

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Максимов Алексей Борисович

Должность: директор департамента по образовательной политике

Дата подписания: 03.06.2025 14:35:57

Уникальный программный ключ:

8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

# Методическое указание

Разработка ВКР

Факультет урбанистики и городского хозяйства

Марюшин Л.А., Сенникова О.Б., Чугаев Е.А., Савельев И.Л.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский политехнический университет»

Факультет урбанистики и городского хозяйства  
Кафедра «Промышленная теплоэнергетика»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(магистерской диссертации)

**РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ОТОПИТЕЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ В Г.  
КРАСНОЯРСК**

(наименование темы)

Выполнил обучающийся \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_ курса,  
направление подготовки  
13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»  
форма обучения **очная**

**Шпак Елисей Сергеевич**

(Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_ **05 января** 20 **25** г.  
(подпись)

Научный руководитель

**К.Т.Н., доцент**

(ученая степень, ученое звание)

**Доцент Перелётный Георгий Захарович**

(должность, Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_ **05 января** 20 **25** г.  
(подпись)

Заведующий кафедрой, обеспечивающей  
научное руководство

**К.Т.Н., доцент**

(ученая степень, ученое звание)

**Марюшин Леонид Александрович**

(Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_ **05 января** 20 **25** г.  
(подпись)

Москва 20 \_\_\_\_ г.

План–задание  
выполнения выпускной квалификационной работы

|                                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| (вид работы)                               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Кафедра «Промышленная теплоэнергетика»     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Обучающийся                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| (Ф. И. О., факультет, № учебной группы)    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Научный руководитель ВКР                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Перелётный Георгий Захарович               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| (Ф.И.О)                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| к.т.н., доцент, доцент                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| (ученая степень, ученое звание, должность) |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1.Тема: **РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ОТОПИТЕЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ В Г. КРАСНОЯРСК**

утверждена приказом Университета от «10» апреля 2018 г. № 151-с.

2. Перечень базовых нормативных правовых актов и основной литературы, других материалов, подлежащих исследованию????

3. Содержание выпускной квалификационной работы (примерный перечень вопросов, подлежащих разработке, по главам и параграфам)

**Определение тепловых потоков на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение; расчет и построение графиков часовых расходов тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение; построение графика центрального качественного регулирования, определение расходов сетевой воды, гидравлический и тепловой расчёт тепловых сетей, расчёт водогрейной котельной.**

4. Примерный перечень графического материала (таблицы, графики, диаграммы, схемы и т. д.) **(это названия слайдов презентации, 8-10 слайдов)**

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

5.

6.

## 5. Консультанты

Мозговой Артур Иованович

(Ф. И. О., ученая степень, ученое звание, должность)

Потёртый Федор Оревуарович

(Ф. И. О., ученая степень, ученое звание, должность)

Задание получил

« 10 » октября 2024 г.

(подпись обучающегося)

Научный руководитель ВКР

(ученая степень, ученое звание, должность, Ф. И. О.)

« 10 » октября 2024 г.

(подпись)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                              |                                        |
|----------------------------------------------|----------------------------------------|
| ВВЕДЕНИЕ .....                               | 5                                      |
| 1. Гидравлический расчет тепловой сети ..... | 11                                     |
| 1.1. Задачи гидравлического расчёта .....    | 11                                     |
| 1.1.1. Расчётный расход воды на ГВС.....     | 11                                     |
| 1.1.2. ....                                  |                                        |
| ...                                          |                                        |
| 1.2. ....                                    |                                        |
| 2. ...                                       |                                        |
| ...                                          |                                        |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....                             | 13                                     |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....               | <b>Ошибка! Закладка не определена.</b> |

## ВВЕДЕНИЕ

Данные указания можно использовать как шаблон для оформления ВКР, для этого необходимо удалить титульную страницу данной методики (рис. 1).

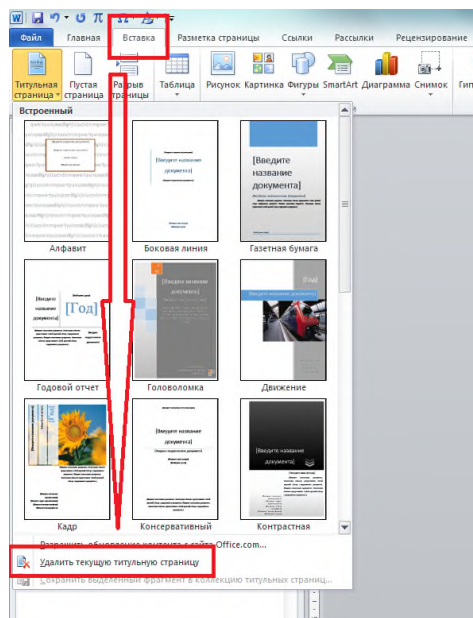


Рис. 1. Удаление текущей титульной страницы

Основные требования к оформлению:

1. Шрифт Times New Roman, размер шрифта 14.
2. Отступы: красная строка – 1,25; межстрочный интервал – 1,5; интервалы до и после абзаца должны отсутствовать.
3. Параметры страницы, поля верх – 1,5, низ – 2, левое – 3; правое – 1.
4. Нумерация страниц размещаются в правом верхнем углу. Шрифт TNR, размер шрифта 14, считается с титульного листа, проставляется с введения.
5. Все формулы оформляются по центру страницы без отступов красной строки, а так же, пустых строк до и после формулы (пример ниже).

$$Q = G_m C_p \Delta t$$

где:

$Q$  – количество тепла, Вт;

$G_m$  – массовый расход, кг/с;

$\Delta t$  – разность температур.

6. Рисунки, схемы и графики располагаются по центру страницы без отступа красной строки, название рисунка располагается непосредственно под рисунком по центру страницы без отступов, нумерация рисунков – сквозная, т.е. 1, 2, 3, 4.... (пример рис. 1, 2).

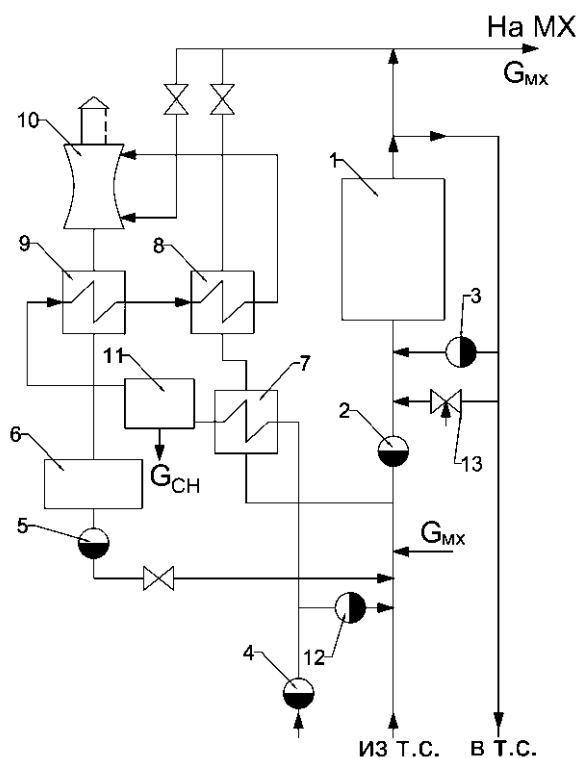


Рис. 2. Принципиальная расчётная тепловая схема водогрейной котельной:

1 – водогрейные котлы; 2 – сетевые насосы; 3 – рециркуляционные насосы;

4 – насосы сырой воды; 5 – подпиточные насосы; 6 – бак-аккумулятор;

7, 8 – подогреватели сырой и химочищенной воды; 9 – охладитель деаэрированной воды; 10 – вакуумный деаэратор; 11 – химводоочистка;

12 – насосы аварийной подпитки тепловой сети; 13 – клапан перепуска

сетевой воды

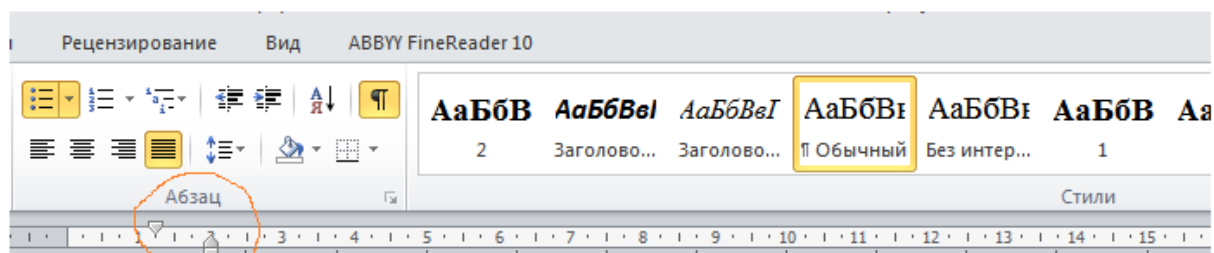
7. Перечисления в работе оформляются соответствующими маркерами или нумерацией (пример ниже, формат можно скопировать из примера)

Основными потребителями тепловой энергии являются:

- система отопления;
- система вентиляции;

– система ГВС.

При оформлении перечислений обращать внимание на верхнюю «линейку».



Основными потребителями тепловой энергии являются:

- система отопления;
- система вентиляции;
- система ГВС.

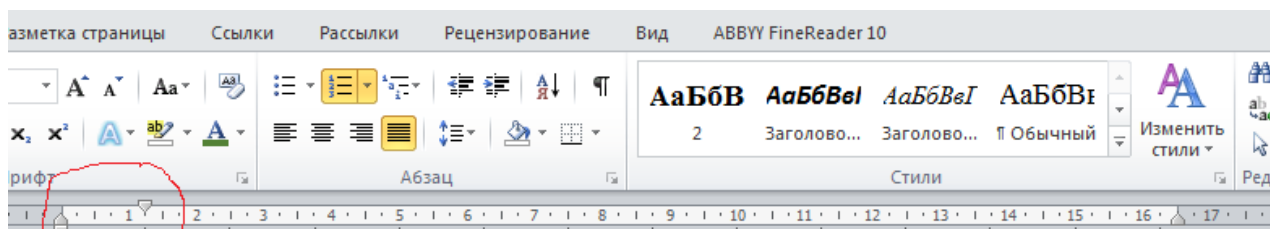
В подавляющем большинстве случаев в состав топлива входят:

1. Углерод, обозначение С. Теплота сгорания аморфного углерода  $Q=34,4$  МДж/кг (8130 ккал/кг). Углерод является главной горючей составляющей топлива. Его окисление обуславливает основной вклад в теплоту сгорания топлива.

2. Водород, обозначение Н. Теплота сгорания водорода с образованием водяного пара  $Q=10,8$  МДж/кг (2580 ккал/м<sup>3</sup>). Водород является вторым по значению горючим элементом топлива. Его содержание в различных видах топлива колеблется от 2 до 10%. Больше всего водорода содержится в природном газе, мазуте, сланцах, практически не содержится в антраците.

3. Сера, обозначение S. Теплота сгорания серы  $Q=9,3$  МДж/кг (2220 ккал/кг). Топливо содержит серу в трёх видах: органическую  $S_o$ , колчеданную  $S_k$ , сульфатную  $S_c$ .

При оформлении перечислений обращать внимание на верхнюю «линейку».



В подавляющем большинстве случаев в состав топлива входят:

1. Углерод, обозначение С. Теплота сгорания аморфного углерода  $Q=34,4$  МДж/кг (8130 ккал/кг). Углерод является главной горючей составляющей топлива. Его окисление обуславливает основной вклад в теплоту сгорания топлива.
2. Водород, обозначение Н. Теплота сгорания водорода с образованием водяного пара  $Q=10,8$  МДж/кг (2580 ккал/м<sup>3</sup>). Водород является вторым по значению горючим элементом топлива. Его содержание в различных видах топлива колеблется от 2 до 10%. Больше всего водорода содержится в природном газе, мазуте, сланцах, практически не содержится в антраците.
3. Сера, обозначение S. Теплота сгорания серы  $Q=9,3$  МДж/кг (2220 ккал/кг). Топливо содержит серу в трёх видах: органическую  $S_o$ , колчеданную  $S_K$ , сульфатную  $S_C$ .

8. Таблицы форматируются по центру страницы, шрифт TNR, за исключением специальных символов, для которых необходимо использовать шрифт «Symbol», все таблицы должны быть пронумерованы (нумерация рисунков – сквозная, т.е. 1, 2, 3, 4....), все таблицы должны иметь «название», для больших таблиц допускается изменения размера шрифта с 14 до более меньшего, но с учетом того что они должны свободно читаться после печати в формате А4, так же допускается изменение ориентации листа с книжной на альбомную для расположение таблиц (рисунков, схем и т.п.) (пример ниже).

Таблица 1

## Эквивалентные длины местных сопротивлений на ГВС

| № участка   | Наружный диаметр | Компенсаторы |      |       | Задвижки |      |       | Отводы |      |       | Тройники |      |       | Переходы |      |       | Σlэ   |
|-------------|------------------|--------------|------|-------|----------|------|-------|--------|------|-------|----------|------|-------|----------|------|-------|-------|
|             |                  | Кол-во       | lэ   | п* lэ | Кол-во   | lэ   | п* lэ | Кол-во | lэ   | п* lэ | Кол-во   | lэ   | п* lэ | Кол-во   | lэ   | п* lэ |       |
|             |                  | п            | м    | м     | п        | м    | м     | п      | м    | м     | п        | м    | м     | п        | м    | м     |       |
| 1           | 2                | 3            | 4    | 5     | 6        | 7    | 8     | 9      | 10   | 11    | 12       | 13   | 14    | 15       | 16   | 17    | 18    |
| Магистраль  |                  |              |      |       |          |      |       |        |      |       |          |      |       |          |      |       |       |
| 1           | 75,5             | 1            | 6,8  | 6,8   |          |      |       |        |      |       |          |      |       | 1        | 0,2  | 0,2   | 7,0   |
| 2           | 88,5             |              |      |       | 1        | 1,25 | 1,25  | 2      | 1,25 | 2,50  | 1        | 2,5  | 2,5   | 1        | 0,25 | 0,25  | 6,5   |
| 3           | 114              | 1            | 10,3 | 10,3  |          |      |       |        |      |       | 1        | 3,54 | 3,54  | 1        | 0,35 | 0,35  | 14,19 |
| 4           | 140              | 1            | 13,1 | 13,1  | 1        | 1,88 | 1,88  |        |      |       | 1        | 4,7  | 4,7   |          |      |       | 19,68 |
| 1*          | 60               | 1            | 5,5  | 5,5   |          |      |       |        |      |       |          |      |       | 1        | 0,14 | 0,14  | 5,64  |
| 2*          | 75,5             |              |      |       | 1        | 1,0  | 1,0   | 2      | 1,0  | 2,0   | 1        | 2,0  | 2,0   | 1        | 0,2  | 0,2   | 5,2   |
| 3*          | 88,5             | 1            | 7,8  | 7,8   |          |      |       |        |      |       | 1        | 2,5  | 2,5   | 1        | 0,25 | 0,25  | 10,55 |
| 4*          | 114              | 1            | 10,3 | 10,3  | 1        | 1,77 | 1,77  |        |      |       | 1        | 3,54 | 3,54  |          |      |       | 15,61 |
| Магистраль  |                  |              |      |       |          |      |       |        |      |       |          |      |       |          |      |       |       |
| 5           | 42,3             | 1            | 3,7  | 3,7   |          |      |       |        |      |       |          |      |       | 1        | 0,09 | 0,09  | 3,79  |
| 6           | 42,3             |              |      |       | 1        | 0,65 | 0,65  | 2      | 0,43 | 0,86  | 1        | 0,86 | 0,86  |          |      |       | 2,37  |
| 7           | 88,5             | 1            | 7,8  | 7,8   |          |      |       |        |      |       | 2        | 2,5  | 5,0   | 1        | 0,25 | 0,25  | 13,05 |
| 8           | 114              |              |      |       | 1        | 1,77 | 1,77  | 1      | 1,77 | 1,77  | 1        | 3,54 | 3,54  |          |      |       | 7,08  |
| 5*          | 33,5             | 1            | 3,1  | 3,1   |          |      |       |        |      |       |          |      |       | 1        | 0,09 | 0,09  | 3,19  |
| 6*          | 33,5             |              |      |       | 1        | 0,65 | 0,65  | 2      | 0,3  | 0,6   | 1        | 0,6  | 0,6   |          |      |       | 1,85  |
| 7*          | 75,5             | 1            | 6,8  | 6,8   |          |      |       |        |      |       | 2        | 2,0  | 4,0   | 1        | 0,2  | 0,2   | 11,0  |
| 8*          | 88,5             |              |      |       | 1        | 1,25 | 1,25  | 1      | 1,25 | 1,25  | 1        | 2,5  | 2,5   |          |      |       | 5,0   |
| Ответвления |                  |              |      |       |          |      |       |        |      |       |          |      |       |          |      |       |       |
| 9           | 60               |              |      |       | 1        | 0,72 | 0,72  |        |      |       | 1-ОТВ    | 2,18 | 2,18  |          |      |       | 2,9   |
| 10          | 60               |              |      |       | 1        | 0,72 | 0,72  |        |      |       | 1-ОТВ    | 2,18 | 2,18  |          |      |       | 2,9   |
| 11          | 60               |              |      |       | 1        | 0,72 | 0,72  |        |      |       | 1        | 1,45 | 1,45  |          |      |       | 2,17  |
| 12          | 75,5             | 1            | 6,8  | 6,8   | 1        | 1,0  | 1,0   |        |      |       | 1        | 2,0  | 2,0   |          |      |       | 9,8   |
| 13          | 60               | 1            | 5,5  | 5,5   |          |      |       |        |      |       |          |      |       | 1        | 0,14 | 0,14  | 5,64  |
| 14          | 42,3             | 1            | 3,7  | 3,7   | 1        | 0,65 | 0,65  |        |      |       | 1-ОТВ    | 1,29 | 1,29  |          |      |       | 5,64  |
| 9*          | 48               |              |      |       | 1        | 0,65 | 0,65  |        |      |       | 1-ОТВ    | 1,56 | 1,56  |          |      |       | 2,21  |
| 10*         | 48               |              |      |       | 1        | 0,65 | 0,65  |        |      |       | 1-ОТВ    | 1,56 | 1,56  |          |      |       | 2,21  |

*Продолжение таблицы 1*

| 1   | 2    | 3 | 4   | 5   | 6 | 7    | 8    | 9 | 10 | 11 | 12    | 13   | 14   | 15 | 16  | 17  | 18   |
|-----|------|---|-----|-----|---|------|------|---|----|----|-------|------|------|----|-----|-----|------|
| 11* | 48   |   |     |     | 1 | 0,65 | 0,65 |   |    |    | 1     | 1,04 | 1,04 |    |     |     | 1,69 |
| 12* | 60   | 1 | 5,5 | 5,5 | 1 | 0,72 | 0,72 |   |    |    | 1     | 1,45 | 1,45 |    |     |     | 7,67 |
| 13* | 48   | 1 | 4,2 | 4,2 |   |      |      |   |    |    |       |      |      | 1  | 0,1 | 0,1 | 4,3  |
| 14* | 33,5 | 1 | 3,1 | 3,1 | 1 | 0,65 | 0,65 |   |    |    | 1-ОТВ | 0,9  | 0,9  |    |     |     | 4,65 |

9. Заголовки в работе оформляются по центру страницы. Без отступа красной строки, шрифт TNR, 14 жирный, без точек в конце заголовка. Нумерация заголовков сквозная, до и после заголовков 1-го и 2-го уровня ставится пустая строка, для заголовков 3-го уровня и ниже пустая строка ставится только перед заголовком. Необходимо обратить внимание на то, что заголовок 3-го уровня (1.1.1. Пример) создаётся только если таких заголовков будет не меньше 2-х (то есть будет заголовок с номером 1.1.2.). Такие заголовки как АННОТАЦИЯ; ВВЕДЕНИЕ; ЗАКЛЮЧЕНИЕ; СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ оформляются с использованием регистра «все прописные», все остальные заголовки с использованием регистра «как в предложениях». Начинать заголовок нового раздела с новой страницы обязательно только для заголовков АННОТАЦИЯ; ВВЕДЕНИЕ; ЗАКЛЮЧЕНИЕ; СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ (пример ниже).

## 1. Гидравлический расчет тепловой сети

Гидравлический расчет является одним из важнейших разделов проектирования и эксплуатации тепловой сети....

### 1.1. Задачи гидравлического расчёта

При проектировании в задачу гидравлического расчета входит:

- определение диаметров трубопроводов;
- определение падения давления (напора) по длине трубопровода;
- определение давлений (напоров) в любой точке трубопровода.

#### 1.1.1. Расчётный расход воды на ГВС

В закрытых системах теплоснабжения максимальный расход сетевой воды находим....

### 1.1.2. Расчёт расхода теплоносителя на отопление

В закрытых системах теплоснабжения максимальный расход сетевой воды находим....

## 2. Тепловой расчёт системы теплоснабжения

«Максимальные тепловые потоки на отопление  $Q_{отmax}$ , вентиляцию  $Q_{вmax}$  и горячее водоснабжение  $Q_{hmax}$  жилых, общественных и производственных зданий следует принимать...

10. Рекомендуемый объем выпускных квалификационных работ составляет 2–2,5 п. л. (50–60 страниц) без приложений. Минимальный объем расчётной части составляет 15 стр.

11. Минимальное кол-во источников и литературы в работе должно быть не менее 15.

12. Примеры заключения и списка использованных источников литературы указаны ниже.

13. Приложения оформляется следующим образом, в случае если в работе 2 приложения и более, то после раздела «СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ» вставляется страница с надписью «ПРИЛОЖЕНИЯ» по центру страницы (как показано на стр. 15) и далее идут приложения, пронумерованные по порядку (как показано на стр. 16 и стр. 17). В случае если в работе только 1 приложение, то страница с надписью «ПРИЛОЖЕНИЯ» по центру страницы (как показано на стр. 15) **НЕ СОЗДАЁТСЯ**, а сразу идёт «Приложение 1» после раздела «СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был разработан проект системы теплоснабжения жилого района г. Москва.

При выполнении выпускной квалификационной работы, были произведены следующие основные расчёты:

- расчёт тепловых потоков на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение;
- расчёт и построение графиков часовых расходов тепла на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение;
- расчет расходов сетевой воды;
- гидравлический и тепловой расчёт тепловых сетей;
- расчет толщины тепловой изоляции.

Рассчитаны и построены следующие графики и схемы:

- часовые графики теплового потребления;
- годовой график по продолжительности тепловой нагрузки;
- годовой график теплового потребления по месяцам;
- температурные графики регулирования сетевой воды для системы теплоснабжения;
- расчетная схема магистральной тепловой сети;
- пьезометрический график.

По итогам расчёта подобранно следующее оборудование:

- 2 сетевых насоса СЭ-2500-60-11;
- 2 подпиточных насоса 4 К-6;
- канал МКЛ-6,4,2;
- теплоизоляция – монолитный фенольный поропласт ФЛ;
- сальниковые компенсаторы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 131.13330.2012 Строительная климатология
2. СП 124.13330.2012 Тепловые сети
3. СП 56.13330.2011 Производственные здания
4. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Издательство МЭИ, – 1999. – 472 с.
5. Сафонов А.П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям. – М.: Энергия, – 1968. – 240 с.
6. Громов Н.К. Абонентские устройства водяных тепловых сетей. – М.: Энергия, – 1979. – 248 с.
7. Ширакс З.Э. Теплоснабжение. – М.: Энергия, – 1979. – 256 с.
8. Н.Н. Карнаухов, Б.В. Моисеев, О.А. Степанов и др. Инженерные коммуникации. – Красноярск: Стройиздат, – 1993. – 160 с.
9. Козин В.Е. и др. Теплоснабжение – М.: Высшая школа, – 1980. – 408 с.
10. В.И. Манюк, Я.И. Каплинский, и др. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. Справочник 3-е издание. – М.: Стройиздат, – 1988. – 432 с.
11. Теплотехнический справочник. Под ред. Юренева В.Н. и Лебедева П.Д. в 2-х т. – М.: Энергия, – 1975. Т. 1. – 744 с.
12. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей. Под ред. Николаева А.А. – М.: Стройиздат, – 1965. – 360 с.
13. Щёкин Р.В. и др. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. В 2-х кн. Киев: Будивельник, – 1976, Кн. 1. – 416 с.
14. И.В. Беляйкина, В.П. Витальев, Н.К. Громов и др. Водяные тепловые сети. Справочное пособие по проектированию. – М.: Энергоатомиздат, – 1988. – 376 с.
15. [www. autodesk.com](http://www.autodesk.com).

# ПРИЛОЖЕНИЯ



