

Школа Инженерная школа энергетики  
 Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы                                                          |
|----------------------------------------------------------------------|
| <b>«Проект системы теплоснабжения микрорайона «№20» г. Кемерово»</b> |

УДК 697.34:711.551(571.17)

#### Студент

| Группа  | ФИО                      | Подпись | Дата |
|---------|--------------------------|---------|------|
| 3-5Б4Б2 | Закиев Руслан Талгатович |         |      |

#### Руководитель ВКР

| Должность                       | ФИО             | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|---------------------------------|-----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент НОЦ И.Н.<br>Бутакова ИШЭ | Половников В.Ю. | к.т.н., доцент            |         |      |

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность        | ФИО            | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|------------------|----------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН ШБИП | Завьялова З.С. | к.ф.н., доцент            |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность          | ФИО           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|--------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Ассистент ООД ШБИП | Алексеев Н.А. | -                         |         |      |

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП                                                                  | ФИО           | Ученая степень,<br>звание | Подпись | Дата |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| 13.03.01<br>Теплоэнергетика и<br>теплотехника, доцент<br>НОЦ И.Н. Бутакова<br>ИШЭ | Антонова А.М. | к.т.н., доцент            |         |      |

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП 13.03.01 «ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА»

| Код результата                      | Результат обучения (выпускник должен быть готов)                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Универсальные компетенции</b>    |                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| P1                                  | Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.                                                  |
| P2                                  | Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач.                                                                                              |
| P3                                  | Демонстрировать личную ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.                                         |
| P4                                  | Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм                                                                                                           |
| P5                                  | К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности                        |
| P6                                  | Осознавать необходимость и демонстрировать способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни, непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.                                |
| <b>Профессиональные компетенции</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| P7                                  | Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности в широком (в том числе междисциплинарном) контексте в комплексной инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии. |
| P8                                  | Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач комплексного инженерного анализа с использованием                                                                                                           |

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                              | базовых и специальных знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.                                                                                                                                                                                                                                                  |
| P9                           | Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять комплексные инженерные проекты с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений. |
| P10                          | Проводить комплексные научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением базовых и специальных знаний и современных методов.                                                                                                                 |
| P11                          | Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности.                                                                                                                                                                      |
| P12                          | Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии, управлять технологическими объектами на основе АСУТП; использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.                                                                                                          |
| Специальные профессиональные |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| P13                          | Участвовать в выполнении работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов теплоэнергетического производства, контролировать организацию метрологического обеспечения технологических процессов теплоэнергетического производства, составлять документацию по менеджменту качества технологических процессов на производственных участках.                                |
| P14                          | Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | <p>планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала и фондов оплаты труда, организовывать обучение и тренинг производственного персонала, анализировать затраты и оценивать результаты деятельности первичных производственных подразделений, контролировать соблюдение технологической дисциплины.</p>                                                                                       |
| P15 | <p>Использовать методики испытаний, наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.</p>                                           |
| P16 | <p>Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования, организовывать профилактические осмотры и текущие ремонты, составлять заявки на оборудование, запасные части, готовить техническую документацию на ремонт, проводить работы по приемке и освоению вводимого оборудования.</p> |

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа энергетики

Отделение/НОЦ Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)

\_\_\_\_\_  
(Дата)

Антонова А.М.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

| Группа  | ФИО                      |
|---------|--------------------------|
| 3-5Б4Б2 | Закиев Руслан Талгатович |

Тема работы:

**Проект системы теплоснабжения микрорайона «№20» г.  
Кемерово**

Утверждена приказом ректора (дата, номер)

13.05.2019г. №3689/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

Местонахождение – город Кемерово.  
Продолжительность отопительного периода – 5568 ч; система теплоснабжения – закрытая; температурный график 140/ 70 °С; расчетная температура на отопление -39 °С; средняя температура отопительного периода -8,8 °С.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <p>Расчет тепловых нагрузок,<br/>Построение графиков температур и пьезометрического,<br/>Выбор основного оборудования,</p> |
| <p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <p>Презентация ( ____ сл.)</p>                                                                                             |

| <b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>      |                                                      |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>Раздел</b>                                                          | <b>Консультант</b>                                   |
| <b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b> | к.ф.н., доцент ОСНГ ШБИП Завьялова Зинаида Сергеевна |
| <b>Социальная ответственность</b>                                      | ассистент ОКД ИШНБК Алексеев Николай Архипович       |
|                                                                        |                                                      |
|                                                                        |                                                      |
|                                                                        |                                                      |

|                                                                                                 |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b> |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

**Задание выдал руководитель:**

| <b>Должность</b>             | <b>ФИО</b>      | <b>Ученая степень, звание</b> | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
|------------------------------|-----------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ | Половников В.Ю. | к.т.н., доцент                |                |             |

**Задание принял к исполнению студент:**

| <b>Группа</b> | <b>ФИО</b>               | <b>Подпись</b> | <b>Дата</b> |
|---------------|--------------------------|----------------|-------------|
| 3-5Б4Б2       | Закиев Руслан Талгатович |                |             |

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

|         |                          |
|---------|--------------------------|
| Группа  | ФИО                      |
| 3-5Б4Б2 | Закиев Руслан Талгатович |

|                             |             |                                            |                                           |
|-----------------------------|-------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Инженерная школа энергетики |             | Научно-образовательный центр И.Н. Бутакова |                                           |
| Уровень образования         | бакалавриат | Направление                                | 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» |

## Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

|                                                                                                                                      |                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Должностной оклад инженера – 17000 руб., научного руководителя (НР) – 26300 руб. |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов                                                                                           | Районный коэффициент – 30 %                                                      |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования                                  | Отчисления в социальные фонды составляют 30 % от фонда оплаты труда (ФОТ)        |

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

|                                                                                                                                    |                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения | 1. Планирование НИ                             |
| 2. Планирование и формирование бюджета научных исследований                                                                        | 2. Смета затрат на НИ                          |
| 3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования        | 3. Определение практической значимости проекта |

|                                                      |  |
|------------------------------------------------------|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику |  |
|------------------------------------------------------|--|

## Задание выдал консультант:

|                  |                             |                        |         |      |
|------------------|-----------------------------|------------------------|---------|------|
| Должность        | ФИО                         | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Доцент ОСГН ШБИП | Завьялова Зинаида Сергеевна | к.филос.н., доцент     |         |      |

## Задание принял к исполнению студент:

|         |                          |         |      |
|---------|--------------------------|---------|------|
| Группа  | ФИО                      | Подпись | Дата |
| 3-5Б4Б2 | Закиев Руслан Талгатович |         |      |

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

|         |                          |
|---------|--------------------------|
| Группа  | ФИО                      |
| 3-5Б4Б2 | Закиев Руслан Талгатович |

|                  |            |               |                                               |
|------------------|------------|---------------|-----------------------------------------------|
| Инженерная школа | Энергетики | Подразделение | Научно-образовательный центр<br>И.Н. Бутакова |
|------------------|------------|---------------|-----------------------------------------------|

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

|                                                                 |                                                  |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1. Характеристика объекта исследования и области его применения | система теплоснабжения микрорайона в г. Кемерово |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b><br>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;<br>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | - СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. - СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. - ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. - ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. - Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018); - ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования; - Конструкцией производственного оборудования и рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего (СанПиН 2.2.2.542 – 96). |
| <b>2. Производственная безопасность</b><br>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов<br>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия                                                                                                                             | - параметры микроклимата<br>- освещение<br>- повышенный уровень шума;<br>- запыленность;<br>- пожаробезопасность<br>- поражения электрическим током                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>3. Экологическая безопасность:</b>                                                                                                                                                                                                                                            | Указанный технологический процесс является безотходным и не сопровождается ощутимыми вредными выбросами в окружающую природную среду.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>                                                                                                                                                                                                                                 | - Возникновение пожарных ситуаций при эксплуатации системы<br>- Протечка (прорыв) трубопроводов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

|                        |                               |                        |         |      |
|------------------------|-------------------------------|------------------------|---------|------|
| Должность              | ФИО                           | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Ассистент ОКД<br>ИШНКБ | Алексеев Николай<br>Архипович | -                      |         |      |

Задание принял к исполнению студент:

|         |                          |         |      |
|---------|--------------------------|---------|------|
| Группа  | ФИО                      | Подпись | Дата |
| 3-5Б4Б2 | Закиев Руслан Талгатович |         |      |



## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 138 с., 9 рис., 35 табл., 36 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: температурный график, система теплоснабжения, гидравлика, пьезометрический график, отопление.

Объектом исследования является система теплоснабжения микрорайона в г.Кемерово.

Цель работы – определение тепловых нагрузок района теплоснабжения на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, построение графической зависимости продолжительности тепловой нагрузки, выбор системы теплоснабжения, выполнение гидравлического расчета, построение пьезометрического графика, расчет и выбор основного оборудования индивидуального теплового пункта, выбор и расчет оборудования тепловых сетей.

В процессе исследования проводились – расчет тепловых нагрузок района теплоснабжения (отопление, вентиляция, ГВС), построение графических зависимостей, расчет гидравлического режима, подбор оборудования.

В результате исследований была спроектирована система теплоснабжения микрорайона в г.Кемерово, выбрано основное и вспомогательное оборудование, на основе гидравлического расчета.

Выпускная квалификационная работа была выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010.

## **Определения, обозначения, сокращения и нормативные ссылки**

При написании данной выпускной работы, использовались следующие нормативные ссылки, термины с соответствующими определениями и обозначения:

### **Обозначения и сокращения**

$t$  – температура, °С;

$n$  – продолжительность отопительного периода;

$Q_m$  – тепловые потери, Вт;

$\eta_k$  – КПД;

$\rho$  – плотность вещества, кг/м<sup>3</sup>;

$\lambda$  – коэффициент гидравлического трения;

$Re$  – число Рейнольдса;

$H$  – напор, м.в.ст.;

ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина;

ГВС – горячее водоснабжение;

ПК – персональный компьютер;

ТБ – техника безопасности.

### **Определения**

**Теплоноситель** – газообразное или жидкое вещество, обеспечивающее передачу тепловой энергии к потребителю от источника.

**Система теплоснабжения** – система, предназначенная для обеспечения сооружений и зданий теплом.

**Тепловые потери** – количество тепловой энергии, которое передается в окружающую среду от отапливаемого помещения.

### **Нормативные ссылки**

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- СНиП 2.04.05-91 Отопление, Вентиляция и Кондиционирование, 2000. – 81 с.
- СНиП 3.05.01-85 Внутренние санитарно-технические системы, 2000. – 31с.

- СП 52.13330.2011. «Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95»;
- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий»;
- СНиП 23-05-95. «Естественное и искусственное освещение»;
- СНиП II-3-79 Строительная теплотехника, 1998. – 49 с;
- ГОСТ Р 54578-2011. Воздух рабочей зоны.
- ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация;
- Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;

## Оглавление

|                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение .....                                                                                | 14 |
| Глава 1 Потребление тепловых нагрузок.....                                                    | 16 |
| 1.1 Расчет тепловых нагрузок района теплоснабжения .....                                      | 16 |
| 1.1.1 Определение расчётной тепловой нагрузки на отопление .....                              | 17 |
| 1.1.2 Определение расчётной тепловой нагрузки на вентиляцию .....                             | 19 |
| 1.1.3 Определение расчётной тепловой нагрузки на горячее водоснабжение.....                   | 20 |
| 1.1.4 Определение расчётной тепловой нагрузки микрорайона .....                               | 23 |
| 1.2 Построение графической зависимости продолжительности тепловой нагрузки                    | 24 |
| 1.2.1 Определение значения годового расхода тепла на отопление .....                          | 24 |
| 1.2.2 Определение значения годового расхода тепла на нужды вентиляции .....                   | 26 |
| 1.2.3 Определение значения годового расхода тепла на систему горячего водоснабжения.....      | 27 |
| 1.2.4 График продолжительности тепловой нагрузки.....                                         | 30 |
| 1.2.5 Расчет расхода условного и натурального топлива.....                                    | 34 |
| Глава 2 выбор регулирования отпуска тепла в тепловые сети. построение графика температур..... | 36 |
| Глава 3 выбор системы теплоснабжения .....                                                    | 45 |
| Глава 4 Гидравлический расчет тепловых сетей, разработка гидравлического режима сети.....     | 48 |
| 4.1 Нахождение суммарных и расчетных расходов сетевой воды.....                               | 48 |
| 4.2 Методика гидравлического расчета тепловой сети .....                                      | 52 |
| 4.3 Построение пьезометрического графика .....                                                | 63 |
| 4.4 Построение сетевых и подпиточных насосов .....                                            | 66 |
| Глава 5 Расчет и выбор основного оборудования индивидуального теплового пункта .....          | 68 |
| 5.1 Расчет подогревателей ГВС .....                                                           | 68 |
| 5.2 Расчет водоводяных теплообменников системы отопления .....                                | 76 |
| 5.3 Расчет и выбор насосов.....                                                               | 78 |
| Глава 6 Расчет и выбор оборудования тепловых сетей.....                                       | 84 |

|                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.1 Выбор опор.....                                                                                       | 85  |
| 6.2 Выбор компенсаторов.....                                                                              | 87  |
| 6.3 Выбор запорной арматуры .....                                                                         | 88  |
| 6.4 Выбор и расчет тепловой изоляции трубопровода.....                                                    | 89  |
| Глава 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .                                | 92  |
| Глава 8. Социальная ответственность .....                                                                 | 110 |
| 8.2 Производственная безопасность.....                                                                    | 112 |
| 8.2.1 Анализ опасных и вредных факторов и мероприятия по их устранению .....                              | 113 |
| 8.2.2 Анализ опасных и вредных факторов которые могут возникнуть при внедрении и эксплуатации систем..... | 121 |
| 8.3 Расчет освещения .....                                                                                | 122 |
| 8.4 Экологическая безопасность .....                                                                      | 127 |
| 8.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....                                                            | 128 |
| Заключение.....                                                                                           | 133 |
| Список использованных источников .....                                                                    | 134 |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Ведущей отраслью современного развитого народного хозяйства является энергетика. Данное понятие включает в себя огромный круг различных установок для использования, транспортировки и производства так тепловой, так и электрической энергии, и различных видов энергоносителей. Потребление энергии в нашей стране, как и во всем Море, неуклонно возрастает и, прежде всего, для теплоснабжения зданий и сооружений.

Теплоснабжение – это, система, которая позволяет обеспечить теплом сооружения и здания. Большое хозяйственное значение имеет надежность работы таких систем. Благодаря таким системам обеспечиваются комфортные условия для проживания и труда людей, а также оптимальные условия для различных видов технологических процессов. Системы теплоснабжения классифицируются на децентрализованные и централизованные.

В системах централизованного теплоснабжения, в качестве источника тепловой энергии являются квартальные и районные котельные, теплоэлектроцентрали.

Потребителям тепловую энергию отпускают в виде водяного пара и горячей воды. Для обеспечения промышленных предприятий тепловой энергии, помимо воды используют пар, в качестве теплоносителя, а для жилого сектора применяется только вода. На выбор параметров теплоносителей влияют вид потребителя тепловой энергии, а также технико-экономические расчеты.

Система теплоснабжения состоит из: теплоприготовительной установки, теплопотребляющие приборы и оборудование, насосы, трубопроводы, устройства автоматики, регистрирующая, сигнальная, регулирующая аппаратура.

Тепловую энергию можно выработать как на котельных (районные, квартальный), так и на теплоэлектроцентралях. После чего тепловая энергия передается потребителям в качестве горячей воды, либо пара. Вода, как теплоноситель, используется для снабжения жилого сектора, а промышленные

предприятия помимо воды, используют водяной пар. Уже от вида потребителей и виды тепловой энергии будут выбирать параметры теплоносителя.

В настоящее время в Кемеровской области работают 7 крупных ТЭЦ и ГРЭС общей мощностью около 5 ГВт, и 140 местных котельных. А также эксплуатируются 14 (КРП) контрольно-распределительных пунктов, с помощью которых происходит обеспечение теплом 4-рех районов г.Кемерово: Ленинский, Кировский, Центральный, Заводский. Лидирующей компанией по выработке тепла является Кузбассэнерго. За последние годы на всех станция были реализованы программы по реконструкции котлоагрегатов и модернизация самих станций, а также автоматизировано регулирование основных параметров оборудования. Так после реконструкции на Ново-Кемеровской ТЭЦ, котлы были переведены на другую марку угля, что привело к снижению себестоимости производства энергии и снижению выбросов.

Для дальнейшей работы сформулируем цель: определение тепловых нагрузок района теплоснабжения на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение, построение графической зависимости продолжительности тепловой нагрузки, выбор системы теплоснабжения, выполнение гидравлического расчета, построение пьезометрического графика, расчет и выбор основного оборудования индивидуального теплового пункта, выбор и расчет оборудования тепловых сетей.

## **ГЛАВА 1 ПОТРЕБЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК**

Бесперебойная подача тепла, является главной задачей системы теплоснабжения. Тепло может подаваться как коммунальным потребителям (на вентиляцию, ГВС и отопление), так и на технологические нужды. В первом случае, потребителей называют сезонными, а использующие ими нагрузки – сезонными. А во втором случае, круглогодичными. Также отметим, что на использование сезонных нагрузок, тепло расходуется непрерывно. Но только при выполнении условия, что температура наружного воздуха имеет низкое значение. А второй вид нагрузок, тепловая энергия будет расходоваться непрерывно на всем протяжении года, и практически не зависеть от значений температур наружного воздуха [1].

Система теплоснабжения отвечает за транспортировку необходимого количества тепла к тепловым пунктам, к которым в дальнейшем присоединяются местные системы теплоснабжения. В виду этого, появляется необходимость в обеспечении потребителей круглогодичной подачей тепла с кратковременным перерывом в летний период, с целью ремонта системы теплоснабжения. При этом необходимо контролировать, чтобы обслуживание и регулирование системы проходили с наибольшей экономией количества тепла во всей системе теплоснабжения. Для транспортировки теплоты от источника к тепловым потребителям, и дальнейшее его распределения используют тепловые сети.

### **1.1 Расчет тепловых нагрузок района теплоснабжения**

Если проектные данные отсутствуют, тогда отопительные тепловые нагрузки будут определяться по укрупнённым показателям. В них входят: отпуск тепла на горячее водоснабжение, вентиляцию и отопление.

Приведем исходные данные для расчета нагрузок района теплоснабжения в таблицу 1.1.



Таблица 1 – Исходные данные

| №              | Потребители<br>тепла       | Кол-во<br>зданий | Общий<br>объем<br>здания, м <sup>3</sup> | Климатический<br>район | Тип<br>системы<br>теплоснаб-<br>жения | Темпера-<br>турный<br>график,<br>°С |
|----------------|----------------------------|------------------|------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Микрорайон №20 |                            |                  |                                          |                        |                                       |                                     |
| 1              | Жилой дом<br>9-эт., 140кв. | 8                | 21120                                    | г. Кемерово            | закрытая                              | 140/70                              |
| 2              | Жилой дом<br>5-эт., 120кв. | 7                | 18880                                    |                        |                                       |                                     |
| 3              | Столовая на<br>50 мест     | 1                | 1200                                     |                        |                                       |                                     |
| 4              | Школа на 532<br>уч., 2-эт. | 1                | 12100                                    |                        |                                       |                                     |

Для города Кемерово [1, табл. П.2.1, стр. 136]:

продолжительность отопительного периода  $n = 5568$  ч.

значение средней температуры отопительного периода  $t_{o.n.} = -8,8$  °С;

значение расчетной температуры на вентиляцию:  $t_v = -24$  °С;

значение расчетной температуры на отопление:  $t_n = -39$  °С;

Температуру внутреннего воздуха  $t_g$  помещений [1, табл. П.2.5, стр. 139]:

для жилых зданий значение температуры внутреннего воздуха:  $t_g = 20$  °С;

для помещения столовой значение температуры внутреннего воздуха:  $t_g = 16$  °С;

для помещения школы значение температуры внутреннего:  $t_g = 16$  °С.

### 1.1.1 Определение расчётной тепловой нагрузки на отопление

Прежде, чем начать проектировать отопление, в первую очередь необходимо, чтобы баланс между потерями тепла в помещении и теплопритоком от системы отопления сопоставлялись.

На основе этого сформулируем основную задачу отопления, которая гласит: внутри помещения температуру нужно поддерживать на заданном уровне. [1].

Тепловые потери  $Q_T$  через наружные ограждения определяем по укрупненным показателям :

$$Q_{ov}^p = \beta \cdot q_{ov} \cdot V_n \cdot (t_g - t_o^p) \cdot 10^{-6}, MBm; \quad (1.1.1.1)$$

где  $q_{ov}$  — является удельной отопительной характеристикой на отопление  $1 \text{ м}^3$ , и измеряется в  $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ , [1, табл. П.2.3, П.2.5];

$t_g$  — в отапливаемом помещении обозначается как температура внутреннего воздуха,  $^\circ\text{C}$ ;

$\beta$  — коэффициент поправочный, который учитывает климат района [1, табл. П.2.4];

$t_o^p$  — для проектирования отопления, является расчетной температурой наружного воздуха, определяется для каждого района,  $^\circ\text{C}$ . [1, табл. П.2.1.

$V_n$  — наружный объем здания,  $\text{м}^3$ ;

На отопление значение максимального теплового потока можно рассчитать по (1)

$$Q_o^p (9 - \text{эт.}) = 0,91 \cdot 0,43 \cdot 21120 \cdot (20 - (-39)) \cdot 10^{-6} = 0,488 MBm;$$

$$Q_o^p (5 - \text{эт.}) = 0,91 \cdot 0,43 \cdot 18880 \cdot (20 - (-39)) \cdot 10^{-6} = 0,436 MBm;$$

$$Q_o^p (\text{стол.}) = 0,91 \cdot 0,41 \cdot 1200 \cdot (16 - (-39)) \cdot 10^{-6} = 0,025 MBm;$$

$$Q_o^p (\text{школа}) = 0,91 \cdot 0,38 \cdot 12100 \cdot (16 - (-39)) \cdot 10^{-6} = 0,230 MBm.$$

После того, как были определены значения максимального теплового потока, определяются величины среднего теплового потока при средней  $t_n^{cp}$  температуре наружного воздуха за отопительный период:

$$Q_o = Q_o^p \cdot \frac{(t_g - t_n^{cp})}{(t_g - t_o^p)}, MBm, \quad (1.1.1.2)$$

где  $t_n^{cp}$  — за отопительный период, средняя температура наружного воздуха, [1, табл. П.2.1],  $^\circ\text{C}$ .

$$Q_o (9 - \text{эт.}) = 0,488 \cdot \frac{(20 - (-8,8))}{(20 - (-39))} = 0,238 MBm;$$

$$Q_o(5 - \text{эт.}) = 0,436 \cdot \frac{(20 - (-8,8))}{(20 - (-39))} = 0,213 \text{ MBт};$$

$$Q_o(\text{стол.}) = 0,025 \cdot \frac{(16 - (-8,8))}{(16 - (-39))} = 0,011 \text{ MBт};$$

$$Q_o(\text{школа}) = 0,230 \cdot \frac{(16 - (-8,8))}{(16 - (-39))} = 0,104 \text{ MBт}.$$

### 1.1.2 Определение расчётной тепловой нагрузки на вентиляцию

Воспользовавшись формулой (1.1.2.1), определим необходимое значение максимального теплового потока на вентиляцию:

$$Q_{\text{в}}^p = \beta \cdot q_{\text{в}} \cdot V_{\text{н}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{нв}}) \cdot 10^{-6}, \text{ MBт}; \quad (1.1.2.1)$$

$t_{\text{нв}}$  – расчетное значение температуры наружного воздуха для вентиляции, °C, [1, табл. П.2.1].

$q_{\text{в}}$  – значение удельной вентиляционной характеристики, Вт/(м<sup>3</sup> · °C), (табл. П.2.5, [1];

Так как в жилых домах осуществляется естественная вентиляция, воздухообмен происходит за счет разницы давления снаружи и внутри здания. Поэтому  $Q_{\text{в}}^p = Q_{\text{в}}^{\text{сп}} = 0 \text{ MBт}$ .

Расчет проводим, только для помещений столовой и школы.

$$Q_{\text{в}}^p(\text{стол.}) = 0,91 \cdot 0,81 \cdot 1200 \cdot (16 - (-24)) \cdot 10^{-6} = 0,035 \text{ MBт};$$

$$Q_{\text{в}}^p(\text{школа}) = 0,91 \cdot 0,081 \cdot 12100 \cdot (16 - (-24)) \cdot 10^{-6} = 0,036 \text{ MBт}.$$

После определения максимального теплового потока на вентиляцию, рассчитываются величины, при значении средней температуры воздуха в течение отопительного периода, среднего теплового потока на нужды вентиляции

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{в}}^p \cdot \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{\text{сп}})}{(t_{\text{в}} - t_{\text{нв}})}, \text{ MBт}, \quad (1.1.2.2)$$

$$Q_{\text{в}}(\text{стол.}) = 0,035 \cdot \frac{(16 - (-8,8))}{(16 - (-24))} = 0,022 \text{ MBт};$$

$$Q_{\text{в}}(\text{школа}) = 0,036 \cdot \frac{(16 - (-8,8))}{(16 - (-24))} = 0,022 \text{ MBт}.$$

### 1.1.3 Определение расчётной тепловой нагрузки на горячее водоснабжение

На протяжении всего отопительного сезона, потребителями тепло на использующееся на ГВС тратится в небольших количествах. Но при этом наблюдается увеличение показателя неравномерности по часам суток. В виду того, что на протяжении летнего периода, значения температуры водопроводной воды повышается по сравнению с зимнем периода, а также большое количество людей выезжает загород, это приводит к снижению расхода тепла на нужды ГВС на 30-35% в летнее время.

$$Q_{гвс}^{cp} = \frac{1,2 \cdot m \cdot (a + b) \cdot (t_z - t_x) \cdot c}{T} \cdot 10^{-6}, MBm, \quad (1.1.3.1)$$

где 1,2 – число, которое учитывает количество теплоты, которое теряется местных установках ГВС;

$b$  – принимаем равной 25л/сут на 1 чел, и называется нормой расхода воды на горячее водоснабжение (общественные здания).

$a$  – принимаем в зависимости от степени комфортности, л/сут на 1 чел., [1, табл. П.2.7, стр. 143], и называется нормой расхода воды на горячее водоснабжение на человека в сутки, который приживает в здании с ГВС.

$m$  – значение расчетного числа потребителей горячей воды, чел.;

$t_x$  – температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период (при отсутствии данных принимается равной 5°C),  $t_x = 5^\circ\text{C}$ ;

$t_z$  – температура горячей воды в системе горячего водоснабжения, °C;

$c$  – принимаем равной 4,187кДж/(кг·°C) (1ккал/(кг·°C)), удельная изобарная теплоемкость воды.

$T$  – длительность подачи (в часах) теплоты на горячее водоснабжение в течение суток;

Число жителей принимается из условия проживания в среднем в одной квартире 3-х человек.

В 9-эт. доме 140 квартир, число жителей в одном 9-эт. доме:

$$3 \cdot 140 = 420 \text{ чел.}$$

В 5-эт. доме 120 квартир, число жителей в одном 5-эт. доме:

$$3 \cdot 120 = 360 \text{ чел.}$$

Нормы расхода воды принимаем по табл. П.2.7, [1]:

на 1 жителя -120л/сут.; на 1 ученика в смену – 8л.; на 1 блюдо в столовой – 2л.

Расчет условного количества блюд производится по формуле [3, стр. 85]:

$U = 2,2 \cdot f \cdot n \cdot a$ ; где 2,2 – количество условных блюд, потребляемых одним посетителем; а – количество посадок в час, для столовых в городах  $a = 2$ ; n – количество посадочных мест;  $f$  – коэффициент одновременно реализуемых блюд, для столовых в городах  $f = 0,45$ .

$$U = 2,2 \cdot 0,45 \cdot 50 \cdot 2 = 99 \text{ блюд в час.}$$

Примем время работы столовой с 8-00 до 20-00 часов.

Количество блюд в смену:  $U = 99 \cdot 12 = 1188 \text{ блюд.}$

Тепловая нагрузка на ГВС рассчитывается по формуле (5):

$$Q_{\text{гвс}}^{\text{cp}}(9 - \text{эт.}) = \frac{1,2 \cdot 420 \cdot 120 \cdot (60 - 5) \cdot 4,187}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} = 0,161 \text{ МВт};$$

$$Q_{\text{гвс}}^{\text{cp}}(5 - \text{эт.}) = \frac{1,2 \cdot 360 \cdot 120 \cdot (60 - 5) \cdot 4,187}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} = 0,138 \text{ МВт};$$

$$Q_{\text{гвс}}^{\text{cp}}(\text{стол.}) = \frac{1,2 \cdot 1188 \cdot 2 \cdot (60 - 5) \cdot 4,187}{12 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} = 0,015 \text{ МВт};$$

$$Q_{\text{гвс}}^{\text{cp}}(\text{школа}) = \frac{1,2 \cdot 532 \cdot 8 \cdot (60 - 5) \cdot 4,187}{12 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} = 0,027 \text{ МВт.}$$

Для определения максимального значения теплового потока га горячее водоснабжение воспользуемся следующей формулой.:

$$Q_{\text{гвс}}^{\text{max}} = 2,4 \cdot Q_{\text{гвс}}^{\text{cp}}, \text{ МВт}, \quad (1.1.3.2)$$

$$Q_{\text{гвс}}^{\text{max}}(9 - \text{эт.}) = 2,4 \cdot 0,161 = 0,386 \text{ МВт};$$

$$Q_{\text{гвс}}^{\text{max}}(5 - \text{эт.}) = 2,4 \cdot 0,138 = 0,331 \text{ МВт};$$

$$Q_{\text{гвс}}^{\text{max}} (\text{стол.}) = 2,4 \cdot 0,015 = 0,036 \text{ MBm};$$

$$Q_{\text{гвс}}^{\text{max}} (\text{школа}) = 2,4 \cdot 0,027 = 0,065 \text{ MBm}.$$

где  $2,4=1,2 \cdot 2$

1,2 – коэффициент недельной неравномерности расхода теплоты [3, стр.70]. Для жилых зданий принимается равным 1,2.

2 – коэффициент неравномерности расхода теплоты за сутки наибольшего водопотребления, для городов и населенных пунктов принимается 2.

После чего определяем средний поток на нужды ГВС в летний период, воспользовавшись формулой (6):

$$Q_{\text{гвсл}}^{\text{cp}} = Q_{\text{гвс}}^{\text{cp}} \cdot \frac{(t_{\text{г}} - t_{\text{л}})}{(t_{\text{г}} - t_{\text{н}})} \cdot \beta, \text{ MBm}, \quad (1.1.3.3)$$

где  $t_{\text{г}}$  – температура горячей воды в системе ГВС, °C;

$\beta$  – если отсутствуют данные, то для предприятий принимают значение коэффициента 1, для жилого сектора 0,8, а для курортного района 1,5. Данный коэффициент вводится, для учета изменений значений среднего расхода отношения летнего периода к отопительному.

Если значения не заданы, то значение температуры водопроводной воды в отопительный период принимают  $t_{\text{н}}=5$  °C, в неотапливаемый  $t_{\text{л}}=15$ °C.

Воспользовавшись формулой (1.1.3.3) найдем в летний период количество среднего теплового потока на нужды горячего водоснабжения:

$$Q_{\text{гвсл}}^{\text{cp}} (9 - \text{эт.}) = 0,161 \cdot \frac{(60 - 15)}{(60 - 5)} \cdot 0,8 = 0,116 \text{ MBm};$$

$$Q_{\text{гвсл}}^{\text{cp}} (5 - \text{эт.}) = 0,138 \cdot \frac{(60 - 15)}{(60 - 5)} \cdot 0,8 = 0,09 \text{ MBm};$$

$$Q_{\text{гвсл}}^{\text{cp}} (\text{стол.}) = 0,015 \cdot \frac{(60 - 15)}{(60 - 5)} = 0,0123 \text{ MBm};$$

$$Q_{\text{гвсл}}^{\text{cp}} (\text{школа}) = 0,027 \cdot \frac{(60 - 15)}{(60 - 5)} = 0,022 \text{ MBm}.$$

### 1.1.4 Определение расчётной тепловой нагрузки микрорайона

Для того чтобы получить значение общей тепловой нагрузки микрорайона, необходимо определить отдельно каждый вид нагрузки, а затем сложить.

$$Q_{\text{мкр}}^P = \sum_1^k Q_0^P + \sum_1^l Q_{\text{в}}^P + \sum_1^m Q_{\text{гвс}}^{\text{max}}, \text{MBm}, \quad (1.1.4.1)$$

где  $m$ ,  $l$ ,  $k$ , – соответственно количество потребителей, которые имеют следующие виды нагрузок: ГВС, вентиляционную и отопительную.

$$\sum_1^k Q_0^P = 0,488 \cdot 8 + 0,436 \cdot 7 + 0,025 + 0,230 = 7,211 \text{MBm};$$

$$\sum_1^l Q_{\text{в}}^P = 0,035 + 0,036 = 0,071 \text{MBm};$$

$$\sum_1^m Q_{\text{гвс}}^{\text{max}} = 0,386 \cdot 8 + 0,331 \cdot 7 + 0,036 + 0,065 = 5,506 \text{MBm};$$

$$Q_{\text{мкр}}^P = 7,211 + 0,071 + 5,506 = 12,788 \text{MBm}.$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 2

Таблица 2 – Расчетные тепловые нагрузки

| №п/п | Наименование       | V              | Qo    | Qв | Qгвс  | Qсум  |
|------|--------------------|----------------|-------|----|-------|-------|
|      |                    | м <sup>3</sup> | МВт   |    |       |       |
| 1    | Жилой дом 9-этажей | 21 120         | 0,488 | 0  | 0,386 | 0,874 |
| 2    | Жилой дом 9-этажей | 21 120         | 0,488 | 0  | 0,386 | 0,874 |
| 3    | Жилой дом 9-этажей | 21 120         | 0,488 | 0  | 0,386 | 0,874 |
| 4    | Жилой дом 9-этажей | 21 120         | 0,488 | 0  | 0,386 | 0,874 |
| 5    | Жилой дом 9-этажей | 2 1120         | 0,488 | 0  | 0,386 | 0,874 |
| 6    | Жилой дом 9-этажей | 21 120         | 0,488 | 0  | 0,386 | 0,874 |
| 7    | Жилой дом 9-этажей | 21 120         | 0,488 | 0  | 0,386 | 0,874 |
| 8    | Жилой дом 9-этажей | 21 120         | 0,488 | 0  | 0,386 | 0,874 |
| 9    | Жилой дом 5-этажа  | 18 800         | 0,436 | 0  | 0,331 | 0,767 |
| 10   | Жилой дом 5-этажа  | 18 800         | 0,436 | 0  | 0,331 | 0,767 |
| 11   | Жилой дом 5-этажа  | 18 800         | 0,436 | 0  | 0,331 | 0,767 |
| 12   | Жилой дом 5-этажа  | 18 800         | 0,436 | 0  | 0,331 | 0,767 |
| 13   | Жилой дом 5-этажа  | 18 800         | 0,436 | 0  | 0,331 | 0,767 |
| 14   | Жилой дом 5-этажа  | 18 800         | 0,436 | 0  | 0,331 | 0,767 |

|    |                       |        |       |       |       |        |
|----|-----------------------|--------|-------|-------|-------|--------|
| 15 | Жилой дом 5-этажа     | 18 800 | 0,436 | 0     | 0,331 | 0,767  |
| 16 | Столовая на 50 мест   | 1 200  | 0,025 | 0,035 | 0,036 | 0,096  |
| 17 | Школа на 532 уч, 2эт. | 12 100 | 0,230 | 0,036 | 0,065 | 0,331  |
|    | Всего                 |        | 7,211 | 0,071 | 5,506 | 12,788 |

## 1.2 Построение графической зависимости продолжительности тепловой нагрузки

Благодаря известным значениям годового расхода тепла на теплоснабжение, и значении потребления тепла в отдельные временные периоды (отопительный, суточный, месячный), можно получить: расход топлива, режимы использования оборудования и графиков его ремонта [3].

Годовой расход теплоты можно определить следующими способами: графически (при помощи графика (графика Рассандера) продолжительности тепловой нагрузки, по расчетным формулам. Произведем расчет годового расхода теплоты двумя способами, после чего произведем анализ полученных результатов.

Воспользовавшись формулой (1.2.1), рассчитаем, какое количество используют потребители района теплоснабжения годового расхода теплоты

$$Q = Q_o^{zod} + Q_g^{zod} + Q_{zvc}^{zod} + Q_T^{zod}, ГДж, \quad (1.2.1)$$

где  $Q_o^{zod}, Q_g^{zod}, Q_{zvc}^{zod}, Q_T^{zod}$  – значение годовых расходов тепла на горячее водоснабжение, технологические нужды, вентиляцию, отопление.

### 1.2.1 Определение значения годового расхода тепла на отопление

Значение годового расхода тепла на отопление рассчитывается в соответствии с формулой (1.2.1.1)

$$Q_o^{zod} = Q_o^{cp} \cdot \left[ (n_o - n_d) + n_d \cdot \frac{t_{сд} - t_n^{cpo}}{t_{ср} - t_n^{cpo}} \right], ГДж, \quad (1.2.1.1)$$

где  $Q_o^{cp}$  – значение средней нагрузки на отопительный период, МВт;

$$Q_o^{cp} = Q_{oc}^p \cdot \frac{t_{ср} - t_n^{cpo}}{t_{ср} - t_{но}}, \quad (1.2.1.2)$$



где  $n_o$  – величина, характеризующая продолжительность отопительного периода (продолжительность работы системы отопления), с/год или ч/год (для жилых и общественных зданий);

под  $n_o$  понимают, какую длительность работает дежурное отопление, ч/год (с/год).

под  $t_{\theta o}$  подразумевается значение температуры воздуха внутри помещения при длительности работы дежурного отопления, °С.

$t_n^{cpo}$  – величина средней температуры наружного воздуха (за любой интервал отопительного периода), °С, определяется по формуле:

$$t_n^{cpo} = \frac{n_1 \cdot t_{n_1}^{cp} + n_2 \cdot t_{n_2}^{cp} + \dots + n_m \cdot t_{n_m}^{cp}}{n_1 + n_2 + \dots + n_m}, ^\circ C.$$

$$t_n^{cpo} = \frac{513 \cdot 7,5 + 818 \cdot 2,5 + 885 \cdot (-2,5) + 885 \cdot (-7,5) + 883 \cdot (-12,5) + 658 \cdot (-17,5) + 432 \cdot (-22,5) + 287 \cdot (-25,5) + 117 \cdot (-32,5) + 75 \cdot (-37,5) + 15 \cdot (-40)}{(513 + 818 + 885 + 885 + 883 + 658 + 432 + 287 + 117 + 75 + 15)} = -9,1^\circ C.$$

Длительность работы дежурного отопления в жилых зданиях отсутствует, следовательно, этот параметр равен 0. Поэтому формула (1.2.1.3) примет следующий вид

$$Q_o^{zod} = Q_o^{cp} \cdot n_o, ГДж, \quad (1.2.1.3)$$

Продолжительность отопительного сезона  $n_o = 5568$  ч., [1, табл. П.2.1].

$$Q_o^{zod} (9 - \text{эт.}) = 0,488 \cdot 3,6 \cdot \left( \frac{20 - (-9,1)}{20 - (-39)} \right) \cdot 5568 = 4824,613 \text{ ГДж};$$

$$Q_o^{zod} (5 - \text{эт.}) = 0,436 \cdot 3,6 \cdot \left( \frac{20 - (-9,1)}{20 - (-39)} \right) \cdot 5568 = 4310,515 \text{ ГДж};$$

$$Q_o^{zod} (\text{стол.}) = 0,025 \cdot 3,6 \cdot \left( \frac{16 - (-9,1)}{16 - (-39)} \right) \cdot 5568 = 228,693 \text{ ГДж};$$

$$Q_o^{zod} (\text{школа}) = 0,230 \cdot 3,6 \cdot \left( \frac{16 - (-9,1)}{16 - (-39)} \right) \cdot 5568 = 2103,975 \text{ ГДж}.$$

## 1.2.2 Определение значения годового расхода тепла на нужды вентиляции

Для определения значения годового расхода тепла на нужды вентиляции воспользуемся формулой (1.2.2.1)

$$Q_g^{zod} = Q_g^p \cdot \left[ n_g + \frac{t_{gp} - t_n^{cp6}}{t_{gp} - t_{ng}^p} \cdot (n_o - n_g) \right] \cdot \left( 1 - \frac{n_g^e}{n_0} \right), ГДж, \quad (1.2.2.1)$$

где  $Q_g^p$  – значение расчетного расхода тепла на систему вентиляции, МВт;

$n_g$  – продолжительность отопительного периода с температурой наружного воздуха  $t_n < t_{ng}$  (при  $t_n = t_{no}$ ,  $n_g = 0$ ), ч;

$n_{o0}$  – величина, характеризующая продолжительность отопительного периода, вентиляция не используется, ч;

$t_n^{cp6}$  – средняя температура наружного воздуха в интервале от начала отопительного периода  $t_n = t_{нк}$  до  $t_n = t_{ng}$ , °С.

$$t_n^{cp6} = \frac{513 \cdot 7,5 + 818 \cdot 2,5 + 885 \cdot (-2,5) + 885 \cdot (-7,5) + 883 \cdot (-12,5) + 658 \cdot (-17,5) + 432 \cdot (-22,5)}{(513 + 818 + 885 + 885 + 883 + 658 + 432)} = -6,9^\circ C.$$

Воспользовавшись формулой (1.2.2.1) определим значение годового расхода тепла на систему вентиляции:

Так как в жилых домах осуществляется естественная вентиляция, воздухообмен происходит за счет разницы давления снаружи и внутри здания.

Поэтому  $Q_g^{zod} = 0$  МВт.

Следовательно, расчет проводим только для помещений столовой и школы:

$$Q_{\text{с}}^{\text{год}}(\text{стол.}) = 0,035 \cdot 3,6 \cdot \frac{16}{24} \cdot \left[ 5074 + \frac{16 - (-6,9)}{16 - (-24)} \cdot (5568 - 5074) \right] \cdot \left( 1 - \frac{494}{5568} \right) = 410,1 \text{ ГДж};$$

$$Q_{\text{с}}^{\text{год}}(\text{школа}) = 0,036 \cdot 3,6 \cdot \frac{16}{24} \cdot \left[ 5074 + \frac{16 - (-6,9)}{16 - (-24)} \cdot (5568 - 5074) \right] \cdot \left( 1 - \frac{494}{5568} \right) = 421,77 \text{ ГДж}.$$

### 1.2.3 Определение значения годового расхода тепла на систему горячего водоснабжения

Для определения значения годового расхода тепла на систему горячего водоснабжения воспользуемся формулой (1.2.3.1)

$$Q_{\text{гвс}}^{\text{год}} = Q_{\text{гвс}}^{\text{ср}} \cdot \left[ n_o + \varphi_{\text{гвс}}^{\text{л}} \cdot \frac{t_{\text{с}} - t_{\text{х}}^{\text{л}}}{t_{\text{с}} - t_{\text{х}}^{\text{з}}} \cdot (n_{\text{с}} - n_o) \right], \text{ ГДж}, \quad (1.2.3.1)$$

$Q_{\text{гвс}}^{\text{ср}}$  — средненедельный расход тепла на горячее водоснабжение, МВт;

$n_{\text{с}}$  — если отсутствуют данные применяется  $n_{\text{с}} = 8400 \text{ ч} / \text{год}$ ; учитывает длительность работы системы горячего водоснабжения;

$\varphi_{\text{гвс}}^{\text{л}}$  — коэффициент учитывающий, изменения значения часового расхода воды на нужды ГВС за летний сезон,  $\varphi_{\text{гвс}}^{\text{л}} = 0,8$ ;

$t_{\text{с}}, t_{\text{х}}^{\text{л}}, t_{\text{х}}^{\text{з}}$  — под данными значениями подразумевают, температуры водопроводной воды в зимний и летний период, а также горячей воды, °С.

Для нахождения значений годового расхода тепла на систему ГВС используем формулу (1.2.3.1)

$$Q_{\text{гвс}}^{\text{год}}(9 - \text{эт.}) = 0,161 \cdot 3,6 \cdot \left[ 5568 + 0,8 \cdot \frac{60 - 15}{60 - 5} \cdot (8400 - 5568) \right] = 4301,6 \text{ ГДж};$$

$$Q_{\text{гвс}}^{\text{год}}(5 - \text{эт.}) = 0,138 \cdot 3,6 \cdot \left[ 5568 + 0,8 \cdot \frac{60 - 15}{60 - 5} \cdot (8400 - 5568) \right] = 3687,087 \text{ ГДж};$$

$$Q_{\text{гвс}}^{\text{год}}(\text{стол.}) = 0,015 \cdot 3,6 \cdot \left[ 5568 + 0,8 \cdot \frac{60 - 15}{60 - 5} \cdot (8400 - 5568) \right] = 400,77 \text{ ГДж};$$

$$Q_{\text{звс}}^{\text{зод}}(\text{школа}) = 0,027 \cdot 3,6 \cdot \left[ 5568 + 0,8 \cdot \frac{60-15}{60-5} \cdot (8400 - 5568) \right] = 721,387 \text{ ГДж}.$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 3.

Таблица 3 – Годовые расходы тепла

| №п/п | Наименование          | Q <sub>о</sub> | Q <sub>в</sub> | Q <sub>гвс</sub> | Q <sub>сум</sub> |
|------|-----------------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
|      |                       | МВт            |                |                  |                  |
| 1    | Жилой дом 9-этажей    | 4 824,613      | 0              | 4 301,6          | 9 126,213        |
| 2    | Жилой дом 9-этажей    | 4 824,613      | 0              | 4 301,6          | 9 126,213        |
| 3    | Жилой дом 9-этажей    | 4 824,613      | 0              | 4 301,6          | 9 126,213        |
| 4    | Жилой дом 9-этажей    | 4 824,613      | 0              | 4 301,6          | 9 126,213        |
| 5    | Жилой дом 9-этажей    | 4 824,613      | 0              | 4 301,6          | 9 126,213        |
| 6    | Жилой дом 9-этажей    | 4 824,613      | 0              | 4 301,6          | 9 126,213        |
| 7    | Жилой дом 9-этажей    | 4 824,613      | 0              | 4 301,6          | 9 126,213        |
| 8    | Жилой дом 9-этажей    | 4 824,613      | 0              | 4 301,6          | 9 126,213        |
| 9    | Жилой дом 5-этажа     | 4 310,515      | 0              | 3 687,087        | 7 997,602        |
| 10   | Жилой дом 5-этажа     | 4 310,515      | 0              | 3 687,087        | 7 997,602        |
| 11   | Жилой дом 5-этажа     | 4 310,515      | 0              | 3 687,087        | 7 997,602        |
| 12   | Жилой дом 5-этажа     | 4 310,515      | 0              | 3 687,087        | 7 997,602        |
| 13   | Жилой дом 5-этажа     | 4 310,515      | 0              | 3 687,087        | 7 997,602        |
| 14   | Жилой дом 5-этажа     | 4 310,515      | 0              | 3 687,087        | 7 997,602        |
| 15   | Жилой дом 5-этажа     | 4 310,515      | 0              | 3 687,087        | 7 997,602        |
| 16   | Столовая на 50 мест   | 228,693        | 410,1          | 400,77           | 1 039,563        |
| 17   | Школа на 532 уч, 2эт. | 2 103,975      | 421,77         | 721,387          | 3 247,132        |
|      | Всего                 | 71 103,177     | 831,87         | 61 344,566       | 133 279,613      |

### 1.2.4 График продолжительности тепловой нагрузки

Для того, чтобы произвести на выгоднейший выбор параметров теплоносителя, установить экономический режим работы теплофикационного оборудования, и для других технико-экономических и плановых исследований, нужно знать на протяжении года при разных режимах значение длительности работы системы теплоснабжения. Следовательно, для этого необходимо построить график продолжительности тепловой нагрузки (график Россандера). [3]

Первоначально, при построении графической зависимости расхода тепла по продолжительности нагрузок (отопление, вентиляция), на оси абсцисс отмечают значение времени  $n$ . На протяжении значения этого времени, наружная температура воздуха не превосходит данной  $t_n$ . После чего, по формуле, определяют значения тепловых нагрузок, которые откладываются по оси ординат.

$$Q = Q_p \cdot \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{n,p}}$$

где  $t_g$  – в отапливаемых зданиях, характеризует среднюю температуру воздуха, которая принимается равной  $20^\circ\text{C}$ ;

$t_n$  – текущее значение температуры наружного воздуха для следующих температур  $+8, +5, 0, -10, -15, -20, -30, -35, -39$ .

$t_{np}$  – для проектирования систем отопления и вентиляции, характеризует расчетную температуру наружного воздуха.

В таблицу 4 запишем расходы при заданных температурах наружного воздуха.

Таблица 4 – Результаты расчета графиков тепловых нагрузок микрорайона

| $t_n, ^\circ\text{C}$ | $n, \text{ч}$ | $Q_o, \text{MBm}$ | $Q_g, \text{MBm}$ | $Q_{\text{звс}}^{\text{cp}}, \text{MBm}$ | $Q_{\text{сум}}, \text{MBm}$ |
|-----------------------|---------------|-------------------|-------------------|------------------------------------------|------------------------------|
| 8                     | 5568          | 1,467             | 0,014             | 2,296                                    | 3,777                        |
| 5                     | 5055          | 1,833             | 0,020             | 2,296                                    | 4,149                        |
| 0                     | 4237          | 2,444             | 0,028             | 2,296                                    | 4,769                        |
| -5                    | 3352          | 3,056             | 0,037             | 2,296                                    | 5,389                        |
| -10                   | 2467          | 3,667             | 0,046             | 2,296                                    | 6,009                        |

|     |      |       |       |       |       |
|-----|------|-------|-------|-------|-------|
| -15 | 1584 | 4,278 | 0,055 | 2,296 | 6,629 |
| -20 | 926  | 4,889 | 0,064 | 2,296 | 7,249 |
| -25 | 494  | 5,500 | 0,071 | 2,296 | 7,867 |
| -30 | 207  | 6,111 | 0,071 | 2,296 | 8,478 |
| -35 | 90   | 6,722 | 0,071 | 2,296 | 9,089 |
| -39 | 75   | 7,211 | 0,071 | 2,296 | 9,578 |

Построим график Россандера (рис. 1) по результатам представленных в таблице 4

Построение данного графика происходит по четырем квадрантам.

В верхнем левом квадрате строится зависимости тепловых нагрузок от температуры наружного воздуха. На оси ординат откладываются расчетные нагрузки микрорайона на горячее водоснабжение  $Q_{гвс}^{cp}$ , вентиляцию  $Q_v$ , отопление  $Q_o$ , а на оси абсцисс значения наружных температур  $t_n$ . Все нагрузки откладываются в масштабе 1мм=0,1 МДж/с, а температура наружного воздуха откладывается в масштабе 1мм=1°C. Далее отмечаем полученные точки на графике  $Q = f(t_n)$ , по которым проводим прямые линии.

В левом нижнем квадрате, воспользовавшись значениями таб. 4, построим график  $n = f(t_n)$ , где  $n$  – число часов отопительного периода, когда температура наружного воздуха равна рассматриваемому произвольному значению  $t_n$  или ниже его. Значение числа  $n$  откладываем в масштабе 1 мм = 100 ч.

В правом нижнем углу строим биссектрису (вспомогательную линию) под углом 45 °. Данную линию используют для переноса значений из нижнего левого квадрата в верхний правый квадрат. Значение времени  $n$  в секундах (или килосекундах) в масштабе 1мм = 400 кс откладываем на оси абсцисс графика  $Q = f(n)$ , размещенного в правом верхнем квадранте [3].

Начнем построение графика  $Q = f(n)$  с переноса на ось ординат суммарной расчетной тепловой нагрузки  $Q = 9,578 \text{ МДж/с}$  с графика  $Q = f(t_n)$  при  $n \approx 0$ . В итоге получаем 1 точку. При температуре наружного воздуха  $t_n = -35^\circ\text{C}$  из точки с

значением нагрузки  $Q = 9,089 \text{ МДж} / \text{с}$  проводим штриховую линию в левый нижний квадрат до пересечения с точкой продолжительности стояния данной температуры  $n = 90 \text{ ч}$ , далее проводим линию параллельную оси ординат в нижний правый квадрат до пересечения со вспомогательной линией откладываем результат на оси абсцисс графика  $Q = f(n)$  ( $n = 3600 \cdot 90 = 324000 \text{ с} = 324 \text{ кс}$ ). По величинам  $Q = 9,089 \text{ МДж} / \text{с}$  и  $n = 324 \text{ кс}$  наносим на графике  $Q = f(n)$  точку 2. Аналогичным способом определяем все остальные точки, после чего соединяем их между собой плавной линией. В результате получаем график  $Q = f(n)$ .

Определим площадь, которая ограничена кривой  $Q = f(n)$  и осями координат графика, которая будет равна  $3331 \text{ мм}^2$ . Так как ранее был задан масштаб оси ординат  $1 \text{ мм} = 0,1 \text{ МДж/с}$ , а оси абсцисс  $1 \text{ мм} = 400 \text{ кс}$ , следовательно масштаб площади графика будет равен

$$1 \text{ мм}^2 = 0,1 \cdot 400 \cdot 10^3 = 40 \cdot 10^3 \text{ МДж} = 40 \text{ ГДж}.$$

В итоге, получим годовой отпуск теплоты, который будет равен:

$$Q^{\text{год}} = 3331 \cdot 40 = 133240,0 \text{ ГДж} / \text{год},$$

т.е. соответствует тому значению, которое было получено аналитическим расчетом (с погрешностью  $0,03\%$ ).



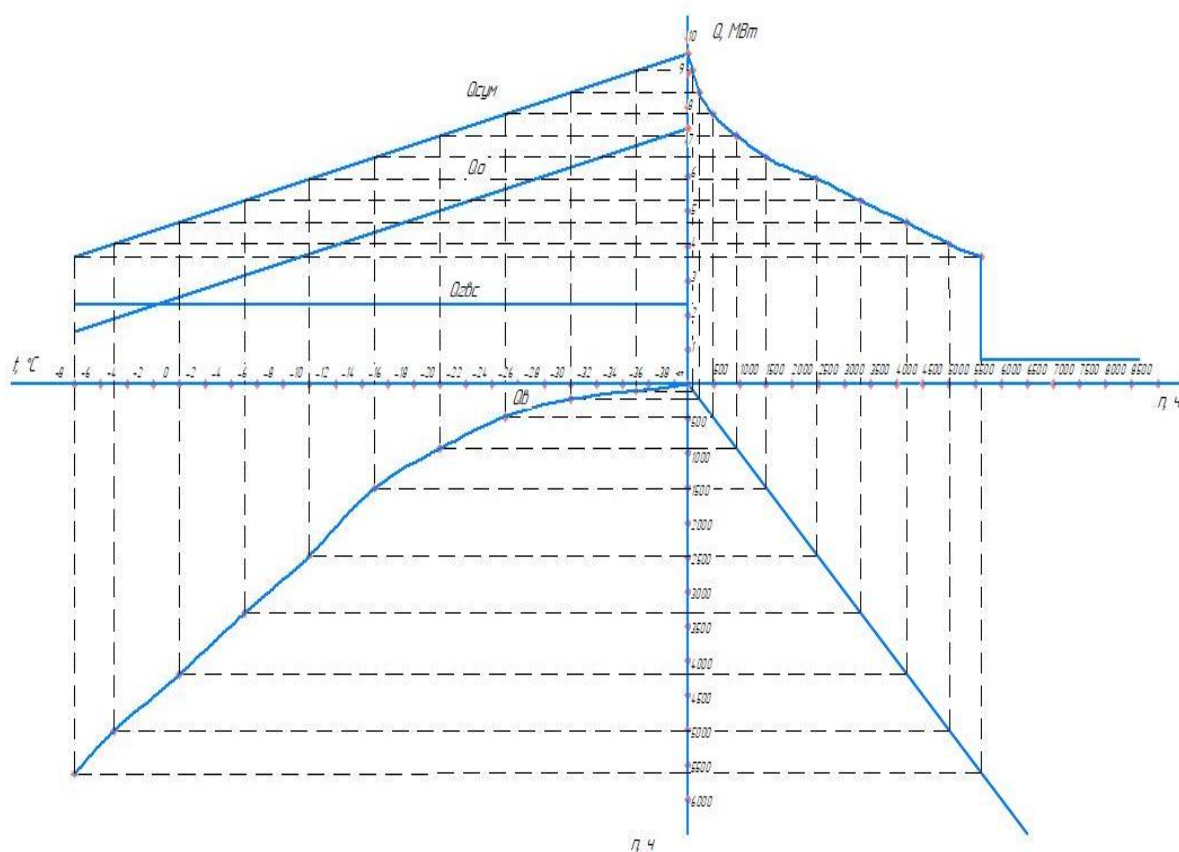


Рисунок 1 - График продолжительности сезонной тепловой нагрузки

На рисунке 1 представлен график продолжительности сезонной тепловой нагрузки. Где  $Q_{\text{сум}}$  – суммарная нагрузка (отопление, вентиляция, ГВС), МВт,  $Q_o$  – тепловая нагрузка на отопление, МВт,  $Q_v$  – тепловая нагрузка на вентиляцию, МВт,  $Q_{\text{гвс}}$  – тепловая нагрузка на ГВС, МВт,  $n$  – продолжительность периода стояния, ч.

## 1.2.5 Расчет расхода условного и натурального топлива

### 1.2.5.1 Расчет годового расхода топлива

Пусть в котле, работающем на угле, происходит сжигание топлива, значение КПД  $\eta_k = 0,85$ . Значение низшей рабочей теплотворной способности топлива составляет  $Q_n^p = 21,90 \text{ МДж} / \text{кг}$  – Кузнецкий бассейн.

По следующей формуле, рассчитаем расход удельного топлива

$$B_{y.m.} = b_{y.m.}^m \cdot Q_{zod}, \text{ кг у.т.} \quad (1.2.5.1)$$

где  $Q_{zod} = 133279,613 \text{ ГДж}$ , – какое количество теплоты отпускается потребителям.

$b_{y.m.}^m$  – значение удельного расхода условного топлива на выработку теплоты на ТЭЦ без учета потерь во внутренних коммуникациях, кг у.т.;

$$b_{y.m.}^m = \frac{10^6}{29360 \cdot \eta_k} = \frac{34,1}{\eta_k} = \frac{34,1}{0,85} = 40,12 \text{ кг у.т.} / \text{ГДж},$$

где  $10^6$  – коэффициент, учитывающий перевод единиц измерения тепловой энергии из кДж в ГДж;

29360 – теплота сгорания условного топлива, кДж/кг;

$\eta_k$  – КПД котельной ТЭЦ.

Далее необходимо пересчитать значение условного топлива в натуральное. Для этого воспользуемся следующей формулой. При этом необходимо определить значение калорийного эквивалента, и топливные характеристики.

$$B_{nat.} = \frac{B_{y.m.}}{\mathcal{E}}, \text{ т.н.т.} \quad (1.2.5.2)$$

$B_{nat.}, B_{y.m.}$  – значения, которые характеризуют необходимость котельной в топливе соответственно натуральном и условном, т.н.т.

$\mathcal{E}$  – калорийный эквивалент топлива, определяется по формуле:

$$\Xi = \frac{Q_n^p}{Q_{н.у.т.}^p} = \frac{21,90}{29,360} = 0,745 \text{ т.н.т.}$$

где  $Q_n^p, Q_{н.у.т.}^p$  – соответственно низшая теплота сгорания натурального и условного топлива, МДж/кг.

Если не учитывать количество тепла, которое теряется в трубопроводах, а также на собственные нужды котельной, тогда для расчета расхода натурального топлива, используется следующая формула.

$$B_{нат.} = \frac{5347,2}{0,745} = 7177,5 \text{ т.н.т.}$$

#### 1.2.5.2 Расчет расхода топлива за отопительный сезон

Суммарную тепловую нагрузку  $Q_{сум}$  за отопительный период, определим при помощи графика Рассандера (рис. 2.2). Для этого определяем по графику площадь, которая ограничена кривой графика  $Q = f(n)$ , осями абсцисс и ординат. Откладываем по оси абсцисс количество кс за отопительный период

$$n = 3600 \cdot 5568 = 20044800 \text{ с} = 20,04 \cdot 10^3 \text{ кс.}$$

Получим площадь равную  $2756 \text{ мм}^2$ , а отпуск теплоты за отопительный период составит:

$$Q^{од} = 2756 \cdot 40 = 110240 \text{ ГДж / отп.сез.}$$

Далее найдем значение абсолютного расхода условного топлива по следующей формуле

$$B_{у.т.} = 40,12 \cdot 110240 \cdot 10^{-3} = 4422,83 \text{ т.у.т.}$$

Пересчет условного топлива в натуральное выполняют в соответствии с характеристикой топлива и значением его калорийного эквивалента (по формуле 15):

$$B_{нат.} = \frac{4422,83}{0,746} = 5928,73 \text{ т.н.т.}$$

## ГЛАВА 2 ВЫБОР РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТПУСКА ТЕПЛА В ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ. ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА ТЕМПЕРАТУР

Используемые потребителями тепловые нагрузки, являются непостоянной величиной. Например, количество потребления сезонных нагрузок влияют такие показатели как: температура наружного воздуха, скорость ветра, одним словом, метеорологические условия. А на потребление круглогодичных нагрузок оказывает действие режим работы технологического оборудования, а также количество расхода воды на нужды ГВС.

Необходимо выбрать подходящий метод регулирования, с целью, надежного обеспечения высокого качества теплоснабжения, экономического режима выработки теплоты на станциях, с дальнейшей транспортировкой по тепловым сетям. Различают следующие методы регулирования:

- групповой (применяется в центральных тепловых пунктах),
- центральный (осуществляется на источнике теплоснабжения),
- индивидуальный (непосредственно на теплопотребляющих приборах),
- местный (на местных тепловых пунктах).

Комбинированное регулирование используется для того, чтобы обеспечить высокую экономичность теплоснабжения. Данное регулирование состоит из: центрального, группового и местного или индивидуального регулирования.

Для большого количества потребителей, одним из основным видом регулирования является центральное по типовой нагрузке. Отметим, что такой вид регулирования, подразумевает как один вид нагрузки (отопление), так и несколько (ГВС и отопление). Для того, чтобы проводить расчеты, необходимо рассчитать отношение нагрузок (ГВС и отопления).

Если значение отношения нагрузок на отопление и ГВС  $> 15\%$  ( $Q_{ср.г} / Q_o' > 15\%$ ), то такое регулирование называется центральным по совместной нагрузке.

Определим метод регулирования при получившихся нагрузках на отопление и ГВС:

$$\frac{Q_{cp.г}}{Q_o} = \frac{2,257}{7,211} = 0,3 > 0,15,$$

Так как получившееся значение превосходит 15%, для дальнейших расчетов используем центральное качественное регулирование по совместной нагрузке (ГВС и отопление).

Потребление нагрузки на ГВС приводит к завышению расхода сетевой воды, что влечет за собой рост диаметров трубопроводов, а также к повышению стоимости.

Существенным плюсом данного метода можно отметить, что в системе поддерживается постоянный расход сетевой воды, который приблизительно равен расчетным значениям расхода на отопление.

Для того, чтобы тепловая нагрузка на ГВС удовлетворялась, необходимо в подающем трубопроводе повысить значение воды, которое будет не совпадать со значением по отопительному графику.

При совместной подаче теплоты на нужды горячего водоснабжения, вентиляции и отопления, график будет зависеть от значения соотношений расчетных тепловых нагрузок.

Если в закрытой тепловой сети соотношение нагрузок равняется  $0,15 \leq \frac{Q_{cp.г}}{Q_o} \leq 0,3$ , то режим будет являться центральным регулированием по совместной нагрузке горячего водоснабжения и отопления. Следовательно, температурный график будет называться повышенным. Для построения такого графика температур по совместной нагрузке горячего водоснабжения и отопления в закрытой системе теплоснабжения, важно рассчитать значение разности температур сетевой воды по отопительно-бытовому графику. На начальном этапе необходимо построить отопительно-бытовой график регулирования. После находятся в точке излома температуры наружного воздуха.

По формуле (2.1) определим значение температурного напора в нагреваемых системах:

$$\Delta t_o' = \frac{\tau_3^p + \tau_{20}^p}{2} - t_{ep}, \text{ } ^\circ C, \quad (2.1)$$

где  $t_{ep} = 20^\circ C$  – значение расчетной внутри помещения температуры воздуха;

$\tau_3^p = 95^\circ C$  – значение расчетной температуры сетевой воды перед системой отопления;

$\tau_{20}^p = 70^\circ C$  – значение расчетной температуры сетевой воды в обратном трубопроводе.

Следовательно:

$$\Delta t_o' = \frac{\tau_3^p + \tau_{20}^p}{2} - t_{ep} = \frac{95 + 70}{2} - 20 = 62,5^\circ C.$$

Воспользовавшись формулой (2.2) можно определить значение необходимого перепада температур сетевой воды:

$$\delta \tau_o' = \tau_{10}^p - \tau_{20}^p = 140 - 70 = 70^\circ C; \quad (2.2)$$

$\tau_{10}^p = 140^\circ C$  – значение расчетной температура сетевой воды в подающем трубопроводе.

По формуле (2.3) рассчитаем необходимый перепад температур в приборах отопления:

$$\theta' = \tau_3^p - \tau_{20}^p, \text{ } ^\circ C, \quad (2.3)$$

$$\theta' = \tau_3^p - \tau_{20}^p = 95 - 70 = 25^\circ C.$$

Далее найдем относительную отопительную нагрузку:

$$\bar{Q}_o^p = \frac{t_{ep} - t_n}{t_{ep} - t_{no}}, \quad (2.4)$$

где  $t_{no}$  – расчетная наружная температура воздуха для отопления,  
 $t_{no} = -39^\circ C$ ,

$t_n$  – текущая температура наружного воздуха,  $^\circ C$ .

По формулам (2.4 и 2.5) находятся значения температур сетевой воды в подающем и обратном трубопроводе:

$$\tau_1 = t_{ep} + \Delta t_o' \cdot (\bar{Q}_o^p)^{0,8} + (\delta\tau_o' - 0,5 \cdot \theta') \cdot \bar{Q}_o^p, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2.4)$$

$$\tau_{20} = t_{ep} + \Delta t_o' \cdot (\bar{Q}_o^p)^{0,8} - 0,5 \cdot \theta' \cdot \bar{Q}_o^p, \text{ } ^\circ\text{C}; \quad (2.5)$$

где  $t_{ep}$  – расчетная температура воздуха внутри помещения,  $^\circ\text{C}$ ;

$\Delta t_o'$  – температурный напор в нагревательных системах,  $^\circ\text{C}$ , (формула 15);

$\bar{Q}_o^p$  – относительная отопительная нагрузка, (формула 2.4);

$\delta\tau_o'$  – перепад температур сетевой воды,  $^\circ\text{C}$ , (формула 2.2);

$\theta'$  – перепад температур в отопительных приборах,  $^\circ\text{C}$ , (формула 2.3).

Результаты расчетов занесем в таблицу 3.1 для построения отопительно-бытового графика по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения.

Таблица 5 – Расчетные данные для построения отопительно-бытового графика

| Принятые значения температур наружного воздуха, $t_{нв}, ^\circ\text{C}$ | Температура воздуха внутри помещения, $t_{вн}, ^\circ\text{C}$ | Температура воды перед отопительной системой, $t_3, ^\circ\text{C}$ | Расчетный перепад температур сетевой воды, $\Delta t_p, ^\circ\text{C}$ | То же для систем отопления, $\theta, ^\circ\text{C}$ | Расчетная разность температур для отопительных приборов, $\Delta t_{сп}, ^\circ\text{C}$ | Относительный расход теплоты для отопления, $Q$ | Температура сетевой воды в подающей линии, $t_1, ^\circ\text{C}$ | То же в обратной линии, $t_2, ^\circ\text{C}$ |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1                                                                        | 2                                                              | 3                                                                   | 4                                                                       | 5                                                    | 6                                                                                        | 7                                               | 8                                                                | 9                                             |
| 8                                                                        | 20                                                             | 95                                                                  | 70                                                                      | 25                                                   | 62,5                                                                                     | 0,203                                           | 70,0                                                             | 43,8                                          |
| 7                                                                        | 20                                                             | 95                                                                  | 70                                                                      | 25                                                   | 62,5                                                                                     | 0,220                                           | 70,0                                                             | 43,8                                          |
| 6                                                                        | 20                                                             | 95                                                                  | 70                                                                      | 25                                                   | 62,5                                                                                     | 0,237                                           | 70,0                                                             | 43,8                                          |
| 5                                                                        | 20                                                             | 95                                                                  | 70                                                                      | 25                                                   | 62,5                                                                                     | 0,254                                           | 70,0                                                             | 43,8                                          |
| 4                                                                        | 20                                                             | 95                                                                  | 70                                                                      | 25                                                   | 62,5                                                                                     | 0,271                                           | 70,0                                                             | 43,8                                          |
| 3                                                                        | 20                                                             | 95                                                                  | 70                                                                      | 25                                                   | 62,5                                                                                     | 0,288                                           | 70,0                                                             | 43,8                                          |
| 2                                                                        | 20                                                             | 95                                                                  | 70                                                                      | 25                                                   | 62,5                                                                                     | 0,305                                           | 70,0                                                             | 43,8                                          |
| 1                                                                        | 20                                                             | 95                                                                  | 70                                                                      | 25                                                   | 62,5                                                                                     | 0,322                                           | 70,0                                                             | 43,8                                          |
| 0                                                                        | 20                                                             | 95                                                                  | 70                                                                      | 25                                                   | 62,5                                                                                     | 0,339                                           | 70,0                                                             | 43,8                                          |
| -1                                                                       | 20                                                             | 95                                                                  | 70                                                                      | 25                                                   | 62,5                                                                                     | 0,356                                           | 70,0                                                             | 43,8                                          |
| -2                                                                       | 20                                                             | 95                                                                  | 70                                                                      | 25                                                   | 62,5                                                                                     | 0,373                                           | 70,0                                                             | 43,8                                          |
| -2,1                                                                     | 20                                                             | 95                                                                  | 70                                                                      | 25                                                   | 62,5                                                                                     | 0,375                                           | 70,0                                                             | 43,8                                          |
| -3                                                                       | 20                                                             | 95                                                                  | 70                                                                      | 25                                                   | 62,5                                                                                     | 0,390                                           | 71,8                                                             | 44,5                                          |
| -4                                                                       | 20                                                             | 95                                                                  | 70                                                                      | 25                                                   | 62,5                                                                                     | 0,407                                           | 73,8                                                             | 45,3                                          |
| -5                                                                       | 20                                                             | 95                                                                  | 70                                                                      | 25                                                   | 62,5                                                                                     | 0,424                                           | 75,8                                                             | 46,1                                          |
| -6                                                                       | 20                                                             | 95                                                                  | 70                                                                      | 25                                                   | 62,5                                                                                     | 0,441                                           | 77,8                                                             | 46,9                                          |

|     |    |    |    |    |      |       |       |      |
|-----|----|----|----|----|------|-------|-------|------|
| -7  | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,458 | 79,8  | 47,7 |
| -8  | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,475 | 81,7  | 48,5 |
| -9  | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,492 | 83,7  | 49,3 |
| -10 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,508 | 85,6  | 50,0 |
| -11 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,525 | 87,6  | 50,8 |
| -12 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,542 | 89,5  | 51,5 |
| -13 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,559 | 91,4  | 52,3 |
| -14 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,576 | 93,3  | 53,0 |
| -15 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,593 | 95,3  | 53,7 |
| -16 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,610 | 97,2  | 54,5 |
| -17 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,627 | 99,1  | 55,2 |
| -18 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,644 | 101,0 | 55,9 |
| -19 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,661 | 102,9 | 56,6 |
| -20 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,678 | 104,8 | 57,3 |
| -21 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,695 | 106,7 | 58,0 |
| -22 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,712 | 108,6 | 58,7 |
| -23 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,729 | 110,4 | 59,4 |
| -24 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,746 | 112,3 | 60,1 |
| -25 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,763 | 114,2 | 60,8 |
| -26 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,780 | 116,0 | 61,5 |
| -27 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,797 | 117,9 | 62,1 |
| -28 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,814 | 119,8 | 62,8 |
| -29 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,831 | 121,6 | 63,5 |
| -30 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,847 | 123,5 | 64,2 |
| -31 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,864 | 125,3 | 64,8 |
| -32 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,881 | 127,2 | 65,5 |
| -33 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,898 | 129,0 | 66,1 |
| -34 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,915 | 130,9 | 66,8 |
| -35 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,932 | 132,7 | 67,4 |
| -36 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,949 | 134,5 | 68,1 |
| -37 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,966 | 136,4 | 68,7 |
| -38 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 0,983 | 138,2 | 69,4 |
| -39 | 20 | 95 | 70 | 25 | 62,5 | 1,000 | 140,0 | 70,0 |



Минимальную температуру воды в подающем трубопроводе тепловой сети принимаем равной  $\tau_{1,0}''' = 70^\circ\text{C}$ , наружная температура, соответствующая излому температурного графика  $t_{н,и} = -2,1^\circ\text{C}$ , температуру в обратном трубопроводе определим по графической зависимости  $\tau_{2,0}''' = 43,8^\circ\text{C}$ .

При расчете температурного графика по «балансовой нагрузке» на ГВС  $Q_2^\delta$ , то при этом обеспечивается суточный баланс на отопление, имеющий большее значение среднечасового расхода тепла на горячее водоснабжение

$$Q_2^\delta = \chi^\delta \cdot Q_{ср.з.} = 1,2 \cdot 2,296 = 2,755 \text{ MBt},$$

где  $\chi^\delta$  - является балансовым коэффициентом, который характеризует равномерность суточного графика горячего водоснабжения  $\chi^\delta = 1,2$ .

Для того, чтобы построить графическую зависимость, необходимо произвести расчет подогревателя как верхней ( $\delta = \tau_1 - \tau_{1,0}$ ), так и нижней ( $\delta_2 = \tau_{2,0} - \tau_2$ ) ступеней, значение перепада температуры сетевой воды

Величина ( $\delta$ ) является неизменной величиной, и является суммарным перепадом температур сетевой воды в подогревателях нижней и верхней ступени.

Для того, чтобы поддерживался постоянный расход сетевой воды необходимо, чтобы выполнялось следующее условие:

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = \frac{Q_2^\delta}{c \cdot G_0'} = \frac{Q_2^\delta}{Q_0'} \cdot \delta \tau_o' = \frac{2,755}{7,211} \cdot (140 - 70) = 26,7^\circ\text{C} = \text{const},$$

где  $\delta \tau_o'$  - расчетная разность температур сетевой воды по отопительному графику.

Для подогревателей нижних и верхних ступеней, значения перепадов температур сетевой воды, необходимо определить отдельно.

Во первых, на выходе из подогревателя нижней ступени I определяется температура холодной воды  $t_n'''$  для некоторого диапазона температур наружного воздуха  $t_n$ .  $\Delta t_n''' = 5 \div 10^\circ\text{C}$ , является величиной недогрева, и выбирается из диапазона.

$$t_n''' = \tau_{2,0}''' - \Delta t_n'' = 43,8 - 10 = 33,8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

После чего определяется в подогревателе нижней ступени (I) перепад сетевой воды:

$$\delta_2''' = \tau_{2,0}''' - \tau_2'''$$

$$Q_I^\delta = Q_e^\delta \cdot \frac{t_n''' - t_x}{t_2 - t_x} = G_0' \cdot c \cdot \delta_2'', \text{ кВт}.$$

где

$$\delta_2''' = \frac{Q_e^\delta}{G_0' \cdot c} \cdot \frac{t_n''' - t_x}{t_2 - t_x} = \frac{Q_e^\delta}{Q_0'} \cdot \frac{t_n''' - t_x}{t_2 - t_x} \cdot \delta \tau_0' = \frac{2,755}{7,211} \cdot \frac{33,8 - 5}{60 - 5} \cdot (140 - 70) = 14,0^\circ\text{C}.$$

Значение  $\delta_1'''$  определяется по следующему выражению:

$$\delta_1''' = \delta - \delta_2''' = 26,7 - 14,0 = 12,7^\circ\text{C}.$$

Далее находятся  $\tau_2'''$  и  $\tau_1'''$

$$\tau_2''' = \tau_{02}''' - \delta_2''' = 43,8 - 14,0 = 29,8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$\tau_1''' = \tau_{01}''' + \delta_1''' = 70 + 12,7 = 82,7 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

В подогревателе нижней ступени рассчитаем перепады температур сетевой воды

$$\delta_2 = \delta_2'' \cdot \frac{\tau_2 - t_x}{\tau_2''' - t_x} = 14,0 \cdot \frac{43,8 - 5}{29,8 - 5} = 21,9 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\delta_1 = \delta - \delta_2 = 26,7 - 21,9 = 4,8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

В конечном итоге, по известным величинам для отопительно-бытового графика, уже определяем при регулировании по совместной нагрузке горячего водоснабжения и отопления значения температур обратном и подающем трубопроводе.

$$\tau_1' = \tau_1 + \delta_1 = 140 + 4,8 = 144,8^\circ\text{C};$$

$$\tau_2' = \tau_2 - \delta_2 = 70 - 21,9 = 48,1^\circ\text{C}.$$

Результаты расчета сводим в таблицу 6 для построения повышенного температурного графика

Таблица 6 – Расчетные данные для построения повышенного температурного графика

| $t_{\text{нв}}, ^\circ\text{C}$ | $t_{1,0}, ^\circ\text{C}$ | $t_{2,0}, ^\circ\text{C}$ | $t_1, ^\circ\text{C}$ | $t_2, ^\circ\text{C}$ |
|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1                               | 2                         | 3                         | 4                     | 5                     |
| 8                               | 70,0                      | 43,7                      | 82,7                  | 29,8                  |
| 7                               | 70,0                      | 43,7                      | 82,7                  | 29,8                  |
| 6                               | 70,0                      | 43,7                      | 82,7                  | 29,8                  |
| 5                               | 70,0                      | 43,7                      | 82,7                  | 29,8                  |
| 4                               | 70,0                      | 43,7                      | 82,7                  | 29,8                  |
| 3                               | 70,0                      | 43,7                      | 82,7                  | 29,8                  |
| 2                               | 70,0                      | 43,7                      | 82,7                  | 29,8                  |
| 1                               | 70,0                      | 43,7                      | 82,7                  | 29,8                  |
| 0                               | 70,0                      | 43,7                      | 82,7                  | 29,8                  |
| -1                              | 70,0                      | 43,7                      | 82,7                  | 29,8                  |
| -2                              | 70,0                      | 43,7                      | 82,7                  | 29,8                  |
| -2,1                            | 70,0                      | 43,8                      | 82,7                  | 29,8                  |
| -3                              | 71,8                      | 44,5                      | 84,4                  | 30,3                  |
| -4                              | 73,8                      | 45,3                      | 86,1                  | 30,8                  |
| -5                              | 75,8                      | 46,1                      | 87,8                  | 31,3                  |
| -6                              | 77,8                      | 46,9                      | 89,4                  | 31,8                  |
| -7                              | 79,8                      | 47,7                      | 91,1                  | 32,3                  |
| -8                              | 81,7                      | 48,5                      | 92,8                  | 32,8                  |
| -9                              | 83,7                      | 49,3                      | 94,5                  | 33,3                  |
| -10                             | 85,6                      | 50,0                      | 96,2                  | 33,8                  |
| -11                             | 87,6                      | 50,8                      | 97,8                  | 34,3                  |
| -12                             | 89,5                      | 51,5                      | 99,5                  | 34,7                  |
| -13                             | 91,4                      | 52,3                      | 101,2                 | 35,2                  |
| -14                             | 93,3                      | 53,0                      | 102,9                 | 35,7                  |
| -15                             | 95,3                      | 53,7                      | 104,5                 | 36,2                  |
| -16                             | 97,2                      | 54,5                      | 106,2                 | 36,7                  |
| -17                             | 99,1                      | 55,2                      | 107,9                 | 37,2                  |
| -18                             | 101,0                     | 55,9                      | 109,6                 | 37,7                  |
| -19                             | 102,9                     | 56,6                      | 111,2                 | 38,2                  |
| -20                             | 104,8                     | 57,3                      | 112,9                 | 38,7                  |
| -21                             | 106,7                     | 58,0                      | 114,6                 | 39,2                  |
| -22                             | 108,6                     | 58,7                      | 116,3                 | 39,7                  |
| -23                             | 110,4                     | 59,4                      | 118,0                 | 40,2                  |
| -24                             | 112,3                     | 60,1                      | 119,6                 | 40,7                  |
| -25                             | 114,2                     | 60,8                      | 121,3                 | 41,2                  |
| -26                             | 116,0                     | 61,5                      | 123,0                 | 41,7                  |
| -27                             | 117,9                     | 62,1                      | 124,7                 | 42,2                  |
| -28                             | 119,8                     | 62,8                      | 126,3                 | 42,7                  |
| -29                             | 121,6                     | 63,5                      | 128,0                 | 43,2                  |
| -30                             | 123,5                     | 64,2                      | 129,7                 | 43,6                  |

|     |       |      |       |      |
|-----|-------|------|-------|------|
| -31 | 125,3 | 64,8 | 131,4 | 44,1 |
| -32 | 127,2 | 65,5 | 133,1 | 44,6 |
| -33 | 129,0 | 66,1 | 134,7 | 45,1 |
| -34 | 130,9 | 66,8 | 136,4 | 45,6 |
| -35 | 132,7 | 67,4 | 138,1 | 46,1 |
| -36 | 134,5 | 68,1 | 139,8 | 46,6 |
| -37 | 136,4 | 68,7 | 141,4 | 47,1 |
| -38 | 138,2 | 69,4 | 143,1 | 47,6 |
| -39 | 140,0 | 70,0 | 144,8 | 48,1 |

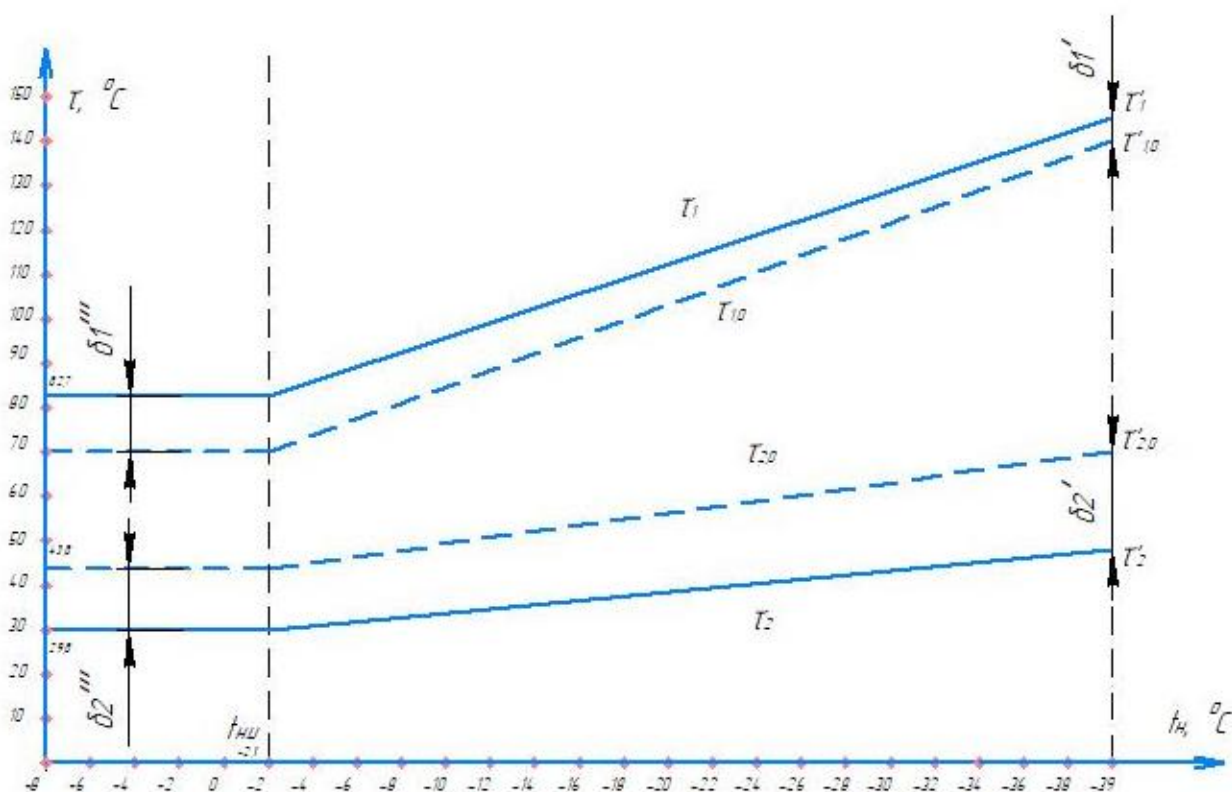


Рисунок 2 – График температур при центральном регулировании по совместной нагрузке отопления и ГВС в закрытой системе теплоснабжения («повышенный» температурный график):

$\tau_{1,0}$ ,  $\tau_{2,0}$  – отопительно-бытовой график регулирования;  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  – повышенный график.

### ГЛАВА 3 ВЫБОР СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Источник теплоснабжения, потребителя тепловой сети, тепловые сети являются основными элементами системы централизованного теплоснабжения.

Тепловые сети, помимо, соединительных, транспортным средством, являются звеном, определяющим надежность теплоснабжения потребителя, показатели и режим работы всей системы теплоснабжения.

Понятие «тепловая сеть» масштабное. Это не только трубопроводы, соединяющие потребителя и источник теплоснабжения, но еще включает в себя устройства, установленные в этой сети (тепловые пункты и насосные станции).

На протяжении всего года, в тепловых сетях, нужно поддерживать бесперебойную подачу теплоносителя к потребителям, при этом в необходимом количестве.

Но, возможен небольшой перерыв, с целью профилактического ремонта в летний период.

Для того чтобы выбрать схему сетей, жилого микрорайона, необходимо провести технико-экономические сравнения с обязательным учетом надежности и простоты эксплуатации.

В большинство случаев для теплоснабжения городов для теплоснабжения городов применяются двухтрубные водяные системы. В таких системах тепловая сеть будет состоять из двух трубопроводов: обратного и подающего.

Применение двухтрубной системы, по сравнению с многотрубными, обладает рядом преимуществ: дешевле в эксплуатации и необходимы минимальные затраты начальных вложений. Также такие системы применяются, когда всем пользователям района необходима теплота примерного одного потенциала. Данные условия имеют место быть, когда всю тепловую нагрузку (ГВС, вентиляция, отопление) можно удовлетворить в основном теплотой низкого потенциала [1].

Так как в данном случае, для микрорайона №20 г. Кемерово, источником теплоснабжения является ТЭЦ с температурой сетевой воды  $\tau_{1,0}^p / \tau_{2,0}^p = 140 - 70$  °C и максимальной суммарной тепловой нагрузкой 12,788 МВт, то целесообразно будет

установка местных тепловых пунктов непосредственно в жилых и общественных зданиях.

Водяные системы теплоснабжения используются двух типов: открытые и закрытые. Из условия задания, система теплоснабжения микрорайона – закрытая.

На практике находят применение следующие схемы присоединения теплопотребляющих установок абонентов к тепловой сети – зависимая и независимая. В первом случае, вся вода из тепловой сети поступает в приборы абонентской установки, а во втором, проходит через теплообменное оборудование, в котором происходит ее нагревание, при помощи вторичного теплоносителя, который используется в абонентской установке.

Источником теплоснабжения является ТЭЦ, следовательно, схема присоединения теплопотребляющих установок для каждого здания будет выбираться индивидуально после проведения гидравлического расчета тепловой сети.

На тепловых пунктах подключение подогревателей к тепловым сетям будет осуществляться в зависимости от соотношения максимального часового расхода теплоты на горячее водоснабжение  $Q_{гвс}^{max}$  и расчетного расхода теплоты на отопление  $Q_o$  [1].

Двухступенчатая последовательная схема:  $0,1 \leq Q_{гвс}^{max} / Q_o \leq 0,6$ ,

Двухступенчатая смешанная схема:  $0,6 < Q_{гвс}^{max} / Q_o < 1,2$

Параллельная схема:  $Q_{гвс}^{max} / Q_o \geq 1,2$ ;

Для жилых домов применяем двухступенчатую смешанную схему;

$$\frac{Q_{гвс}^{max}}{Q_o} (9 \text{ эт.}) = \frac{0,386}{0,488} = 0,791, \quad 0,6 \leq 0,791 \leq 1,2$$

$$\frac{Q_{гвс}^{max}}{Q_o} (5 \text{ эт.}) = \frac{0,331}{0,436} = 0,759, \quad 0,6 \leq 0,759 \leq 1,2$$

Для столовой применяем параллельную схему

$$\frac{Q_{\text{свс}}^{\text{max}}}{Q_o}(\text{стол.}) = \frac{0,036}{0,025} = 1,44, \quad 1,44 \geq 1,2$$

Для школы применяем двухступенчатую последовательную схему

$$\frac{Q_{\text{свс}}^{\text{max}}}{Q_o}(\text{школа}) = \frac{0,065}{0,230} = 0,283, \quad 0,1 \leq 0,283 \leq 0,6$$

## ГЛАВА 4 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ, РАЗРАБОТКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РЕЖИМА СЕТИ

Основной задачей гидравлического расчета – это определить диаметры трубопроводов по заданным располагаемым перепадом давления и расхода теплоносителя в сети.

Также в гидравлическом расчете необходимо:

- рассчитать падение давления (напора);
- рассчитать давления (напоры) в различных точках сети.
- рассчитать диаметры трубопроводов;

Перед тем, как проводить гидравлический расчет, необходимо определить расчетные расходы сетевой воды, а после суммарные по результатам расчета тепловой нагрузки.

### 4.1 Нахождение суммарных и расчетных расходов сетевой воды

#### 4.1.1 Определение расчетного значения расхода воды на отопление

Для определения расчетного значения расхода воды на нужды отопление воспользуемся формулой:

$$G_o^p = \frac{Q_o^p}{c(\tau_1 - \tau_2)}, \text{ кг / ч,} \quad (4.1.1.1)$$

где  $\tau_1, \tau_2$  — соответственно температура воды в подающем и обратном трубопроводе тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха на отопление  $t_o^p$ ;

$Q_o^p$  – расчетная нагрузка на отопление, МВт;

$c$  – удельная изобарная теплоемкость воды, равная  $4,187 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$  ( $1 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ).

$$G_o^p (9 - \text{эт.}) = \frac{3,6 \cdot 0,488}{4,187 \cdot 10^{-3} \cdot (144,8 - 48,1)} = 4,34 \text{ м / ч;}$$

$$G_o^p (5 - \text{эт.}) = \frac{3,6 \cdot 0,436}{4,187 \cdot 10^{-3} \cdot (144,8 - 48,1)} = 3,88 \text{ м / ч;}$$



$$G_o^p(\text{стол.}) = \frac{3,6 \cdot 0,025}{4,187 \cdot 10^{-3} \cdot (144,8 - 48,1)} = 0,22 \text{ м / ч};$$

$$G_o^p(\text{школа}) = \frac{3,6 \cdot 0,230}{4,187 \cdot 10^{-3} \cdot (144,8 - 48,1)} = 2,0 \text{ м / ч}.$$

#### 4.1.2 Определение расчетного значения расхода воды на вентиляцию

$$G_{\epsilon}^p = \frac{Q_{\epsilon}^p}{c(\tau_1 - \tau_2)}, \text{ кг / ч}, \quad (4.1.2.1)$$

$$G_{\epsilon}^p(\text{стол.}) = \frac{3,6 \cdot 0,035}{4,187 \cdot 10^{-3} \cdot (144,8 - 48,1)} = 0,311 \text{ м / ч};$$

$$G_{\epsilon}^p(\text{школа}) = \frac{3,6 \cdot 0,036}{4,187 \cdot 10^{-3} \cdot (144,8 - 48,1)} = 0,320 \text{ м / ч}.$$

#### 4.1.3 Расход воды на горячее водоснабжение

Рассматривая закрытые тепловые сети, определить расход теплоносителя на систему ГВС возможно, если будет известна схема подключения подогревателя горячего водоснабжения [1].

По формуле (4.1.3.1), значения среднего расхода на горячее водоснабжение можно определить для двухступенчатой схемы подключения водоподогревателей.

$$G_{\text{гвс}}^{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{гвс}}^{\text{ср}}}{c(t_{1И} - t_{2И})} \left( \frac{t_2 - t_{1CT}}{t_2 - t_{ХЗ}} + 0,2 \right), \text{ м / ч}; \quad (4.1.3.1)$$

где  $t_{1И}$  – (определяется из температурного графика,  $t_{1И} = 82,7^{\circ}\text{C}$ ), характеризует температуру воды в подающем трубопроводе тепловой сети в точке излома;

$t_{2И}$  – (определяется из температурного графика,  $t_{2И} = 29,8^{\circ}\text{C}$ ), характеризует температуру в обратном трубопроводе тепловой сети в точке излома;

$t_{1CT}$  – величина, характеризующая, температуру сетевой воды на выходе из первой ступени подогрева (при двухступенчатой схеме присоединения подогревателей)  $t_{1CT} = 33,8^{\circ}\text{C}$ ,

$t_{xz}$  – величина температуры холодной (водопроводной) воды в отопительный период,  $t_{xz} = 5^{\circ}C$ .

Воспользовавшись формулой (4.1.3.1) определяем значения, при двухступенчатом присоединение подогревателей, среднего расхода воды на систему ГВС.

$$G_{\text{гвс}}^{\text{cp}}(9- \text{эт.}) = \frac{3,6 \cdot 0,161}{4,187 \cdot 10^{-3} \cdot (82,7 - 29,8)} \cdot \left( \frac{60 - 33,8}{60 - 5} + 0,2 \right) = 1,8 \text{ м} / \text{ч};$$

$$G_{\text{гвс}}^{\text{cp}}(5- \text{эт.}) = \frac{3,6 \cdot 0,138}{4,187 \cdot 10^{-3} \cdot (82,7 - 29,8)} \cdot \left( \frac{60 - 33,8}{60 - 5} + 0,2 \right) = 1,52 \text{ м} / \text{ч};$$

$$G_{\text{гвс}}^{\text{cp}}(\text{школа}) = \frac{3,6 \cdot 0,027}{4,187 \cdot 10^{-3} \cdot (82,7 - 29,8)} \cdot \left( \frac{60 - 33,8}{60 - 5} + 0,2 \right) = 0,3 \text{ м} / \text{ч}.$$

При параллельной схеме присоединения, воспользовавшись формулой (4.1.3.2), определим значения среднего расхода воды

$$G_{\text{гвс}}^{\text{cp}} = \frac{Q_{\text{гвс}}^{\text{cp}}}{c(t_{1\text{И}} - t_{3\text{И}})}, \text{ м} / \text{ч}; \quad (4.1.3.2)$$

где  $t_{1\text{И}}$ ,  $t_{3\text{И}}$  – значения, характеризующие температуру воды в точке излома в подающем трубопроводе тепловой сети, а также в точке излома на выходе параллельно включенного подогревателя системы ГВС,  $^{\circ}C$ .

$$G_{\text{гвс}}^{\text{cp}}(\text{стол.}) = \frac{3,6 \cdot 0,015}{4,187 \cdot 10^{-3} \cdot (82,7 - 33,8)} = 0,26 \text{ м} / \text{ч}.$$

Для нахождения максимального расхода воды на систему ГВС воспользуемся формулой (4.1.3.3) – при двухступенчатом присоединение

$$G_{\text{гвс}}^{\text{max}} = \frac{0,55 \cdot Q_{\text{гвс}}^{\text{max}}}{c(t_{1\text{И}} - t_{2\text{И}})}, \text{ кг} / \text{ч}; \quad (4.1.3.3)$$

где  $t_{1\text{И}}$ ,  $t_{2\text{И}}$  – соответственно температуры воды в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети в точке излома графика температур воды и после первой ступени подогрева при двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей,  $^{\circ}C$ .

$$G_{\text{звс}}^{\text{max}}(9 - \text{эт.}) = \frac{0,55 \cdot 0,386 \cdot 3,6}{4,187 \cdot 10^{-3} \cdot (82,7 - 29,8)} = 4,92 \text{ м / ч};$$

$$G_{\text{звс}}^{\text{max}}(5 - \text{эт.}) = \frac{0,55 \cdot 0,331 \cdot 3,6}{4,187 \cdot 10^{-3} \cdot (82,7 - 29,8)} = 2,96 \text{ м / ч};$$

$$G_{\text{звс}}^{\text{max}}(\text{школа}) = \frac{0,55 \cdot 0,065 \cdot 3,6}{4,187 \cdot 10^{-3} \cdot (82,7 - 29,8)} = 0,58 \text{ м / ч}.$$

Для нахождения максимального расхода воды на систему ГВС воспользуемся формулой (4.1.3.4) – при параллельном присоединении

$$G_{\text{звс}}^{\text{cp}} = \frac{Q_{\text{звс}}^{\text{max}}}{c(t_{1\text{н}} - t_{3\text{н}})}, \text{ м / ч}; \quad (4.1.3.4)$$

$$G_{\text{звс}}^{\text{max}}(\text{стол.}) = \frac{0,036 \cdot 3,6}{4,187 \cdot 10^{-3} \cdot (82,7 - 33,8)} = 0,63 \text{ м / ч};$$

#### 4.1.4 Определение значения суммарного расчетного расхода сетевой воды

В закрытых системах двухтрубной тепловой сети, значение суммарного расчетного расхода сетевой воды определяется, как сумма всех расходов

$$G_{\text{сум}}^p = G_o^p + G_6^p + G_{\text{звс}}^{\text{max}}, \text{ кг / ч},$$

$$G_{\text{сум}}^p(9 - \text{эт.}) = 4,34 + 4,92 = 9,26 \text{ м / ч};$$

$$G_{\text{сум}}^p(5 - \text{эт.}) = 3,88 + 2,96 = 6,94 \text{ м / ч};$$

$$G_{\text{сум}}^p(\text{стол.}) = 0,22 + 0,311 + 0,63 = 1,61 \text{ м / ч};$$

$$G_{\text{сум}}^p(\text{школа}) = 2,0 + 0,320 + 0,58 = 2,9 \text{ м / ч}.$$

$$G_{\text{сум}}^p(\text{мкр}) = 9,26 \cdot 8 + 6,94 \cdot 7 + 1,61 + 2,9 = 127,17 \text{ м / ч}.$$

Расчетный расход сетевой воды в двухтрубных тепловых сетях в неотапительный период:

$$G_{\text{сум.л}}^p = \beta \cdot G_{\text{звс}}^{\text{max}}, \text{ кг / ч},$$

$$G_{\text{сум.л}}^p = 0,8 \cdot (4,92 \cdot 8 + 2,96 \cdot 7) + 0,58 + 0,63 = 49,3 \text{ м / ч}.$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 7

Таблица 7 – Расчетные тепловые нагрузки и расходы сетевой воды

| №п/п | Наименование          | G <sub>о</sub> | G <sub>в</sub> | G <sub>гвс</sub> | G <sub>сум</sub> |
|------|-----------------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
|      |                       | т/ч            |                |                  |                  |
| 1    | Жилой дом 9-этажей    | 4,34           | 0              | 4,92             | 9,26             |
| 2    | Жилой дом 9-этажей    | 4,34           | 0              | 4,92             | 9,26             |
| 3    | Жилой дом 9-этажей    | 4,34           | 0              | 4,92             | 9,26             |
| 4    | Жилой дом 9-этажей    | 4,34           | 0              | 4,92             | 9,26             |
| 5    | Жилой дом 9-этажей    | 4,34           | 0              | 4,92             | 9,26             |
| 6    | Жилой дом 9-этажей    | 4,34           | 0              | 4,92             | 9,26             |
| 7    | Жилой дом 9-этажей    | 4,34           | 0              | 4,92             | 9,26             |
| 8    | Жилой дом 9-этажей    | 4,34           | 0              | 4,92             | 9,26             |
| 9    | Жилой дом 5-этажа     | 3,88           | 0              | 2,96             | 6,84             |
| 10   | Жилой дом 5-этажа     | 3,88           | 0              | 2,96             | 6,84             |
| 11   | Жилой дом 5-этажа     | 3,88           | 0              | 2,96             | 6,84             |
| 12   | Жилой дом 5-этажа     | 3,88           | 0              | 2,96             | 6,84             |
| 13   | Жилой дом 5-этажа     | 3,88           | 0              | 2,96             | 6,84             |
| 14   | Жилой дом 5-этажа     | 3,88           | 0              | 2,96             | 6,84             |
| 15   | Жилой дом 5-этажа     | 3,88           | 0              | 2,96             | 6,84             |
| 16   | Столовая на 50 мест   | 0,22           | 0,311          | 0,63             | 1,161            |
| 17   | Школа на 532 уч, 2эт. | 2              | 0,32           | 0,58             | 2,9              |
|      | Всего                 | 64,1           | 0,631          | 61,29            | 126,021          |

## 4.2 Методика гидравлического расчета тепловой сети

Рассмотрим следующие задачи, которые необходимо решить при проведении гидравлического расчета: определить потери напоров на участках и по магистрали, а также определить диаметры.

Первоначально, разрабатывают монтажную схему тепловой сети. Далее на ней необходимо указать тепловые камеры, компенсаторы, смотровые камеры, задвижки.

Тепловая сеть является двухтрубной, которая соединяет источник тепловой энергии с центральным тепловым пунктом.

При выборе трассировки тепловой сети учитывают, в какой местности ведётся прокладка.

Тепловые сети по способу прокладки разделяются на подземные и надземные.

Подземная прокладка трубопроводов – выполняется как в каналах (непроходные, проходные), так и без них.

Надземная прокладка трубопроводов выполняется на отдельно стоящих опорах, эстакадах. На выбор способа прокладки трубопроводов влияют следующие факторами:

- требованиями по эксплуатации (надёжности);
- экономичностью;
- диаметром трубопроводов.

В районах, в которых уже существует застройка рекомендуют использовать подземную прокладку. Данный вид прокладки обладает большим количеством преимуществ;

- прокладка трубопровода в каналах обеспечивает свободное температурное перемещение его как в продольном, так и в поперечном направлении.
- конструкция канала снимает нагрузку грунта с трубопровода;
- каналы ограждают трубопровод и тепловую изоляцию от непосредственного контакта с грунтом;

Надземную прокладку – можно использовать в ограниченном применении, в случае если застройка уже существует. Такой вид прокладки используют на территории промышленных предприятий, зон, а также на местности с высоким уровнем грунтовых вод.

Для проведения гидравлического расчета, необходимо, чтобы были известны следующие значения: удельного линейного падения давления  $R_{\text{л}}$  и расчетных расходов теплоносителя на участках.

Для упрощения расчетов, значение удельной линейной потери давления можно задаться:

- для распределительной сети и ответвления к зданиям

$$\Delta P = 150 - 300 \text{ Па} / \text{м}.$$

- для магистральных сетей  $\Delta P \leq 80 \text{ Па} / \text{м}$ ;

Гидравлический расчет проводится в не несколько этапов:

#### I - ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ:

1 Первоначально схематично вычерчивается схема магистральной тепловой сети, не учитывающая масштаб. Отображаются нумерация расчетных участков, протяженность участков и их расчетные расходы.

2 В качестве главной магистрали принимают (наиболее протяженная и нагруженная). Расчет нужно проводить последовательно, начать с дальнего участка главной магистрали, а затем расчет ответвлений.

3 По следующей формуле  $d = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot w}}$ , м, предварительно задаемся скоростью

от 1 до 3 м/с и по известному массовому расходу, необходимо определить на всех участках предварительное значение диаметров тепловой сети.

4 Необходимо провести уточнения предварительно рассчитанных диаметров трубопровода по стандартным значениям диаметров ( $d_y$ ), после этого пересчитывается скорость теплоносителя, удельное линейное падение давления  $R_{\text{л}}^y$ .

5 После чего на расчетной схеме расставляются компенсаторы, запорная арматура, неподвижные опоры. От диаметра трубопроводов, типа компенсаторов, способа прокладки определяется расстояние на участках между неподвижными опорами. После чего, по этому расстоянию можно определить количество компенсаторов К и тепловых камер ТК. В зависимости от способа прокладки и диаметра трубопровода подбирается тип компенсаторов. На участках открытой прокладки целесообразно устанавливать П-образные компенсаторы; а сальниковые компенсаторы требуют для ремонта и обслуживания смотровых камер. Разместить тепловые камеры ТК необходимо на поворотах к ответвлениям.

#### II - ОКОНЧАТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ:

Зададимся значением эквивалентной шероховатости трубопроводов  $k_s = 0,5 \text{ мм}$ , а плотностью воды [3, Приложение 9, стр. 443] в подающем трубопроводе при температуре  $t_1 = 144,8^\circ \text{C}$ :

$$\rho = 921,864 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \quad \nu = 0,2072 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}};$$

в обратном трубопроводе при температуре  $t_2 = 48,1^\circ \text{C}$ :

$$\rho = 988,879 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \quad \nu = 0,5756 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}.$$

Определим предварительные значения диаметров

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot w}}, \text{ м}, \quad (4.2.1)$$

где  $w$  – скорость, которой предварительно задаемся в диапазоне от 1 до 3 м/с, принимаем  $w = 1,0 \text{ м/с}$ ;

$G$  – массовый расход теплоносителя,  $\text{м}^3 / \text{с}$ .

Проведем расчет для подающего участка трубопровода главной магистрали (участок №3):

$$G = \frac{G, \text{ м}^3 / \text{ч}}{3,6 \cdot \rho} = \frac{18,52}{3,6 \cdot 921,864} = 0,0056 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

$\rho$  – плотность воды при  $t_1 = 144,8^\circ \text{C}$ .

Рассчитываем диаметр участка по формуле (27):

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0056}{3,14 \cdot 1,0}} = 0,084 \text{ м}.$$

Для данного участка принимаем значение стандартного диаметра трубопровода  $d = 100 \text{ мм}$ . Далее определим действительные удельные потери давления на участках, скорость теплоносителя (сетевая вода)  $\omega$ ,  $\text{м/с}$  и  $R_d$ .

Определим значение скорости воды в трубопроводе:

$$w = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0,0056}{3,14 \cdot 0,100^2} = 0,71 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Расчет предельного числа Рейнольдса рассчитывается по формуле:

$$Re_{np} = 568 \cdot \frac{d}{k_s} = 568 \cdot \frac{0,100}{0,0005} = 113600.$$

Действительное число Рейнольдса:

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} = \frac{0,71 \cdot 0,100}{0,2072 \cdot 10^{-6}} = 342664,1;$$

где  $\nu$  – кинематическая вязкость воды при температуре в подающем трубопроводе 144,8°C.

При значениях числа Рейнольдса  $Re > Re_{np}$ , определим значения коэффициента гидравлического трения

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{k_s}{d} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{0,0005}{0,100} \right)^{0,25} = 0,02925.$$

где  $k_s = 0,5 \text{ мм}$  – является эквивалентной шероховатостью трубопровода

Далее находим значение удельного падения давления

$$R_l = \frac{\lambda \cdot w^2 \cdot \rho}{2 \cdot d} = \frac{0,02925 \cdot 0,71^2 \cdot 921,864}{2 \cdot 0,100} = 68,0 \text{ Па / м.}$$

Для определения на участках суммарных длин местных сопротивлений, необходимо знать следующие параметры: наружный диаметр трубы  $d$ , мм, а также местные сопротивления (внезапное сужение, компенсаторы, задвижка, тройник при делении потоков, отводы крутоизогнутые) [4, приложение 17].

Таблица 8 – Местные сопротивления по подающему трубопроводу на участке №3

| № уч-ка | d, мм   | Наименование КМС  | шт | lэ   | n·lэ | суммарная эквивалентная длина, м |
|---------|---------|-------------------|----|------|------|----------------------------------|
| 3       | 125/100 | Внезапное сужение | 1  | 1,02 | 1,02 | 1,02                             |

Потери давления в подающем трубопроводе на 3 участке [4, С.164]:

$$\Delta P = R_{l(t)} \cdot (L_t + \Sigma L_{э(t)}) = 68 \cdot (40 + 1,02) = 2789,4 \text{ Па.}$$

Потери давления определим в линейных единицах [4, С.164]:



$$\Delta H_1 = \frac{\Delta P_1}{g \cdot \rho} = \frac{2789,4}{9,8 \cdot 921,862} = 0,309 \text{ м},$$

где  $g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$  – ускорение свободного падения.

Для обратного трубопровода:

$$G = \frac{G, \text{м}^3 / \text{ч}}{3,6 \cdot \rho} = \frac{18,52}{3,6 \cdot 988,879} = 0,0052 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Рассчитываем диаметр участка по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0052}{3,14 \cdot 1,0}} = 0,081 \text{ м}.$$

Определяем скорость воды по следующей формуле:

$$w = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0,0052}{3,14 \cdot 0,100^2} = 0,66 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Находим значение предельного числа Рейнольдса:

$$\text{Re}_{np} = 568 \cdot \frac{d}{k_s} = 568 \cdot \frac{0,100}{0,0005} = 113600.$$

После определения предельного значения, определяем действительное:

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d}{\nu} = \frac{0,66 \cdot 0,100}{0,5756 \cdot 10^{-6}} = 114663;$$

где  $\nu$  – кинематическая вязкость воды при температуре в обратном трубопроводе  $48,1^\circ\text{C}$ .

Далее находим при  $\text{Re} > \text{Re}_{np}$  значение коэффициента гидравлического трения

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{k_s}{d} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{0,0005}{0,100} \right)^{0,25} = 0,02925.$$

где эквивалентная шероховатость трубопровода  $k_s = 0,5 \text{ мм}$

Зная коэффициент гидравлического трения, рассчитываем значение действительного удельного падения давления:

$$R_{\lambda} = \frac{\lambda \cdot w^2 \cdot \rho}{2 \cdot d} = \frac{0,02925 \cdot 0,66^2 \cdot 988,879}{2 \cdot 0,100} = 63,52 \text{ Па} / \text{ м}.$$

Для определения на участках суммарных длин местных сопротивлений, необходимо знать следующие параметры: наружный диаметр трубы  $d$ , мм, а также местные сопротивления (внезапное сужение, компенсаторы, задвижка, тройник при делении потоков, отводы крутоизогнутые) [4, приложение 17].

Таблица 9 – Местные сопротивления по подающему трубопроводу на участке №3

| № уч-ка | d, мм   | Наименование КМС     | шт | lэ   | n·lэ | суммарная эквивалентная длина, м |
|---------|---------|----------------------|----|------|------|----------------------------------|
| 3       | 100/125 | Внезапное расширение | 1  | 1,71 | 1,71 | 1,71                             |

Потери давления в подающем трубопроводе на участке №1 [4, С.164]:

$$\Delta P = R_{\lambda(t)} \cdot (L_t + \Sigma L_{э(t)}) = 63,52 \cdot (40 + 1,71) = 2649,42 \text{ Па}.$$

В линейных единицах потери давления составляют [4, С.164]:

$$\Delta H_1 = \frac{\Delta P_1}{g \cdot \rho} = \frac{2649,42}{9,8 \cdot 988,879} = 0,273 \text{ м},$$

где  $g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$  – ускорение свободного падения.

Выполним расчет для подающего трубопровода ответвления (участок №1):

$$G = \frac{G, \text{м}^3 / \text{ч}}{3,6 \cdot \rho} = \frac{9,26}{3,6 \cdot 921,864} = 0,0027 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

$\rho$  – плотность воды при  $t_1 = 144,8^\circ \text{C}$ .

Рассчитываем диаметр участка по формуле (27):

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0027}{3,14 \cdot 1,0}} = 0,06 \text{ м}.$$

Для данного участка принимаем значение стандартного диаметра трубопровода  $d = 70 \text{ мм}$ . Далее определим действительные удельные потери давления на участках, скорость теплоносителя (сетевая вода)  $\omega$ , м/с и  $R_{\lambda}$ .

Определяем скорость воды по следующей формуле:

$$w = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0,0027}{3,14 \cdot 0,07^2} = 0,7 \frac{м}{с}.$$

Находим значение предельного числа Рейнольдса:

$$Re_{np} = 568 \cdot \frac{d}{k_s} = 568 \cdot \frac{0,07}{0,0005} = 79520.$$

После определения предельного значения, определяем действительное:

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} = \frac{0,7 \cdot 0,07}{0,2072 \cdot 10^{-6}} = 236486,5;$$

где  $\nu$  – кинематическая вязкость воды при температуре в подающем трубопроводе 144,8°C.

Далее находим при  $Re > Re_{np}$  значение коэффициента гидравлического трения

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{k_s}{d} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{0,0005}{0,07} \right)^{0,25} = 0,03198;$$

где эквивалентная шероховатость трубопровода  $k_s = 0,5$  мм.

Зная коэффициент гидравлического трения, рассчитываем значение действительного удельного падения давления:

$$R_{\lambda} = \frac{\lambda \cdot \omega^2 \cdot \rho}{2 \cdot d} = \frac{0,03198 \cdot 0,70^2 \cdot 921,864}{2 \cdot 0,07} = 103,184 \text{ Па / м}.$$

Для определения на участках суммарных длин местных сопротивлений, необходимо знать следующие параметры: наружный диаметр трубы  $d$ , мм, а также местные сопротивления (внезапное сужение, компенсаторы, задвижка, тройник при делении потоков, отводы крутоизогнутые) [4, приложение 17].

Таблица 10 – Местные сопротивления по подающему трубопроводу на участке №1

| № уч-ка | d, мм  | Наименование КМС                           | шт | lэ  | n·lэ | суммарная эквивалентная длина, м |
|---------|--------|--------------------------------------------|----|-----|------|----------------------------------|
| 1       | 100/70 | Ответвление тройника при разделении потока | 1  | 3,0 | 3,0  | 4,0                              |
| 1       | 70     | Задвижка параллельная                      | 1  | 1,0 | 1,0  |                                  |

Потери давления в подающем трубопроводе участка №1 [4, С.164]:

$$\Delta P = R_{л(i)} \cdot (L_i + \Sigma L_{э(i)}) = 133,184 \cdot (20 + 4) = 2476,4 \text{ Па.}$$

В линейных единицах потери давления составляют [4, С.164]:

$$\Delta H_1 = \frac{\Delta P_1}{g \cdot \rho} = \frac{2476,4}{9,8 \cdot 921,862} = 0,274 \text{ м,}$$

где  $g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$  – ускорение свободного падения.

Для обратного трубопровода:

$$G = \frac{G, \text{м}^3 / \text{ч}}{3,6 \cdot \rho} = \frac{9,26}{3,6 \cdot 988,879} = 0,0026 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Рассчитываем диаметр участка по формуле (29):

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0026}{3,14 \cdot 1,0}} = 0,058 \text{ м.}$$

Для данного участка принимаем значение стандартного диаметра трубопровода  $d = 70 \text{ мм}$ . Далее определим действительные удельные потери давления на участках, скорость теплоносителя (сетевая вода)  $\omega$ ,  $\text{м} / \text{с}$  и  $R_{\eta}$ .

Определяем скорость воды по следующей формуле:

$$w = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0,0026}{3,14 \cdot 0,07^2} = 0,68 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

Находим значение предельного числа Рейнольдса:

$$Re_{np} = 568 \cdot \frac{d}{k_s} = 568 \cdot \frac{0,07}{0,0005} = 79520.$$

После определения предельного значения, определяем действительное:

$$Re = \frac{w \cdot d}{\nu} = \frac{0,68 \cdot 0,07}{0,5756 \cdot 10^{-6}} = 82696,3;$$

где  $\nu$  – кинематическая вязкость воды при температуре в обратном трубопроводе 48,1°C.

Далее находим при  $Re > Re_{np}$  значение коэффициента гидравлического трения

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{k_s}{d} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{0,0005}{0,07} \right)^{0,25} = 0,03198;$$

где эквивалентная шероховатость трубопровода  $k_s = 0,5 \text{ мм}$ .

Зная коэффициент гидравлического трения, рассчитываем значение действительного удельного падения давления:

$$R_{\lambda} = \frac{\lambda \cdot w^2 \cdot \rho}{2 \cdot d} = \frac{0,03198 \cdot 0,68^2 \cdot 988,879}{2 \cdot 0,07} = 104,5 \text{ Па / м}.$$

Для определения на участках суммарных длин местных сопротивлений, необходимо знать следующие параметры: наружный диаметр трубы  $d$ , мм, а также местные сопротивления (внезапное сужение, компенсаторы, задвижка, тройник при делении потоков, отводы крутоизогнутые) [4, приложение 17].

Таблица 11 – Местные сопротивления по обратному трубопроводу на участке №1

| № уч-ка | d, мм  | Наименование КМС                        | шт | lэ  | n·lэ | суммарная эквивалентная длина, м |
|---------|--------|-----------------------------------------|----|-----|------|----------------------------------|
| 1       | 100/70 | Ответвление тройника при слиянии потока | 1  | 3,0 | 3,0  | 4,0                              |
| 1       | 70     | Задвижка параллельная                   | 1  | 1,0 | 1,0  |                                  |

Потери давления в обратном трубопроводе на 3 участке [4, С.164]:

$$\Delta P = R_{\lambda(t)} \cdot (L_t + \Sigma L_{э(t)}) = 104,5 \cdot (20 + 4) = 2508 \text{ Па}.$$

В линейных единицах потери давления составляют [4, С.164]:

$$\Delta H_1 = \frac{\Delta P_1}{g \cdot \rho} = \frac{2508}{9,8 \cdot 988,879} = 0,259 \text{ м},$$

где  $g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$  – ускорение свободного падения.

Результаты расчета сводим в таблицу 12.

Таблица 12 – Результаты гидравлического расчета главной магистрали и ответвлений

| № участка | G, кг/с | L, м | D, мм | R <sub>л</sub> , мм/м | ω, м/с | ζ | ΔP, Па  | dH <sub>р</sub> в конце уч. |
|-----------|---------|------|-------|-----------------------|--------|---|---------|-----------------------------|
| 1         | 9,26    | 30   | 0,076 | 170,410               | 0,896  | 3 | 5112,29 | 0,55                        |
| 2         | 9,26    | 30   | 0,076 | 170,410               | 0,896  | 3 | 5112,29 | 0,55                        |
| 3         | 18,52   | 15   | 0,108 | 105,464               | 0,878  | 3 | 1581,96 | 0,17                        |
| 4         | 6,84    | 30   | 0,076 | 129,473               | 0,781  | 3 | 3884,20 | 0,42                        |
| 5         | 25,36   | 15   | 0,133 | 69,020                | 0,809  | 3 | 1035,31 | 0,11                        |
| 6         | 9,26    | 30   | 0,076 | 170,410               | 0,896  | 3 | 5112,29 | 0,55                        |
| 7         | 34,62   | 15   | 0,159 | 48,344                | 0,757  | 3 | 725,16  | 0,08                        |
| 8         | 6,84    | 30   | 0,076 | 129,473               | 0,781  | 3 | 3884,20 | 0,42                        |
| 9         | 41,46   | 15   | 0,159 | 72,495                | 0,927  | 3 | 1087,43 | 0,12                        |
| 10        | 9,26    | 30   | 0,076 | 170,410               | 0,896  | 3 | 5112,29 | 0,55                        |
| 11        | 50,72   | 15   | 0,219 | 38,388                | 0,824  | 3 | 575,82  | 0,06                        |
| 12        | 6,84    | 30   | 0,076 | 129,473               | 0,781  | 3 | 3884,20 | 0,42                        |
| 13        | 57,56   | 15   | 0,219 | 51,026                | 0,950  | 3 | 765,38  | 0,08                        |
| 14        | 1,16    | 30   | 0,032 | 288,534               | 0,679  | 3 | 8656,03 | 0,93                        |
| 15        | 58,72   | 15   | 0,219 | 53,416                | 0,972  | 3 | 801,24  | 0,09                        |
| 16        | 2,9     | 30   | 0,057 | 261,343               | 0,927  | 3 | 7840,30 | 0,84                        |
| 17        | 61,62   | 15   | 0,219 | 36,365                | 0,802  | 3 | 545,48  | 0,06                        |
| 18        | 9,26    | 30   | 0,076 | 170,410               | 0,896  | 3 | 5112,29 | 0,55                        |
| 19        | 70,88   | 15   | 0,219 | 47,025                | 0,912  | 3 | 705,38  | 0,08                        |
| 20        | 6,84    | 30   | 0,076 | 129,473               | 0,781  | 3 | 3884,20 | 0,42                        |
| 21        | 77,72   | 15   | 0,219 | 55,301                | 0,989  | 3 | 829,51  | 0,09                        |
| 22        | 9,26    | 30   | 0,076 | 170,410               | 0,896  | 3 | 5112,29 | 0,55                        |
| 23        | 86,98   | 15   | 0,219 | 28,904                | 0,715  | 3 | 433,55  | 0,05                        |
| 24        | 6,84    | 30   | 0,076 | 129,473               | 0,781  | 3 | 3884,20 | 0,42                        |
| 25        | 93,82   | 15   | 0,219 | 34,134                | 0,777  | 3 | 512,00  | 0,06                        |
| 26        | 9,26    | 30   | 0,076 | 170,410               | 0,896  | 3 | 5112,29 | 0,55                        |
| 27        | 103,08  | 15   | 0,219 | 40,561                | 0,847  | 3 | 608,41  | 0,07                        |
| 28        | 6,84    | 30   | 0,076 | 129,473               | 0,781  | 3 | 3884,20 | 0,42                        |
| 29        | 109,92  | 15   | 0,219 | 46,614                | 0,908  | 3 | 699,20  | 0,08                        |
| 30        | 9,26    | 30   | 0,076 | 170,410               | 0,896  | 3 | 5112,29 | 0,55                        |
| 31        | 119,18  | 15   | 0,219 | 54,078                | 0,978  | 3 | 811,17  | 0,09                        |
| 32        | 6,84    | 30   | 0,076 | 129,473               | 0,781  | 3 | 3884,20 | 0,42                        |
| 33        | 126,02  | 15   | 0,219 | 29,472                | 0,722  | 3 | 442,09  | 0,05                        |

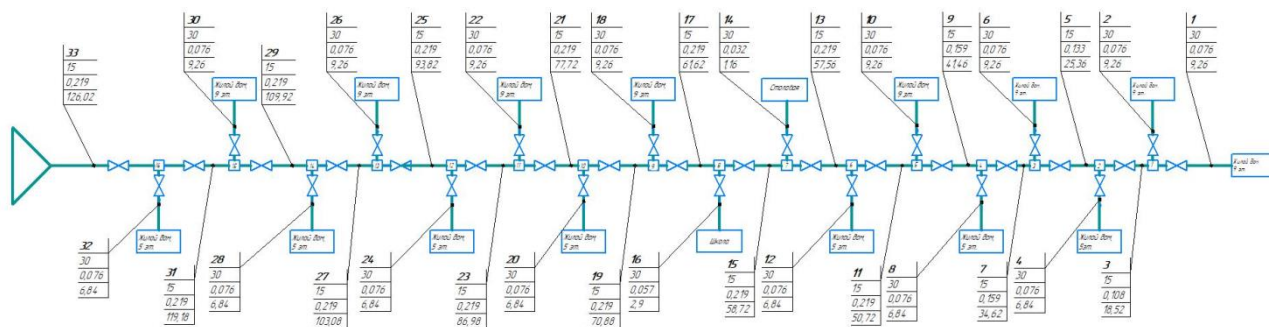


Рисунок 3 – Схема тепловой сети

### 4.3 Построение пьезометрического графика

Для определения давлений и напоров в различных точках теплоснабжающей системы строят графики давлений. На оси абсцисс откладывают длины теплопроводов, а на оси ординат – геодезические отметки высоты систем потребителей и давления. При построении графика давлений в тепловых сетях следует добиваться выполнения следующих технических требований.

1. Давление в местных системах не должно превосходить допустимого для них ( $4,5 \div 6$  атм).

2. Давление в местных системах не должно быть ниже их статического давления. Статическое давление местной системы равно высоте системы. Если в местной системе будет иметь место разрежение, то это приведет к оголению верхней части системы, к засасыванию в систему воздуха и выключению ее из работы.

3. В любой точке внешних сетей давление воды не должно быть ниже атмосферного. В противном случае атмосферный воздух засасывается водой и, циркулируя вместе с ней, интенсивно корродирует сети и местные системы, одновременно снижая пропускную способность трубопроводов.

4. В точках присоединения абонентов должны быть обеспечены напоры (разность давления между подающей и обратной трубами ввода), гарантирующие расчетный пропуск теплоносителя через местные системы.

Самое высокое здание высотой 9 этажей. Высота этажа здания 3 м.

Для начала найдем значение напора на стороне всасывания сетевого насоса. Это значение не должно иметь меньшего значения, чем величина кавитационного запаса для данного насоса, и не превышать высоту местной системы теплоснабжения присоединенных зданий с запасом 5 м. Зададимся значением напора на всасывающей стороне  $H_{вс}=40$  м. После чего откладываем линию потерь напора обратной магистрали АВ. Откладываем линию ВС, которая является в конце №1 линией располагаемого напора. Необходимо, чтобы этот напор для системы теплоснабжения был достаточным, в дальнейшем сможет преодолеть потери напора в тепловых сетях, а также потерь давления в местных системах теплоснабжения. После ведется построение подающей магистрали СД. После идет построение линии потерь напора в теплофикационном оборудовании источника тепла – линия ДЕ, и равняется 20 м. Расположение линии статического напора S-S выбирается исходя следующих условий: вскипания теплоносителя, «раздавливания» и «оголения».

Для того, чтобы предотвратить вскипания перегретой сетевой воды, необходимо, чтобы в подающем трубопроводе значение напора не имело значение меньше 45 м, при температуре 140 °С. Рассматривая построение линии статического напора при условии защиты от «оголения», необходимо, чтобы эта линия была на 5 и более м выше верхних точек местных систем.

После этого строим пьезометрический график.

При размещении узлов присоединения на абонентских вводах (МТП) требуемый располагаемый напор [3, стр. 210]:

- при зависимом присоединении отопительных и вентиляционных установок без применения элеваторов, а также при независимом присоединении с помощью поверхностных подогревателей 6 – 10 м;
- при присоединении отопительных установок с помощью элеватора 15 – 20 м;
- при последовательном включении водо-водяных подогревателей горячего водоснабжения и элеваторного узла 20 – 25 м.



Таблица 13 – Результаты гидравлического расчета главной магистрали и ответвлений

| № участка | L, м | H, м вод.ст.   |                |
|-----------|------|----------------|----------------|
|           |      | Подающая линия | Обратная линия |
|           | 0    | 49             | 15             |
| 33        | 15   | 48,95          | 15,05          |
| 31        | 15   | 48,86          | 15,14          |
| 29        | 15   | 48,78          | 15,22          |
| 27        | 15   | 48,71          | 15,29          |
| 25        | 15   | 48,65          | 15,35          |
| 23        | 15   | 48,6           | 15,4           |
| 21        | 15   | 48,51          | 15,49          |
| 19        | 15   | 48,43          | 15,57          |
| 17        | 15   | 48,37          | 15,63          |
| 15        | 15   | 48,28          | 15,72          |
| 13        | 15   | 48,2           | 15,8           |
| 11        | 15   | 48,14          | 15,86          |
| 9         | 15   | 48,02          | 15,98          |
| 7         | 15   | 47,94          | 16,06          |
| 5         | 15   | 47,83          | 16,17          |
| 3         | 15   | 47,66          | 16,34          |
| 1         | 30   | 47,11          | 16,89          |

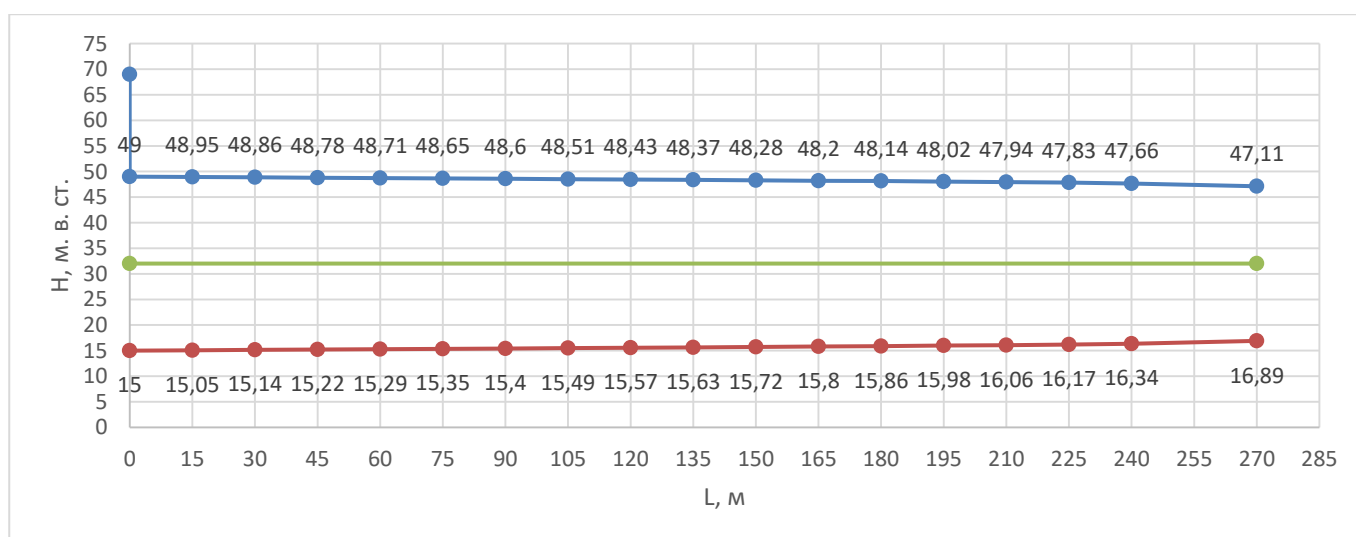


Рисунок 4 – Пьезометрический график

#### 4.4 Построение сетевых и подпиточных насосов

Определим необходимый располагаемый напор сетевого насоса:

$$\Delta H_{\text{сн}} = \Delta H_{\text{тпу}} + \Delta H_{\text{п}} + \Delta H_{\text{о}} + \Delta H_{\text{к}}, \text{ м в.ст.},$$

$$\Delta H_{\text{сн}} = 20 + 3,147 + 3,54 + 18,313 = 45 \text{ м в.ст.}$$

Располагаемый напор сетевого насоса должен составлять не менее 45 м в. ст.

$\Delta H_{\text{тпу}}$  – потери напора в теплофикационном оборудовании источника теплоты, которые приняты равными 20 м;

$\Delta H_{\text{п}}, \Delta H_{\text{о}}$  – потери напора в подающей и обратной магистралях тепловой сети;

$\Delta H_{\text{к}}$  – располагаемый напор в магистрали, определяется из пьезометрического графика главной магистрали.

Значение расчетного расхода теплоносителя, характеризуется подачей сетевого насоса

$$G = 126,02 \text{ м}^3 / \text{ч} = 136,7 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

По результатам теплового и гидравлического расчета системы теплоснабжения подбирается группа насосного оборудования [3, приложение 13, стр. 448] – 2 сетевых насоса (один – рабочий, второй – резервный) Д200-95 (4НДв), производительностью 200 м<sup>3</sup>/ч, с напором 95 м, частота вращения 2950 об/мин., мощность двигателя 80 кВт, КПД 70%.

Для того, чтобы произвести восполнения потери воды в тепловую сеть, используют подпиточные насосы. Также благодаря им, можно восполнить расход сетевой воды, которая забирается на систему ГВС в открытых системах теплоснабжения. Рассматривая закрытые системы теплоснабжения, значение производительности насоса необходимо брать равным 0,75% от фактического объема в трубопроводах тепловой сети, а также в системах, которые к ни присоединяются. Значение такого объема берется равны 65 м<sup>3</sup> на 1МВт от значения расчетного теплового потока (закрытой системе).

Производительность подпиточного насоса определяется по формуле [5, стр. 322]:

$$G_{n.n} = C' \cdot V_{m.c}, \text{ м}^3 / \text{ч},$$

где  $C'$  – коэффициент, характеризующий какое количество сетевой воды тратится с утечками в долях суммарного объёма воды в магистральных и распределительных тепловых сетях и местных системах потребителей теплоты,  $C' = 0,0075$ ;

$V_{m.c}$  – общий объём воды в трубопроводах магистральных и распределительных тепловых сетей, определяемый по формуле:  $V_{m.c} = 65 \cdot \sum Q, \text{ м}^3$ .

$$G_{n.n} = 0,0075 \cdot 65 \cdot 12,788 = 6,23 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Определение напора подпитанного насоса  $H_{n.n}$  должно исходить из условий:

- преодоления потерь напора в подпиточной линии  $\Delta H_{n.l}$ , величина которых, при отсутствии более точных данных, принимается равной 10–20 м;
- поддержания в водяных тепловых сетях статического напора  $H_{cm}$ ;

$$H_{n.n} = H_{cm} + \Delta H_{n.l} \pm z,$$

где  $z$  – разность отметок уровня воды в подпиточном баке и оси подпиточных насосов, принимаем 3м.

$$H_{n.n} = 32 + 10 \pm 3 = 45 \text{ м}.$$

Выбираем к установке насосное оборудование [5, Приложение 14] – 2 подпиточных насоса (один – рабочий, второй – резервный) К-45/55, производительностью 45 м<sup>3</sup>/ч, с напором 55 м, частота вращения 2900 об/мин., мощностью 10,5 кВт, КПД 64%.

## **ГЛАВА 5 РАСЧЕТ И ВЫБОР ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО ПУНКТА**

Рассмотрим одну из главных задач расчета теплового пункта водяных систем теплоснабжения:

нахождение расчетного значения расхода теплоносителя, а также выбор размеров подогревателей и другого оборудования.

Тепловой пункт представляет собой узел подключения потребителя тепловой энергии к тепловой сети и предназначен для подготовки теплоносителя, регулирования его параметров перед подачей в местные системы, а также для учета потребления тепла. Перечень оборудования, установленного в местном тепловом пункте, зависит от схем подключения систем отопления и ГВС, параметров теплоносителя, режимов потребления тепла и других факторов.

Местные тепловые пункты включают в себя следующее основное оборудование: насосы водоструйные и центробежные, грязевики, подогреватели, различные виды приборов контроля и регулирования различной арматуры.

### **5.1 Расчет подогревателей ГВС**

При использовании различных видов теплообменников основной задачей является: определение искомой длины теплообменника (число последовательно присоединенных секций стандартной длины (примерно 4 м), а также диаметры корпусов.

При заданном расходе греющей и нагреваемой среды, для получения необходимой тепловой нагрузки, нужно установить секции подогревателя одинаковой суммарной длины независимо диаметра.

Произведем расчет двухступенчатого секционного теплообменника, подключенного по смешанной схеме присоединения для 9 этажного жилого дома.

По следующей формуле произведем расчет «Балансовой нагрузки» на систему ГВС для 9ти этажного дома, которая будет иметь большее значение чем среднечасовой расход тепла

$$Q_2^6 = \chi^6 \cdot Q_{ср.г.} = 1,2 \cdot 0,161 = 0,2 \text{ MBm.}$$

где  $\chi^\delta$  - балансовый коэффициент, учитывающий неравномерность суточного графика горячего водоснабжения =1,2.

Найдем значение производительности нижней ступени по формуле:

$$Q_I^\delta = Q_z^\delta \cdot \frac{t_n''' - t_x}{t_z - t_x} = 0,2 \cdot \frac{33,8 - 5}{60 - 5} = 0,105 \text{ MBm};$$

где  $t_n'''$  - значение температуры водопроводной воды на выходе из подогревателя нижней ступени I, °C;

$t_x$  - значение температуры холодной воды на входе в подогреватель, °C;

$t_z$  - значение температуры горячей воды на выходе из подогревателя, °C;

Определяем производительность верхней ступени:

$$Q_{II}^\delta = Q_z^\delta - Q_n^\delta = 0,2 - 0,105 = 0,095 \text{ MBm}.$$

#### 5.1.1 Расчет нижней ступени секционного теплообменника

Произведем расчет эквивалента первичного расхода потока:

$$W_{II} = \frac{Q_I^\delta}{(\tau_{02}''' - \tau_2''')} = \frac{0,105}{43,8 - 29,8} = 0,0075 \frac{\text{МДж}}{\text{с} \cdot \text{K}};$$

где  $\tau_{02}''', \tau_2'''$  - после отопительной установки значение температуры обратной воды и температура в точке излома на выходе из подогревателя горячего водоснабжения

Произведем расчет эквивалента вторичного расхода потока:

$$W_\epsilon = \frac{Q_I^\delta}{(t_n''' - t_x)} = \frac{0,105}{33,8 - 5} = 0,004 \frac{\text{МДж}}{\text{с} \cdot \text{K}};$$

где  $t_n'''$  - из подогревателя нижней ступени I значение температуры водопроводной воды на выходе.

Следовательно, запишем значения большего и меньше эквивалентных расходов

$$W_m = W_\epsilon = 4,0 \frac{\text{кДж}}{\text{с} \cdot \text{K}}.$$

$$W_{\delta} = W_{\Pi} = 7,5 \frac{\kappa \text{Дж}}{\text{с} \cdot \text{К}}.$$

Определяют безразмерную удельную тепловую нагрузку подогревателя [5,стр.273]:

$$\varepsilon = \frac{Q_{\delta}}{W_{\text{м}} \cdot \nabla} = \frac{105,0}{4,0 \cdot 38,8} = 0,68.$$

$$\text{где } \nabla = (t_{02}''' - t_{\text{х}}) = (43,8 - 5) = 38,8 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Определяем параметр теплообменника [3,стр.273]:

$$\Phi = \frac{\sqrt{\frac{W_{\text{м}}}{W_{\delta}}}}{\frac{1}{\varepsilon} - 0,35 \cdot \frac{W_{\text{м}}}{W_{\delta}} - 0,65} = \frac{\sqrt{\frac{4,0}{7,5}}}{\frac{1}{0,68} - 0,35 \cdot \frac{4,0}{7,5} - 0,65} = 1,15.$$

Вычисляют суммарную длину секций теплообменника [3,стр.274]:

$$l = 10 \cdot \Phi = 10 \cdot 1,15 = 11,5 \text{ м}.$$

Для расчета примем длину секции 4 м. Следовательно, общее количество секций подогревателя [5,стр.274]:

$$n = \frac{l}{4} = \frac{11,5}{4} = 2,9.$$

Количество секций  $n = 3$

Существуют следующие условия, по которым идет выбор, какой расход через что пропустить: условия эксплуатации и условия улучшения теплопередачи. Поэтому больший расход (сетевой воды) идет через межтрубное пространство, а меньший расход (нагреваемая вода) пропускается внутри трубок.

Межтрубное пространство:

$$s_{\text{мм}}^{\text{max}} = \frac{H_{\text{мм}}}{n \cdot V_{\text{мм}}^2} = \frac{1,5 \cdot 10^6}{3 \cdot \left( \frac{7,5}{4,187} \right)^2} = 155830,84 \text{ м} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6.$$

Внутритрубное пространство:

$$s_{mp}^{\max} = \frac{H_{mp}}{n \cdot V_m^2} = \frac{1,0 \cdot 10^6}{3 \cdot \left( \frac{4,0}{4,187} \right)^2} = 365228,5 \text{ м} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6;$$

где  $H_{mp} = 1,0 \text{ м}$ ,  $H_{mt} = 1,5 \text{ м}$  - задаем значение располагаемого напора.

$V_m, V_{mt}$  - объемные расходы  $\text{м}^3 / \text{с}$ .

При условии  $s < s^{\max}$ , подходит подогреватель имеющий диаметр корпуса  $D_H < D_S = 89 / 82$ , значение сопротивления межтрубного пространства —  $s_{mt} = 134000 < 155830,84 \text{ м} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6$ , а значение гидравлического сопротивления трубок  $s_{mp} = 155000 < 365228,5 \text{ м} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6$ .

Для выбранных параметров подогревателя, рассчитаем потери напора

Определим потери напора для водопроводной воды, которая протекает внутри трубок

$$H_{\epsilon} = n \cdot s_{mp} \cdot V_m^2 = 3 \cdot 155000 \cdot \frac{\left( \frac{4,0}{4,187} \right)^2}{10^6} = 0,42 < 1 \text{ м}.$$

Определим потери напора для сетевой воды, которая через межтрубное пространство

$$H_m = n \cdot s_{mp} \cdot V_{mt}^2 = 3 \cdot 134000 \cdot \frac{\left( \frac{7,5}{4,187} \right)^2}{10^6} = 1,29 < 1,5 \text{ м}.$$

Далее находим значение удельной безразмерной тепловой нагрузки подогревателя [3, стр.126]:

$$\epsilon = \frac{1}{0,35 \cdot \frac{W_m}{W_{\epsilon}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi} \sqrt{\frac{W_m}{W_{\epsilon}}}} = \frac{1}{0,35 \cdot \frac{4,0}{7,5} + 0,65 + \frac{1}{1,2} \cdot \sqrt{\frac{4,0}{7,5}}} = 0,69.$$

Параметр подогревателя выбранных размеров:

$$\Phi = n \cdot l \cdot 0,1 = 3 \cdot 4 \cdot 0,1 = 1,2.$$

Рассчитаем значение тепловой нагрузки подогревателя:

$$Q = \epsilon \cdot W_m \cdot \nabla = 0,69 \cdot 4,0 \cdot 38,8 = 107,1 \text{ кВт}.$$

После находим коэффициент теплопередачи

Для начала проведем расчет поверхности нагрева

$$F = n \cdot 3,54 = 3 \cdot 3,54 = 10,62 \text{ м}^2.$$

По [3, приложение 20а] принимаем поверхность нагрева 1 секции равной 3,54 м<sup>2</sup>

Далее определяем значения температур первичного и вторичного потока:

$$\tau_2 = \tau_{02}'' - \frac{Q}{W_n} = 43,8 - \frac{107,1}{7,5} = 29,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$t_1 = t_x + \frac{Q}{W_\epsilon} = 5 + \frac{107,1}{4,0} = 31,8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

### 5.1.2 Расчет верхней ступени секционного теплообменника

Значение эквивалента расходов потоков первичного и вторичного определим по следующим формулам

$$W_{II} = \frac{Q_{II}^{\delta}}{(\tau_1''' - \tau_{01}''')} = \frac{95,0}{82,7 - 70} = 7,48 \frac{\text{кДж}}{\text{с} \cdot \text{K}};$$

$$W_\epsilon = \frac{Q_{II}^{\delta}}{(t_\epsilon - t_n''')} = \frac{95,0}{60 - 31,8} = 3,4 \frac{\text{кДж}}{\text{с} \cdot \text{K}};$$

где  $t_\epsilon$  – температура горячей воды на выходе из подогревателя первой ступени,  $^\circ\text{C}$ ;

где  $\tau_1''', \tau_{01}'''$  – температура подающей воды после отопительной установки и после подогревателя горячего водоснабжения в точке излома температурного графика соответственно

$t_n'''$  – температура горячей воды на выходе из подогревателя первой ступени,  $^\circ\text{C}$ .

Следовательно, запишем значения большего и меньше эквивалентных расходов

$$W_\delta = W_{II} = 7,48 \frac{\text{кДж}}{\text{с} \cdot \text{K}}.$$



$$W_{\text{м}} = W_{\text{г}} = 3,4 \frac{\kappa \text{Дж}}{\text{с} \cdot \text{К}}.$$

Определяют безразмерную удельную тепловую нагрузку подогревателя [3,стр.273]:

$$\varepsilon = \frac{Q_{\text{г}}}{W_{\text{м}} \cdot \nabla} = \frac{95,0}{3,4 \cdot 50,9} = 0,55.$$

где  $\nabla = (t_1''' - t_n''') = (82,7 - 31,8) = 50,9^{\circ}\text{C}$ .

Определяем параметр теплообменника

$$\Phi = \frac{\sqrt{\frac{W_{\text{м}}}{W_{\text{г}}}}}{\frac{1}{\varepsilon} - 0,35 \cdot \frac{W_{\text{м}}}{W_{\text{г}}} - 0,65} = \frac{\sqrt{\frac{3,4}{7,48}}}{\frac{1}{0,55} - 0,35 \cdot \frac{3,4}{7,48} - 0,65} = 0,67.$$

После этого рассчитаем общую длину всех секций теплообменника:

$$l = 10 \cdot \Phi = 10 \cdot 0,67 = 6,7 \text{ м}.$$

В итоге принимает секции с длиной 4 м. Следовательно, общее значение последовательно присоединенных секций:

$$n = \frac{l}{4} = \frac{6,7}{4} = 1,7.$$

Количество секций  $n = 2$

Существуют следующие условия, по которым идет выбор, какой расход через что пропустить: условия эксплуатации и условия улучшения теплопередачи. Поэтому больший расход (сетевой воды) идет через межтрубное пространство, а меньший расход (нагреваемая вода) пропускается внутри труб.

Воспользуемся следующей формулой, чтобы рассчитать допустимое значение гидравлического сопротивления одной секции, как для внутритрубного, так и для межтрубного пространства:

$$s_{\text{мп}}^{\text{max}} = \frac{H_{\text{мп}}}{n \cdot V_{\text{мп}}^2} = \frac{1,5 \cdot 10^6}{2 \cdot \left( \frac{7,48}{4,187} \right)^2} = 234997,9 \text{ м} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6.$$

$$s_{mp}^{\max} = \frac{H_{mp}}{n \cdot V_m^2} = \frac{1 \cdot 10^6}{2 \cdot \left( \frac{3,4}{4,187} \right)^2} = 758259,9 \text{ м} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6.$$

где  $H_{mp} = 1 \text{ м}$ ,  $H_{mt} = 1,5 \text{ м}$  - задаются располагаемыми напорами.

$V_m, V_{mt}$  - объемные расходы  $\text{м}^3 / \text{с}$ .

Если выполнится условие  $s < s^{\max}$ , то выбираем подогреватель с диаметром корпуса  $D_H < D_S = 89 / 82$ , значение гидравлического сопротивления трубок  $s_{mt} = 134000 < 234997,9 \text{ м} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6$ , значение сопротивления межтрубного пространства –  $s_{mp} = 155000 < 758259,9 \text{ м} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6$ .

Далее по значениям выбранного подогревателя, проводим расчет потерь напора.

Первоначально, необходимо произвести расчет потерь напора для водопроводной воды

$$H_{\text{в}} = n \cdot s_{mp} \cdot V_m^2 = 2 \cdot 155000 \cdot \frac{\left( \frac{3,4}{4,187} \right)^2}{10^6} = 0,20 < 1 \text{ м}.$$

Далее находятся значение потерь напора для сетевой воды, протекающая через межтрубное пространство

$$H_{\text{с}} = n \cdot s_{mp} \cdot V_{mt}^2 = 2 \cdot 134000 \cdot \frac{\left( \frac{7,48}{4,187} \right)^2}{10^6} = 0,9 < 1,5 \text{ м}.$$

Следующим этапом рассчитывают гидравлическое сопротивление трубок

$s_{mp} = 155000 < 758259,9 \text{ м} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6$ , сопротивление межтрубного пространства

$s_{mt} = 134000 < 234997,9 \text{ м} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6$ .

После этого, рассчитываются потери напора

Определим потери напора водопроводной воды, которая протекает внутри трубок:

$$H_{\epsilon} = n \cdot s_{mp} \cdot V_m^2 = 2 \cdot 155000 \cdot \frac{\left(\frac{3,4}{4,187}\right)^2}{10^6} = 0,20 < 1 \text{ м.}$$

Потери напора сетевой воды, которая протекает через межтрубное пространство:

$$H_{\text{м}} = n \cdot s_{mp} \cdot V_{\text{мт}}^2 = 2 \cdot 134000 \cdot \frac{\left(\frac{7,48}{4,187}\right)^2}{10^6} = 0,9 < 1,5 \text{ м.}$$

Рассчитаем удельную безразмерную тепловую нагрузку подогревателя:

$$\epsilon = \frac{1}{0,35 \cdot \frac{W_{\text{м}}}{W_{\epsilon}} + 0,65 + \frac{1}{\Phi} \cdot \sqrt{\frac{W_{\text{м}}}{W_{\epsilon}}}} = \frac{1}{0,35 \cdot \frac{3,4}{7,48} + 0,65 + \frac{1}{0,8} \cdot \sqrt{\frac{3,4}{7,48}}} = 0,61.$$

Параметр подогревателя выбранных размеров:

$$\Phi = n \cdot l \cdot 0,1 = 2 \cdot 4 \cdot 0,1 = 0,8.$$

Проведем расчет тепловой нагрузки подогревателя

$$Q = \epsilon \cdot W_{\text{м}} \cdot \nabla = 0,61 \cdot 3,4 \cdot 50,9 = 105,6 \text{ кВт.}$$

При расчётных условиях найдем значение коэффициента теплопередачи подогревателя. Поверхность нагрева подогревателя:

$$F = n \cdot 2,24 = 2 \cdot 2,24 = 4,48 \text{ м}^2$$

2,24 м - значение поверхности нагрева одной секции, [2].

Определим величину, на выходе из подогревателя, температуры первичного потока:

$$\tau_2 = \tau_1 - \frac{Q}{W_n} = 82,7 - \frac{105,6}{7,48} = 68,6^\circ\text{C}.$$

На выходе из подогревателя, определим значение температуры вторичного потока:

$$t_1 = t_2 + \frac{Q}{W_{\text{м}}} = 31,8 + \frac{105,6}{3,4} = 62,9^\circ\text{C}.$$

## 5.2 Расчет водоводяных теплообменников системы отопления

Для системы отопления тепловой поток равен:  $Q_o^p = 0,230 \text{ MBm}$ .

Значение температур:

-  $\tau_1 = 144,8^\circ \text{C}$  – при входе в подогреватель, значение температуры сетевой воды,

-  $\tau_2 = 70^\circ \text{C}$  – при выходе из подогревателя, значение сетевой воды,

-  $t_1 = 70^\circ \text{C}$  – перед подогревателем, значение температуры нагреваемой воды,

-  $t_2 = 95^\circ \text{C}$  – после подогревателя, значение температуры нагреваемой воды.

Определим значение расхода нагреваемой и сетевой воды:

$$G_m = G_m = \frac{Q}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)} = \frac{230}{4,187 \cdot (144,8 - 70)} = 0,734 \text{ кг} / \text{с},$$

где  $Q$  – расчетная нагрузка на отопление, кВт;

$c$  – теплоемкость воды,  $c = 4,187 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ \text{C}}$ ;

$\tau_1, \tau_2$  – температура сетевой воды на входе в подогреватель и на выходе из него,  $^\circ \text{C}$ .

Объемный расход воды:

$$V = \frac{G_m}{\rho} = \frac{0,734}{954,45} = 0,0008 \text{ м}^3 / \text{с},$$

где  $\rho$  – плотность воды при средней температуре воды,  $\text{кг} / \text{м}^3$ .

$$G_o = G_{m.m} = \frac{Q}{c \cdot (t_2 - t_1)} = \frac{230}{4,187 \cdot (95 - 70)} = 2,197 \text{ кг} / \text{с},$$

$t_1, t_2$  – температура нагреваемой воды на входе в подогреватель и на выходе из него,  $^\circ \text{C}$ .

Объемный расход воды:

$$V_{m.m} = \frac{G_{m.m}}{\rho} = \frac{2,197}{970,175} = 0,00226 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Скорость в межтрубном пространстве при предварительном расчете принимаем 0,8 м/с.

Приняв значение скорости, определяем значение площади проходного сечения межтрубного пространства

$$f_{m.m} = \frac{V_{m.m}}{w_{m.m}} = \frac{0,00226}{0,8} = 0,0028 \text{ м}^2.$$

Принимаем следующий вид подогревателя со следующими параметрами:

- $d_{нар} = 89 \text{ мм}$ , наружный диаметр корпуса,
- $n = 12$  шт, число латунных трубок,
- $f_m = 1,85 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ , площадь проходного сечения трубок,
- $f_{m.m} = 2,87 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ , площадь проходного сечения межтрубного

пространства,

- $S_m = 456 \cdot 10^3 \text{ м} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6$ , сопротивление одной секции трубного пространства

- $S_{m.m} = 134 \cdot 10^3 \text{ м} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^6$ , межтрубного пространства

Значение скоростей воды в трубах и между трубами:

$$w_m = \frac{V_m}{f_m} = \frac{0,00082}{0,00185} = 0,44 \text{ м / с};$$

$$w_{m.m} = \frac{V_{m.m}}{f_{m.m}} = \frac{0,00226}{0,00287} = 0,787 \text{ м / с}.$$

Эквивалентный диаметр для межтрубного пространства:

$$d_э = \frac{4 \cdot f_{m.m}}{P} = \frac{4 \cdot 0,00287}{3,14 \cdot (0,016 \cdot 12 + 0,089)} = 0,013 \text{ м}.$$

Средняя температура воды в трубах и между трубками:

$$\tau = 0,5 \cdot (\tau_1 + \tau_2) = 0,5 \cdot (144,8 + 70) = 107,4^\circ \text{ C};$$

$$t = 0,5 \cdot (t_1 + t_2) = 0,5 \cdot (70 + 95) = 82,5^\circ \text{ C}.$$

По средним температурам по таблице [5, приложение 9] определяем температурный множитель  $A_{5т} = 3377 \text{ Вт}$ ,  $A_{5м.т} = 3106 \text{ Вт}$ .

Коэффициент теплоотдачи:

$$\alpha_m = A_{5m} \cdot \frac{w_m^{0,8}}{d_e^{0,2}} = 3377 \cdot \frac{0,44^{0,8}}{0,014^{0,2}} = 4112 \frac{Bm}{(m^2 \cdot ^\circ C)};$$

$$\alpha_{m.m} = A_{5m.m} \cdot \frac{w_{m.m}^{0,8}}{d_9^{0,2}} = 3106 \cdot \frac{0,787^{0,8}}{0,013^{0,2}} = 6112 \frac{Bm}{(m^2 \cdot ^\circ C)}.$$

Расчетный коэффициент теплопередачи (теплопроводность латуни

$$\lambda = 105 \frac{Bm}{m \cdot ^\circ C}):$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_m} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{m.m}}} = \frac{1}{\frac{1}{4112} + \frac{0,001}{105} + \frac{1}{6112}} = 2402 \frac{Bm}{m^2 \cdot ^\circ C}.$$

Температурный напор:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_{\mathcal{M}}}{2} = \frac{(144,8 - 95) + (70 - 70)}{2} = 24,9^\circ C.$$

Площадь поверхности нагрева подогревателя:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t} = \frac{230 \cdot 10^3}{2402 \cdot 24,9} = 3,85 m^2.$$

Длина хода воды по трубкам при  $d_e = 0,014 m$ :

$$L = l \cdot z = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot n} = \frac{3,85}{3,14 \cdot 0,014 \cdot 12} = 7,3 m.$$

Число секций при длине секции  $l = 4 m$ :

$$z = \frac{L_m}{l_m} = \frac{7,3}{4} = 1,8 шт.$$

Принимаем 2 секции.

## 5.3 Расчет и выбор насосов

### 5.3.1 Смесительный насос

В качестве смесительных устройств обычно применяются водоструйные насосы (элеваторы) и центробежные насосы. Для осуществления подбора таких устройств, необходимо, чтобы было известно значение потерь давления в системе отопления. Например, элеваторы устанавливаются, если потери давления в системе

отопления не превышаю 15 кПа (1,5 м вод. ст.), следовательно, при большем значении насосы.

Элеваторы обладают рядом преимуществ: простота и надежность использования, недорогая стоимость. Спроектирован, так, что есть патрубок, через который осуществляется подсос охлажденной воды, для процесса смешения ее с водой большей температуры, и передача части давления в систему отопления для обеспечения циркуляции воды. Все элеваторы отличаются значением диаметра горловины  $d_r$ .

Воспользовавшись формулой (28) определим значение диаметра горловины

$$d_z = 8,5 \cdot \sqrt[4]{\frac{G_o^{p2} \cdot (1+u)^2}{H_0}} \quad (5.3.1.1)$$

где  $G_o^p$  - расчетный расход воды на отопление из тепловой сети,  $m^3 / ч$ ;

$u$  - коэффициент смешения,

$$u = \frac{\tau_1 - \tau_3}{\tau_3 - \tau_2} = \frac{144,8 - 95}{95 - 70} = 2,0; \quad (5.3.1.2)$$

$H_0$  - при расчетном расходе воды, характеризует потери напора в системе отопления после элеватора, м.в.ст, принимаемые 1,0 – 1,5м.

Подбор элеватора осуществляется по стандартному ряду с меньшим значением диаметром горловины

Найдем значение минимального напора на входе в элеватор, который будет преодолевать гидравлическое сопротивление устройства, а также присоединенной к нему системы отопления

$$H = 1,4 \cdot H_0 \cdot (1+u)^2 = 1,4 \cdot 1,5 \cdot (1+1,8)^2 = 16,5 \text{ м.в.ст.} \quad (5.3.1.3)$$

По следующей формуле определим диаметр сопла элеватора  $d_c$

$$d_c = 9,6 \sqrt[4]{\frac{G_o^p}{H_1}} \quad (5.3.1.4)$$

где  $H_1$  - напор перед элеватором, определяемый по пьезометрическому графику, м.в.ст.

Выбор элеватора, устанавливаемого на абонентском вводе 9-ти этажного дома (18 участок).

Диаметр горловины водоструйного элеватора  $d_r$  (формула 28):

$$d_r = 8,5 \cdot \sqrt[4]{\frac{4,34^2 \cdot (1 + 2,0)^2}{1,5}} = 27,7 \text{ мм.}$$

Диаметр сопла элеватора  $d_c$  (формула 31):

$$d_c = 9,6 \cdot \sqrt[4]{\frac{4,34}{22,0}} = 6,4 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный элеватор №3 ВТИ-теплосеть Мосэнерго

Выбор элеватора, устанавливаемого на абонентском вводе 5-ти этажного дома (13 участок).

Диаметр горловины водоструйного элеватора  $d_r$ :

$$d_r = 8,5 \cdot \sqrt[4]{\frac{G_o^{p2} \cdot (1 + u)^2}{H_0}} = 8,5 \cdot \sqrt[4]{\frac{3,88^2 \cdot (1 + 2)^2}{1,5}} = 26,2 \text{ мм}$$

Диаметр сопла элеватора  $d_c$  определяется по формуле:

$$d_c = 9,6 \cdot \sqrt[4]{\frac{G_0^p}{H_1}} = 9,6 \cdot \sqrt[4]{\frac{3,88}{20,3}} = 6,3 \text{ мм.}$$

Принимаем стандартный элеватор №3 ВТИ-теплосеть Мосэнерго.

При подборе смесительного насоса, используемых для системы отопления и устанавливаемых в ИТП, следует помнить:

а) при установке насоса на перемычке между подающим и обратным трубопроводами систем отопления:

– напор на 2 – 3 м больше потерь давления в системе отопления;

– подачу насоса  $G$ :

$$G = 1,1 \cdot G_0^p \cdot u, \text{ кг / ч,}$$

$G_0^p$  – расчетный максимальный расход воды на отопление из тепловой сети;

$u$  – коэффициент смешения.



Выполним подбор смесительного насоса, устанавливаемого на абонентском вводе 9-ти этажного дома (1 участок).

Расчетный максимальный расход воды на отопление из тепловой сети составляет  $G_0^p = 4,34 \text{ м}^3 / \text{ч} = 4340 \text{ кг} / \text{ч}$ .

Коэффициент смешения:

$$u = \frac{\tau_1 - \tau_3}{\tau_3 - \tau_2} = \frac{144,8 - 95}{95 - 70} = 2,0.$$

Подача насоса:

$$G = 1,1 \cdot 4340 \cdot 2,0 = 9548 \text{ кг} / \text{ч} = 10,0 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Роль смесительной установки может выполнять центробежный, диагональный или осевой насос. По таблице Приложение 14 [3] выбираем к установке насос К 20/18, подачей  $20 \text{ м}^3 / \text{ч}$ , напором 14 м, частота вращения 2900 обор./мин, мощность 1,45 кВт.

б) при установке насоса на подающем или обратном трубопроводе системы отопления:

– напор в зависимости от давления в тепловой сети и требуемого давления в системе отопления с запасом в 2 – 3м;

– подачу насоса  $G$ :

$$G = 1,1 \cdot G_0^p \cdot (1 + u), \text{ кг} / \text{ч}.$$

$$G = 1,1 \cdot 4,34 \cdot (1 + 2) = 14,32 \text{ м}^3 / \text{ч} = 15,0 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

По таблице Приложение 14 [3] выбираем к установке насос К 20/18, подачей  $20 \text{ м}^3 / \text{ч}$ , напором 14 м, частота вращения 2900 обор./мин, мощность 1,45 кВт. К установке принимается один рабочий насос, резервный на случай выходы из строя находится на складе.

5.3.2 Циркуляционный насос независимо присоединительной системы отопления

При выборе циркуляционного насоса для системы отопления следует принимать подачу насоса по расчетному расходу воды в системе отопления. Для здания школы  $G_0^p = 2,0 \text{ м}^3 / \text{ч} = 2000 \text{ кг} / \text{ч} = 2,1 \text{ м}^3 / \text{ч}$ .

Напор при установке циркуляционного насоса в индивидуальном тепловом пункте при независимой схеме присоединения системы отопления определяется по сумме потерь давления в водоподогревателе (теплообменнике) и в системе отопления.

По каталогу [6] выбираем к установке циркуляционный насос Wilo–Star–RS (Classic Star), максимальный расход  $4,0 \text{ м}^3 / \text{ч}$ , максимальный напор 6,0 м, частота вращения 2850 обор./мин, температура перекачиваемой среды от  $-10^\circ\text{C}$  до  $+110^\circ\text{C}$ . К установке принимается один рабочий насос, резервный на случай выходы из строя находится на складе.

### 5.3.3 Циркуляционный насос системы горячего водоснабжения

При выборе циркуляционного насоса для системы горячего водоснабжения следует принимать подачу насоса по расчетному расходу воды в системе ГВС.

Расход воды на систему ГВС 9-ти этажного дома

$$G_{\text{гвс}}^{\text{max}} = 4,92 \text{ м}^3 / \text{ч} = 4920 \text{ кг} / \text{ч} = 5,34 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Для циркуляции воды в системе ГВС по таблице Приложение 14 [3] выбираем центробежный насос типа К (для воды с температурой до  $105^\circ\text{C}$ ) марки К-8/18 с подачей  $8 \text{ м}^3 / \text{ч}$ , развиваемым напором 12 м, частотой вращения 2900 об/мин и типом электродвигателя ВАО -21-2 мощностью 1,5 кВт. К установке принимается один рабочий насос, резервный на случай выходы из строя находится на складе.

### 5.3.4 Выбор подпиточного насоса

При выборе подпиточного насоса на систему отопления следует принимать:

– подачу насоса – в размере 20% объема воды, находящейся в трубопроводах системы отопления, подключенных к водоподогревателю;

– напор из условия поддержания статического давления в системе отопления.

Расход воды в системе отопления школы

$$G_0^p = 2,83 \text{ м}^3 / \text{ч} = 2830 \text{ кг} / \text{ч} = 2,97 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

Подача подпиточного насоса  $G_0^p = 2,97 \cdot 0,2 = 0,594 \text{ м}^3 / \text{ч}.$

Для подпитки воды в систему отопления выбираем центробежный питательный насос (для воды до 165°C) марки ЭПН-5/1-П с подачей 5 м<sup>3</sup>/ч, развиваемым напором 75 м, частотой вращения 3000 об/мин и типом электродвигателя Ам-51-2 мощностью 6 кВт. К установке принимается один рабочий насос, резервный на случай выходы из строя находится на складе.

## ГЛАВА 6 РАСЧЕТ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

Система, в которой все участки теплопроводов соединены прочно, а с помощью таких участков, теплота передается от источника к тепловому потребителю, называется тепловой сетью.

Для осуществления выбора трассы теплопровода, необходимо руководствоваться следующими условиями: надежности теплоснабжения, возможностью быстрой ликвидации неполадок и аварий, безопасности работы обслуживающего персонала и населения.

По СНиП 2.04.07.- 86 необходимо, чтобы величина заглубления тепловой сетей от поверхности земли или дорожного покрытия до верха перекрытия каналов составляла 0,5 м, до верха оболочки бесканальной прокладки 0,7 м. до верха перекрытия камер 0,3 м.

Конструкции подземных трубопроводов классифицируют на канальные и бесканальные

В первых – изоляционная конструкция разгружена от внешних нагрузок грунта стенками канала. Во-вторых, бесканальных – изоляционная конструкция испытывает нагрузку грунта.

Каналы сооружаются:

- проходными;
- непроходными.

Преимущественно применяются непроходные каналы. Каналы выполняются из сборных железобетонных конструкций. Конструкция непроходного канала прямоугольного сечения типа КЛ, состоит из двух основных элементов:

- железобетонного лотка;
- железобетонной плиты перекрытия.

Стыковые соединения элементов заполняют цементным раствором или мостиками. Выполняется гидроизоляция перекрытия. Конструкция канала

затрудняет производство монтажно-сварочных работ и не обеспечивает требуемую герметичность.

При подземной прокладке по трассе тепловых сетей требуется установка ряда элементов конструкций:

- тепловые камеры (ТК);
- неподвижные опоры;
- компенсаторы.

В тепловых камерах размещаются задвижки, спускные и воздушные краны, неподвижные опоры. Камеры выполняются из железобетонных стеновых блоков. Камеры также применяются для размещения узлов трубопроводов, в которых устанавливают задвижки и устроенные ответвления.

### **6.1 Выбор опор**

Одними из главных деталей теплопровода являются опоры. Они принимают на себя усилия от труб, и после передают их либо грунту, либо несущим конструкциям.

При прокладке трубопроводов опоры можно проклассифицировать:

**Подвижные опоры** воспринимают вес теплопровода и обеспечивают его свободное перемещение на строительных конструкциях при температурных деформациях. Благодаря таким опорам, перемещение трубопроводов происходит вместе с ними. Такой вид опор, главным образом, испытывает в основном вертикальные нагрузки от массы труб.

Рассмотри другую классификацию опор (по принципу свободного перемещения). Различают опоры качения, подвесные и скольжения

*Скользящие* опоры, применяют независимо от направления горизонтальных перемещений трубопроводов при всех способах прокладки и для всех диаметров труб. Эти опоры просты по конструкции и надежны в эксплуатации.

Принимаем к установке скользящие опоры на опорных подушках.

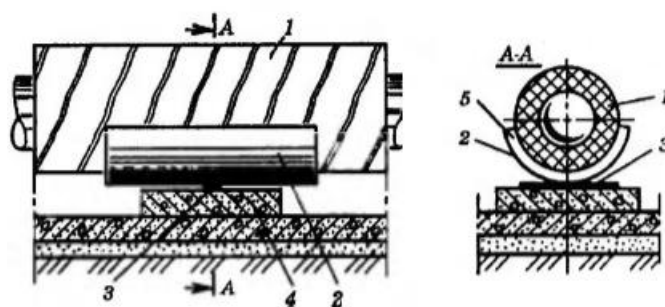


Рисунок 5 – Скользящая опора

1 – тепловая изоляция; 2 – опорный цилиндр; 3 – стальная скоба; 4 – бетонная опорная подушка; 5 – паронитовая прокладка.

Пролеты между подвижными опорами трубопроводов на бетонных подушках при прокладке в непроходных каналах размещают в разбежку в зависимости от диаметра трубопроводов на расстоянии [9, стр. 29]:

*Ду 200 – 6 м; Ду 150 мм – 5 м; Ду 125 мм – 4,5 м;  
Ду 100 мм – 4 м; Ду 70 мм – 3 м; Ду 50 мм – 3 м.*

### **Неподвижные опоры**

Такой вид опор можно использовать на трубах при различных способах прокладки тепловых сетей.

Как правило, место расположения опор необходимо совместить, местами установки на трубопроводах запорной арматуры, с узлами ответвлений труб сальниковых компенсаторов, грязевиков и другого оборудования.

Расстояние между неподвижными опорами определяется исходя из параметров теплоносителя зависимости от диаметра трубопроводов на расстоянии [7, стр. 36]:

При установке сальниковых компенсаторов:

*Ду 200, 150 мм – 80 м; Ду 100 мм – 70 м.*

Принимаем к установке неподвижные опоры трубопроводов двухпорные ТС–659.00.00 по серии 5.903-13, выпуск 7-95, «Изделия и детали трубопроводов для тепловых сетей. Опоры трубопроводов неподвижные. Рабочие чертежи».

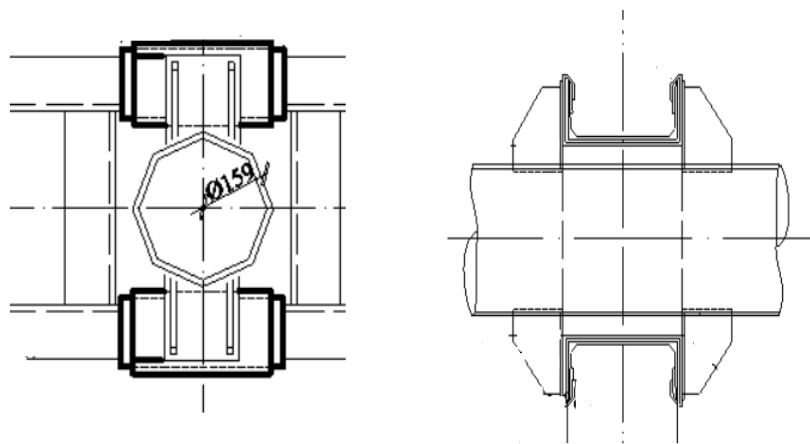


Рисунок 6 – Неподвижная опора двухпорная

## 6.2 Выбор компенсаторов

Если по тепловым сетям, передается теплоноситель напряжением, которого выше допустимого и с большими значениями температуры, необходимо предусмотреть компенсацию температурных удлинений.

Используют компенсаторы, с целью снижения негативного влияния тепловых деформаций стальных тепловых трубопроводов в случае изменения температуры рабочей среды. Таким образом, их используют для повышения срока, как трубопровода так и всех коммуникаций в целом.

При повышении температуры теплоносителя на  $100^{\circ}\text{C}$  удлинение стальных труб составляет порядка 1, 2 мм на один метр длины. В тех трубопроводах в которых не предусмотрена система компенсации тепловых расширений, происходит деформация от возникающих напряжений различного вида.

При конструировании трубопровода основным вопросом является вопрос безаварийности, что в большой степени определяет правильность выбора и установки компенсаторов.

Используемые в тепловых сетях компенсаторы делятся на два вида:

- осевые компенсаторы, применяемые для компенсации удлинений прямолинейных участков трубопроводов (сальниковые, линзовые, сильфонные);
- радиальные компенсаторы, используемые при любой конфигурации трубопроводов (П-образные, самокомпенсация).

Компенсатор вваривается в трубопровод, поэтому установка его на линии не приводит к увеличению количества фланцевых соединений.

Тепловое удлинение расчетного участка трубопровода  $\Delta l$ , мм, определяют по формуле:

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta t, \text{ мм},$$

где  $\alpha$  – средний коэффициент линейного расширения стали,  $\text{мм} / (\text{м} \cdot ^\circ \text{C})$ ,  
(для типичных расчетов принимается  $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-2} \text{ мм} / (\text{м} \cdot ^\circ \text{C})$ ;

$\Delta t$  – расчетный перепад температур, определяемый по формуле.

$$\Delta t = \tau_1 - t_0,$$

где  $\tau_1$  – расчетная температура теплоносителя,  $^\circ \text{C}$ ;

$t_0$  – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления,  $^\circ \text{C}$ ;

$l$  – расстояние между неподвижными опорами, м.

$$\Delta l = 1,2 \cdot 10^{-2} \cdot 60 \cdot (144,8 - (-39)) = 132,34 \text{ мм}.$$

Принимаем к установке на участках магистрального трубопровода сальниковые односторонние компенсаторы.

### 6.3 Выбор запорной арматуры

Установку запорной арматуры, в тепловой сети, необходимо проводить с целью отключения трубопроводов, перемычек, ответвлений между трубопроводами, на выходах тепловых сетей от источника тепла.

Используется такой вид арматуры для дальнейшего управления работой тепловых сетей, а также регулировки режимов потребления тепла.

Для всех трубопроводов тепловых сетей, кроме тепловых пунктов и сетей горячего водоснабжения, для проектирования отопления запрещается применять арматуру [8]:

– из серого чугуна - в районах с расчетной температурой наружного воздуха ниже минус  $10^\circ \text{C}$ ;

– из ковкого чугуна - в районах с расчетной температурой наружного воздуха ниже минус  $30^\circ \text{C}$ .



На спускных и дренажных устройствах применять арматуру из серого чугуна запрещается.

Рассмотрим краны марки BROEN BALLOMAX. Помимо закрытых системах теплоснабжения, данные краны можно использовать в системах ГВС, но при этом вода должна соответствовать СП 124.13330-2012. Изготавливаются такие краны из углеродистой стали. Шар, который выполняется из нержавеющей стали, является главным рабочим элементом крана. Исключить протечки и компенсировать температурные расширения шара можно с помощью тарельчатой пружины.

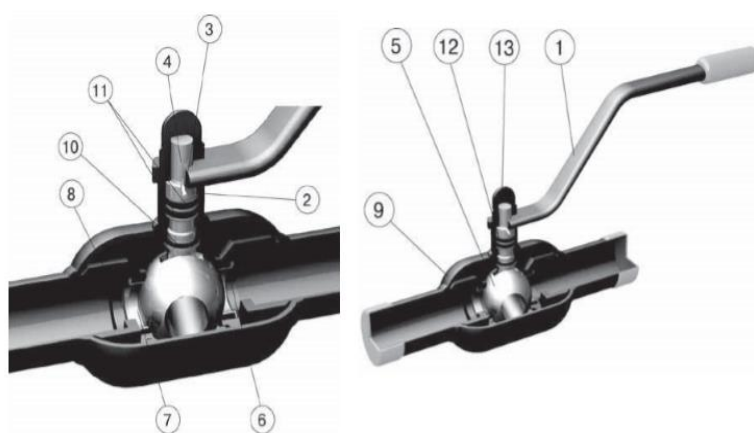


Рисунок 7 – Кран шаровый BROEN BALLOMAX

1 – ручка; 2 – промежуточное кольцо; 3 – спорный штифт; 4 – шпиндель; 5 – шар; 6 – седло шара; 7 – опорное кольцо; 8 – пружинная шайба; 9 – корпус крана; 10 – сальник; 11 – уплотнительное кольцо; 12 – направляющая шпинделя; 13 – колпачковая гайка

Принимаем к установке краны шаровые BROEN BALLOMAX, температура среды до  $200^{\circ}\text{C}$  и давление в тепловых сетях до  $P_y = 1,6 - 2,5$  МПа.

#### 6.4 Выбор и расчет тепловой изоляции трубопровода

Теплоноситель подается от ТЭЦ микрорайону и возвращается обратно по трубопроводам тепловой сети, температурный график  $\tau_{10}^p / \tau_{20}^p = 144,8 / 48,1^{\circ}\text{C}$ .

Для того, чтобы температура воды в трубопроводах не снижалась более, чем на  $2^{\circ}\text{C}$  трубопроводы изолируются тепловой изоляцией. Для изоляции трубопровода принимаем маты минераловатные прошивные МП-100 по ГОСТ

21880-2011, покровный слой по тепловой изоляции – стеклопластик РСТ-275Л по ТУ 2296-14-00204961-99.

Маты минераловатные МП-100 используется при температуре теплоносителя до 700°C. Основные технические характеристики изоляции: плотность материала  $\rho = 100 \text{ кг} / \text{м}^3$ , теплопроводность  $\lambda = 0,055 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ .

Трубопровод покрывают тепловой изоляцией, толщину которой надо определить.

Нормы тепловых потерь тепла изолированными трубопроводами водяных тепловых сетей подземной прокладки, расположенными в непроходных каналах [9, с. 258]:

Таблица 14 – Нормы тепловых потерь теплоизолированными трубопроводами при подземной прокладке в непроходных каналах

| Наружные диаметры<br>трубопроводов<br>$d_n^{mp}$ , м | Нормированные значения удельных тепловых потерь для подающих и обратных трубопроводов, Вт/м, при средних годовых температурах сетевой воды |                                                             |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
|                                                      | Подающий трубопровод<br>$t_{с.под}^{cp} = 90^\circ\text{C}$                                                                                | Обратный трубопровод<br>$t_{с.обп}^{cp} = 50^\circ\text{C}$ |
| 0,057                                                | 46,52                                                                                                                                      | 29,08                                                       |
| 0,076                                                | 52,34                                                                                                                                      | 33,76                                                       |
| 0,108                                                | 62,8                                                                                                                                       | 39,54                                                       |
| 0,159                                                | 75,6                                                                                                                                       | 48,84                                                       |
| 0,219                                                | 91,88                                                                                                                                      | 59,31                                                       |

Расчёт тепловой изоляции произведём по формулам [7, с. 157 - 158]:

$$\sigma_{из} = \frac{\rho_{из} \cdot \lambda_{cp} - \lambda_{из} \cdot \ln \frac{4 \cdot h}{d_n^{mp}}}{\lambda_{cp} - \lambda_{из}} \quad (6.4.1)$$

$$\rho_{из} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{из} \cdot (t_m - t_{cp})}{q_{m.n.}} \quad (6.4.2)$$

$$\delta_{из} = 0,5 \cdot d_n^{mp} \cdot (e^{\sigma_{из}} - 1) \quad (6.4.3)$$

где,  $\lambda_{cp}$  - теплопроводность грунта  $\lambda_{cp} = 1,75 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ ,

$\lambda_{из}$  - теплопроводность изоляции  $\lambda_{из} = 0,055 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ ,

$h$  - глубина прокладки трубопровода  $h = 1,8 \text{ м}$ ,

$d_n^{mp}$  - наружный диаметр трубопровода,

$t_m$  - температура наружной стенки трубы  $t_m = 144,8^\circ\text{C}$  для подающего трубопровода,  $t_m = 48,1^\circ\text{C}$  для обратного трубопровода,

$t_{cp}$  - температура грунта на глубине прокладки  $t_m = -3,9^\circ\text{C}$ .

Расчет толщины изоляции произведём для трубопровода Дн 219 мм.

Для подающего трубопровода:

$$\rho_{из} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,055 \cdot (144,8 - (-3,9))}{91,88} = 0,559;$$

$$\sigma_{из} = \frac{0,491 \cdot 1,75 - 0,055 \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,8}{0,219}}{1,75 - 0,055} = 0,464;$$

$$\delta_{из} = 0,5 \cdot 0,219 \cdot (e^{0,464} - 1) = 0,065 \text{ м}.$$

Для обратного трубопровода:

$$\rho_{из} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,055 \cdot (48,1 - (-3,9))}{59,31} = 0,303;$$

$$\sigma_{из} = \frac{0,26 \cdot 1,75 - 0,055 \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,8}{0,219}}{1,75 - 0,055} = 0,2;$$

$$\delta_{из} = 0,5 \cdot 0,219 \cdot (e^{0,2} - 1) = 0,024 \text{ м}.$$

Аналогичным способом производим расчет тепловой изоляции для остальных трубопроводов, результаты расчетов сводим в таблицу

Таблица 15 – Толщина изоляции в зависимости от диаметра трубопровода

| Толщина изоляции:           | Диаметр трубопровода, мм |      |      |      |      |
|-----------------------------|--------------------------|------|------|------|------|
|                             | 57                       | 76   | 108  | 159  | 219  |
| в подающем трубопроводе, мм | 0,05                     | 0,05 | 0,05 | 0,06 | 0,06 |
| в обратном трубопроводе, мм | 0,02                     | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |

## ГЛАВА 7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

7.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

### 7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В данной работе рассматривается проект системы теплоснабжения микрорайона «№20» г. Кемерово». Следовательно, к потенциальным потребителям можно отнести предприятия и организации, деятельность, которых связана с энергетикой.

Первым этапом необходимо провести сегментирование рынка услуг. Для этого приведем критерии, по которым будет проводиться анализ.

Таблица 16 – Карта сегментирования рынка

|                                 | Размер предприятия |         |         |
|---------------------------------|--------------------|---------|---------|
|                                 | Мелкое             | Среднее | Крупное |
| Капитальных затрат              | 3                  | 2       | 1       |
| Количество потребляемого тепла  | 1,2                | 1,2     | 1,2,3   |
| Затрат на основное оборудование | 1                  | 1,2     | 1,2,3   |
| Энергоэффективность             | 1,2,3              | 1,2,3   | 1,2,3,  |

1 – предприятия получающие тепло от ТЭЦ, 2 – предприятия получающие тепло от районных котельных, 3 – предприятия получающие тепло квартальных котельных.

### 7.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений проводится следующими методами и технологиями: QuaD, оценка конкурентных инженерных решений, SWOT-анализ, ФСА-анализ, метод Кано, морфологический анализ.

1. Рассмотрим с помощью технологии QuaD (QUality ADvisor), которая позволяет описывать качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяет принимать решение о целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. Анализ конкурентно технического решения проводим в табличной форме (таблица 1), где каждый показатель оценивается

экспертным путем по 100-балльной шкале: 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 17 – Оценочная карта для сравнения технических решений

| Критерии оценки                                         | Вес критерия | Баллы | Максимальный балл | Относительное значение | Средневзвешенное значение |
|---------------------------------------------------------|--------------|-------|-------------------|------------------------|---------------------------|
| 1                                                       | 2            | 3     | 4                 | 5                      | 6                         |
| Показатели оценки качества разработки                   |              |       |                   |                        |                           |
| 1. Энергоэффективность                                  | 0,1          | 100   | 100               | 1                      | 10                        |
| 2. Помехоустойчивость                                   | 0,025        | 1     | 100               | 0,01                   | 0,025                     |
| 3. Надежность                                           | 0,075        | 100   | 100               | 1                      | 7,5                       |
| 4. Унифицированность                                    | 0,05         | 100   | 100               | 1                      | 5                         |
| 5. Уровень материалоемкости разработки                  | 0,025        | 100   | 100               | 0,01                   | 2,5                       |
| 6. Уровень шума                                         | 0,025        | 100   | 100               | 1                      | 2,5                       |
| 7. Безопасность                                         | 0,1          | 100   | 100               | 1                      | 10                        |
| 8. Потребность в ресурсах памяти                        | 0,025        | 1     | 100               | 0,01                   | 0,025                     |
| 9. Функциональная мощность (представляемые возможности) | 0,025        | 100   | 100               | 1                      | 2,5                       |
| 10. Простота эксплуатации                               | 0,05         | 100   | 100               | 1                      | 5                         |
| 11. Качество интеллектуального интерфейса               | 0,025        | 100   | 100               | 1                      | 2,5                       |
| 12. Ремонтопригодность                                  | 0,075        | 100   | 100               | 1                      | 7,5                       |
| Показатели оценки коммерческого потенциала разработки   |              |       |                   |                        |                           |
| 13. Конкурентоспособность продукта                      | 0,05         | 100   | 100               | 1                      | 5                         |
| 14. Уровень проникновения на рынок                      | 0,025        | 1     | 100               | 0,01                   | 0,025                     |
| 15. Перспективность рынка                               | 0,05         | 100   | 100               | 1                      | 5                         |
| 16. Цена                                                | 0,1          | 1     | 100               | 0,01                   | 0,1                       |
| 17. Послепродажное обслуживание                         | 0,05         | 100   | 100               | 1                      | 5                         |
| 18. Финансовая эффективность научной разработки         | 0,05         | 1     | 100               | 0,01                   | 0,05                      |
| 19. Срок выхода на рынок                                | 0,05         | 1     | 100               | 0,01                   | 0,05                      |
| 20. Наличие сертификации разработки                     | 0,025        | 100   | 100               | 1                      | 2,5                       |
| Итого                                                   | 1            |       |                   |                        | 72,775                    |

В случае оценки конкурентной способности распределенной системы теплоснабжения с независимым подключением источников тепла и потребителей средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной

разработки равно  $P_{cp} \approx 72,775$  , что позволяет судить о перспективности выше среднего.

2. SWOT-анализ используется для определения слабых и сильных сторон проекта

Таблица 18 – SWOT-анализ

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Сильные стороны научно- исследовательского проекта:</p> <p>С1. Уменьшение величины капитальных затрат за счет отсутствия железобетонного канала</p> <p>С2. Применение современной тепловой изоляции с низким коэффициентом теплопроводности</p> <p>С3. Применение системы оперативно диспетчерского контроля, которая сокращает время устранения аварийных повреждений</p> <p>С4. Увеличенный срок эксплуатации за счет меньшего влияния наружной коррозии</p> <p>С5. Технологичность при изготовлении и монтаже трубопроводов</p> <p>С6. Соответствие архитектурно-строительным нормам и правилам</p> <p>С7. Сохранение архитектурного оформления района за счет подземной прокладки</p> <p>С8. Повышение надежности теплоснабжения</p> | <p>Слабые стороны научно- исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Необходимость в монтаже объемных и дорогостоящих неподвижных щитовых опор</p> <p>Сл2. Обучение рабочих бригад новым методам прокладки трубопроводов</p> <p>Сл3. Необходимость закупы материала за рубежом</p> <p>Сл4. Необходимость в ультразвуковой дефектоскопии 100% стыковых соединений</p> |
| <p>Возможности:</p> <p>В1. Разработка проекта на базе развитого города и наличие в городе высококвалифицированных трудовых ресурсов, рабочей силы нужной специальности</p> <p>В2. Высокая актуальность в реализации проекта</p> <p>В3. Высокий темп развития рекламных и информационных технологий</p> <p>В4. Поддержка со стороны поставщиков материалов находящихся в г. Кемерово</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p>Угрозы:</p> <p>У1. Высокий процент по кредитам</p> <p>У2. Отсутствие инвесторов</p> <p>У3. Увеличение цен на энергоресурсы</p> <p>У4. Увеличение списка обязанностей производства, требований к предприятию, его энергоаудиту и пр.</p> <p>У5. Отсутствие поддержки со стороны администрации города и населения</p>                                            |

По полученным результатам можно сделать вывод, что разрабатываемая технология является перспективным проектом, что свидетельствует большое количество сильных сторон и маловероятные угрозы.

Для того, чтобы определить необходимость стратегических изменений, необходимо соответствие слабых сильных сторон выявить соответствие

сильных и слабых сторон.

Таблица 19 – Интерактивная матрица по выявлению сильных сторон и возможностей

| Сильные стороны |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Возможности     |    | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 |
|                 | B1 | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  | +  |
|                 | B2 | +  | +  | +  | 0  | -  | 0  | +  | +  |
|                 | B3 | 0  | +  | -  | 0  | 0  | -  | +  | +  |
|                 | B4 | +  | +  | -  | +  | +  | -  | -  | +  |

Анализ данной интерактивной таблицы показал коррелирующие сильные стороны и возможности: B1C1,C2,C3,C4,C5,C6,C7,C8; B,C1C2C3C7C8; B3C2,C7,C8; B4C1,C2,C4,C5,C8. Далее рассмотрим корреляцию слабых сторон

Таблица 20 – Интерактивная матрица по выявлению слабых сторон и возможностей

| Слабые стороны |    |     |     |     |     |
|----------------|----|-----|-----|-----|-----|
| Возможности    |    | Сл1 | Сл2 | Сл3 | Сл4 |
|                | B1 | 0   | +   | -   | 0   |
|                | B2 | -   | -   | -   | 0   |
|                | B3 | -   | -   | -   | -   |
|                | B4 | +   | -   | -   | +   |

Корреляции слабых сторон и возможностей следующие: B1Сл2; B4Сл1,Сл4 .

Таблица 21 – Интерактивная матрица по выявлению сильных сторон и угроз.

| Сильные стороны |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Угрозы          |    | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C7 | C8 |
|                 | У1 | +  | 0  | -  | -  | -  | -  | 0  | -  |
|                 | У2 | +  | +  | -  | -  | 0  | -  | +  | -  |
|                 | У3 | +  | -  | 0  | -  | +  | -  | +  | +  |
|                 | У4 | +  | -  | -  | -  | -  | -  | 0  | 0  |
|                 | У5 | +  | +  | -  | -  | 0  | -  | -  | 0  |

Возможна следующая корреляция сильных сторон и угроз: У1С1, У2С1,C2,C7, У3С1С5,C7,C8, У4С1, У5С1,C2.

Таблица 22 – Интерактивная матрица по выявлению слабых сторон и угроз

| Слабые стороны |    |     |     |     |     |
|----------------|----|-----|-----|-----|-----|
| Угрозы         |    | Сл1 | Сл2 | Сл3 | Сл4 |
|                | У1 | 0   | +   | +   | +   |
|                | У2 | +   | +   | +   | +   |
|                | У3 | -   | -   | +   | +   |
|                | У4 | -   | -   | +   | 0   |
|                | У5 | +   | -   | +   | +   |

Могут быть получены следующие результаты: У1Сл2,Сл3,Сл3, У2Сл1Сл2Сл3Сл4, У3Сл3Сл4, У4Сл3, У5Сл1,Сл3,Сл4.

## 7.2 Планирование работ и оценка времени их выполнения

Для расчета заработной платы составляется перечень работ и оценка времени их выполнения.

Таблица 23 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| № раб | Содержание работ                                                           | Должность исполнителя |
|-------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1     | Формулирование задачи                                                      | Руководитель темы     |
| 2     | Составление технического задания на проект                                 | Студент               |
| 3     | Поиск и изучение литературы                                                | Студент               |
| 4     | Расчет тепловых нагрузок района теплоснабжения                             | Студент               |
| 5     | Построение графических зависимостей                                        | Студент               |
| 6     | Выбор системы теплоснабжения                                               | Студент               |
| 7     | Выполнение гидравлического расчета<br>Построение пьезометрического графика | Студент               |
| 8     | Расчет и выбор основного оборудования                                      | Студент               |
| 9     | Анализ результатов                                                         | Руководитель, студент |
| 10    | Разработка экономической части                                             | Студент               |
| 11    | Расчет БЖД                                                                 | Студент               |
| 12    | Оформление работы                                                          | Студент               |

Определение трудоемкости выполнения работ:



Чтобы определить ожидаемое (среднее) значение трудоемкости воспользуемся следующей формулой:

$$t_{ожи} = \frac{3 \cdot t_{мини} + 2 \cdot t_{махи}}{5}$$

$t_{ожи}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения i-ой работы чел. дн

$t_{мини}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i- ой работы, чел. дн.

$t_{махи}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i- ой работы, чел. дн.

Далее определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$ .

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{U_i}$$

$T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб.дн.

$U_i$  – численность исполнителей, чел

Проведем расчет для первого пункта и занесем полученные значения в таблицу

$$t_{ожи} = \frac{3 \cdot t_{мини} + 2 \cdot t_{махи}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 1}{5} = 1, \text{ чел.-дн}$$

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{U_i} = \frac{1}{2} = 0,5, \text{ раб.дн}$$

Таблица 24 – Перечень работ с количеством необходимых дней

| № работы | Наименование работы                            | $t_{мини}$ ,<br>день | $t_{махи}$ ,<br>день | U,<br>человек | $t_{ожи}$ ,<br>день | $T_{pi}$<br>раб.дн |
|----------|------------------------------------------------|----------------------|----------------------|---------------|---------------------|--------------------|
| 1        | Формулирование задачи                          | 1                    | 1                    | 2             | 1                   | 1                  |
| 2        | Составление технического задания на проект     | 1                    | 1                    | 1             | 1                   | 1                  |
| 3        | Поиск и изучение литературы                    | 4                    | 9                    | 1             | 6                   | 6                  |
| 4        | Расчет тепловых нагрузок района теплоснабжения | 5                    | 7                    | 1             | 6                   | 6                  |
| 5        | Построение графических зависимостей            | 3                    | 5                    | 1             | 4                   | 4                  |

|    |                                                                            |   |   |   |   |   |
|----|----------------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|
| 6  | Выбор системы теплоснабжения                                               | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 7  | Выполнение гидравлического расчета<br>Построение пьезометрического графика | 2 | 5 | 1 | 4 | 4 |
| 8  | Расчет и выбор основного оборудования                                      | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 |
| 9  | Анализ результатов                                                         | 1 | 4 | 2 | 3 | 2 |
| 10 | Разработка экономической части                                             | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 11 | Расчет БЖД                                                                 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 12 | Оформление работы                                                          | 1 | 6 | 1 | 3 | 3 |

### Разработка графика проведения работ

Для построение графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней необходимо перенести в календарные дни.

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot \kappa_{кал}$$

$T_{ki}$  – продолжительность выполненной  $i$  работы в календарных днях

$\kappa_{кал}$  – коэффициент календарности

Коэффициент календарности определим по следующий формуле

$$\kappa_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}$$

$T_{кал}$  – количество календарных дней в году,

$T_{вых}$  – количество выходных дней в году,

$T_{пр}$  – количество праздничных дней в году

$$\kappa_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 118} = 2$$

Таблица 25 – Календарный план

| № работ | Вид работ                                                                  | Исполнители              | $T_{ki}$ ,<br>кал.дн | Продолжительность выполнения работ |   |     |   |      |       |       |       |
|---------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------|------------------------------------|---|-----|---|------|-------|-------|-------|
|         |                                                                            |                          |                      | Март                               |   |     |   |      |       |       |       |
|         |                                                                            |                          |                      | 1                                  | 2 | 3-4 | 5 | 6-12 | 13-16 | 17-22 | 23-31 |
| 1       | Формулирование задачи                                                      | Руководитель<br>темы     | 2                    |                                    |   |     |   |      |       |       |       |
| 2       | Составление технического задания на проект                                 | Студент                  | 2                    |                                    |   |     |   |      |       |       |       |
| 3       | Поиск и изучение литературы                                                | Студент                  | 12                   |                                    |   |     |   |      |       |       |       |
| 4       | Расчет тепловых нагрузок района<br>теплоснабжения                          | Студент                  | 12                   |                                    |   |     |   |      |       |       |       |
| 5       | Построение графических зависимостей                                        | Студент                  | 8                    |                                    |   |     |   |      |       |       |       |
| 6       | Выбор системы теплоснабжения                                               | Студент                  | 2                    |                                    |   |     |   |      |       |       |       |
| 7       | Выполнение гидравлического расчета<br>Построение пьезометрического графика | Студент                  | 8                    |                                    |   |     |   |      |       |       |       |
| 8       | Расчет и выбор основного оборудования                                      | Студент                  | 4                    |                                    |   |     |   |      |       |       |       |
| 9       | Анализ результатов                                                         | Руководитель,<br>студент | 4                    |                                    |   |     |   |      |       |       |       |
| 10      | Разработка экономической части                                             | Студент                  | 2                    |                                    |   |     |   |      |       |       |       |
| 11      | Расчет БЖД                                                                 | Студент                  | 2                    |                                    |   |     |   |      |       |       |       |
| 12      | Оформление работы                                                          | Студент                  | 6                    |                                    |   |     |   |      |       |       |       |



| № работ | Вид работ                                                                  | Исполнители              | $T_{ki}$ ,<br>кал.дн | Продолжительность выполнения работ |      |       |    |    |    |    |    |
|---------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------|------------------------------------|------|-------|----|----|----|----|----|
|         |                                                                            |                          |                      | Апрель                             |      |       |    |    |    |    |    |
|         |                                                                            |                          |                      | 1-7                                | 8-11 | 12-21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
| 1       | Формулирование задачи                                                      | Руководитель<br>темы     | 2                    |                                    |      |       |    |    |    |    |    |
| 2       | Составление технического задания на проект                                 | Студент                  | 2                    |                                    |      |       |    |    |    |    |    |
| 3       | Поиск и изучение литературы                                                | Студент                  | 12                   |                                    |      |       |    |    |    |    |    |
| 4       | Расчет тепловых нагрузок района<br>теплоснабжения                          | Студент                  | 12                   |                                    |      |       |    |    |    |    |    |
| 5       | Построение графических зависимостей                                        | Студент                  | 8                    |                                    |      |       |    |    |    |    |    |
| 6       | Выбор системы теплоснабжения                                               | Студент                  | 2                    |                                    |      |       |    |    |    |    |    |
| 7       | Выполнение гидравлического расчета<br>Построение пьезометрического графика | Студент                  | 8                    |                                    |      |       |    |    |    |    |    |
| 8       | Расчет и выбор основного оборудования                                      | Студент                  | 4                    |                                    |      |       |    |    |    |    |    |
| 9       | Анализ результатов                                                         | Руководитель,<br>студент | 4                    |                                    |      |       |    |    |    |    |    |
| 10      | Разработка экономической части                                             | Студент                  | 2                    |                                    |      |       |    |    |    |    |    |
| 11      | Расчет БЖД                                                                 | Студент                  | 2                    |                                    |      |       |    |    |    |    |    |
| 12      | Оформление работы                                                          | Студент                  | 6                    |                                    |      |       |    |    |    |    |    |

| № работ | Вид работ                                                                  | Исполнители              | $T_{ki}$ ,<br>кал.дн | Продолжительность выполнения работ |    |    |    |    |    |       |       |
|---------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------|------------------------------------|----|----|----|----|----|-------|-------|
|         |                                                                            |                          |                      | Май                                |    |    |    |    |    |       |       |
|         |                                                                            |                          |                      | 15                                 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21-22 | 23-24 |
| 1       | Формулирование задачи                                                      | Руководитель<br>темы     | 2                    |                                    |    |    |    |    |    |       |       |
| 2       | Составление технического задания на проект                                 | Студент                  | 2                    |                                    |    |    |    |    |    |       |       |
| 3       | Поиск и изучение литературы                                                | Студент                  | 12                   |                                    |    |    |    |    |    |       |       |
| 4       | Расчет тепловых нагрузок района<br>теплоснабжения                          | Студент                  | 12                   |                                    |    |    |    |    |    |       |       |
| 5       | Построение графических зависимостей                                        | Студент                  | 8                    |                                    |    |    |    |    |    |       |       |
| 6       | Выбор системы теплоснабжения                                               | Студент                  | 2                    |                                    |    |    |    |    |    |       |       |
| 7       | Выполнение гидравлического расчета<br>Построение пьезометрического графика | Студент                  | 8                    |                                    |    |    |    |    |    |       |       |
| 8       | Расчет и выбор основного оборудования                                      | Студент                  | 4                    |                                    |    |    |    |    |    |       |       |
| 9       | Анализ результатов                                                         | Руководитель,<br>студент | 4                    |                                    |    |    |    |    |    |       |       |
| 10      | Разработка экономической части                                             | Студент                  | 2                    |                                    |    |    |    |    |    |       |       |
| 11      | Расчет БЖД                                                                 | Студент                  | 2                    |                                    |    |    |    |    |    |       |       |
| 12      | Оформление работы                                                          | Студент                  | 6                    |                                    |    |    |    |    |    |       |       |

### 7.3 Расчет сметы затрат на разработку проекта

Для расчета сметы затрат на разработку проекта воспользуемся следующей формулой:

$$K_{np} = K_{mat} + K_{am} + K_{zn} + K_{co} + K_{np} + K_{np}$$

Где:

$K_{mat}$  – материальные затраты, руб.;

$K_{am}$  – затраты на амортизацию, руб.;

$K_{zn}$  – затраты на заработанную плату, руб.;

$K_{co}$  – затраты на социальные отчисления, руб.;

$K_{np}$  – прочие затраты, руб.;

$K_{np}$  – накладные расходы, руб.

#### 7.3.1. Материальные затраты при проведении работы

В ходе работы были истрачены: бумага формата А-4, А-1 для принтеров, краска в принтере, канцелярские товары.

Материальные затраты примем в размере 2000 руб.

#### 7.3.2. Амортизация основных фондов и нематериальных актив

К основным фондам при выполнении проекта относятся электронная вычислительная техника (компьютер, ноутбук) и печатающее устройство (принтер), данные приведены в таблице № 4

Таблица 26 – Расходные материалы [2], [3], [4]

| Вид техники           | Количество | Стоимость<br>техники,<br>Цк.т. | Норма амортизации,<br>Там. | Кам.        |
|-----------------------|------------|--------------------------------|----------------------------|-------------|
| Компьютер,<br>Принтер | 1          | 33000 руб.                     | 20%                        | 578,63 руб. |

$$K_{am} = \frac{T_{исп.к.т.}}{T_{кал.дней}} \cdot Ц_{к.т.} \cdot \frac{1}{T_{ам}} \quad (7.1)$$

Где:

$T_{исп.к.т.}$  – время использования компьютера (дней);

$T_{\text{кал.дней}}$  – количество календарных дней;

$\Pi_{\text{к.т.}}$  – стоимость техники;

$T_{\text{ам}}$  – 5 лет-норма амортизации.

$$K_{\text{ам комп}} = \frac{32}{365} \cdot 33000 \cdot \frac{1}{5} = 578,63 \text{ руб.},$$

### 7.3.3. Затраты на зарплату

В состав затрат на оплату труда включаются:

- выплаты заработной платы за фактически выполненную работу, исходя из должностных окладов в соответствии с принятыми на предприятии нормами и системами оплаты труда;
- выплаты, обусловленные районным регулированием оплаты труда (выплаты по районным коэффициентам);
- оплата в соответствии с действующим законодательством очередных ежегодных и дополнительных отпусков (компенсация за неиспользованный отпуск);

Фактическая заработная плата рассчитывается по формуле

$$K_{\text{факт. зп}} = \frac{ЗП_{\text{мес. пл.}}}{21} \cdot n \quad (7.2)$$

Где:

21 – число рабочих дней в месяце;

$n$  – количество фактически затраченных дней;

для инженера  $n = 40$  дней, а для руководителя  $n = 2$  дней.

$K1$  – коэффициент, учитывающий отпуск, равен 1,1(10%);

$K2$  – районный коэффициент, равен 1,3(30%);

$ЗПо$  – оклад инженера, примем равным 17000 руб,

$ЗРо$  – оклад руководителя, примем равным 26300 руб.

Зарплата инженера:

$$ЗП_{\text{мес. пл. инж}} = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ руб.},$$

Зарплата руководителя:

$$ЗП_{\text{мес. пл. рук}} = 26300 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 37609 \text{ руб.}$$



### Расчет фактической заработной платы

$$K_{\text{факт. зп. инж}} = \frac{24310}{21} \cdot 40 = 46304,76 \text{ руб.},$$

$$K_{\text{факт. зп. рук}} = \frac{37609}{21} \cdot 2 = 3581,81 \text{ руб.},$$

Затраты на заработную плату составят:

$$K_{\text{зп}} = K_{\text{факт. зп. инж}} + K_{\text{факт. зп. рук}} = 46304,76 + 3581,81 = 49886,57 \text{ руб.}$$

### 7.3.4. Социальные отчисления

Отчисления на социальные нужды - обязательные отчисления по установленным законодательным нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования от элемента «затраты на оплату профилактики труда» (30%).

$$K_{\text{соц}} = 30\% \cdot K_{\text{зп}}$$

$$K_{\text{соц}} = 0,3 \cdot 49886,57 = 14965,97 \text{ руб.}$$

### 7.3.5. Прочие затраты

К элементу «Прочие затраты» себестоимости продукции (работы, услуг) относятся налоги, сборы, отчисления в специальные внебюджетные фонды, платежи по обязательному страхованию имущества, платежи за предельно допустимые выбросы загрязняющих веществ; вознаграждения за изобретения и рационализаторские предложения; затраты на командировки; плата сторонним организациям за пожарную и сторожевую охрану; за подготовку кадров; оплата услуг связи, вычислительных центров, банков; плата за аренду; представительские расходы; затраты на ремонт.

Прочие затраты это 10% от суммы всех предыдущих затрат

$$K_{\text{пр}} = 10\% \cdot (K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{зп}} + K_{\text{соц}})$$

$$K_{\text{пр}} = 0,1 \cdot (2000 + 578,63 + 49886,57 + 14965,97) = 6743,12 \text{ руб.}$$

### 7.3.6. Накладные расходы

При выполнении проекта на число базе можно НИТПУ, в стоимости проекта учитываются накладные расходы, включающие в себя затраты на аренду помещений, оплату тепловой и электрической энергии, система затраты на ремонт зданий и сооружений, заработную плату административных сотрудников и т.д. Накладные зависимость расходы рассчитываются как 200% от затрат на оплату труда.

$$K_{np} = 2 \cdot K_{\Sigma}$$

$$K_{np} = 2 \cdot 49886,57 = 99773,14 \text{ руб.}$$

Таким образом, суммарное количество вложений составили:

$$K_{np} = 2000 + 578,63 + 49886,57 + 14965,97 + 6796,98 + 99773,14 = 174001,29 \text{ руб.}$$

Все полученные результаты сводим в таблицу 5 и находим капитальные вложения в проект:

Таблица 27 – Смета затрат на проектирование.

| Элементы затрат                                                             | Стоимость, руб.  |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1                                                                           | 2                |
| Материальные затраты, $K_{mat}$                                             | 2000             |
| Амортизация компьютерной техники, $K_{ам}$                                  | 575,34           |
| Затраты на заработную плату, инженера и научного руководителя, $K_{з / пл}$ | 49886,57         |
| Затраты на социальные нужды, $K_{с . о}$                                    | 14965,9          |
| Прочие затраты, $K_{np}$                                                    | 6743,12          |
| Накладные расходы, $K_{накл}$                                               | 99773,14         |
| <b>Итого, <math>K_{\kappa}</math></b>                                       | <b>174001,29</b> |

#### 7.4 Оценка ресурсоэффективности

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.i}} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}},$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.i}}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость i-го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Рассчитаем интегральный финансовый показатель для двух исполнений. В первом варианте стоимость исполнения берем из расчетов, таблица 5, а во втором варианте принимаем стоимость исполнения равной 210000. Максимальное значение стоимость исполнения научно-исследовательского проекта – 250000.

$$I_{финр.1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{max}} = \frac{174001,29}{250000} = 0,7 ,$$

$$I_{финр.2} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{max}} = \frac{210000}{250000} = 0,84 ,$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i ,$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка i-го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Таблица 28 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

| Объект исследования<br>Критерии                                     | Весовой<br>коэффициент<br>параметра | Исп.1 | Исп.2 |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------|-------|
| 1. Способствует росту производительности труда пользователя         | 0,3                                 | 5     | 5     |
| 2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей) | 0,3                                 | 5     | 5     |
| 3. Помехоустойчивость                                               | 0,05                                | 5     | 3     |
| 4. Энергосбережение                                                 | 0,15                                | 5     | 4     |
| 5. Надежность                                                       | 0,15                                | 4     | 5     |

|                     |      |   |   |
|---------------------|------|---|---|
| 6. Материалоемкость | 0,05 | 4 | 4 |
| ИТОГО               | 1    |   |   |

$$I_{p-исп1} = 0,3 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,05 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,05 \cdot 4 = 4,8 ;$$

$$I_{p-исп2} = 0,3 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,05 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,05 \cdot 4 = 4,7 .$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}} = \frac{4,8}{0,7} = 6,86 ,$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}} = \frac{4,7}{0,84} = 5,6.$$

С целью определения наиболее целесообразного варианта из предложенных сравним интегральные показатели эффективности вариантов исполнения разработки и определим сравнительную эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} = \frac{6,86}{5,6} = 1,23.$$

Таблица 29 – Сравнительная эффективность разработки

| №<br>п/п | Показатели                                              | Исп.1 | Исп.2 |
|----------|---------------------------------------------------------|-------|-------|
| 1        | Интегральный финансовый показатель разработки           | 0,7   | 0,84  |
| 2        | Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки | 4,8   | 4,7   |
| 3        | Интегральный показатель эффективности                   | 6,86  | 5,6   |
| 4        | Сравнительная эффективность вариантов исполнения        | 1,23  |       |

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило понять, что более эффективным вариантом решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является выполнение работы по первому исполнению.

Таким образом, данный проект получился экономически эффективным, так как при затратах около двухсот тысяч рублей позволяет предотвратить различные чрезвычайные ситуации. Тем самым в малые сроки выбрать оптимальную тактику борьбы с ними, что позволит предотвратить экологические и экономические потери.

Исходя из этого видно, что затраты на разработку математической модели, позволяющей смоделировать процессы, незначительны по сравнению с возможными расходами необходимыми на тушение и восстановление помещений.

Таблица 30 – Смета затрат на проект

| Затраты                                       | Сумма, руб |
|-----------------------------------------------|------------|
| Накладные расходы                             | 215589,52  |
| Прочие затраты                                | 14225,05   |
| Социальные отчисления:                        | 32338,43   |
| Фактическая заработная плата                  | 107794,76  |
| Амортизационные отчисления по основным фондам | 1117,3     |
| Материальные затраты                          | 1000       |
| Затраты на расчет проекта                     | 372065,06  |

При создании материалов различного назначения, предлагается технология, с помощью которой, можно получать высокотемпературный силикатный расплав с использованием энергии низкотемпературной плазмы.

Использование энергии низкотемпературной плазмы при плавлении силикатных смесей позволит значительно снизить энергетические затраты и вредные выбросы в атмосферу. Также написание расчётного комплекса поможет, значительно снизить как сырьевые, так и временные ресурсы.

Были рассмотрены сильные и слабые стороны проекта, которая дает общее представление конкурентоспособности разработки определения рисков негативного влияния. Также определено планирование научно-исследовательских работ. Построен временной показатель проведения работ. Разработан календарный план-график проведения работ. Рассчитаны основная

заработная плата исполнителей, подсчитаны накладные расходы, а также бюджет затрат.

Таким образом, данный проект получился экономически эффективным, так как при затратах около четырехсот тысяч рублей позволяет предотвратить разрушение тигля, получать сверхвысокие значения поля температур. Тем самым в малые сроки выбрать оптимальную тактику борьбы с этим, что позволит предотвратить экологические и экономические потери.

Исходя из этого видно, что затраты на проект системы теплоснабжения микрорайона «№20» г. Кемерово» незначительны по сравнению с возможными расходами необходимыми на тушение и восстановление помещений.