рассчитана себестоимость отпускаемого тепла котельной по потребляемым ресурсам. Себестоимость составила  $S = 1236,61$  руб/Гкал.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

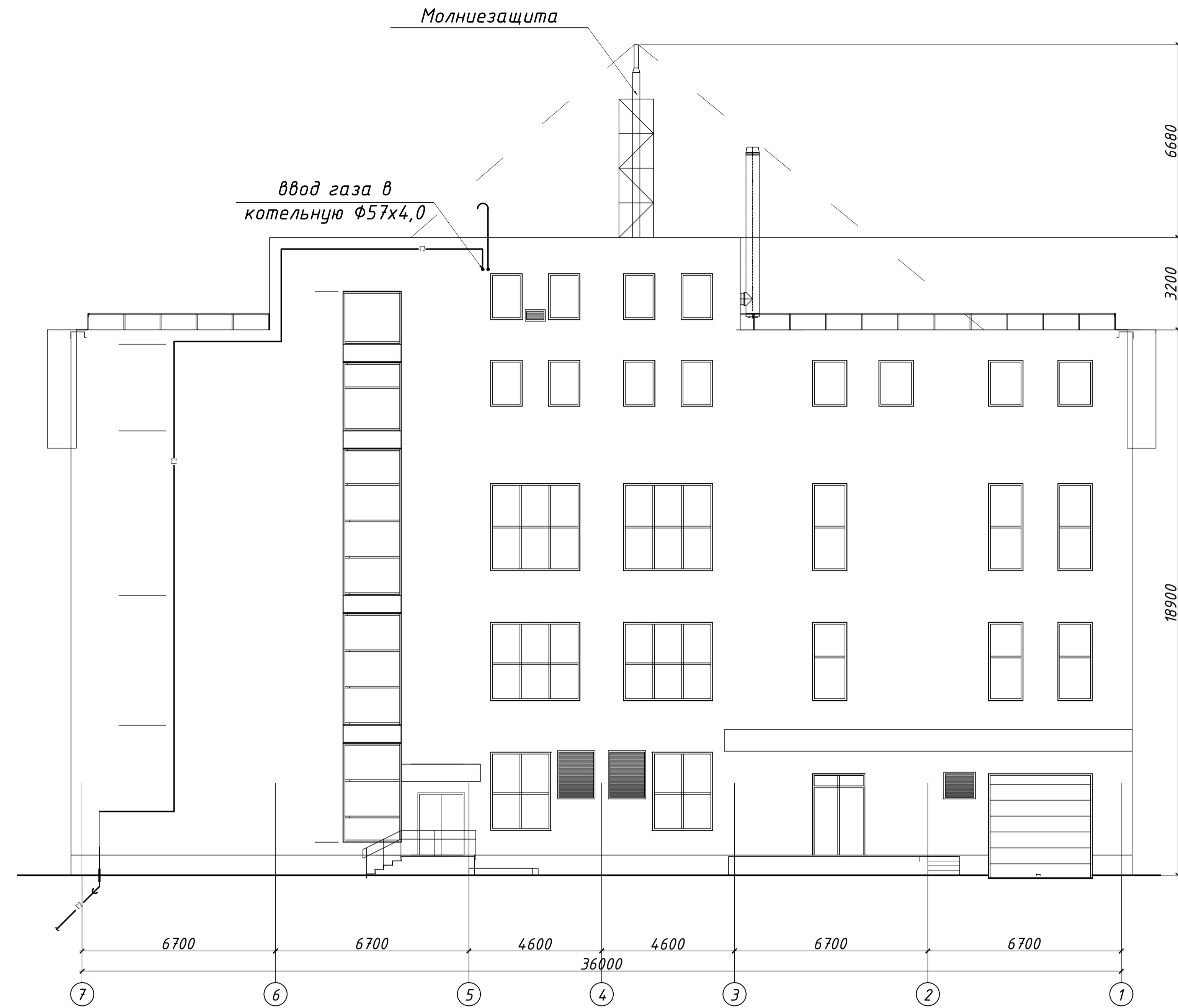
1. Децентрализованное теплоснабжение – альтернатива централизованному, Кандидаты техн. наук Назаров В. И., Тарасевич Л. А., магистр техн. наук Буров А. Л.
2. СП 373.1325800.2018 Источники теплоснабжения автономные. Правила проектирования.
3. Документация для проектирования Logano SK655/SK755
4. К.Ф. Роддатис, А.Н. Полтарецкий. Справочник по котельным установкам малой производительности. – М.: Энергоатомиздат, 1989г. – 487с.;
5. Справочник проектировщика
6. СП 89.13330.2016 Котельные установки
7. ГОСТ 5542-2014
8. СП 124.13330.2012 Тепловые сети
9. СП 131.13330.2018 Строительная климатология
10. Бузников Е.Ф., Роддатис К.Ф. и Берзиньш. Производственные и отопительные котельные, - М.: Энергоатомиздат, 1984 г. – 248 с.;
11. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (Переиздание)
12. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования
13. Каталог горелок газовых, комбинированных, жидкотопливных «Weishaupt», 2019г.;
14. Каталог насосного оборудования «Grundfos», 2020г.;
15. Аэродинамический расчет котельных установок, Справочник. – Л.: Энергия, 1977г. – 255 с.;
16. ГОСТ 21.606-2016 Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации тепломеханических решений котельных (с Поправкой)
17. СП 41 – 101 – 95 Проектирование тепловых пунктов

18. Методические рекомендации по оформлению дипломных и курсовых проектов (работ) / Составители: Цвиринько И.А., Коровина В.Д., Ставрополь, СевКавГТУ, 2001. – 26с.;
19. Лифшиц В.А. Справочник по водоподготовке котельных установок, М.: Энергия, 1976. – 220 с.;
20. Эстеркин Р.И. Котельные установки. Курсовое и дипломное проектирование. М.: Энергоатомиздат, 1989г. – 280 с.;
21. Инструкция по монтажу, эксплуатации и паспорт изделия расширительных баков серии WRV, Производства Wester.
22. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа (0,7 кгс/см<sup>2</sup>), водогрейных котлов и водоподогревателей с температурой нагрева воды не выше 388 К (115 °С)
23. ГОСТ Р 57546-2017 «Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности»
24. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81\*
25. ГОСТ Р 56288-2014 Конструкции оконные со стеклопакетами легкобрасываемые для зданий. Технические условия
26. Справочник «Газовик - Промышленное газовое оборудование»
27. СП52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение»

# План торгово-офисного центра



# Фасад здания



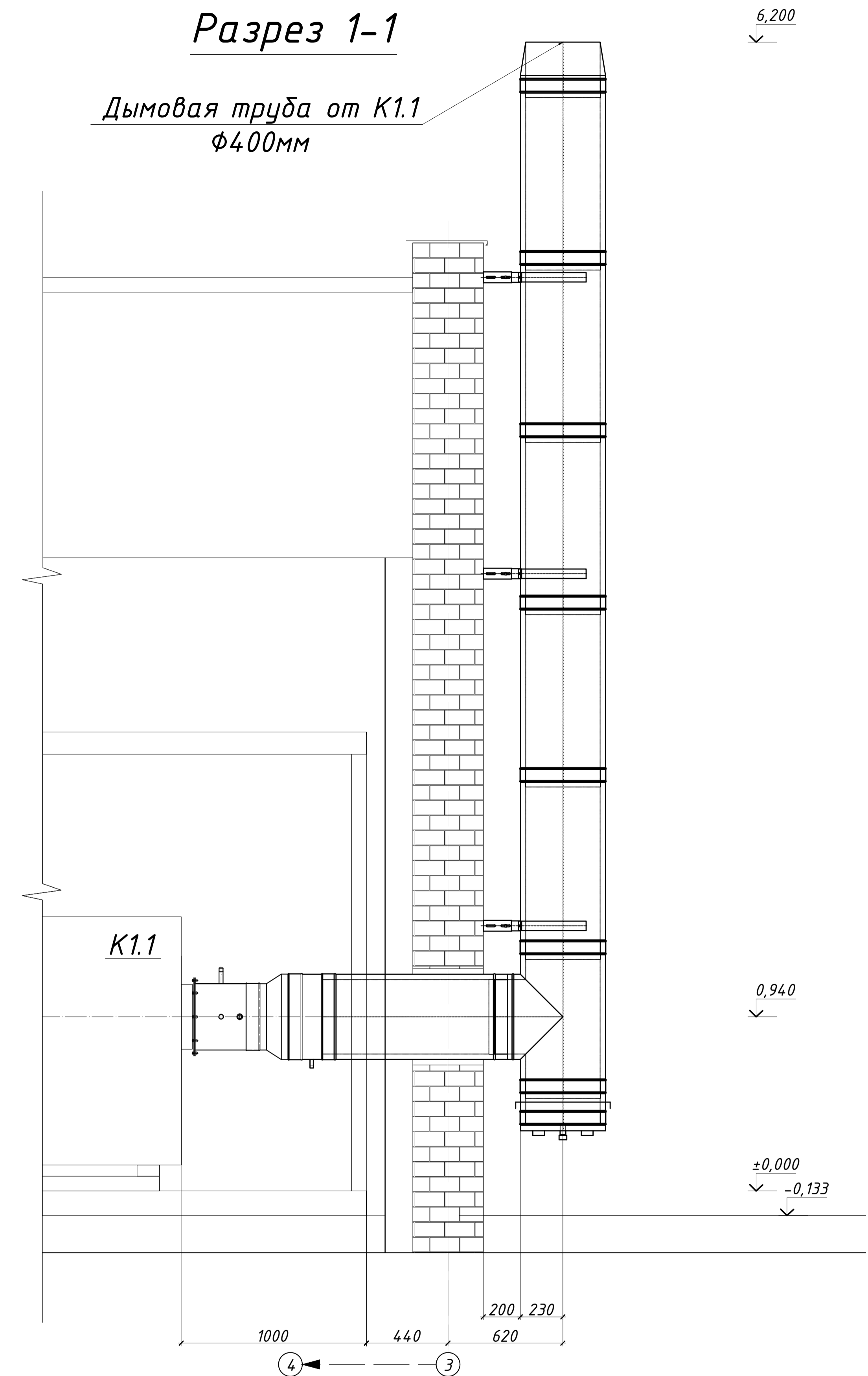
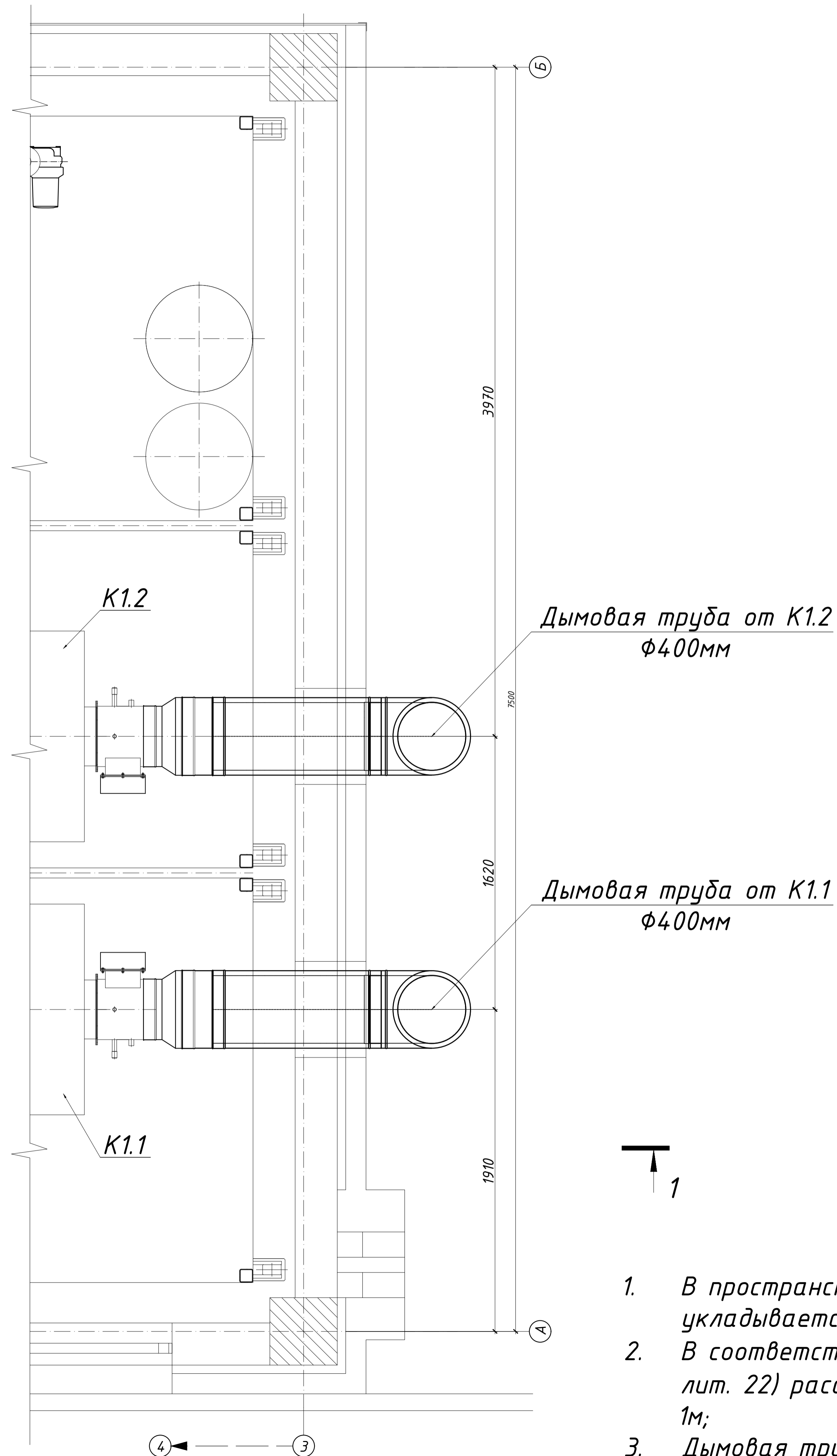
### Примечание:

1. Блоки котельной устанавливаются с помощью башенного крана с высотой подъема от 25 м и грузоподъемностью более 7 тонн;
2. Подвод трубопровода природного газа к КРГК-2,08МВт осуществляется по фасаду здания.
3. Через перекрытие установлена гильза большего диаметра для прохода газопровода
4. Выход из котельного зала и теплового узла запроектирован на кровлю здания;
5. Молниезащита установлена таким образом, чтобы защищать дымовые трубы и свечи газопровода.

|          |              |         |         |      |   |        |          |  |
|----------|--------------|---------|---------|------|---|--------|----------|--|
|          |              |         |         |      | ДП-СКФУ-ИИ-08.03.01-161059-2020   |        |          |  |
| Изм.     | Лист         | Исполн. | Подпись | Дата | Проект крышной котельной для теплоснабжения торгово-офисного центра в г. Ставрополе | Литер. | Масса    | Масштаб                                    |
| Разраб.  | Волошко Е.И. |         |         |      |   |        |          |  |
| Проверил | Аборнев Д.В. |         |         |      |   |        |          |  |
| Т.контр. | Аборнев Д.В. |         |         |      |   |        |          |  |
| И.контр. | Стоянов Н.И. |         |         |      | План здания торгово-офисного центра. Фасад здания.                                  | Лист 1 | Листов в |  |
| Утв.     | Стоянов Н.И. |         |         |      |   |        |          | СКФУ<br>Кафедра Теплогазоснабжение<br>и ЭИ |

# Дымовые трубы. Вид сверху

# Разрез 1-1

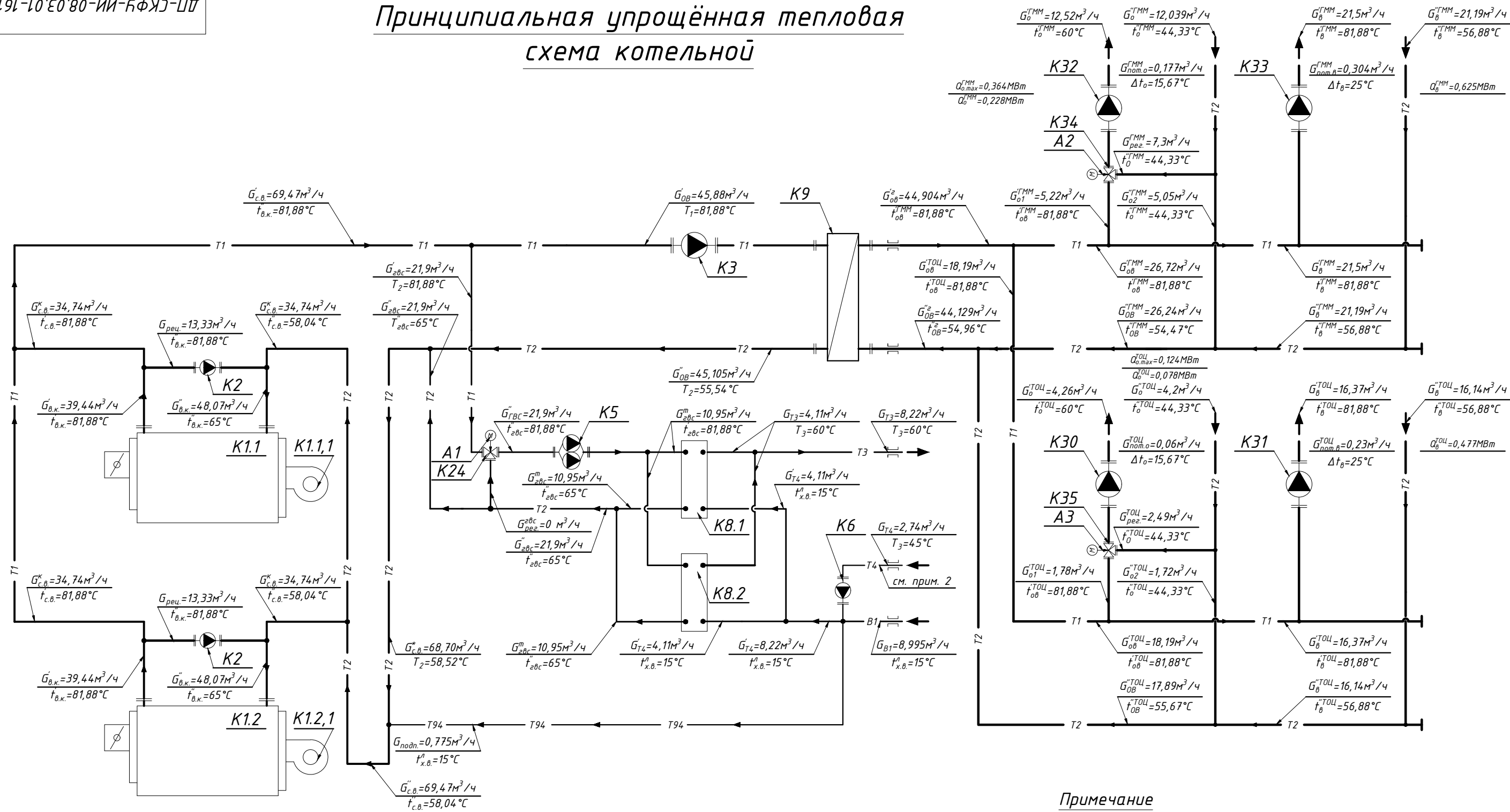


### Примечание:

1. В пространство между газоходом и гильзой под него укладывается минеральная вата;
2. В соответствии "Правилами устройства и безопасности..." (см. лит. 22) расстояние от блока котельной до котла составляет 1м;
3. Дымовая труба выведена выше кровли на 1 м.

|          |              |         |         |      |   |  |          |         |
|----------|--------------|---------|---------|------|---|--|----------|---------|
|          |              |         |         |      | ДП-СКФУ-ИИ-08.03.01-161059-2020   |  |          |         |
| Изм.     | Лист         | Исполн. | Подпись | Дата | Проект крышной котельной для теплоснабжения торгово-офисного центра в г. Ставрополе | Литер.                                   | Масса    | Масштаб |
| Разраб.  | Волошко Е.И. |         |         |      |   |  |          |         |
| Проверил | Аборнев Д.В. |         |         |      |   | Лист 2                                   | Листов 6 |         |
| Т.контр. | Аборнев Д.В. |         |         |      |   |  |          |         |
| Н.контр. | Стоянов Н.И. |         |         |      | Дымовые трубы. Вид сверху;<br>Разрез 1-1.   | СКФУ<br>Кафедра Теплогоснабжение<br>и ЭИ |          |         |
| Утв.     | Стоянов Н.И. |         |         |      |   |  |          |         |

# Принципиальная упрощённая тепловая схема котельной



### Примечание

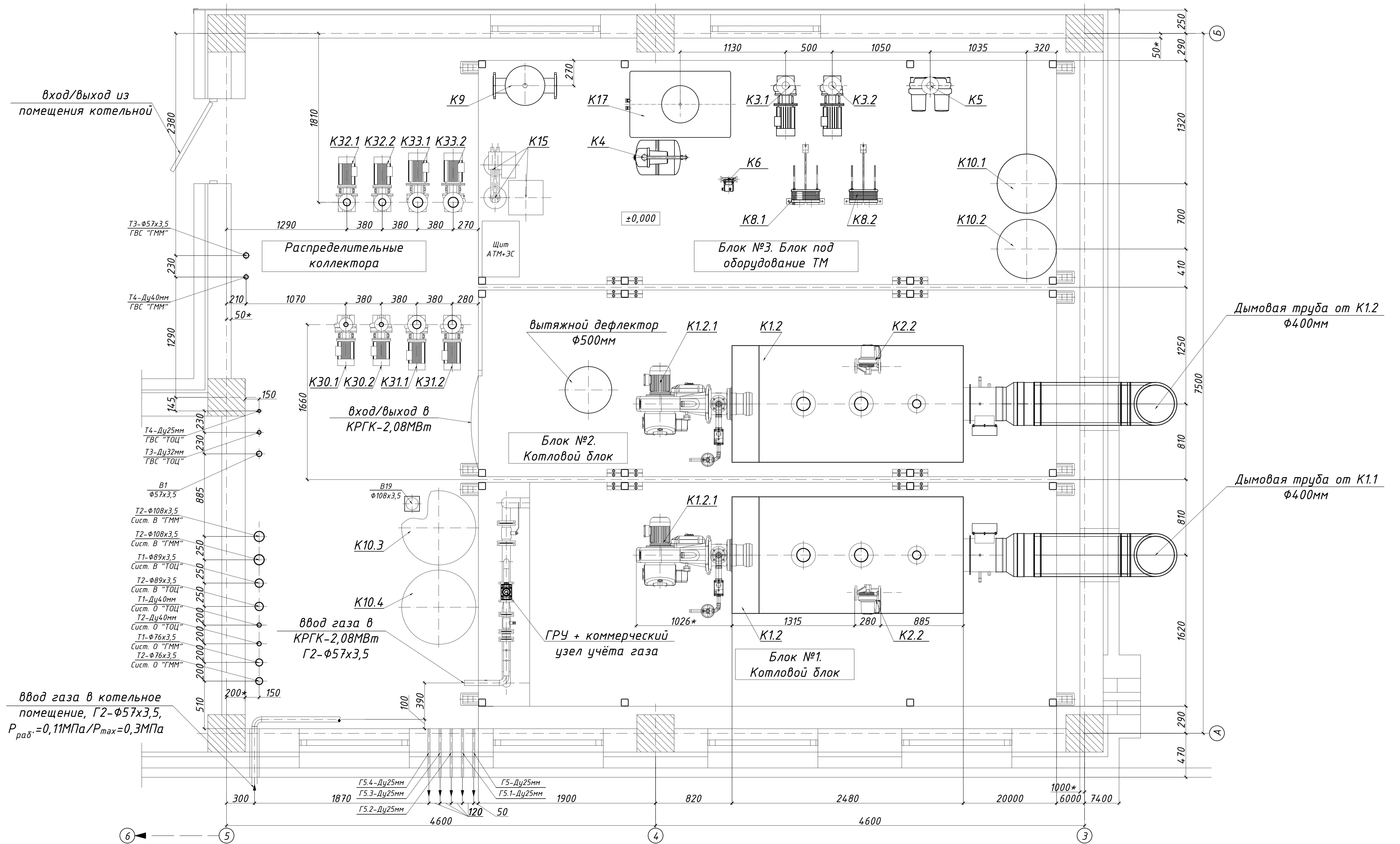
1. Насосные группы на упрощённой схеме обозначены как один насос;
2. Расход и температура теплоносителя в трубопроводе Т4 указаны для подбора насоса циркуляции ГВС. При полной нагрузке на систему ГВС теплоноситель не рециркулирует.

### Экспликация оборудования

К1 - котловой агрегат; К2- рециркуляционный (противоконденсатный)насос;  
 К3 - сетевой насос системы ОВ; К5 - сдвоенный загрузочный насос системы ГВС;  
 К9 - гидравлический разделитель; К24, К34, К35 - трехходовой смесительный клапан; К30, К32 - циркуляционный насос системы отопления; К31, К33 - циркуляционный насос системы вентиляции.  
 А1, А2, А3 - электропривод контроллер.

|          |      |              |         | ДП-СКФУ-ИИ-08.03.01-161059-2020 |   |       |         |
|----------|------|--------------|---------|---------------------------------|---|-------|---------|
| Изм.     | Лист | №докум.      | Подпись | Дата                            | Литер.  | Масса | Масштаб |
| Разраб.  |      | Волошко Е.И. |         |                                 | Проект крышной котельной для теплоснабжения торгово-офисного центра в г. Ставрополе |       |         |
| Проверил |      | Аборнев Д.В. |         |                                 |   |       |         |
| Т.контр. |      | Аборнев Д.В. |         |                                 |   |       |         |
| Н.контр. |      | Стоянов Н.И. |         |                                 | Лист 3 Листов 8   |       |         |
| Утв.     |      | Стоянов Н.И. |         |                                 | СКФУ<br>Кафедра Теплогазоснабжение и ЭН   |       |         |

# Компоновка КРГК-2,08МВт с распределительными коллекторами



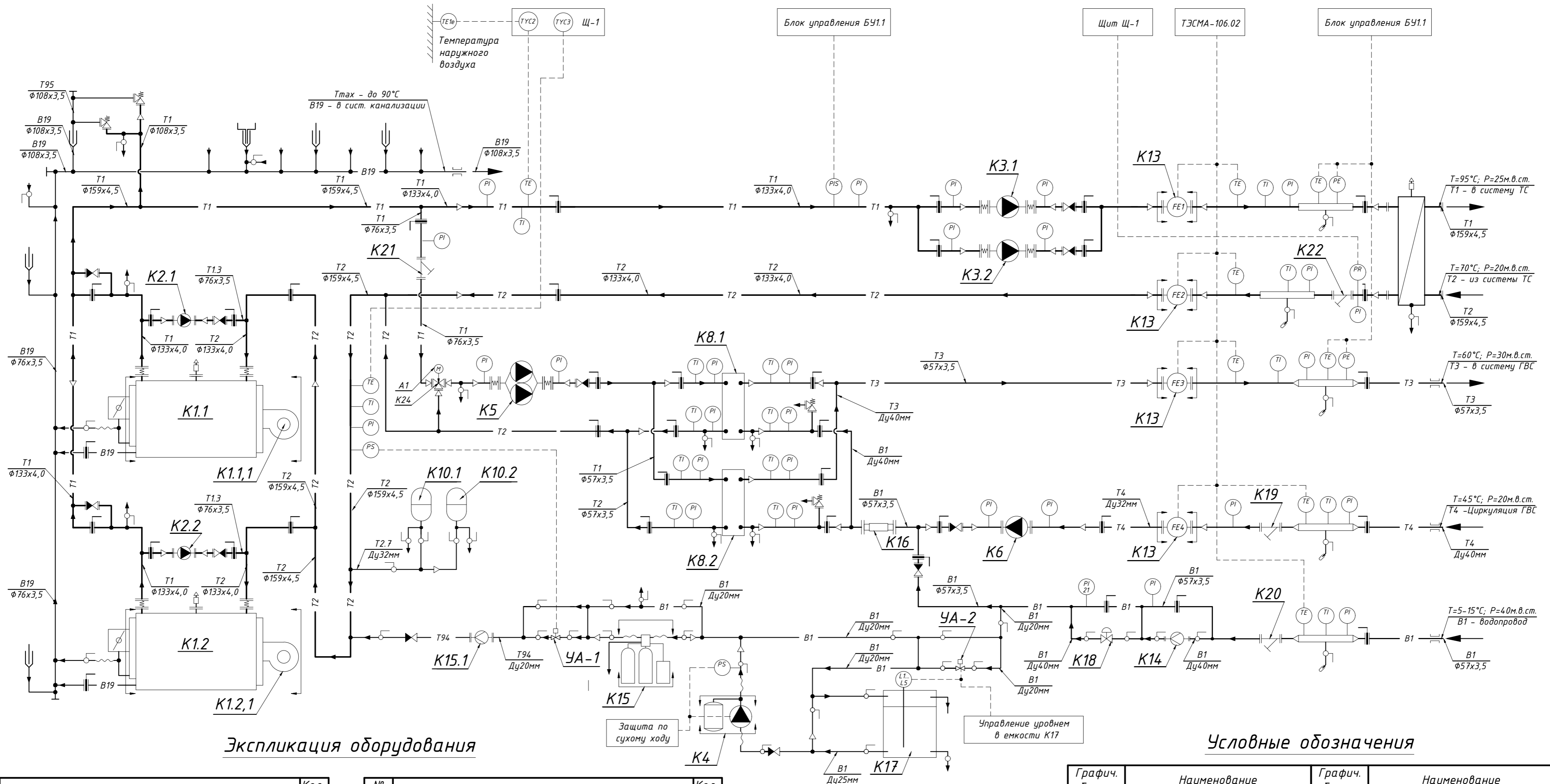
Примечание:

\* размер для справки

1. Дренажный трубопровод подключается к трапу расположенному в полу теплового узла;
2. Свечи Г5, Г5.1, Г5.2, Г5.3, Г5.4 вывести выше кровли на 1м.

| ДП-СКФУ-ИИ-08.03.01-161059-2020 |              |         |         |      | Литер.  | Масса  | Масштаб  |
|---------------------------------|--------------|---------|---------|------|---|--------|----------|
| Изм.                            | Лист         | Исполн. | Подпись | Дата | Проект крышной котельной для<br>теплоснабжения торгово-офисного<br>центра в г. Ставрополе |        |          |
| Разраб.                         | Волошко Е.И. |         |         |      |   |        |          |
| Проверил                        | Аборнев Д.В. |         |         |      |   |        |          |
| Т.контр.                        | Аборнев Д.В. |         |         |      |   |        |          |
| И.контр.                        | Стойнов Н.И. |         |         |      | Компоновка КРГК-2,08МВт с<br>распределительными<br>коллекторами.                          | Лист 4 | Листов 6 |
| Утв.                            | Стойнов Н.И. |         |         |      |   |        |          |

# Принципиальная тепловая схема котельной



## Экспликация оборудования

| № поз.         | Наименование   | Кол-во             |
|----------------|--|--------------------|
| K1.1, K1.2     | Двухходовый, стальной водогрейный котел Logano SK755-1040, тепловой мощностью 1040кВт, максимальное рабочее давление теплоносителя до 6,0кгс/см <sup>2</sup> , максимальная рабочая температура - 110°C, КПД - 92%   | 2                  |
| K1.1.1, K1.2.1 | Газовая горелка модулируемая, (природный газ), с низким выделением окислов азота   | 2                  |
| K2.1, K2.2     | Рециркуляционный насос для котла "GRUNDFOS", UPS 50-60/4F, серия 200   | 2                  |
| K3.1, K3.2     | Сетевой насос для контура ОВ (отопление и вентиляция), модели "GRUNDFOS", TP 80-180/2  | 2 (през. + 1 рад.) |
| K4             | Автоматическая насосная установка для подпитки системы теплоснабжения и повышения давления водопроводной воды для системы ГВС, в комплекте: самобасисающий насос JP5 не требующий технического обслуживания, мембранный напорный бак на 24л., реле давления, манометр, кабель, штекер с заземляющим контактом. | 1                  |
| K5             | Загрузочный насос для теплообменников системы ГВС, модели UPSD 50-120F, серия 200  | 1                  |
| K6             | Циркуляционный насос контура системы ГВС, модели 40-60/2 F B в бронзовом исполнении  | 1                  |
| K8.1, K8.2     | Разборный пластинчатый теплообменник для системы ГСВ, тепловая мощность 215кВт, производства "ЭТРА"  | 2                  |
| K9             | Гидравлический разделитель с фланцевыми патрубками   | 1                  |

| № поз.       | Наименование   | Кол-во |
|--------------|--|--------|
| K10.1, K10.2 | Мембранный расширительный бак модели N200, на объем теплоносителя в котельной  | 1      |
| K13          | Теплосчетчик ТЭСМА-106.02 для коммерческого учета количества отпущенного котельной тепла и объемного расхода теплоносителя | 1      |
| K14          | Крыльчатый водосчетчик ВСХН-40, со счетным механизмом, в комплекте с присоединителями                                      | 1      |
| K15          | Автоматическая установка умягчения непрерывного действия, HYDROTECH STF 1044-9100 SEM, в том числе:                        | 1      |
| K15.1        | Водосчетчик Ду20мм со счетным механизмом, с присоединителями   | 1      |
| K16          | Магнитный полиградиентный активатор воды (МПАВ)  | 1      |
| K17          | Бак запаса воды на 800 л вертикального исполнения  | 1      |
| K18          | Регулятор давления (после себя), модели D06F-40  | 1      |
| K19          | Фланцевый сетчатый наклонный фильтр Ду40мм, Ру=1,6МПа  | 1      |
| K20          | Фланцевый сетчатый наклонный фильтр Ду50мм, Ру=1,6МПа  | 1      |
| K21          | Фланцевый сетчатый наклонный фильтр Ду65мм, Ру=1,6МПа  | 1      |
| K22          | Фланцевый сетчатый наклонный фильтр Ду125мм, Ру=1,6МПа   | 1      |
| K24          | Поворотный регулирующий трехходовой фланцевый клапан, модели ЗФ 50, производства ESBE                                      | 1      |
| A1           | Электропривод-контроллер, серии 90С (для ЗФ 50)  | 1      |

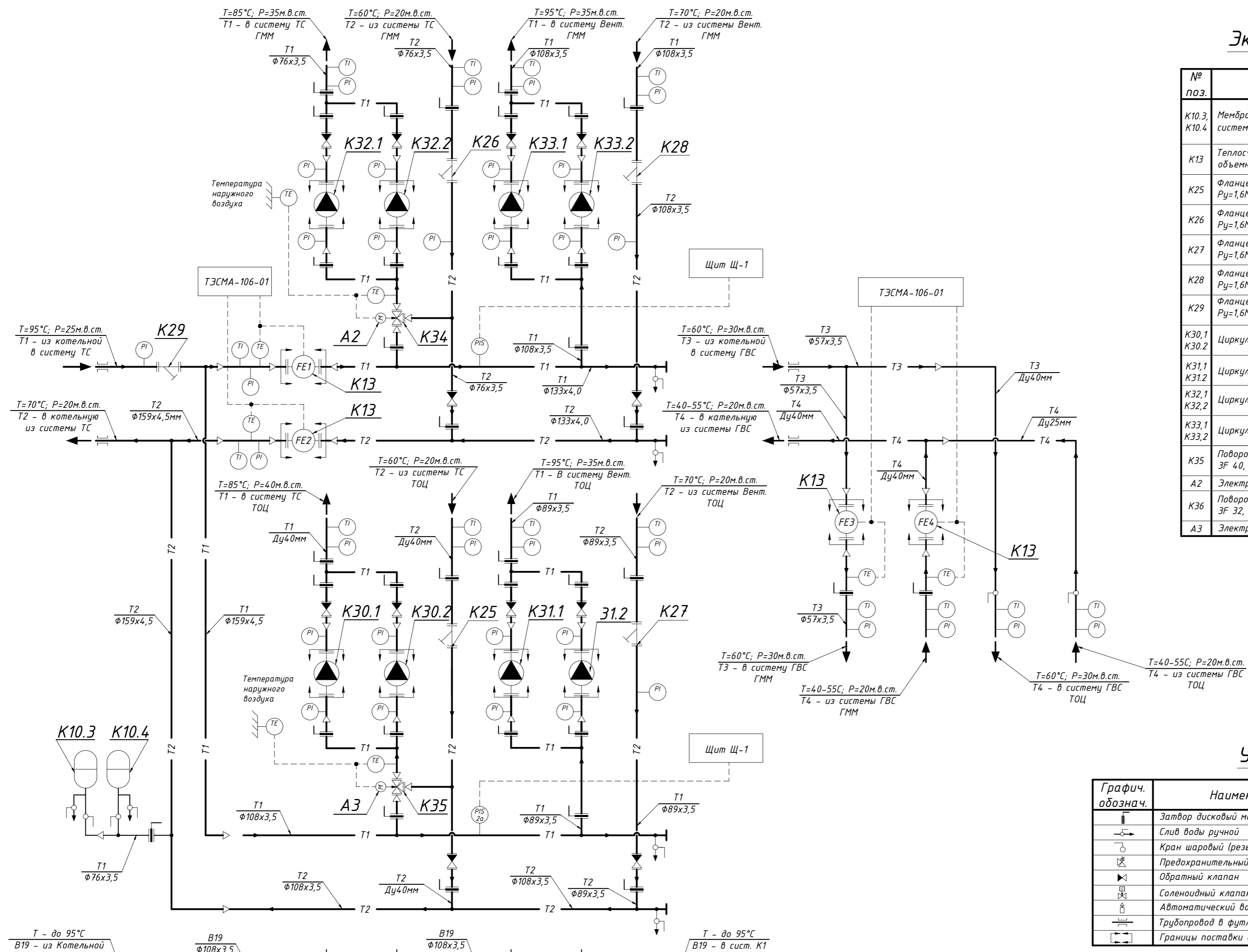
## Условные обозначения

| Графич. обознач. | Наименование                       | Графич. обознач. | Наименование                     |
|------------------|------------------------------------|------------------|----------------------------------|
|                  | Затвор дисковый межфланцевый       |                  | Трех-ходовой клапан              |
|                  | Слив воды ручной                   |                  | Расходомер (счетчик)             |
|                  | Кран шаровый (резьбовой)           |                  | Фланцевое соединение (разборное) |
|                  | Предохранительный клапан (угловой) |                  | Датчик температуры               |
|                  | Обратный клапан                    |                  | Термометр показывающий           |
|                  | Соленоидный клапан                 |                  | Датчик давления                  |
|                  | Автоматический воздушник           |                  | Манометр показывающий            |
|                  | Трубопровод в футляре (гильзе)     |                  | Реле давления                    |
|                  | Границы поставки оборудования      |                  | Датчик потока                    |

|          |              |         |         |                                 |   |          |
|----------|--------------|---------|---------|---------------------------------|---|----------|
|          |              |         |         | ДП-СКФУ-ИИ-08.03.01-161059-2020 |   |          |
| Изм.     | Лист         | №докум. | Подпись | Дата                            | Проект крышной котельной для теплоснабжения торгово-офисного центра в г. Ставрополе<br><br>Принципиальная тепловая схема котельной. |          |
| Разраб.  | Волошко Е.И. |         |         |                                 |   |          |
| Проверил | Аборнев Д.В. |         |         |                                 |   |          |
| Т.контр. | Аборнев Д.В. |         |         |                                 |   |          |
| Н.контр. | Стоянов Н.И. |         |         |                                 | Лист 5  | Листов 8 |
| Утв.     | Стоянов Н.И. |         |         |                                 | СКФУ<br>Кафедра Теплогазоснабжение и ЭН   |          |



# Принципиальная тепловая схема распределительного коллектора



## Экспликация оборудования

| № поз.       | Наименование   | Кол-во |
|--------------|--|--------|
| K10.3, K10.4 | Мембранный расширительный бак (на объем теплоносит. в системах "О" и "В"), объемом 1000 литров, WRV1000          | 2      |
| K13          | Теплосчетчик для коммерческого учета количества тепла и объемного расхода теплоносителя, класс В, диапазон 1.400 | 1      |
| K25          | Фланцевый сетчатый наклонный фильтр с магнитной вставкой, Ру=1,6МПа, Ду40мм                                      | 1      |
| K26          | Фланцевый сетчатый наклонный фильтр с магнитной вставкой, Ру=1,6МПа, Ду65мм                                      | 1      |
| K27          | Фланцевый сетчатый наклонный фильтр с магнитной вставкой, Ру=1,6МПа, Ду80мм                                      | 1      |
| K28          | Фланцевый сетчатый наклонный фильтр с магнитной вставкой, Ру=1,6МПа, Ду100мм                                     | 1      |
| K29          | Фланцевый сетчатый наклонный фильтр с магнитной вставкой, Ру=1,6МПа, Ду150мм                                     | 1      |
| K30.1, K30.2 | Циркуляционный насос системы отопления "ТОЦ": ТР 32-250/2  | 2      |
| K31.1, K31.2 | Циркуляционный насос системы вентиляции "ТОЦ": ТР 40-240/2   | 2      |
| K32.1, K32.2 | Циркуляционный насос системы отопления "ГММ": ТР 40-240/2  | 2      |
| K33.1, K33.2 | Циркуляционный насос системы вентиляции "ГММ": ТР 40-300/2   | 2      |
| K35          | Поворотный регулирующий трехходовой фланцевый клапан, модели ЗФ 40, производства ESBE                            | 1      |
| A2           | Электропривод-контроллер, серии 90С (для ЗФ 40)  | 1      |
| K36          | Поворотный регулирующий трехходовой фланцевый клапан, модели ЗФ 32, производства ESBE                            | 1      |
| A3           | Электропривод-контроллер, серии 90С (для ЗФ 32)  | 1      |

## Условные обозначения

| Графич. обознач. | Наименование                       | Графич. обознач. | Наименование                     |
|------------------|------------------------------------|------------------|----------------------------------|
|                  | Затвор дисковый межфланцевый       |                  | Трех-ходовой клапан              |
|                  | Слив воды ручной                   |                  | Расходомер (счетчик)             |
|                  | Кран шаровый (резьбовой)           |                  | Фланцевое соединение (разборное) |
|                  | Предохранительный клапан (угловой) |                  | Датчик температуры               |
|                  | Обратный клапан                    |                  | Термометр показывающий           |
|                  | Соленоидный клапан                 |                  | Датчик давления                  |
|                  | Автоматический воздушник           |                  | Манометр показывающий            |
|                  | Трубопровод в футляре (сталь)      |                  | Реле давления                    |
|                  | Границы поставки оборудования      |                  | Датчик потока                    |

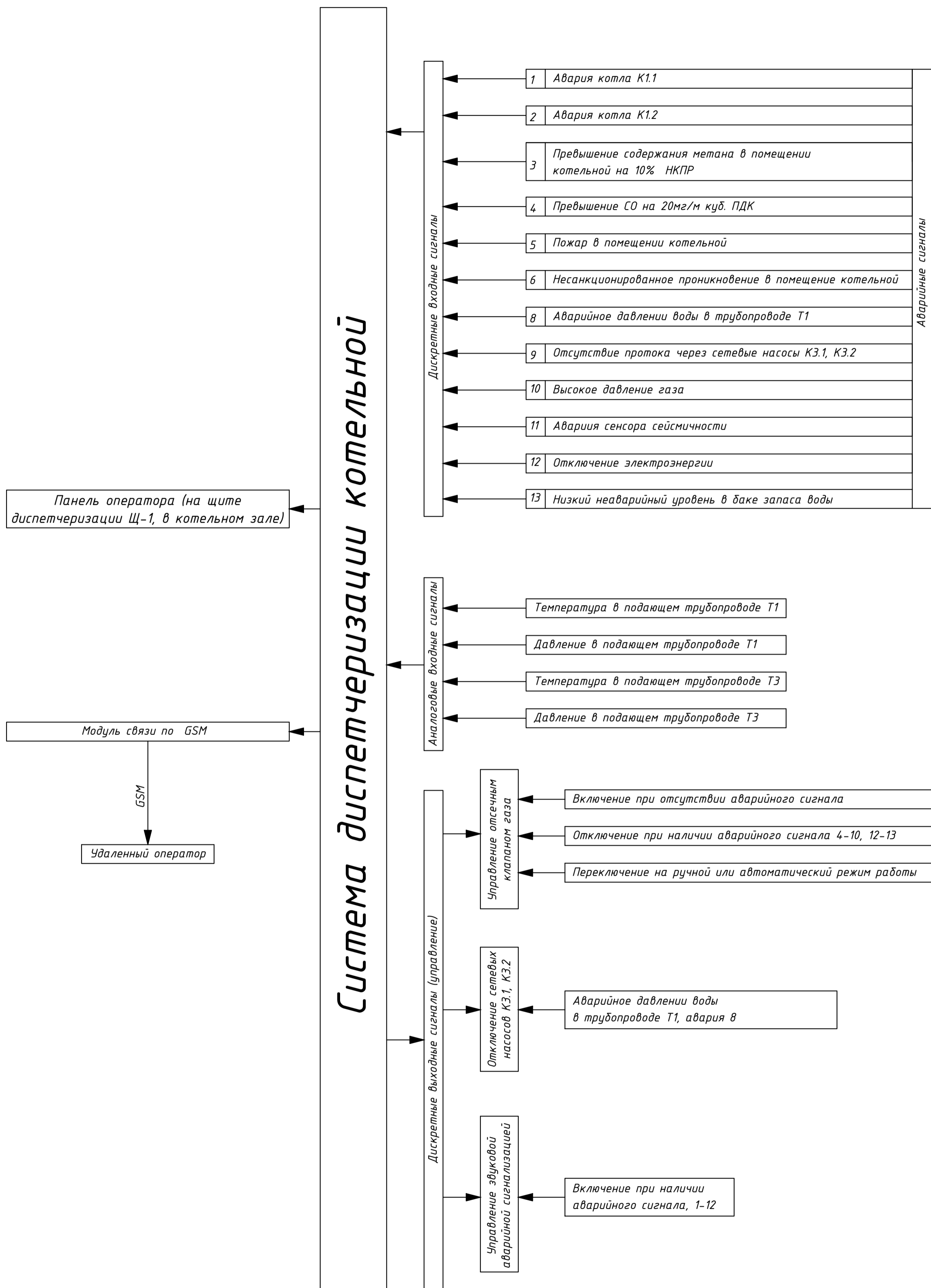
ДП-СКФУ-ИИ-08.03.01-161059-2020

| Изм.     | Лист         | №докум. | Подпись | Дата | Литер.                                  | Масса    | Масштаб |
|----------|--------------|---------|---------|------|---|----------|---------|
| Разраб.  | Волошко Е.И. |         |         |      |   |          |         |
| Проверил | Аборнев Д.В. |         |         |      |   |          |         |
| Т.контр. | Аборнев Д.В. |         |         |      | Лист 6                                  | Листов 8 |         |
| Н.контр. | Стоянов Н.И. |         |         |      | СКФУ<br>Кафедра Теплогазоснабжение и ЭН |          |         |
| Утв.     | Стоянов Н.И. |         |         |      |   |          |         |

Проект крышной котельной для теплоснабжения торгово-офисного центра в г. Ставрополе

Принципиальная тепловая схема распределительного коллектора.

# Блок схема алгоритма работы системы диспетчеризации и системы безопасности котельной



|          |              |         |         |      |   |          |         |
|----------|--------------|---------|---------|------|---|----------|---------|
|          |              |         |         |      | ДП-СКФУ-ИИ-08.03.01-161059-2020   |          |         |
| Изм.     | Лист         | №докум. | Подпись | Дата | Проект крышной котельной для теплоснабжения торгово-офисного центра в г. Ставрополе   |          |         |
| Разраб.  | Волошко Е.И. |         |         |      |   |          |         |
| Проверил | Аборнев Д.В. |         |         |      |   |          |         |
| Т.контр. | Аборнев Д.В. |         |         |      |   |          |         |
|          |              |         |         |      | Литер.  | Масса    | Масштаб |
|          |              |         |         |      | Лист 7  | Листов 8 |         |
|          |              |         |         |      | Блок схема алгоритма работы системы диспетчеризации и системы безопасности котельной. |          |         |
|          |              |         |         |      | СКФУ<br>Кафедра Теплогоснабжение и ЭИ   |          |         |
| Н.контр. | Стоянов Н.И. |         |         |      |   |          |         |
| Утв.     | Стоянов Н.И. |         |         |      |   |          |         |

