

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение  
высшего профессионального образования «СИБИРСКИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный

институт

Инженерных систем зданий и сооружений

кафедра

УТВЕРЖДАЮ Директор  
ИСИ СФУ

\_\_\_\_\_ И.С. Инжутов  
подпись                      инициалы, фамилия

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01.00.05 «Теплогазоснабжение и вентиляция»

код и наименование специализации

«Теплоснабжение микрорайона Свердловского р-на города Иркутск»

Тема

Руководитель

фамилия

д.т.н., проф.

подпись, дата



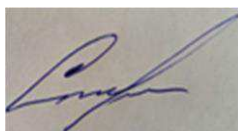
должность, ученая степень

Ю. Л. Липовка

инициалы,

Выпускник

фамилия



подпись, дата

А.О. Стальмакова

инициалы,

Красноярск 2020

# Теплоснабжение микрорайона Свердловского р-на города Иркутск.

## Содержание

Введение.....	3
1.Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения г. Иркутска.....	5
2.Исходные данные: потребители теплоты микрорайона города Иркутска Свердловского района (1 микрорайон - 15 домов, 1 школа, 1 детский сад).....	9
3. Определение тепловых нагрузок города для потребителей теплоты микрорайона города Иркутска Свердловского района. ....	12
4.Вычисление годового расхода теплоты для потребителей микрорайона Свердловского района города Иркутска (графическим и расчетным способом). ....	17
5.Построение и расчет графиков температуры и расходов сетевой вода для системы теплоснабжения микрорайона. Представление принципиальной схемы системы теплоснабжения. ....	23
6.Гидравлический расчет водяной тепловой сети.....	33
7.Построение пьезометрического графика для водяной тепловой сети (для расчетного и летнего режимов работы).....	45
9.Выбор подпиточных и сетевых насосов. Определение удельных и суммарных затрат электроэнергии на транспортировку тепловой энергии...46	
10. Выбор котельного оборудования и принципиальной схемы котельной...50	
11. Определение нормативных тепловых потерь в тепловых сетях.....	53
Заключение.....	58
Список использованных источников литературы.....	62

## Введение

Системы централизованного теплоснабжения необходимы для обеспечения потребителей теплом в виде нагретой сетевой воды или нагретого (насыщенного) водяного пара.

Система централизованного теплоснабжения включает три основных звена:

1. Потребители тепловой энергии
2. Тепловые сети
3. Источник теплоснабжения (котельная, ТЭЦ).

Потребители теплоты - это установки, здания и люди, которым тепловая энергия необходима для удовлетворения своих потребностей.

Для жилых, общественных и административно-бытовых зданий тепловая энергия необходима для отопления, горячего водоснабжения, вентиляции. На промышленных предприятиях для проведения тепловых технологических процессов (сушка, выпаривание, подогрев и т.д.).

Каждый потребитель в любой произвольно взятый момент времени должен получать именно то количество теплоты, которое ему необходимо. Если в какой-то момент времени источник будет вырабатывать и выпускать теплоту в меньшем или большем количестве, то коммунально-бытовой потребитель теплоты (КБПТ) почувствует дискомфорт.

Тепловые сети (ТС) - это элемент системы централизованного теплоснабжения, через которые тепловая энергия доставляется потребителям теплоты.

Тепловые сети предназначены для обеспечения надежной подачи теплоты и точности ее распределения между потребителями при этом потери теплоты при транспортировке должны быть минимальными.

Тепловые сети включают в свой состав трубопроводы, запорную и регулирующую арматуру, а также сетевые, подпиточные и повысительные насосы.

Источники теплоснабжения (ИТ) - необходимы для выработки того количества энергии, которое необходимо потребителю.

В данной работе мы рассмотрим теплоснабжение микрорайона города Иркутска Свердловского района. Микрорайон включает в себя 15 жилых домов, школу и детский сад.

## 1. Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения г. Иркутска

Описание существующих технических и технологических проблем в системах теплоснабжения г. Иркутска выполнено с учётом данных, представленных теплоснабжающими организациями.

Анализ работы существующей системы теплоснабжения г. Иркутска показал, что в городе сложилась эффективная и надёжная система централизованного теплоснабжения.

Надёжность работы систем теплоснабжения обеспечивается резервируемыми выходами теплосети с Н-ИТЭЦ и закольцовкой тепловых сетей в Свердловском, Октябрьском, центральной части Правобережного и Ленинского (мкр. Ново-Ленино, КСПУ – э/к «Ново-Ленино», Иркутск II – 3 котельные ИАЗ) округов.

В то же время следует отметить:

1. Ленинский округ имеет автономные системы централизованного теплоснабжения. Котельные ИАЗ – филиала ОАО «НПК «Иркут» (Иркутск II) в связи с расширением производственных мощностей и соответственно увеличением потребления тепловой энергии, не могут рассматриваться как источники теплоснабжения Ленинского района (жилищно-коммунальной сферы) на долгосрочную перспективу.

2. В теплоснабжении города участвуют множество мелких морально и физически устаревших теплоисточников, оснащённых устаревшим газоочистным оборудованием (либо вообще не работающим), которые вносят значительный вклад в загрязнение воздушного бассейна г. Иркутска.

3. В настоящее время в г. Иркутске сложилась не простая ситуация с теплоснабжением потребителей тепловой энергией: - около 395 км тепловых сетей амортизировано, а 290 км тепловых сетей нуждаются в замене в связи с физическим износом;

- необходима замена морально устаревшего оборудования на источниках тепловой энергии, насосных станциях и других сооружениях системы теплоснабжения, включая и потребителей тепловой энергии;

Схема теплоснабжения города Иркутска до 2031 года ООО «ИркутскЭнергоПроект»

- теплоснабжение потребителей Свердловского, Правобережного и Октябрьского округов осуществляется от единственного крупного теплоисточника города – Ново-Иркутской ТЭЦ, при этом требование строительных норм и правил относительно резервирования тепловых сетей становится особенно актуальным;

- пропускная способность 11 коллектора (ТМ №2, Ду 800мм) недостаточна для подключения новых потребителей правобережной части города, увеличение диаметра невозможно по условиям несущей способности конструкций Глазковского Ангарского моста.

4. Здания постройки до 2000г., в том числе около 7500 тыс. м<sup>2</sup> - жилая застройка, имеют пониженные теплозащитные свойства ограждающих конструкций (необходимо доведение их до нормативных значений: утепление стен, покрытий, замена деревянных окон на стеклопакеты, замена и утепление дверей, остекление лоджий и балконов и прочее.

5. Схема горячего водоснабжения в г. Иркутске, в основном, открытая. Присоединение потребителей к тепловым сетям: по закрытой схеме - 25%; по открытой схеме - 75%. При открытой системе технологическая возможность поддержания температурного графика в переходные режимы с помощью сетевых подогревателей отсутствует и наличие излома (70 °С) для нужд ГВС приводит к перетопам. Также имеет место эксплуатация системы теплоснабжения без регулятора температуры

ГВС существует перегрев горячей воды, фактически соответствующий температуре воды в подающем трубопроводе тепловой сети.

В соответствии с: - п. 10 ст. 20 Федерального закона от 7 декабря 2011 года № 417-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты

Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона «О водоснабжении и водоотведении»» статья 29 Федерального закона «О теплоснабжении» дополнена:

а) частью 8 следующего содержания: «С 1 января 2013 года подключение объектов капитального строительства потребителей к централизованным открытым системам теплоснабжения (горячего водоснабжения) для нужд горячего водоснабжения, осуществляемого путем отбора теплоносителя на нужды горячего водоснабжения, не допускается»;

б) частью 9 следующего содержания: «С 1 января 2022 года использование централизованных открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения) для нужд горячего водоснабжения, осуществляемого путем отбора теплоносителя на нужды горячего водоснабжения, не допускается»;

- п. 8 ст. 40 Федерального закона от 7 декабря 2011 года 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении»: «Если горячее водоснабжение осуществляется с использованием открытых систем теплоснабжения (горячего водоснабжения), программы финансирования мероприятий по их развитию (прекращение горячего водоснабжения с использованием открытых систем теплоснабжения (горячеговодоснабжения) и перевод абонентов, подключенных к таким системам, на иные системы горячего водоснабжения) включаются в утверждаемые в установленном законодательством Российской Федерации в сфере теплоснабжения порядке инвестиционные программы теплоснабжающих организаций, при использовании источников тепловой энергии и (или) тепловых сетей, которых осуществляется горячее водоснабжение. Затраты на финансирование данных программ учитываются в составе тарифов в сфере теплоснабжения».

Таким образом, на перспективу развития системы теплоснабжения города законодательно установлен перевод существующих потребителей на «закрытую» схему присоединения системы ГВС, что позволит обеспечить:

- снижение расхода тепла на нужды отопления и ГВС за счет перевода на качественно-количественное регулирование температуры теплоносителя в соответствии с температурным графиком;

- снижение внутренней коррозии трубопроводов и отложения солей;

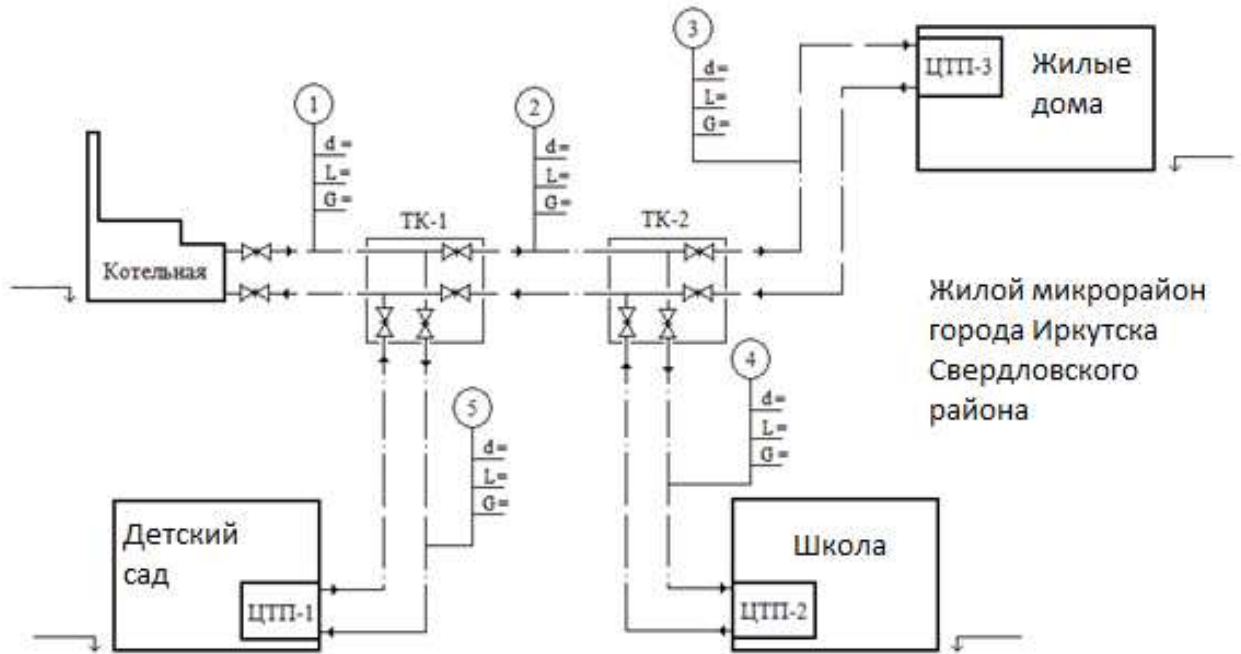
- кардинальное улучшение качества теплоснабжения потребителей, исчезновение «перетопов» вовремя положительных температур наружного воздуха в отопительный период;

- снижение аварийности систем теплоснабжения.

б. Элеваторные узлы практически не автоматизированы. Автоматические регуляторы горячего водоснабжения не работают. Системы отопления зданий и сооружений 1960-1990 г.г. постройки не оснащены балансировочными клапанами (постоячно) и регуляторами температуры на нагревательных приборах.



2. Исходные данные: потребители теплоты микрорайона города Иркутска Свердловского района (1 микрорайон - 15 домов, 1 школа, 1 детский сад)



Условные обозначения:

- |   |   |
|---|---|
| ① — номер участка.                                | ТК — тепловая камера.   |
| $d$ — внутренний диаметр, мм.                     | ЦТП — центральный тепловой пункт.   |
| $L$ — длина участка, м.                           | ↯ — геодезический уровень (отметка) местности.  |
| $G$ — расход сетевой воды на участке, кг/с (т/ч). | Коэффициент эквивалентной шероховатости внутренней поверхности трубопроводов водной тепловой сети равен _____ мм. |

На всех участках магистральной тепловой сети через каждые 100 метров установлены П-образные компенсаторы.

Схема магистральной тепловой сети

Жилые дома.

15 жилых домов: квартирного типа, оборудованные умывальниками, сидячими ваннами и душами.

Количество этажей в жилых домах микрорайона: 6.

Количество проживающих и работающих в микрорайоне: 22500 чел.

Расчетная температура воздуха ( $t^P_B$ ) в помещениях жилых и общественных зданий микрорайона: 20 °С.

Расчетная (максимальная) отопительная тепловая нагрузка 15 жилых домов микрорайона ( $Q^P_o$ ): 62 МВт.

Школа.

Тип здания микрорайона: офисного типа, оборудованный умывальниками, мойками, душами.

Количество этажей в жилом общественном здании микрорайона: 4.

Количество учеников посещающих школу и работающих сотрудников в школе: 600 чел.

Расчетная температура воздуха ( $t^P_B$ ) в здании школы: 20 °С.

Расчетная (максимальная) отопительная тепловая нагрузка здания школы микрорайона ( $Q^P_o$ ) : 62 МВт.

### Детский сад

Тип здания микрорайона: детский сад, оборудованный умывальниками, мойками и душами.

Количество этажей в здании детского сада микрорайона: 2.

Количество детей посещающих детский сад и работников: 367 чел.

Расчетная температура воздуха ( $t^P_B$ ) в помещениях здания детского сада микрорайона: 20 °С.

Расчетная (максимальная) отопительная тепловая нагрузка здания детского сада микрорайона ( $Q^P_o$ ) : 62 МВт.

Система теплоснабжения жилого микрорайона: водяная, двухтрубная, открытая, со струйным смешением, с зависимой схемой присоединения отопительных установок.

Система теплоснабжения жилого микрорайона 15 суток в году отключается на испытания и ремонты.

Метод регулирования отпуска теплоты: Центральный качественный, по отопительной нагрузке.

В «зоне излома» температурного графика регулирование отопительной тепловой нагрузки производится количественным методом.

Температурный график регулирования отопительной тепловой нагрузки в расчетном режиме ( $\tau_{O1}^P/\tau_{O2}^P$ ): 120/70 °С.

Температуру сетевой воды на входе в отопительные приборы жилых и общественных зданий микрорайона в расчетном режиме ( $\tau_{O3}^P$ ) принять равной 95 °С.

### 3. Определение тепловых нагрузок города для потребителей теплоты микрорайона города Иркутска Свердловского района.

Определение средней тепловой нагрузки на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение домов жилого микрорайона.

Тип жилых зданий микрорайона: квартирного типа, оборудованные умывальниками, мойками, сидячими ваннами и душами:

Среднюю тепловую нагрузку на горячее водоснабжение для отопительного периода находим по следующей формуле:

$$Q_{ГВ}^{cp} = \frac{1,2 * M * (a_{гв} + b_{гв}) * C * (t_{гв} - t_{хв})}{24 * 60 * 60} = \frac{1,2 * 22500 * 169 * 4,19 * (55 - 5)}{24 * 60 * 60} = 8856$$

кВт

Рассчитываем среднюю тепловую нагрузку на горячее водоснабжение для летнего периода по следующему выражению:

$$Q_{ГВ1}^{cp,l} = Q_{ГВ1}^{cp} * \frac{t_{гв} - t_{хв}^l}{t_{гв} - t_{хв}^з} = 8856 * \frac{55 - 15}{55 - 5} = 7247$$

кВт

где

$a_{гв} = 98$  л/сут · чел - общая норма расхода воды (одним потребителем) в средние сутки (смену) (принимается по [1]);

$b_{гв} = 25$  л/сут · чел - норма расхода горячей воды на одного человека, работающего в общественном, административно-бытовом или производственном здании при отсутствии точных данных;

$M = 22500$  чел - количество потребителей воды, проживающих и работающих в микрорайоне;

$t_{хв} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$  - температура холодной воды у водоразборных приборов зданий;

$t_{гв} = 55 \text{ }^\circ\text{C}$ - температура горячей воды у водоразборных приборов зданий(принимаем равной  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  так как нет точных данных)

$СВ = 4,19 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$  -теплоемкость воды.

Определяем расчетную (максимальную) тепловую нагрузку на горячее водоснабжение зданий для отопительного периода 15 жилых домов микрорайона по следующему выражению:

$$Q_{зв1}^p = k_q^{\max} \cdot Q_{зв1}^{cp} = 2,2 \cdot 8856 = 19483 \text{ кВт}$$

где  $k_q^{\max} = 2,2$  - коэффициент часовой неравномерности потребления воды (принимаем из диапазона  $2 \div 2,4$ )

Максимальная тепловая нагрузка на горячее водоснабжение 15 домов жилого микрорайона в летний период находится по формуле:

$$Q_{зв1}^{p.l} = k_q^{\max} \cdot Q_{зв1}^{cp.l} = 2,2 \cdot 7247 = 15943 \text{ кВт}$$

Расчетная (максимальная) тепловая нагрузка на отопление заданий одинакова для всего микрорайона:  $Q_{о1}^p = 62 \text{ МВт}$ .

Школа.

Средняя тепловая нагрузка на горячее водоснабжение для отопительного периода:

$$Q_{ш}^{cp} = \frac{1,2 \cdot M \cdot (a + b) \cdot C \cdot (t_{гв} - t_{хв})}{24 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{1,2 \cdot 600 \cdot 123 \cdot 4,19 \cdot (55 - 5)}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 215$$

кВт.

где

- агв= 144 л/сут · чел - общая норма расхода воды (одним потребителем) в средние сутки (смену); а все остальные значения как и для жилых домов.

Средняя тепловая нагрузка на горячее водоснабжение для летнего периода:

$$Q_{ГВ2}^{cp,l} = Q_{ГВ2}^{cp} \cdot \frac{t_{zg} - t_{x6}^l}{t_{zg} - t_{x6}^3} = 215 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} = 172 \text{ кВт}$$

Расчетная (максимальная) тепловая нагрузка на горячее водоснабжение зданий для отопительного периода первого жилого микрорайона:

$$Q_{zg2}^p = k_{\text{ч}}^{\text{max}} \cdot Q_{zg2}^{cp} = 2,2 \cdot 215 = 473 \text{ кВт}$$

Максимальная тепловая нагрузка на горячее водоснабжение зданий первого жилого микрорайона в летний период:

$$Q_{zg2}^{p,l} = k_{\text{ч}}^{\text{max}} \cdot Q_{zg2}^{cp,l} = 2,2 \cdot 172 = 379 \text{ кВт}$$

Детский сад

Средняя тепловая нагрузка на горячее водоснабжение для отопительного периода:

$$Q_{ГВ}^{cp} = \frac{1,2 \cdot M \cdot (a_{zg} + b_{zg}) \cdot C \cdot (t_{zg} - t_{x6})}{24 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{1,2 \cdot 367 \cdot 123 \cdot 4,19 \cdot (55 - 5)}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 131$$

кВт.

где

- агв= 144 л/сут · чел - общая норма расхода воды (одним потребителем) в средние сутки (смену) ; а все остальные значения как и для жилых домов.

Средняя тепловая нагрузка на горячее водоснабжение для летнего периода:

$$Q_{ГВ2}^{cp,l} = Q_{ГВ2}^{cp} \cdot \frac{t_{zg} - t_{x6}^l}{t_{zg} - t_{x6}^3} = 131 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} = 105 \text{ кВт}$$

Расчетная (максимальная) тепловая нагрузка на горячее водоснабжение зданий для отопительного периода первого жилого микрорайона:

$$Q_{\text{зб}2}^p = k_{\text{ч}}^{\text{max}} \cdot Q_{\text{зб}2}^{\text{cp}} = 2,2 \cdot 131 = 289 \quad \text{кВт}$$

Максимальная тепловая нагрузка на горячее водоснабжение зданий первого жилого микрорайона в летний период:

$$Q_{\text{зб}2}^{p.l} = k_{\text{ч}}^{\text{max}} \cdot Q_{\text{зб}2}^{\text{cp.l}} = 2,2 \cdot 105 = 231 \quad \text{кВ}$$

Суммарная тепловая нагрузка на горячее водоснабжение для всего микрорайона.

Определение средней суммарной тепловой нагрузки на горячее водоснабжение для всего микрорайона (отопительный период):

$$\sum Q_{\text{зб}}^{\text{cp}} = 8856 + 131 + 215 = 9202 \quad \text{кВт}$$

Определение средней суммарной тепловой нагрузки на горячее водоснабжение для микрорайона в летний период:

$$\sum Q_{\text{зб}}^{\text{cp.l}} = Q \cdot Q_{\text{зб}1}^{\text{cp.l}} + Q_{\text{зб}2}^{\text{cp.l}} = 7247 + 172 + 105 = 7524 \quad \text{кВт}$$

Определение расчетной (максимальной) суммарной тепловой нагрузки на горячее водоснабжение для микрорайона (отопительный период):

$$\sum Q_{\text{зб}}^p = Q \cdot Q_{\text{зб}1}^p + Q_{\text{зб}2}^p = 289 + 19483 + 473 = 20245 \quad \text{кВт}$$

Определение расчетной (максимальной) суммарной тепловой нагрузки на горячее водоснабжение для микрорайона в летний период:

$$\sum Q_{\text{зб}}^{p.l} = Q \cdot Q_{\text{зб}1}^{p.l} + Q_{\text{зб}2}^{p.l} = 15943 + 379 + 234 = 16556 \quad \text{кВт}$$



Суммарная расчетная (максимальная) отопительная тепловая нагрузка для жилого микрорайона.

$$\sum Q_0^p = 3 \cdot Q_{01}^p = 3 \cdot 62 = 186 \text{ МВт}$$

Данные по расчёту тепловых нагрузок сведены в таблицу 1.

Т а б л и ц а 1. Итоги расчета тепловых нагрузок на отопление и горячее водоснабжение.

Наименование района	Q <sub>0</sub> , кВт	Q <sub>гвр</sub> , кВт		ΣQ, кВт	
		в отопительный период	в летний период	в отопительный период	в летний период
15 жилых домов	62000	8856	7247	19483	15943
Школа	62000	215	172	473	379
Детский сад	62000	131	105	289	231
Всего по микрорайону	186000	9202	7524	20245	16556

4. Вычисление годового расхода теплоты для потребителей микрорайона Свердловского района города Иркутска (графическим и расчетным способом).

Вычисление годового расхода теплоты для всех потребителей теплоты графическим способом.

Расчетная температура воздуха в помещениях жилых, общественных зданий микрорайона: 20 °С

Расчетная (максимальная) отопительная тепловая нагрузка жилых и общественных зданий микрорайона: 186 МВт

Температура наружного воздуха для проектирования систем отопления и вентиляции для г. Иркутск равна -38°С

Таблица 2. Повторяемость температур наружного воздуха для г. Иркутск.

Температура	Ниже -45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+8
Часы	-	7	51	114	286	406	866	870	700	1020	1460

Всего часов: 5780

Отопительная тепловая нагрузка при температуре наружного воздуха равной +8 °С :

$$Q_0 = Q_0^p \cdot \frac{t_e^p - t_n}{t_e^p - t_{нро}} = 186 \cdot \frac{20 - 8}{20 + 38} = 38,48 \text{ МВт}$$

Суммарная расчетная тепловая нагрузка на ГВС: 65740 кВт

Суммарная расчетная тепловая нагрузка на ГВС для летнего периода: 53793 кВт

Сумма тепловых нагрузок для отопительного периода при

$$t_n = t_{нро} = t_{нрв} = -38 \text{ }^\circ\text{C}: \sum Q = \sum Q_{гв}^p + \sum Q_0^p = 65,74 + 186 = 251,74 \text{ МВт}$$

Сумма тепловых нагрузок при  $t_n = +8 \text{ }^\circ\text{C}$ :

$$\sum Q^{\min} = \sum Q_{гв}^p + \sum Q_0^{\min} = 65,74 + 38,48 = 104,22 \text{ МВт}$$

Сумма тепловых нагрузок для летнего периода:

$$Q = \sum Q_{гв}^{cp..л} = 53,793 \text{ МВт}$$

Данные для построения графика изменения тепловых нагрузок в зависимости от изменения температур наружного воздуха приведены в таблице 3

Таблица 3. Данные для построения графика изменения тепловых нагрузок в зависимости от изменения температур наружного воздуха.

$t_n$	$Q_0$ , МВт	$Q_{гв}$ , МВт	$\sum Q$ , МВт
$t_n = t_{нро} = -38 \text{ }^\circ\text{C}$	186	65,74	251,74
$t_n = t_{но} = +8 \text{ }^\circ\text{C}$	38,48	65,74	104,22
$+8 \text{ }^\circ\text{C} < t_n < +20 \text{ }^\circ\text{C}$	0	53,793	53,793
$t_n = t_{вр} = +20 \text{ }^\circ\text{C}$	0	53,793	53,793

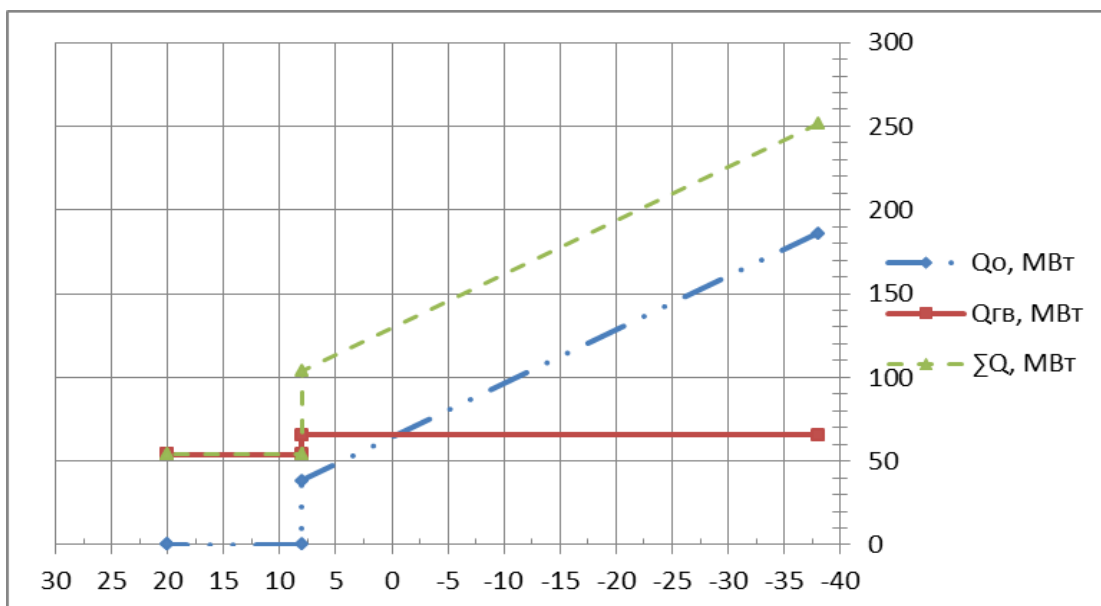


Рисунок 1. Графики изменения тепловых нагрузок в зависимости от изменения температуры наружного воздуха.

Таблица 4. Данные для построения графика изменения суммарной тепловой (отопление и ГВС) нагрузки от повторяемости температур наружного воздуха.

Температура наружного воздуха, °C	Суммарная тепловая нагрузка на систему ГВС, кВт	Суммарная тепловая нагрузка на систему отопления, кВт	Суммарная тепловая нагрузка на системы ГВС, отопления, кВт
-38	65740	186000	251740
-35	65740	176379	242119
-30	65740	160345	226085
-25	65740	144310	210050
-20	65740	128276	194016
-15	65740	112241	177981
-10	65740	96207	161947
-5	65740	80172	145912
0	65740	64138	129878
+8	65740	38480	104220
+8 < t <sub>н</sub> ≤ + 20	53793	0	53793

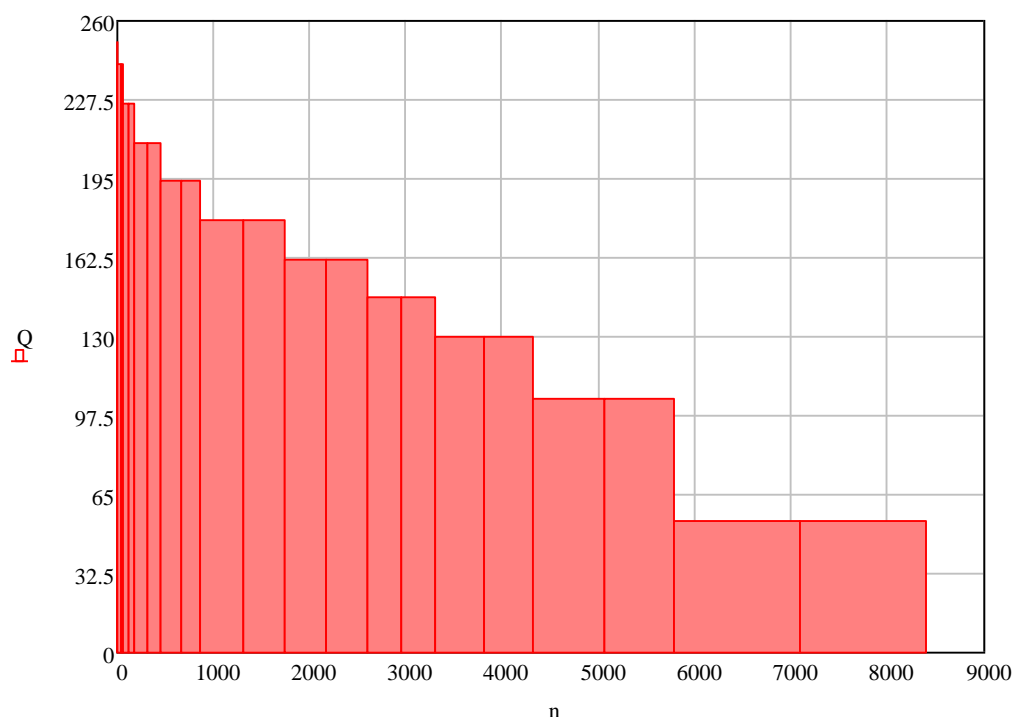


Рисунок 2. Графики изменения суммарной тепловой нагрузки от повторяемости температуры наружного воздуха (график Россандера)

Продолжительность отопительного периода:  $n_o = 5780$  часов.

На 15 дней в году система теплоснабжения отключается для профилактических работ.

Время работы системы теплоснабжения в течение года:  $n_{цт} = 24 \cdot 350 = 8400$  часов.

Годовой расход теплоты для всех потребителей теплоты вычисленный графическим способом определяется по следующему выражению:

$$\Sigma Q^{год} = \Sigma(n_i \cdot Q_i) = 251,74 \cdot 7 + 242,119 \cdot 51 + 226,085 \cdot 114 + 210,05 \cdot 286 + 194,016 \cdot 406 + 177,981 \cdot 866 + 870 \cdot 161,947 + 700 \cdot 145,912 + 1020 \cdot 129,878 + 1460 \cdot 104,22 \cdot + (8400 - 5780) \cdot 53,793 \approx 1092 \text{ ГВт} \cdot \text{ч}$$

Вычисление годового расхода теплоты для всех потребителей теплоты расчетным способом:

Определяем отопительную тепловую нагрузку среднюю за отопительный период по следующему выражению:

$$Q_0^{cp} = Q_0^p \cdot \frac{t_g^p - t_n^{cp}}{t_g^p - t_{нро}} = 186 \cdot \frac{20 - (-8,9)}{20 - (-38)} = 92,7 \text{ МВт}$$

где

$t_n^{cp} = -8,9$  °С-температура наружного воздуха средняя за отопительный период

Вычислим годовой расход теплоты на отопление зданий по следующей формуле:

$$Q_0^{zod} = Q_0^{cp} \cdot n_0 = 92,7 \cdot 5780 = 545806 \text{ МВт*час}$$

Находим годовой расход теплоты на горячее водоснабжение для коммунально-бытовых потребителей по формуле:

$$Q_{zв}^{zod} = Q_{zв}^{cp} \cdot n_0 + Q_{zв}^{cp.l} (n_{цт} - n_0) = 65,74 \cdot 5780 + 53,793 \cdot (8400 - 5780) = 530914 \text{ МВт*час}$$

Определяем годовой расход теплоты всеми потребителями расчетным способом:

$$Q_{расч}^{zod} = Q_0^{zod} + Q_{zв}^{zod} = 545806 + 530914 = 1076720 \text{ МВт*час} \approx 1076,72 \text{ ГВт*час}$$

Определение погрешности расчетного способа вычисления годового расхода теплоты (по сравнению с графическим способом):

$$\delta_{отн} = \frac{Q_{zod}^{граф} - Q_{расч}^{zod}}{Q_{граф}^{zod}} = \frac{|1092 - 1076,72|}{1092} * 100 = 1,4\%$$

где

$Q_{zod}^{граф}$  - годовой расход теплоты определённый графическим методом ( $Q_{zod}^{граф} = 1092$  ГВт\*час)

$Q_{расч}^{zod}$  - годовой расход теплоты определённый расчётным методом ( $Q_{расч}^{zod} = 1076,72$  ГВт\*час)

## 5. Построение и расчет графиков температуры и расходов сетевой воды для системы теплоснабжения микрорайона

Расчет регулирования отпуска теплоты для систем отопления жилых и общественных зданий. Определение основных показателей качества потребления тепловой энергии.

Определение расходов сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети.

Система теплоснабжения водяная, двухтрубная, открытая, со струйным смешением, с зависимой схемой присоединения отопительных установок.

Температурный график регулирования отопительной тепловой нагрузки в расчетном режиме  $\left( \frac{\tau_{01}^p}{\tau_{02}^p} \right)$ : 120/70 C.

Рассчитать температурный перепад в системе отопления в расчетном режиме:

$$\delta\tau_0^p = \tau_{01}^p - \tau_{02}^p = 120 - 70 = 50^\circ \text{ C}$$

Температура сетевой воды на входе в отопительные приборы жилых и общественных зданий микрорайонов в расчетном режиме  $\tau_{03}^p = 95^\circ \text{ C}$ .

Найти разность температур сетевой воды в отопительных приборах в расчетном режиме:

$$\Theta_0^p = \tau_{03}^p - \tau_{02}^p = 95 - 70 = 25^\circ \text{ C}$$

Определить температурный напор отопительных приборов в расчетном режиме:

$$\Delta t_0^p = \frac{\tau_{03}^p + \tau_{02}^p}{2} - t_g^p = \frac{95 + 70}{2} - 20 = 62,5^\circ \text{ C}$$

Рассчитать температуру начала “излома” температурного графика:

Температура сетевой воды в подающем трубопроводе тепловой сети в зоне излома:  $\tau_{01} = 70^\circ\text{C}$

Относительная отопительная тепловая нагрузка:

$$\overline{Q_0} = \frac{Q_0}{Q_0^p} = \frac{t_g^p - t_{nu}}{t_g^p - t_{np0}} = \frac{20 - t_{nu}}{20 - (-38)}$$

$$\tau_{01} = t_g^p + \Delta t_0^p \cdot \overline{Q_0}^{0.8} + \left(\delta\tau_0^p - \frac{\Theta_0^p}{2}\right) \cdot \overline{Q_0}$$

$$20 + 62.5 \cdot \left(\frac{20 - t_{nu}}{58}\right)^{0.8} + \left(50 - \frac{25}{2}\right) \cdot \left(\frac{20 - t_{nu}}{58}\right) = 70^\circ\text{C}$$

Методом последовательных приближений найти значение:  $t_{nu} = -6,18^\circ\text{C}$

Определить температуру сетевой воды в подающем и обратном трубопроводе тепловой сети и на входе в отопительные приборы в зависимости от температуры наружного воздуха:

$$\tau_{01} = t_g^p + \Delta t_0^p \cdot \overline{Q_0}^{0.8} + \left(\delta\tau_0^p - \frac{\Theta_0^p}{2}\right) \cdot \overline{Q_0}$$

$$\overline{Q_0} = \frac{Q_0}{Q_0^p} = \frac{t_g^p - t_{n1}}{t_g^p - t_{np0}}$$

$$\tau_{02} = \tau_{01} - \delta\tau_0^p \cdot \overline{Q_0} \quad \tau_{03} = \tau_{02} + \Theta_0^p \cdot \overline{Q_0}$$

$$G_o = \frac{Q_o}{C_g(\tau_{01} - \tau_{02})} \quad G_{o3} = \frac{Q_o}{C_g(\tau_{03} - \tau_{02})}$$

Последовательно принимая значение  $t_n = -38; -35; -30; -25; -20; -15; -10; -6,18; ^\circ\text{C}$ , найти значения  $\overline{Q_0}$ ,  $\tau_{01}$ ,  $\tau_{02}$ ,  $\tau_{03}$  и заносим их в сводную таблицу 5.

Данные, полученные в результате расчета температуры сетевой воды в подающем и обратном трубопроводе тепловой сети, занесены в таблицу 3.



Таблица 5. - Значения температур сетевой воды в зависимости от температуры наружного воздуха при центральном качественном регулировании тепловой нагрузки

$t_n, ^\circ\text{C}$	$\bar{Q}_o, Q_o,$ МВт $t_{o1},$ $^\circ\text{C}t_{o2},$ $^\circ\text{C}t_{o3},$ $^\circ\text{C}G_o, \text{кг/с}$ $G_{oz}, \text{кг/с}$						
-38	1	186	120	70	95	887,83	1776
-35	0,948	176,379	115,46	68,047	91,754	887,83	1776
-30	0,862	160,345	107,83	64,727	86,279	887,83	1776
-25	0,776	144,31	100,111	61,318	80,714	887,83	1776
-20	0,69	128,276	92,291	57,808	75,049	887,83	1776
-15	0,603	112,241	84,354	54,181	69,268	887,83	1776
-10	0,517	96,207	76,28	50,418	63,349	887,83	1776
-6,18	0,451	83,957	70,00	47,434	58,718	887,83	1776

График температур сетевой воды в зависимости от температуры наружного воздуха представлен на рисунке 4.

Определяется относительная тепловая нагрузка для “зоны излома” температурного графика:

В “зоне излома” температурного графика регулирование отопительной тепловой нагрузки производится количественным методом. При этом методе регулирования отопительная тепловая нагрузка задается относительным расходом сетевой воды в системе отопления  $0 < \bar{G}_o < 1$ .

Например, в точке излома:

$$t = -6,18^\circ\text{C}$$

$$\bar{Q}_o^{-6,18} = \frac{t_g^p - t_n}{t_g^p - t_{нpo}} = \frac{20 - (-6,18)}{20 + 38} = 0,451$$

$$\overline{G}_o = 1 \quad \overline{Q}_o = 0,451$$

Расчёт температуры сетевой воды в обратном трубопроводе системы теплоснабжения:

$$\tau_{o2} = t_e^p + \Delta t_o^p \times \overline{Q}_o^{0,8} - \frac{\Theta_o^p}{2} \times \overline{Q}_o = 20 + 62,5 \times 0,451^{0,8} - \frac{25}{2} \times 0,451 = 47,434 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температура сетевой воды на входе в отопительные приборы:

$$\tau_{o3} = t_e^p + \Delta t_o^p \times \overline{Q}_o^{0,8} + \frac{\Theta_o^p}{2} \times \overline{Q}_o = 20 + 62,5 \times 0,451^{0,8} + \frac{25}{2} \times 0,451 = 58,718 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Расходы сетевой воды для зоны излома температурного графика:

$$G_o^{-6,18} = \frac{Q_o}{C_e(\tau_{o1} - \tau_{o2})} = \frac{83,96}{4,19(70 - 47,434)} = 887,83 \text{ кг/с}$$

$$G_o^{-6,18} = \frac{Q_o}{C_e(\tau_{o3} - \tau_{o2})} = \frac{83,96}{4,19(58,72 - 47,43)} = 1776 \text{ кг/с}$$

Аналогичные расчеты температур сетевой воды и расхода для других температур наружного воздуха приведены в таблице 5.

Последовательно принимая значение  $t_n = -6; -3; 0; 2; 5; 8 \text{ } ^\circ\text{C}$ , находим значения  $\overline{Q}_i$  и  $\tau_{o3}$  и заносим их в сводную таблицу 6.

Таблица 6. Сводная таблица значений температур сетевой воды в зависимости от температуры наружного воздуха в “зоне излома” при регулировании тепловой нагрузки “местными пропусками”:

$t_n, \text{ } ^\circ\text{C}$	$\overline{Q}_o$ $Q_o,$ МВт $t_{o1},$ $^\circ\text{C}$ $t_{o2},$ $^\circ\text{C}$ $t_{o3},$ $^\circ\text{C}$ $G_o,$ кг/с $G_{oz},$ кг/с						
-6,18	0,451	83,96	70	47,434	58,718	887,8	1776
-6	0,448	83,38	70	47,586	58,497	876,3	1776
-3	0,397	73,76	70	44,864	54,778	700,3	1776

0	0,345	64,14	70	42,356	50,977	553,7	1776
2	0,310	57,72	70	40,631	48,390	469,1	1776
5	0,259	48,10	70	37,951	44,417	358,2	1776
8	0,207	38,48	70	35,135	40,307	263,4	1776

График температур сетевой воды в зависимости от температуры наружного воздуха представлен на рисунке 4.

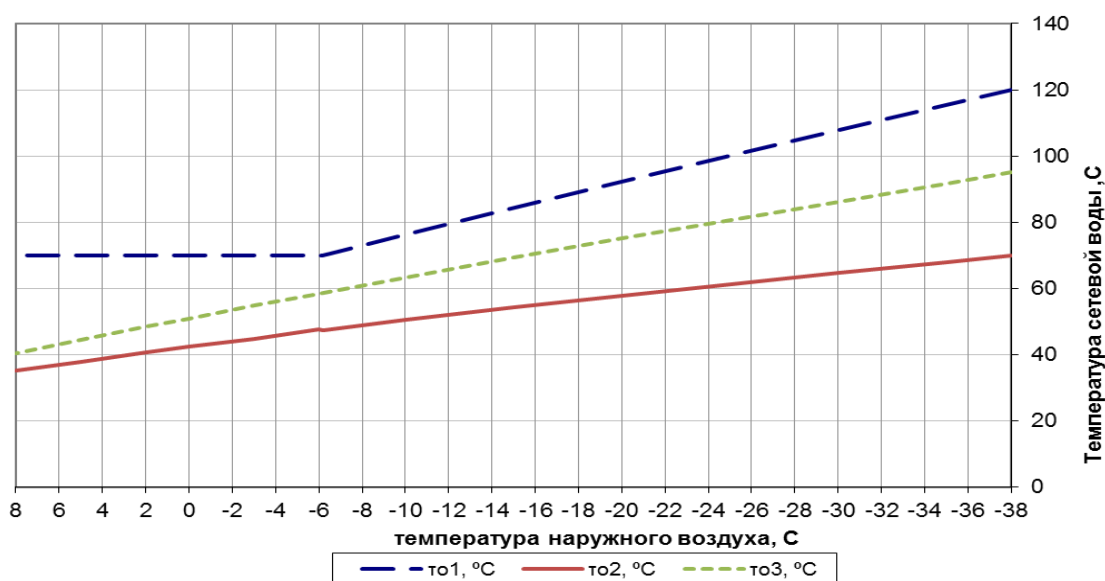


Рисунок 4. График температур сетевой воды в зависимости от температуры наружного воздуха

График и расхода сетевой воды в зависимости от температуры наружного воздуха представлен на рисунке 5.

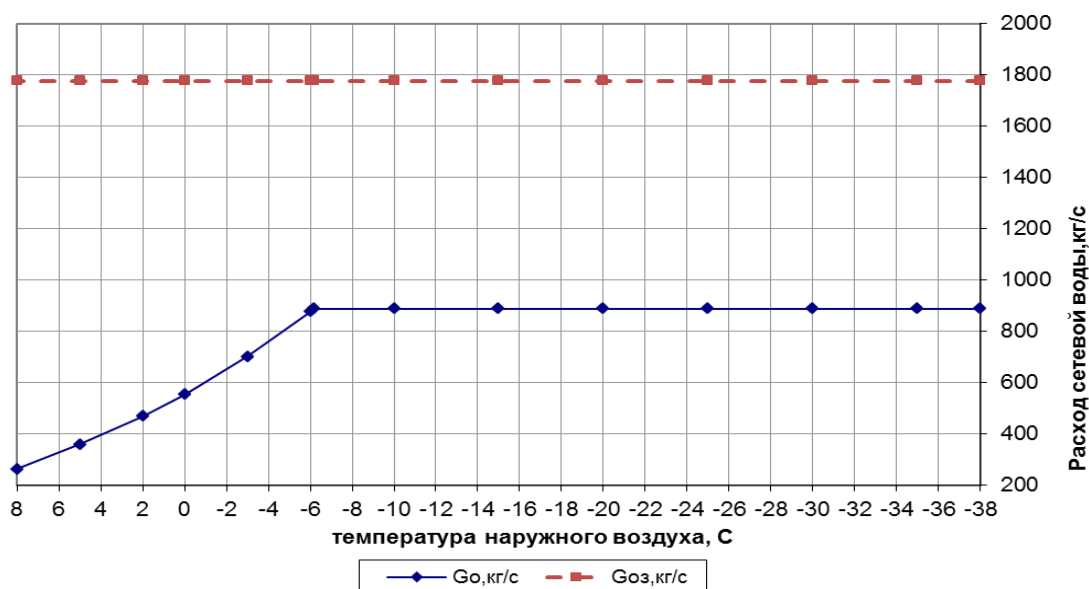


Рисунок 5. График и расхода сетевой воды в зависимости от температуры наружного воздуха.

Расчет местного подрегулирования отпуска теплоты для систем горячего водоснабжения жилых и общественных зданий.

Определение величины расчетного расхода сетевой воды, которая поступает к водоразборным приборам:

$$G_{\text{рв}}^{\text{п}} = \frac{Q_{\text{зб}}^{\text{п}}}{c_{\text{в}} \cdot [(t_{\text{зб}} + \Delta t_{\text{зб}}) - t_{\text{хв}}]} = \frac{65,74 \cdot 1000}{4,19 \cdot [(55 + 5) - 5]} = 285,27 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Результат расчёта температур сетевой воды в подающем, обратном трубопроводах, а также и на входе в отопительные приборы сведён в таблицу 7.

Таблица 7. Температуры сетевой воды

tн, °C	τ01, °C	τ02, °C	τ03, °C
-38	120	70	95
-35	115,46	68,047	91,754
-30	107,83	64,727	86,279

-25	100,111	61,318	80,714
-20	92,291	57,808	75,049
-15	84,354	54,181	69,268
-10	76,28	50,418	63,349
-6,18	70	47,434	58,718
-6	70	47,586	58,497
-3	70	44,864	54,778
0	70	42,356	50,977
2	70	40,631	48,390
5	70	37,951	44,417
8	70	35,135	40,307

Весь интервал наружных температур от  $t_n = t_{npo} = -38 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $t_n = +8 \text{ }^\circ\text{C}$  разбиваем на 2 зоны:

1) Первая зона возникает, когда  $t_{z\theta} + \Delta t_{z\theta} \leq \tau_{02} - 55 + 5 = 60 \leq \tau_{02}$

Во этой зоне водоразбор сетевой воды для систем горячего водоснабжения осуществляется из обратного трубопровода тепловой сети.

При этом  $\beta = 0$ , а  $1 - \beta = 1$ .

Определение расхода сетевой и водопроводной воды на горячее водоснабжение в первой зоне:

Расчёт проводим для  $t_n = -38 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Расход сетевой воды на горячее водоснабжение из обратного трубопровода системы теплоснабжения:

$$G_2^{обр-38} = \frac{Q_{z\theta}^p}{C_g \cdot (\tau_{02} - t_{xg})} = \frac{65,74 \cdot 1000}{4,19 \cdot (70 - 5)} = 241,38 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Расход сетевой воды на горячее водоснабжение из подающего трубопровода системы теплоснабжения для первой зоны равен 0.

Чтобы понизить температуру сетевой воды после системы отопления зданий до уровня  $t_{zg} + \Delta t_{zg}$ , необходимо в смесителе сетевой воды подмешивать холодную водопроводную воду.

Расход холодной водопроводной воды на горячее водоснабжение

$$G_{xg}^{-38} = G_2^p - G_2^{обп} = 285.27 - 241.38 = 43.89 \frac{K\mathcal{C}}{c}$$

Суммарный расход сетевой воды, поступающей на ТП из подающего трубопровода тепловой сети:

$$G_{сум}^{nod-38} = G_o^p + G_2^{nod} = 887,8 + 0 = 887,8 \frac{K\mathcal{C}}{c}$$

Суммарный расход сетевой воды, поступающей из ТП в обратный трубопровод тепловой сети:

$$G_{сум}^{обп} = G_o^p - G_2^{обп} = 887,8 - 241,38 = 646,42 \frac{K\mathcal{C}}{c}$$

Вторая зона возникает, когда  $\tau_{o2} < t_{zg} + \Delta t_{zg} < \tau_{o1}$

При этом  $0 < \beta \leq 1$ ;  $1 \geq 1 - \beta > 0$

Расчёт проводим для  $t_n = -20$  °С.

$$\beta^{-20} = \frac{(t_{zg} + \Delta t_{zg}) - \tau_{o2}}{\tau_{o1} - \tau_{o2}} = \frac{(55 + 5) - 57.808}{92.291 - 57.808} = 0.0635$$

Расход сетевой воды на горячее водоснабжение из подающего трубопровода системы теплоснабжения:

$$G_2^{nod-20} = G_2^p \cdot \beta = 285.27 \cdot 0.0635 = 18,11 \frac{K\mathcal{C}}{c}$$

Расход сетевой воды на горячее водоснабжение из обратного трубопровода системы теплоснабжения:

$$G_2^{обп-20} = G_2^p \cdot (1 - \beta) = 285,27 \cdot (1 - 0.0635) = 267,15 \frac{K\mathcal{C}}{c}$$

Суммарный расход сетевой воды на горячее водоснабжение из подающего трубопровода системы теплоснабжения:

$$G_{\text{сум}}^{\text{под-20}} = G_o^p + G_2^{\text{под-20}} = 887,8 + 18,11 = 905,91 \frac{\text{K}\mathcal{Z}}{\text{с}}$$

Суммарный расход сетевой воды на горячее водоснабжение из обратного трубопровода системы теплоснабжения:

$$G_{\text{сум}}^{\text{обр-20}} = G_o^p - G_2^{\text{обр-20}} = 887,8 - 267,15 = 620,65 \frac{\text{K}\mathcal{Z}}{\text{с}}$$

Результаты расчёта расходов сетевой воды приведены в таблице 8.

Таблица 8. Расходы сетевой воды

тн, °C	$G_o, \frac{\text{K}\mathcal{Z}}{\text{с}}$						
	$G_2, \frac{\text{K}\mathcal{Z}}{\text{с}}$						
	$G_2^{\text{обр}}, \frac{\text{K}\mathcal{Z}}{\text{с}}$						
	$G_2^{\text{под}}, \frac{\text{K}\mathcal{Z}}{\text{с}}$						
	$G_{\text{сум}}^{\text{обр}}, \frac{\text{K}\mathcal{Z}}{\text{с}}$						
	$G_{\text{сум}}^{\text{под}}, \frac{\text{K}\mathcal{Z}}{\text{с}}$						
	$G_{\text{хв}}, \frac{\text{K}\mathcal{Z}}{\text{с}}$						
-38	887,8	285,27	241,38	0,00	646,42	887,80	43,89
-35	887,8	285,27	248,86	0,00	638,94	887,80	36,41
-30	887,8	285,27	262,69	0,00	625,11	887,80	22,58
-25	887,8	285,27	278,59	0,00	609,21	887,80	6,68
-20	887,8	285,27	267,14	18,13	620,66	905,93	0
-15	887,8	285,27	230,25	55,02	657,55	942,82	0
-10	887,8	285,27	179,58	105,69	708,22	993,49	0

-6,18	887,8	285,27	126,42	158,85	761,38	1046,65	0
-6	876,3	285,27	127,27	158,00	749,03	1034,30	0
-3	700,3	285,27	113,49	171,78	586,81	872,08	0
0	553,7	285,27	103,19	182,08	450,51	735,78	0
2	469,1	285,27	97,13	188,14	371,97	657,24	0
5	358,2	285,27	89,01	196,26	269,19	554,46	0
8	263,4	285,27	81,82	203,45	181,58	466,85	0

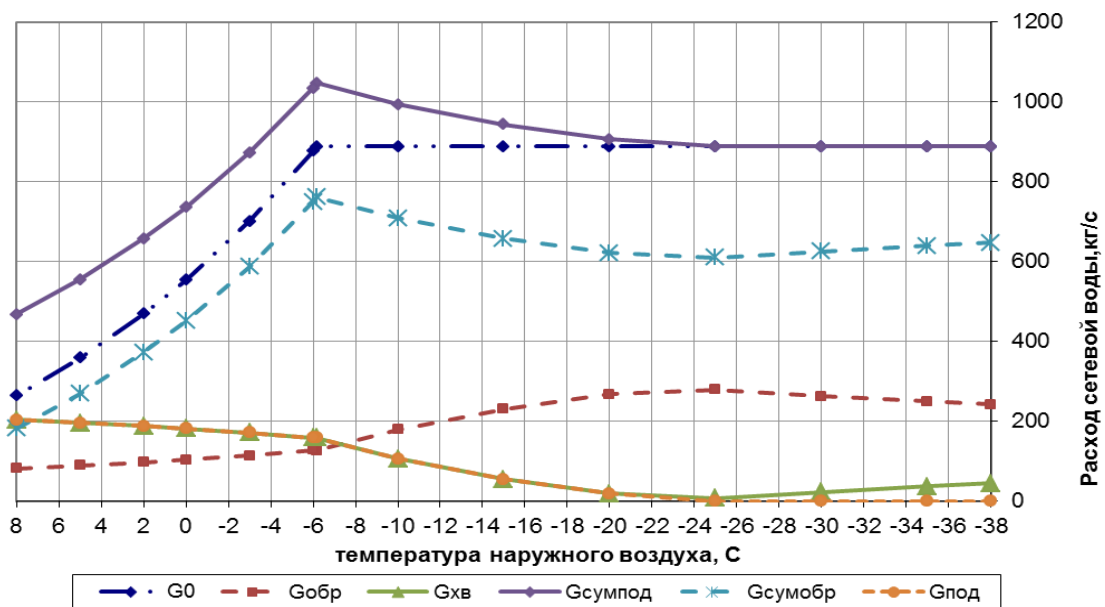


Рисунок 6. График изменения расхода сетевой воды, идущей на горячее водоснабжение и отопление.



## 6. Гидравлический расчет водяной тепловой сети

По принципиальной схеме водяной тепловой сети определяется наиболее удаленный потребитель от источника теплоснабжения:

$$L_I = L_1 + L_5 = 1100 + 300 = 1400 \text{ (м)}$$

$$L_{II} = L_1 + L_2 + L_4 = 1100 + 1100 + 600 = 2800 \text{ (м)}$$

$$L_{III} = L_1 + L_2 + L_3 = 1100 + 1100 + 200 = 2400 \text{ (м)}$$

Будем считать, что головная магистраль проходит от источника теплоснабжения до третьего жилого микрорайона, тогда:

, 2 и 3 участки - это участки головной магистрали;

и 5 участки - это участки ответвлений от головной магистрали.

Определение расчетных расходов сетевой воды на всех участках тепловой сети:

Так как система теплоснабжения водяная открытая, примем  $k_3 = 0.6$ .

Пятый участок:

$$G_{o1}^p = \frac{Q_{o1}^p}{c_g \cdot (\tau_{o1}^p - \tau_{o2}^p)} = \frac{62 \cdot 10^6}{4190 \cdot (120 - 70)} = 295.94 \text{ (кг / с)}$$

$$G_{z1}^{cp} = \frac{Q_{z\theta 1}^{cp}}{c_g \cdot ((t_{z\theta} + \Delta t_{z\theta}) - t_{x\theta})} = \frac{8,856 \cdot 10^6}{4190 \cdot ((55 + 5) - 5)} = 38.43 \text{ (кг / с)}$$

$$G_{сум5}^{yч} = G_{o1}^p + k_3 \cdot G_{z1}^{cp} = 295.94 + 0.6 \cdot 38.43 = 319 \text{ (кг / с)}$$

$$G_{z1}^{cp.l} = \frac{Q_{z\theta 1}^{cp.l}}{c_g \cdot ((t_{z\theta} + \Delta t_{z\theta}) - t_{x\theta})} = \frac{7,247 \cdot 10^6}{4190 \cdot ((55 + 5) - 15)} = 38.43 \text{ (кг / с)}$$

Четвертый участок:

$$G_{o1}^p = \frac{Q_{o1}^p}{c_g \cdot (\tau_{o1}^p - \tau_{o2}^p)} = \frac{62 \cdot 10^6}{4190 \cdot (120 - 70)} = 295.94 \text{ (кг / с)}$$

$$G_{z1}^{cp} = \frac{Q_{z\theta 1}^{cp}}{c_g \cdot ((t_{z\theta} + \Delta t_{z\theta}) - t_{x\theta})} = \frac{12.170 \cdot 10^6}{4190 \cdot ((55 + 5) - 5)} = 52.81 \text{ (кг / с)}$$

$$G_{сум4}^{yч} = G_{o1}^p + k_3 \cdot G_{z1}^{cp} = 295.94 + 0.6 \cdot 52.81 = 327.63 \text{ (кг / с)}$$

$$G_{z1}^{cp.l} = \frac{Q_{z\theta 1}^{cp.l}}{c_g \cdot ((t_{z\theta} + \Delta t_{z\theta}) - t_{x\theta})} = \frac{99,58 \cdot 10^6}{4190 \cdot ((55 + 5) - 15)} = 52.81 \text{ (кг / с)}$$

Третий участок:

$$G_{o1}^p = \frac{Q_{o1}^p}{c_g \cdot (\tau_{o1}^p - \tau_{o2}^p)} = \frac{62 \cdot 10^6}{4190 \cdot (120 - 70)} = 295.94 (\text{кг} / \text{с})$$

$$G_{z1}^{cp} = \frac{Q_{z1}^{cp}}{c_g \cdot ((t_{zg} + \Delta t_{zg}) - t_{xg})} = \frac{8.856 \cdot 10^6}{4190 \cdot ((55 + 5) - 5)} = 38.43 (\text{кг} / \text{с})$$

$$G_{сум3}^{yc} = G_{o1}^p + k_3 \cdot G_{z1}^{cp} = 295.94 + 0.6 \cdot 38.43 = 319 (\text{кг} / \text{с})$$

$$G_{z1}^{cp.l} = \frac{Q_{z1}^{cp.l}}{c_g \cdot ((t_{zg} + \Delta t_{zg}) - t_{xg})} = \frac{7.247 \cdot 10^6}{4190 \cdot ((55 + 5) - 15)} = 38.43 (\text{кг} / \text{с})$$

Второй участок:

$$G_{сум2}^{yc} = G_{сум3}^{yc} + G_{сум4}^{yc} = 319 + 327.63 = 646.63 (\text{кг} / \text{с})$$

$$G_{сум2}^{yc.l} = G_{сум3}^{yc.l} + G_{сум4}^{yc.l} = 38.43 + 52.81 = 91.24 (\text{кг} / \text{с})$$

Первый участок:

$$G_{сум1}^{yc} = G_{сум2}^{yc} + G_{сум5}^{yc} = 646.63 + 319 = 965.63 (\text{кг} / \text{с})$$

$$G_{сум1}^{yc.l} = G_{сум2}^{yc.l} + G_{сум5}^{yc.l} = 91.24 + 38.43 = 129.67 (\text{кг} / \text{с})$$

По справочным данным определяются физические свойства сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети.

Для расчетного режима:

$$\rho_g^{nod} (t = 120^{\circ}\text{C}) = 943.1 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$v_g^{nod} (t = 120^{\circ}\text{C}) = 0,252 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$$

$$\rho_g^{obp} (t = 70^{\circ}\text{C}) = 977,8 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$v_g^{obp} (t = 70^{\circ}\text{C}) = 0,415 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$$

Для летнего режима:

$$\rho_g^{nod.l} (t = 70) = 977,8 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$v_g^{nod.l} (t = 70) = 0,415 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$$

$$\rho_{\epsilon}^{обп.л}(40.3) = 992.2 \text{ кг/м}^3$$

$$\nu_{\epsilon}^{обп}(40.31) = 0.659 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

Вычисляется среднее значение для плотности и кинематической вязкости сетевой воды.

Для расчетного режима:

$$\rho_{\epsilon}^{cp} = \frac{\rho_{\epsilon}^{под} + \rho_{\epsilon}^{обп}}{2} = \frac{943.1 + 977.8}{2} = 960.45 \text{ кг/м}^3$$

$$\nu_{\epsilon}^{cp} = \frac{\nu_{\epsilon}^{под} + \nu_{\epsilon}^{обп}}{2} = \frac{(0.252 + 0.415) \cdot 10^{-6}}{2} = 0.333 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

Для летнего режима:

$$\rho_{\epsilon}^{cp.л} = \frac{\rho_{\epsilon}^{под.л} + \rho_{\epsilon}^{обп.л}}{2} = \frac{977.8 + 992.2}{2} = 985 \text{ кг/м}^3$$

$$\nu_{\epsilon}^{cp.л} = \frac{\nu_{\epsilon}^{под.л} + \nu_{\epsilon}^{обп.л}}{2} = \frac{(0.415 + 0.659) \cdot 10^{-6}}{2} = 0.537 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

Выполняется гидравлический расчет трубопровода каждого участка головной магистрали.

Головная магистраль: котельная - 3-й участок.

Задаются скоростью движения сетевой воды в трубопроводе:

$$V_{\epsilon} = 2 \text{ м/с}$$

Вычисляется внутренний диаметр трубопровода на участке тепловой сети.

$$d_{\epsilon 3} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{сум}3}^{\text{уч}}}{\pi \cdot \rho_{\epsilon}^{cp} \cdot V_{\epsilon}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 319}{3.14 \cdot 960.45 \cdot 2}} = 0.460 \text{ м}$$

$$d_{\epsilon 4} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{сум}4}^{\text{уч}}}{\pi \cdot \rho_{\epsilon}^{cp} \cdot V_{\epsilon}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 327.63}{3.14 \cdot 960.45 \cdot 2}} = 0.466 \text{ м}$$

$$d_{\epsilon 5} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{сум}5}^{\text{уч}}}{\pi \cdot \rho_{\epsilon}^{cp} \cdot V_{\epsilon}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 319}{3.14 \cdot 960.45 \cdot 2}} = 0.460 \text{ м}$$

$$d_{\phi 2} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{сум}2}^{\text{уч}}}{\pi \cdot \rho_{\phi}^{\text{сп}} \cdot V_{\phi}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 646.63}{3.14 \cdot 960.45 \cdot 2}} = 0.655 \quad \text{м}$$

$$d_{\phi 1} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{сум}1}^{\text{уч}}}{\pi \cdot \rho_{\phi}^{\text{сп}} \cdot V_{\phi}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 965.63}{3.14 \cdot 960.45 \cdot 2}} = 0.800 \quad \text{м}$$

По справочным данным принимается ближайшее значение внутреннего диаметра которое соответствует ГОСТу.

$$d_{\phi 3 \text{ ГОСТ}} = 0.466 \quad \text{м}$$

$$d_{\phi 4 \text{ ГОСТ}} = 0.466 \quad \text{м}$$

$$d_{\phi 5 \text{ ГОСТ}} = 0.466 \quad \text{м}$$

$$d_{\phi 2 \text{ ГОСТ}} = 0.700 \quad \text{м}$$

$$d_{\phi 1 \text{ ГОСТ}} = 0.800 \quad \text{м}$$

По принятому значению  $d_{\phi \text{ ГОСТ}}$  уточняется скорость движения сетевой ВОДЫ.

Для расчетного режима:

$$V_{\phi 3}^{\phi} = \frac{4 \cdot G_{\text{сум}3}^{\text{уч}}}{\pi \cdot (d_{\phi 3 \text{ ГОСТ}})^2 \cdot \rho_{\phi}^{\text{сп}}} = \frac{4 \cdot 319}{3.14 \cdot 0.466^2 \cdot 960.45} = 1.95 \quad \text{м/с}$$

$$V_{\phi 4}^{\phi} = \frac{4 \cdot G_{\text{сум}4}^{\text{уч}}}{\pi \cdot (d_{\phi 4 \text{ ГОСТ}})^2 \cdot \rho_{\phi}^{\text{сп}}} = \frac{4 \cdot 327.63}{3.14 \cdot 0.466^2 \cdot 960.45} = 2.00 \quad \text{м/с}$$

$$V_{\phi 5}^{\phi} = \frac{4 \cdot G_{\text{сум}5}^{\text{уч}}}{\pi \cdot (d_{\phi 5 \text{ ГОСТ}})^2 \cdot \rho_{\phi}^{\text{сп}}} = \frac{4 \cdot 319}{3.14 \cdot 0.466^2 \cdot 960.45} = 1.95 \quad \text{м/с}$$

$$V_{\phi 2}^{\phi} = \frac{4 \cdot G_{\text{сум}2}^{\text{уч}}}{\pi \cdot (d_{\phi 2 \text{ ГОСТ}})^2 \cdot \rho_{\phi}^{\text{сп}}} = \frac{4 \cdot 646.63}{3.14 \cdot 0.700^2 \cdot 960.45} = 1.75 \quad \text{м/с}$$

$$V_{\phi 1}^{\phi} = \frac{4 \cdot G_{\text{сум}1}^{\text{уч}}}{\pi \cdot (d_{\phi 1 \text{ ГОСТ}})^2 \cdot \rho_{\phi}^{\text{сп}}} = \frac{4 \cdot 965.63}{3.14 \cdot 0.800^2 \cdot 960.45} = 2.00 \quad \text{м/с}$$

Для летнего режима:

$$V_{\phi 3}^{\phi} = \frac{4 \cdot G_{\text{сум}3}^{\text{уч.л}}}{\pi \cdot (d_{\phi 3 \text{ зосм}})^2 \cdot \rho_{\phi}^{\text{сп.л}}} = \frac{4 \cdot 38.43}{3.14 \cdot 0.466^2 \cdot 985} = 0.229 \quad \text{м/с}$$

$$V_{\phi 4}^{\phi} = \frac{4 \cdot G_{\text{сум}4}^{\text{уч.л}}}{\pi \cdot (d_{\phi 4 \text{ зосм}})^2 \cdot \rho_{\phi}^{\text{сп.л}}} = \frac{4 \cdot 52.81}{3.14 \cdot 0.466^2 \cdot 985} = 0.314 \quad \text{м/с}$$

$$V_{\phi 5}^{\phi} = \frac{4 \cdot G_{\text{сум}5}^{\text{уч.л}}}{\pi \cdot (d_{\phi 5 \text{ зосм}})^2 \cdot \rho_{\phi}^{\text{сп.л}}} = \frac{4 \cdot 38.43}{3.14 \cdot 0.466^2 \cdot 985} = 0.229 \quad \text{м/с}$$

$$V_{\phi 2}^{\phi} = \frac{4 \cdot G_{\text{сум}2}^{\text{уч.л}}}{\pi \cdot (d_{\phi 2 \text{ зосм}})^2 \cdot \rho_{\phi}^{\text{сп.л}}} = \frac{4 \cdot 91.24}{3.14 \cdot 0.7^2 \cdot 985} = 0.240 \quad \text{м/с}$$

$$V_{\phi 1}^{\phi} = \frac{4 \cdot G_{\text{сум}1}^{\text{уч.л}}}{\pi \cdot (d_{\phi 1 \text{ зосм}})^2 \cdot \rho_{\phi}^{\text{сп.л}}} = \frac{4 \cdot 129.67}{3.14 \cdot 0.8^2 \cdot 985} = 0.262 \quad \text{м/с}$$

Определяется режим и зона течения сетевой воды в трубопроводе, для этого вычисляется безразмерный параметр называемый критерием Re.

Для расчетного режима:

$$\text{Re}_3 = \frac{V_{\phi 3}^{\phi} \cdot d_{\phi 3}^{\text{зосм}}}{\nu_{\phi}^{\text{сп}}} = \frac{1.95 \cdot 0.466}{0.333 \cdot 10^{-6}} = 2,729 \cdot 10^6$$

$$\text{Re}_4 = \frac{V_{\phi 4}^{\phi} \cdot d_{\phi 4}^{\text{зосм}}}{\nu_{\phi}^{\text{сп}}} = \frac{2 \cdot 0.466}{0.333 \cdot 10^{-6}} = 2,799 \cdot 10^6$$

$$\text{Re}_5 = \frac{V_{\phi 5}^{\phi} \cdot d_{\phi 5}^{\text{зосм}}}{\nu_{\phi}^{\text{сп}}} = \frac{1.95 \cdot 0.466}{0.333 \cdot 10^{-6}} = 2,729 \cdot 10^6$$

$$\text{Re}_2 = \frac{V_{\phi 2}^{\phi} \cdot d_{\phi 2}^{\text{зосм}}}{\nu_{\phi}^{\text{сп}}} = \frac{1.75 \cdot 0.7}{0.333 \cdot 10^{-6}} = 3,678 \cdot 10^6$$

$$\text{Re}_1 = \frac{V_{\phi 1}^{\phi} \cdot d_{\phi 1}^{\text{зосм}}}{\nu_{\phi}^{\text{сп}}} = \frac{2 \cdot 0.8}{0.333 \cdot 10^{-6}} = 4,805 \cdot 10^6$$

Для летнего режима:

$$\text{Re}_3 = \frac{V_{\phi 3}^{\phi} \cdot d_{\phi 3}^{\text{зосм}}}{\nu_{\phi}^{\text{сп}}} = \frac{0.229 \cdot 0.466}{0.537 \cdot 10^{-6}} = 198722$$

$$\text{Re}_4 = \frac{V_{\phi 4}^{\phi} \cdot d_{\phi 4}^{\text{зосм}}}{\nu_{\phi}^{\text{сп}}} = \frac{0.314 \cdot 0.466}{0.537 \cdot 10^{-6}} = 272484$$

$$\text{Re}_5 = \frac{V_{\phi 65} \cdot d_{65}^{zocm}}{v_{\phi}^{cp}} = \frac{0.229 \cdot 0.466}{0.537 \cdot 10^{-6}} = 198722$$

$$\text{Re}_2 = \frac{V_{\phi 62} \cdot d_{62}^{zocm}}{v_{\phi}^{cp}} = \frac{0.24 \cdot 0.7}{0.537 \cdot 10^{-6}} = 312849$$

$$\text{Re}_1 = \frac{V_{\phi 61} \cdot d_{61}^{zocm}}{v_{\phi}^{cp}} = \frac{0.262 \cdot 0.8}{0.537 \cdot 10^{-6}} = 390316$$

Рассчитываются предельные значения критерия Re.

$$\text{Re}_{np3}^I = 10 \cdot \frac{d_{63}^{zocm}}{k_{\gamma}} = 10 \cdot \frac{0.466}{0.0005} = 9320$$

$$\text{Re}_{np3}^{II} = 568 \cdot \frac{d_{63}^{zocm}}{k_{\gamma}} = 568 \cdot \frac{0.466}{0.0005} = 529376$$

$$\text{Re}_{np4}^I = 10 \cdot \frac{d_{64}^{zocm}}{k_{\gamma}} = 10 \cdot \frac{0.466}{0.0005} = 9320$$

$$\text{Re}_{np4}^{II} = 568 \cdot \frac{d_{64}^{zocm}}{k_{\gamma}} = 568 \cdot \frac{0.466}{0.0005} = 529376$$

$$\text{Re}_{np5}^I = 10 \cdot \frac{d_{65}^{zocm}}{k_{\gamma}} = 10 \cdot \frac{0.466}{0.0005} = 9320$$

$$\text{Re}_{np5}^{II} = 568 \cdot \frac{d_{65}^{zocm}}{k_{\gamma}} = 568 \cdot \frac{0.466}{0.0005} = 529376$$

$$\text{Re}_{np2}^I = 10 \cdot \frac{d_{62}^{zocm}}{k_{\gamma}} = 10 \cdot \frac{0.7}{0.0005} = 14000$$

$$\text{Re}_{np2}^{II} = 568 \cdot \frac{d_{62}^{zocm}}{k_{\gamma}} = 568 \cdot \frac{0.259}{0.0005} = 795200$$

$$\text{Re}_{np1}^I = 10 \cdot \frac{d_{61}^{zocm}}{k_{\gamma}} = 10 \cdot \frac{0.8}{0.0005} = 16000$$

$$\text{Re}_{np1}^{II} = 568 \cdot \frac{d_{61}^{zocm}}{k_{\gamma}} = 568 \cdot \frac{0.8}{0.0005} = 908800$$

Вычисляется коэффициент гидравлического трения на участках тепловой сети.

Для расчетного режима и летнего режима:

$Re_3 > Re_{np3}^I$  - используем формулу Шифринсона

$$\lambda_{mp3} = 0,11 \cdot \left( \frac{k_3}{d_{63}^{zocm}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{0,0005}{0,466} \right)^{0,25} = 0,020$$

$Re_3 < Re_{np3}^I < Re_{np3}^I$  - используем формулу Альтшуля

$$\lambda_{mp3} = 0,11 \cdot \left( \frac{68}{Re_3} + \frac{k_3}{d_{63}^{zocm}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{68}{198722} + \frac{0,0005}{0,466} \right)^{0,25} = 0,021$$

$Re_4 > Re_{np4}^I$

$$\lambda_{mp4} = 0,11 \cdot \left( \frac{k_3}{d_{64}^{zocm}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{0,0005}{0,466} \right)^{0,25} = 0,020$$

$Re_4 < Re_{np4}^I < Re_{np4}^I$

$$\lambda_{mp4} = 0,11 \cdot \left( \frac{68}{Re_4} + \frac{k_3}{d_{64}^{zocm}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{68}{272484} + \frac{0,0005}{0,466} \right)^{0,25} = 0,021$$

$Re_5 > Re_{np5}^I$

$$\lambda_{mp5} = 0,11 \cdot \left( \frac{k_3}{d_{65}^{zocm}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{0,0005}{0,466} \right)^{0,25} = 0,020$$

$Re_5 < Re_{np5}^I < Re_{np5}^I$

$$\lambda_{mp5} = 0,11 \cdot \left( \frac{68}{Re_5} + \frac{k_3}{d_{65}^{zocm}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{68}{198722} + \frac{0,0005}{0,466} \right)^{0,25} = 0,021$$

$Re_2 > Re_{np2}^I$

$$\lambda_{mp2} = 0,11 \cdot \left( \frac{k_3}{d_{62}^{zocm}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{0,0005}{0,7} \right)^{0,25} = 0,018$$

$Re_2 < Re_{np2}^I < Re_{np2}^I$

$$\lambda_{mp2} = 0,11 \cdot \left( \frac{68}{Re_2} + \frac{k_3}{d_{62}^{zocm}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{68}{312849} + \frac{0,0005}{0,7} \right)^{0,25} = 0,019$$

$$\text{Re}_1 > \text{Re}_{np1}''$$

$$\lambda_{mp1} = 0,11 \cdot \left( \frac{k_3}{d_{\epsilon 1}^{zocm}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{0,0005}{0,8} \right)^{0,25} = 0,017$$

$$\text{Re}_{np1}' < \text{Re}_1 < \text{Re}_{np1}''$$

$$\lambda_{mp1} = 0,11 \cdot \left( \frac{68}{\text{Re}_1} + \frac{k_3}{d_{\epsilon 1}^{zocm}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left( \frac{68}{390316} + \frac{0,0005}{0,8} \right)^{0,25} = 0,0185$$

По формуле Дарси-Вейсбаха определяются потери напора на трение по длине трубопровода на всех участках тепловой сети.

Для расчетного режима:

$$\Delta h_{mp3} = \lambda_{mp3} \cdot L_3 \cdot \frac{V_{\epsilon 3}^{\phi^2}}{2 \cdot g \cdot d_{\epsilon 3}^{zocm}} = 0,020 \cdot 200 \cdot \frac{1,95^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,466} = 1,66 \quad \text{М}$$

$$\Delta h_{mp4} = \lambda_{mp4} \cdot L_4 \cdot \frac{V_{\epsilon 4}^{\phi^2}}{2 \cdot g \cdot d_{\epsilon 4}^{zocm}} = 0,02 \cdot 600 \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,466} = 5,25 \quad \text{М}$$

$$\Delta h_{mp5} = \lambda_{mp5} \cdot L_5 \cdot \frac{V_{\epsilon 5}^{\phi^2}}{2 \cdot g \cdot d_{\epsilon 5}^{zocm}} = 0,02 \cdot 300 \cdot \frac{1,95^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,466} = 2,49 \quad \text{М}$$

$$\Delta h_{mp2} = \lambda_{mp2} \cdot L_2 \cdot \frac{V_{\epsilon 2}^{\phi^2}}{2 \cdot g \cdot d_{\epsilon 2}^{zocm}} = 0,018 \cdot 1100 \cdot \frac{1,75^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,7} = 4,42 \quad \text{М}$$

$$\Delta h_{mp1} = \lambda_{mp1} \cdot L_1 \cdot \frac{V_{\epsilon 1}^{\phi^2}}{2 \cdot g \cdot d_{\epsilon 1}^{zocm}} = 0,017 \cdot 1100 \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,8} = 4,77 \quad \text{М}$$

Для летнего режима:

$$\Delta h_{mp3} = \lambda_{mp3} \cdot L_3 \cdot \frac{V_{\epsilon 3}^{\phi^2}}{2 \cdot g \cdot d_{\epsilon 3}^{zocm}} = 0,021 \cdot 200 \cdot \frac{0,229^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,466} = 0,024 \quad \text{М}$$

$$\Delta h_{mp4} = \lambda_{mp4} \cdot L_4 \cdot \frac{V_{\epsilon 4}^{\phi^2}}{2 \cdot g \cdot d_{\epsilon 4}^{zocm}} = 0,021 \cdot 600 \cdot \frac{0,314^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,466} = 0,136 \quad \text{М}$$



$$\Delta h_{mp5} = \lambda_{mp5} \cdot L_5 \cdot \frac{V_{\phi 5}^2}{2 \cdot g \cdot d_{\phi 5}^{zocm}} = 0,021 \cdot 300 \cdot \frac{0,229^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,466} = 0,036 \quad \text{М}$$

$$\Delta h_{mp2} = \lambda_{mp2} \cdot L_2 \cdot \frac{V_{\phi 2}^2}{2 \cdot g \cdot d_{\phi 2}^{zocm}} = 0,019 \cdot 1100 \cdot \frac{0,24^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,7} = 0,088 \quad \text{М}$$

$$\Delta h_{mp1} = \lambda_{mp1} \cdot L_1 \cdot \frac{V_{\phi 1}^2}{2 \cdot g \cdot d_{\phi 1}^{zocm}} = 0,0185 \cdot 1100 \cdot \frac{0,262^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,8} = 0,089 \quad \text{М}$$

Вычисляются потери напора в местных сопротивлениях на участках тепловой сети.

Для расчетного режима:

1-й участок: задвижка.  $\xi_1 = 0,5$  + тройник  $\xi_2 = 1$  + 11 компенсаторов  
 $\xi_3 = 2,5$

$$\Delta h_{mc1} = (\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 \cdot n) \cdot \frac{V_{\phi 1}^2}{2g} = (0,5 + 1 + 2,5 \cdot 11) \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 5,912 \quad \text{М}$$

2-й участок: задвижка.  $\xi = 0,5$  + тройник  $\xi_2 = 1$  + 11 компенсаторов  
 $\xi_3 = 2,5$

$$\Delta h_{mc2} = (\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 \cdot n) \cdot \frac{V_{\phi 1}^2}{2g} = (0,5 + 1 + 11 \cdot 2,5) \cdot \frac{1,75^2}{2 \cdot 9,81} = 4,527 \quad \text{М}$$

3-й участок: задвижка.  $\xi = 0,5$  + тройник  $\xi_2 = 0,7$  + 2 компенсаторов  
 $\xi_3 = 2,5$

$$\Delta h_{mc3} = \Delta h_{mc1} = (\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 \cdot n) \cdot \frac{V_{\phi 1}^2}{2g} = (0,5 + 0,7 + 2 \cdot 2,5) \cdot \frac{1,95^2}{2 \cdot 9,81} = 1,239 \quad \text{М}$$

4-й участок: задвижка.  $\xi = 0,5$  + тройник  $\xi_2 = 0,7$  + 6 компенсаторов  
 $\xi_3 = 2,5$

$$\Delta h_{mc4} = \Delta h_{mc1} = (\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 \cdot n) \cdot \frac{V_{\phi 1}^2}{2g} = (0,5 + 0,7 + 6 \cdot 2,5) \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 3,303 \quad \text{М}$$

5-й участок: задвижка  $\xi = 0,5$  + тройник  $\xi_2 = 0,7$  + 3 компенсаторов  $\xi_3 = 2,5$

$$\Delta h_{mc5} = \Delta h_{mcl} = (\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 * n) \cdot \frac{V_{\phi 1}^2}{2g} = (0.5 + 0.7 + 3 * 2.5) \cdot \frac{1.95^2}{2 \cdot 9.81} = 1.686 \text{ м}$$

Для летнего режима:

1-й участок: задвижка.  $\xi_1 = 0.5$  + тройник  $\xi_2 = 1$  + 11 компенсаторов  
 $\xi_3 = 2.5$

$$\Delta h_{mcl} = (\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 * n) \cdot \frac{V_{\phi 1}^2}{2g} = (0.5 + 1 + 2.5 * 11) \cdot \frac{0.262^2}{2 \cdot 9.81} = 0.101 \text{ м}$$

2-й участок: задвижка.  $\xi = 0.5$  + тройник  $\xi_2 = 1$  + 11 компенсаторов  
 $\xi_3 = 2.5$

$$\Delta h_{mc2} = \Delta h_{mcl} = (\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 * n) \cdot \frac{V_{\phi 1}^2}{2g} = (0.5 + 1 + 11 * 2.5) \cdot \frac{0.24^2}{2 \cdot 9.81} = 0.085 \text{ м}$$

3-й участок: задвижка.  $\xi = 0.5$  + тройник  $\xi_2 = 0.7$  + 2 компенсаторов  
 $\xi_3 = 2.5$

$$\Delta h_{mc3} = \Delta h_{mcl} = (\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 * n) \cdot \frac{V_{\phi 1}^2}{2g} = (0.5 + 0.7 + 2 * 2.5) \cdot \frac{0.229^2}{2 \cdot 9.81} = 0.0166 \text{ м}$$

4-й участок: задвижка  $\xi_1 = 0.5$  + тройник  $\xi_2 = 0.7$  + 6 компенсаторов  
 $\xi_3 = 2.5$

$$\Delta h_{mc4} = \Delta h_{mcl} = (\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 * n) \cdot \frac{V_{\phi 1}^2}{2g} = (0.5 + 0.7 + 6 * 2.5) \cdot \frac{0.314^2}{2 \cdot 9.81} = 0.081 \text{ м}$$

5-й участок: задвижка  $\xi_1 = 0.5$  + тройник  $\xi_2 = 0.7$  + 3 компенсаторов  
 $\xi_3 = 2.5$

$$\Delta h_{mc5} = \Delta h_{mcl} = (\xi_1 + \xi_2 + \xi_3 * n) \cdot \frac{V_{\phi 1}^2}{2g} = (0.5 + 0.7 + 3 * 2.5) \cdot \frac{0.229^2}{2 \cdot 9.81} = 0.023 \text{ м}$$

Определяются полные потери напора на участках тепловой сети.

Для расчетного режима:

$$\Delta h_1 = \Delta h_{mp1} + \Delta h_{mc1} = 4.77 + 5.912 = 10,682 \text{ М}$$

$$\Delta h_2 = \Delta h_{mp2} + \Delta h_{mc2} = 4.42 + 4.527 = 8.947 \text{ М}$$

$$\Delta h_3 = \Delta h_{mp3} + \Delta h_{mc3} = 1.66 + 1.239 = 2.899 \text{ М}$$

$$\Delta h_4 = \Delta h_{mp4} + \Delta h_{mc4} = 5.25 + 3.303 = 8.553 \text{ М}$$

$$\Delta h_5 = \Delta h_{mp5} + \Delta h_{mc5} = 2.49 + 1,686 = 4.176 \text{ М}$$

Для летнего режима:

$$\Delta h_1 = \Delta h_{mp1} + \Delta h_{mc1} = 0.089 + 0.101 = 0.19 \text{ М}$$

$$\Delta h_2 = \Delta h_{mp2} + \Delta h_{mc2} = 0.088 + 0.085 = 0.173 \text{ М}$$

$$\Delta h_3 = \Delta h_{mp3} + \Delta h_{mc3} = 0.024 + 0.0166 = 0.0406 \text{ М}$$

$$\Delta h_4 = \Delta h_{mp4} + \Delta h_{mc4} = 0.136 + 0.081 = 0.217 \text{ М}$$

$$\Delta h_5 = \Delta h_{mp5} + \Delta h_{mc5} = 0.036 + 0.023 = 0.059 \text{ М}$$

Таблица 9. - Сводных значений для гидравлического расчета тепловой сети

Номер участка	Режим	Характеристики участка				Результаты расчета участка									
		L, м	$G_{сум}^{уч}$ , кг/с	$\sum \xi_{mc}$	Кэ, мм	$d_6^{зост}$ , м	$V_6^{\phi}$ , м/с	$\Delta h_{mp}$ , м	$\Delta h_{mc}$ , м	$\Delta h$ , м					
Головная магистраль															
1	расчетный	1100	965.63	29	0,5	0,8	2	4,77	5,912	10,68					

	летний		129,67				0,262	0,089	0,010	0,19
2	расчетный	1100	646,63	29	0,5	0,7	1,75	4,42	4,527	8,947
	летний		91,24				0,24	0,088	0,085	0,173
3	расчетный	200	319	6,2	0,5	0,466	1,95	1,66	1,239	2,899
	летний		38,43				0,299	0,024	0,016 6	0,040 6
Ответвления от головной магистрали										
4	расчетный	600	327,63	16,2	0,5	0,466	2	5,25	3,303	8,553
	летний		52,81				0,314	0,136	0,081	0,217
5	расчетный	300	319	8,7	0,5	0,466	1,95	2,49	1,686	4,176
	летний		38,43				0,229	0,036	0,023	0,059

## 7. Построение пьезометрического графика для водяной тепловой сети (для расчетного и летнего режимов работы)

1) В аксонометрической проекции изображается водяная тепловая сеть.

2) Сверху аксонометрической проекции проводят оси пьезометрического графика.

3) Наносится геодезический профиль местности. На профиле проставляются высоты зданий для всех потребителей теплоты.

Высота зданий жилых домов:  $h_{зд1} = 6 \cdot 3 = 18 м$

Высота здания школы:  $h_{зд2} = 4 \cdot 3 = 12 м$

$$h_{зд3} = 2 \cdot 3 = 6 м$$

Высота здания детского:

4) Откладывается линия пьезометрического напора на всасывающих патрубках сетевых насосов: 30 м.

5) Строится линия пьезометрического напора для обратного трубопровода тепловой сети.

6) Изображается линия располагаемых напоров потребителей теплоты. Для зависимой схемы присоединения систем отопления зданий со струйным смешением напор у потребителей принимается 15 м.

7) Через средние точки линий располагаемых напоров потребителей теплоты проводим линию статического напора.

8) Строится линия пьезометрического напора для подающего трубопровода тепловой сети.

9) Изображается линия потерь напора в тепло приготавливающих установках источника теплоснабжения: 20 м.

9. Выбор подпиточных и сетевых насосов. Определение удельных и суммарных затрат электроэнергии на транспортировку тепловой энергии.

Выбор сетевых насосов.

Объемная производительность сетевых насосов:

- расчетный режим: 
$$V_{сет} = \frac{G_{сум}}{\rho_в^{ср}} = \frac{965,63}{960,45} \cdot 3600 = 3619,42 \frac{м^3}{ч}$$

летний режим: 
$$V_{сет} = \frac{G_{сум}}{\rho_в^{ср}} = \frac{129,67}{985} \cdot 3600 = 473,92 \frac{м^3}{ч}$$

Расчетный напор сетевых насосов:

расчетный режим:

$$H_{сет} = \Delta H_{ист} + \Delta h_{2м}^{под} + \Delta h_{2м}^{обр} + \Delta H_{нотр} = 20 + 2 \cdot (10,68 + 8,947 + 2.899) + 15 = 80,052 м$$

летний режим:

$$H_{сет} = \Delta H_{ист} + \Delta h_{2м}^{под} + \Delta h_{2м}^{обр} + \Delta H_{нотр} = 20 + 2 \cdot (0.19 + 0.173 + 0.0406) + 15 = 35.807 м$$

В расчетном режиме по найденным значениям объемной производительности и рабочего напора выбираем сетевые насосы Д4000-95(22НДс) в количестве двух штук, один из которых резервный. Характеристики насосов приведены в таблице 10.

Таблица 10 - Характеристики насоса Д4000-95(22НДс)

Подача, V м3/ч	Напор, Н м	Мощность, кВт	КПД насоса, %
4000	95	1350	88

В летнем режиме по найденным значениям объемной производительности и рабочего напора выбираем 1 насос Д500-36(8НДв). Второй насос в резерве. Итого: 2 насоса. Характеристики насоса приведены в таблице 11:

Таблица 11. - Характеристики насоса Д500-36(8НДв)

Подача, V м3/ч	Напор, Н м	Мощность, кВт	КПД насоса, %
----------------	------------	---------------	---------------

500	36	100	80
-----	----	-----	----

Мощность электродвигателей:

$$N_{сет}^{эд} = N_{сет} \cdot K_{зан} = 1350 \cdot 1,1 = 1485 \text{ кВт}$$

$$N_{сет}^{эд} = N_{сет} \cdot K_{зан} = 100 \cdot 1,1 = 110 \text{ кВт}$$

Годовое потребление электроэнергии сетевыми насосами:

$$\mathcal{E}_{сет}^{эд} = 1 * N_{сет}^{эд} \cdot n_o + 1 * N_{сет}^{эд,л} \cdot (n_{ум} - n_o) = 1 * 1485 \cdot 5780 + 1 * 110 \cdot (8400 - 5780) = 8871,5 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Выбор подпиточных насосов.

Статический напор (по пьезометрическому графику):

расчетный режим:  $H_{ст}^p = 50,65 \text{ м}$

летний режим:  $H_{ст}^л = 23 \text{ м}$

Объемная производительность подпиточных насосов:

расчетный режим:

$$V_{под} = 0,0025 \cdot \left[ \left( 2 \cdot \sum \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} \cdot L_i + Q_o^p \cdot V_{сов}^{эд} \right) \right] = 0,0025 \cdot \left[ \left( \frac{\pi \cdot 0,8^2}{2} \cdot 1100 + \frac{\pi \cdot 0,7^2}{2} \cdot 1100 + \frac{\pi \cdot 0,466^2}{2} \cdot (300 + 200 + 600) + 92,7 \cdot 22,6 \right) \right] = 12,46 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

летний режим:

$$V_{под} = 0,0025 \cdot \left[ \left( 2 \cdot \sum \frac{\pi \cdot d_i^2}{4} \cdot L_i + Q_o^p \cdot V_{сов}^{эд} \right) \right] = 0,0025 \cdot \left[ \left( \frac{\pi \cdot 0,8^2}{2} \cdot 1100 + \frac{\pi \cdot 0,7^2}{2} \cdot 1100 + \frac{\pi \cdot 0,466^2}{2} \cdot (300 + 200 + 600) + 0 \right) \right] = 5,82 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

Выбираем в качестве подпиточных насосов в расчетном режиме 3 насоса К32/130 и соединяем их параллельно. Выбираем 1 насос К32/130 в качестве резервного. Характеристики насосов приведены в таблице 12.

Выбираем в качестве подпиточных насосов в летнем режиме 2 насоса К8/18 и 1 насос К8/18 в качестве резервного. Насосы соединены параллельно. Характеристики насосов приведены в таблице 13.

Таблица 12. Характеристики насоса К32/130

Подача V, м3/ч	Напор H, м	Частота вращения, 1/мин	Мощность, кВт	КПД насоса, %
12,5	20	3000	4	70

Таблица 13. Характеристики насоса К8/18

Подача V, м3/ч	Напор H, м	Частота вращения, 1/мин	Мощность, кВт	КПД насоса, %
8	19	2900	0,8	51

Мощность электродвигателей:

$$N_{подн}^{эд} = N_{подн} \cdot K_{зан} = 4 \cdot 1,1 = 4,4 \text{ кВт}$$

$$N_{подн}^{эд} = N_{подн} \cdot K_{зан} = 0,8 \cdot 1,1 = 0,88 \text{ кВт}$$

Годовое потребление электроэнергии сетевыми насосами:

$$\mathcal{E}_{подн}^{год} = 3 \cdot N_{подн}^{эд} \cdot n_o + 1 \cdot N_{подн}^{эд} \cdot (n_{ум} - n_o) = 3 \cdot 4,4 \cdot 5780 + 2 \cdot 0,88 \cdot (8400 - 5780) = 80,907 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Определение затрат энергии.

Суммарное годовое потребление электроэнергии всеми насосами:

$$\mathcal{E}_{сум}^{год} = \mathcal{E}_{сет}^{год} + \mathcal{E}_{подн}^{год} = 8871,5 + 80,907 = 8952,4 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Удельные затраты электроэнергии на передачу теплоты:

$$\mathcal{E}^{уд} = \frac{\mathcal{E}_{сум}^{год}}{Q_{граф}^{год}} = \frac{8952,4}{1092000} = 0,008 \frac{\text{МВт} \cdot \text{ч}}{\text{МВт} \cdot \text{ч}} \quad 7.$$



## 10. Выбор котельного оборудования и принципиальной схемы котельной

Поскольку потребителем теплоты является жилой район и отсутствуют промышленные потребители, выбираем схему водогрейной котельной.

Проводим расчет для трех основных режимов работы.

1-й режим (при  $t_{нро} = t_{нхБ}$ )

При  $t_{нро} = -38 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\sum Q_0^p = 186 \text{ МВт}$$

$$\sum Q_{\text{зв}}^{cp} = 29.9 \text{ МВт}$$

$$\sum Q = \sum Q_{\text{зв}}^{cp} + \sum Q_0^p = 186 + 29.9 = 215.9 \text{ МВт}$$

Выбираем 1 котёл КВ-ГМ-30, 2 котла КВ-ГМ-100 (один из которых резервный), 1 котёл КВ-7М-6.5, 1 котел КВ-ГМ-50 общей теплопроизводительностью:

$$Q_{ка}=116+58+35+7,55=216.55 \text{ МВт}$$

Таблица 13. Характеристики котельных агрегатов

Типоразмер	Q, МВт	Fнагр, м2	Gвр, кг/с	tвр, °С		ΔPв, Мпа	Вид топлива	ηбр, %
				вход	выход			
КВ-ГМ-100	116	2710	343 или 684	70	150	0,165	Газ или мазут	92,5 или 91
КВ-ГМ-50	58	1468	172 или 342	70	150	0,138	Газ или мазут	92,5 или 91
КВ-ГМ-30	35	720	103	70	150	0,19	Газ или мазут	90 или 88
КВ-7М-6,5	7,55	199	22,2	70	150	0,12	Газ или мазут	91 или 87

2-й режим (аварийный)

$$\sum Q_0^p = 186 \text{ МВт}$$

$$\sum Q_{зв}^{cp} = 29.9 \text{ МВт}$$

$$\sum Q = \sum Q_{зв}^{cp} + \sum Q_0^p = 215.9 \text{ МВт}$$

При аварийной остановке наиболее мощного КА (КВ-ГМ-100), теплопроизводительностью 116 МВт, суммарная теплопроизводительность оставшихся (с учетом резервного) КА будет равна:  $\sum Q_{ка} = 216.55 \text{ МВт}$

Значит, оставшиеся КА обеспечат необходимый отпуск теплоты при соответствующих параметрах.

1-й режим (летний)

$$Q_0 = 0 \text{ МВт}$$

$$\sum Q_{26}^{cp.l} = Q_{261}^{cp.l} + Q_{262}^{cp.l} + Q_{263}^{cp.l} = 24.453 \text{ МВт}$$

В работе остается 2 котла марки КВ-ГМ-30 и КВ-7М-6,5

Исходя из условия  $Q_{\min}^{\text{одного КА}} \geq 0,6 \cdot Q_{\text{ном}}^{\text{КА}}$   $Q_{\min}^{\text{одного КА}} \geq 0,6 \cdot Q_{\text{ном}}^{\text{КА}}$ , котел будет работать с теплопроизводительностью:  $Q_{\text{ка}} = (35 + 7,55) \cdot 0,6 = 25,53 \text{ МВт}$

Принципиальная тепловая схема водогрейной котельной представлена на рисунке 7.

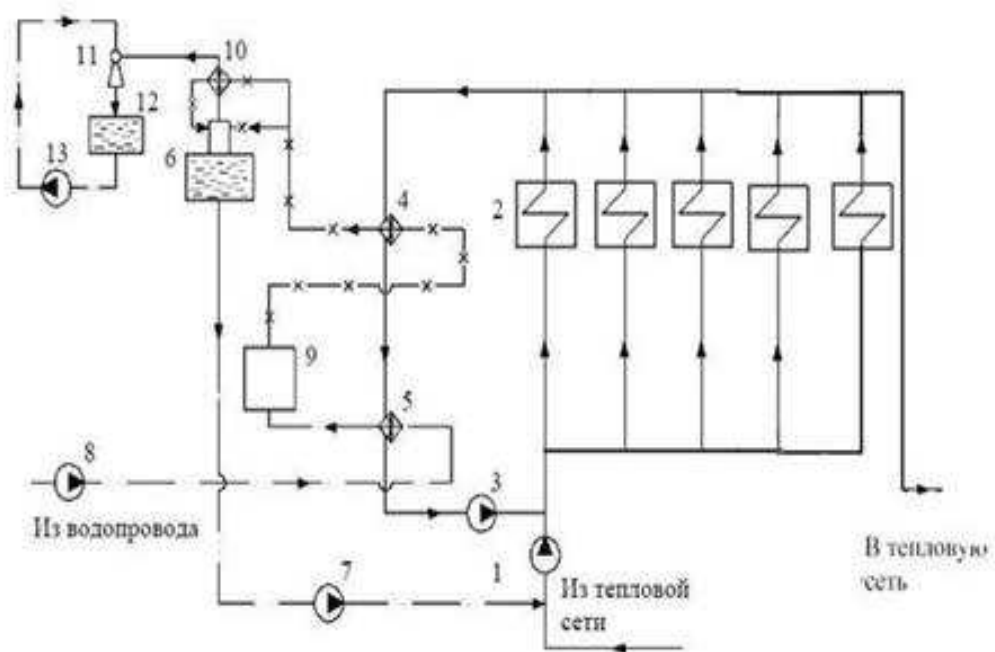


Рисунок 7. Принципиальная тепловая схема водогрейной котельной.

1-сетевые насосы;2-водогрейные котлы;3-рециркуляционные насосы;4-подогреватель химической очищенной воды;5-подогреватель сырой воды;6-вакуумный деаэрактор;7-подпиточные насосы;8-насос сырой воды;9-химводоподготовка;10-охладитель пара;11-водоструйный эжектор;12-расходный бак эжектора;13-эжекторный насос

## 11. Определение нормативных тепловых потерь в тепловых сетях

Расчет для участков 1, 3 и 5 (подземная прокладка в непроходных каналах).

Считаем, что трубопроводы уложены на глубине  $h = 1.6$  м. Прямой трубопровод имеет пенополиуретановую изоляцию толщиной  $\delta_{из1} = 80$  мм с  $\lambda_{из1} = 0.04$  Вт/(м\*К), а обратный - асбестовую толщиной  $\delta_{из2} = 60$  мм с  $\lambda_{из2} = 0.1$  Вт/(м\*К). Температура грунта  $t_{гр} = -2.8$  С и  $\lambda_{гр} = 1.2$  Вт/(м\*К) [19].

Примем коэффициент теплоотдачи от воздуха в канале к поверхности канала  $\alpha = 8$  Вт/(м<sup>2</sup>\*К).

Выберем канал КН-4: ширина -  $a = 1.64$  м, высота -  $b = 0.49$  м, толщина -  $c = 0.04$  м,  $\lambda_{бет} = 1.3$  Вт/(м\*К).

- Пренебрегаем термическими сопротивлениями теплопередаче от жидкости в трубе к её стенке и самой стенки.

- Эквивалентный наружный и внутренний диаметры канала:

$$d_{экв.н} = \frac{4 * F}{P} = \frac{2 * a * b}{a + b} \quad d_{экв.вн} = d_{экв.н} - 2 * c$$

- Термическое сопротивление теплопередаче от воздуха в канале к поверхности канала:

$$R_{н.к.} = \frac{1}{\pi * d_{экв.вн} * \alpha}$$

- Термическое сопротивление стенки канала:

$$R_{к.} = \frac{1}{2 * \pi * \lambda_{бет}} * \ln\left(\frac{d_{экв.н}}{d_{экв.вн}}\right)$$

- Термическое сопротивление грунта:

Если  $h/d_{\text{экв.н}} > 2$ , то 
$$R_{\text{зр.}} = \frac{1}{2 * \pi * \lambda_{\text{зр}}} * \ln\left(\frac{4 * h}{d_{\text{экв.н}}}\right)$$

Если  $h/d_{\text{экв.н}} < 2$ , то 
$$R_{\text{зр.}} = \frac{1}{2 * \pi * \lambda_{\text{зр}}} * \ln\left(\frac{2 * h}{d_{\text{экв.н}}} + \sqrt{\frac{4 * h^2}{d_{\text{экв.н}}^2} - 1}\right)$$

Для каждого участка подающего и обратного трубопроводов находим:

- Термическое сопротивление теплопередаче от поверхности изоляции к воздушной прослойке:

$$R_{\text{н.и.}} = \frac{1}{\pi * (d + 2 * \delta_{\text{уз}}) * \alpha}$$

- Термическое сопротивление изоляции трубопроводов:

$$R_{\text{уз.}} = \frac{1}{2 * \pi * \lambda_{\text{уз}}} * \ln\left(\frac{d + 2 * \delta_{\text{уз}}}{d}\right)$$

- Температура воздуха в канале:

$$t_{\text{кан.}} = \frac{\frac{\tau_{01}}{R_{\text{уз1.}} + R_{\text{ни1.}}} + \frac{\tau_{02}}{R_{\text{уз2.}} + R_{\text{ни2.}}} + \frac{t_{\text{зр.}}}{R_{\text{к.}} + R_{\text{зр.}} + R_{\text{н.к.}}}{\frac{1}{R_{\text{уз1.}} + R_{\text{ни1.}}} + \frac{1}{R_{\text{уз2.}} + R_{\text{ни2.}}} + \frac{1}{R_{\text{к.}} + R_{\text{зр.}} + R_{\text{н.к.}}}}$$

- Тепловые потери:

$$q = \frac{\tau - t_{\text{кан.}}}{R_{\text{уз.}} + R_{\text{ни.}}}$$

- Тепловые потери с голых трубопроводов:

$$q_2 = \frac{\tau - t_{\text{кан.}}}{\pi * d * \alpha}$$

- КПД изоляции:

$$\eta_{\text{изол}} = \frac{q_2 - q}{q_2}$$

Результаты расчета сведены в таблицу 14.

Таблица 14. Определение тепловых потерь трубопроводов в расчетном режиме при прокладке тепловой сети в непроходных каналах

№	d, м	L, м	q, Вт/м		Q, кВт		$\eta_{изол}$	
			Под.	Обр.	Под.	Обр.	Под.	Обр.
1	0.8	1100	88,70	67,82	97,57	74,60	0.935	0.813
3	0.466	200	63,04	64,83	12,61	12,97	0.931	0.803
5	0.466	300	63,04	64,83	18,91	19,45	0.931	0.803

Суммарные тепловые потери с подающего трубопровода:

$$Q_{сум} = 97,57 + 12,61 + 18,91 = 129,09 \text{ кВт}$$

Суммарные тепловые потери с обратного трубопровода:

$$Q_{сум} = 74,6 + 12,97 + 19,45 = 107,02 \text{ кВт}$$

Расчет для участков 2 и 4 (бесканальная прокладка).

Находим для каждого участка подающего и обратного трубопроводов:

Термическое сопротивление изоляции ( по формулам выше)

- Дополнительное термическое сопротивление, учитывающее взаимное влияние трубопроводов:

$$R_0 = \frac{1}{2 * \pi * \lambda_{сп}} * \ln\left(\sqrt{1 + \frac{2 * h}{B}}\right),$$

где B - расстояние между осями прямого и обратного трубопроводов (примем равным 0,52 м).

- Тепловые потери:

$$q = \frac{\tau - t_{zp.}}{R_{из.} + R_{0.} + R_{zp.}}$$

- Тепловые потери с голых трубопроводов:

$$q_2 = \frac{\tau - t_{zp.}}{R_{0.} + R_{zp.}}$$

- КПД изоляции (по формуле выше)

Результаты расчета сведены в таблицу 14.

Таблица 14. Определение тепловых потерь трубопроводов в расчетном режиме при бесканальной прокладке тепловой сети

№	d, м	L, м	q, Вт/м		Q, кВт		$\eta_{изол}$	
			Под.	Обр.	Под.	Обр.	Под.	Обр.
2	0,7	1100	99,59	109,33	109,55	120,26	0.822	0.594
4	0.466	600	77,31	90,49	46,39	54,29	0.857	0.659

Суммарные тепловые потери с подающего трубопровода:

$$Q_{сум} = 109,55 + 46,39 = 155,94 \text{ кВт}$$

Суммарные тепловые потери с обратного трубопровода:

$$Q_{сум} = 120,26 + 54,29 = 174,55 \text{ кВт}$$



## Заключение

В данном дипломном проекте рассмотрено теплоснабжение микрорайона - 15 жилых домов, школы и детского сада от котельной в городе Иркутске.

Определены:

Средняя тепловая нагрузка на горячее водоснабжение для микрорайона:

- 15 жилых домов: 8856 кВт
- школы: 215 кВт
- детский сад: 131 кВт

Средняя тепловая нагрузка на горячее водоснабжение для летнего периода микрорайона:

- 15 жилых домов: 7247 кВт
- школы: 172 кВт
- детский сад: 105 кВт

Суммарная тепловая нагрузка всего микрорайонам на:

- горячее водоснабжение микрорайона (отопительный период): 9202 кВт
- горячее водоснабжение для летнего периода: 7524 кВт
- расчетной (максимальной) суммарной тепловой нагрузки на горячее водоснабжение для микрорайона (отопительный период): 20245 кВт
- вентиляцию: 6630 кВт

- расчетной (максимальной) суммарной тепловой нагрузки на горячее водоснабжение для микрорайона в летний период: 16556 кВт

Определены:

Годовой расход теплоты на отопление для всего микрорайона: 92061.97 МВт\*час/год.

Годовой расход теплоты на ГВС для потребителей теплоты: 42413.38 МВт\*час/год.

Годовой расход теплоты на вентиляцию: 18412.39 МВт\*час/год

Суммарный годовой расход тепла всего микрорайона: 155581.1 МВт\*час/год.

Невязка между расчетным и графическим методами составляет 1.07%.

Определены и представлены:

Расчеты температур сетевой воды приведены в таблицах 6 и 7.

Расчеты расхода сетевой воды приведены в таблице 8.

Зависимость расхода сетевой воды от температуры наружного воздуха приведена на рисунке 1.

График изменения расхода сетевой воды, идущей на горячее водоснабжение и отопление приведена на рисунке 2.

В результате проведения гидравлического расчета были получены следующие данные.

Суммарные потери напора в головной магистрали в расчетном режиме: 74.45 м

Суммарные потери напора в головной магистрали в летнем режиме:  
0.372 м

Пьезометрический график тепловой сети для расчётного и летнего режимов работы приведён на рисунке 5.

В его построении учтены:

- геодезический профиль местности, по которой проложена тепловая сеть
- высоты зданий, присоединенных к тепловой сети
- перепады давлений в системе отопления и горячего водоснабжения зданий.

В расчетном режиме выбираем сетевые насосы Д4000-95(22НДс) в количестве двух штук, один из которых резервный.

В летнем режиме выбираем 1 насос Д500-36(8НДв). Второй насос в резерве.

Все насосы подключены параллельно. Ещё один насос в резерве.

Выбираем в качестве подпиточных насосов в расчетном режиме 3 насоса К32/130 и соединяем их параллельно. Выбираем 1 насос К32/130 в качестве резервного.

Годовое потребление электроэнергии сетевыми насосами: 3733,8 МВт\*ч

Годовое потребление электроэнергии подпиточными насосами: 155,94 МВт\*ч

Суммарное годовое потребление электроэнергии всеми насосами: 3889,74 МВт\*ч

Удельные затраты электроэнергии на передачу теплоты: 0.025 МВт\*ч/МВт\*ч

Принципиальная схема котельной и выбраны водогрейные котлы:

- КВ-ГМ-100, КВ-ГМ-50, КВ-7М-6,5 - для расчетного режима
- КВ-7М-6,5 - для летнего режима.
- Резервный котел - КВ-ГМ-100.

Тепловые потери подающего и обратного трубопроводов при канальной и бесканальной прокладке. Суммарные тепловые потери с подающего трубопровода в расчетном режиме = 239.5 кВт. Суммарные тепловые потери с обратного трубопровода в расчетном режиме = 280.4 кВт.

## Список использованной литературы

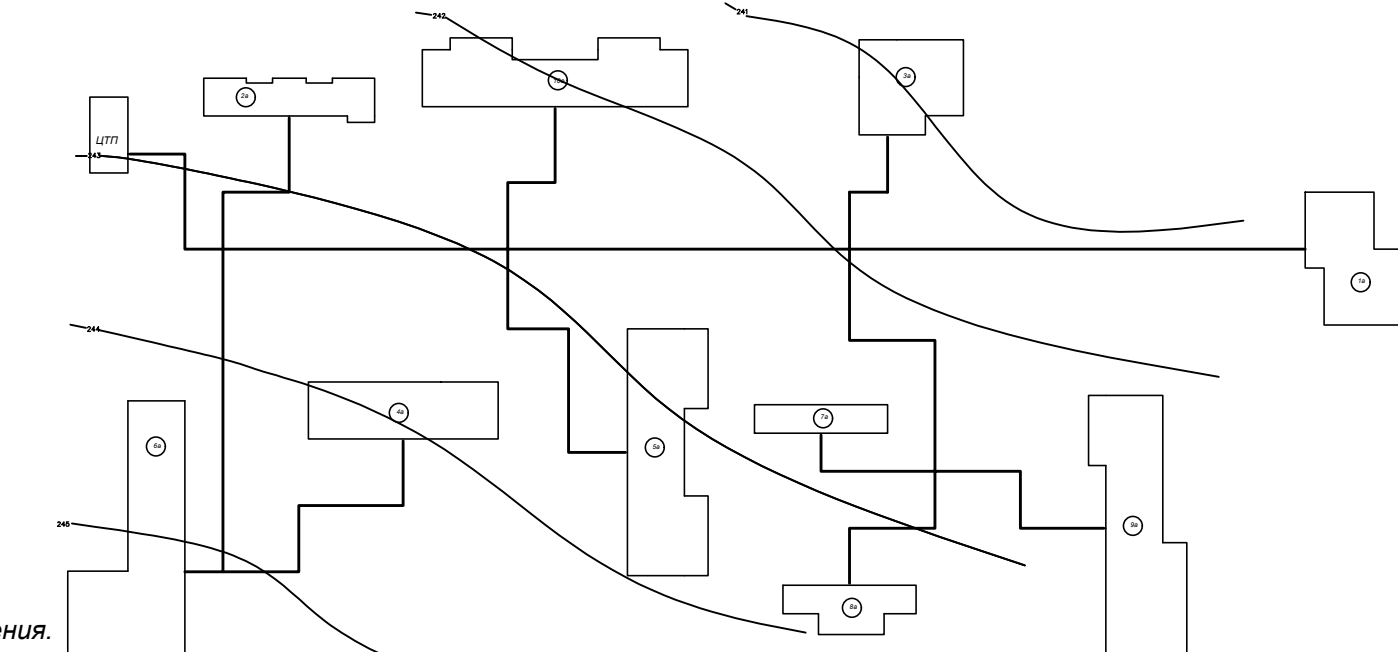
1. СНиП 2.04.01-85\*. Внутренний водопровод и канализация зданий / Госстрой России. - М.: ГУП ЦПП, 2000.
2. СНиП 23-01-99\*. Строительная климатология / Госстрой России.- М.: ГУП ЦПП, 2005.
3. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование / Госстрой России.– М.: ГУП ЦПП, 2004.
4. СНиП 41-02-2003. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Тепловые сети. 2003
5. СНиП 41-03-2003. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов / Госстрой России.– М.: ГУП ЦПП, 2004.
6. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий / Госстрой России. - М.: ГУП ЦПП, 2004.
7. ГОСТ 21.101-97. СПДС. Система проектной документации для строительства. 2003 г.
8. ГОСТ 21.205-93. СПДС. Условные обозначения элементов санитарно-технических систем. 2003 г.
9. ГОСТ 21.403-80. СПДС. Обозначения условные графические в схемах. Оборудование энергетическое. 2003 г.
- 10.ГОСТ 21.206-93. СПДС. Условные обозначения трубопроводов / Госстрой России. 2003 г.
- 11.СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов / Минстрой России. - М. 2003 г.
- 12.СП 41-103-2000. Проектирование тепловой изоляции и трубопроводов , 2003 г.
- 13.Приказ Министерства промышленности и энергетики № 265 от 04.10.2005. Порядок расчета и обоснования нормативов технологических потерь при

- передаче тепловой энергии - М.: ЗАО «РОСКОММУНЭНЕРГО», 2017.
14. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. Учебник для вузов. - 7-е изд. перераб. - М.: Энергоиздат, 2017.
15. Борисов Б. Г., Борисов К. Б. Отопление промышленных предприятий.-М.: Издательство МЭИ, 2017.
16. Борисов К. Б., Шелгинский А. Я. Системы обеспечения жилых, общественных и промышленных зданий водой питьевого качества.– М.: Издательство МЭИ, 2015.
17. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию. / И.В. Беляйкина, В.П. Витальев, Н.К. Громов и др.; Под ред. Н.К. Громова, Е.П. Шубина. - М.: Энергоатомиздат, 2018.
18. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: Справочник / В.И. Манюк, Я.И. Каплинский, Э.Б. Хиж и др. - 3-е изд. перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 2017.
19. Показатели функционирования водяных тепловых сетей коммунального теплоснабжения. Методические рекомендации по определению нормативных и фактических значений - М.: ЗАО «РОСКОММУНЭНЕРГО», 2018.
20. Теплоэнергетика и теплотехника. Общие вопросы: Справочник / Под общ. ред. чл.-корр. РАН А.В. Клименко и проф. В.М. Зорина. - 3-е изд. перераб. и доп. - М.: Издательство МЭИ, 2019.
21. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник / Под общ. ред. чл.-корр. РАН А.В. Клименко и проф. В.М. Зорина. - 3-е изд. перераб. и доп. - М.: Издательство МЭИ, 2018.
22. Методические указания по теплоснабжению, 2018

Общие данные

1. Проект выполнен в соответствии с заданием на проектирование.
2. Район строительства - г.Красноярск, IV строительно - климатическая зона с обычными грунтовыми условиями.
3. Расчетная температура воздуха для проектирования отопления минус 37° С.
4. Средняя температура воздуха отопительного периода минус 7,2° С.
5. Продолжительность отопительного периода составляет 235 суток.
6. Среднегодовая температура грунта  $T_{гр} = 5^{\circ}\text{C}$ .
7. Скорость ветра по г. Красноярску 1 м/с.
8. Глубина промерзания грунта - до 1,5 м.
9. Рельеф местности в районе строительства тепловых сетей спокойный с предельным перепадом высот не более 3м.
10. Грунт - суглинки. Глубина залегания грунтовых вод - ниже 5м.
11. Коэффициент теплопроводности грунта  $\lambda_{гр} = 8,374 \text{ КДж/г м.гр}$ .
12. По степени влажности грунты - маловлажные.
13. Потребителями тепла в работе являются общественные, складские, административные и производственные сооружения.
14. Виды потребления тепла: отопление, вентиляция и горячее водоснабжение.
15. Этажность застроек колеблется от 2 до 10 этажей.
16. Источником тепла является существующая котельная с параметрами теплоносителя 150°-70°С.
17. Потери напора в системе отопления 9а (концевой абонент) составляет 15 м (ДНаб). Располагаемый напор в магистральном теплопроводе в ЦТП ДН'=25м.
18. Система теплоснабжения является централизованной. Источником тепла является котельная. Тепло подается от котельной до центральных тепловых пунктов (ЦТП) по двухтрубной магистрали. Параметры теплоносителя (перегретая вода) в магистрали 150°-70°С.
19. Тип прокладки проектируемых тепловых сетей - подземная в непроходных каналах. В местах примыкания каналов к камерам устроить деформационные швы. На вводах в здание установить водонепроницаемые перегородки.
20. Тепловая сеть до ЦТП - двухтрубная, а после ЦТП - четырехтрубная: Т1- подающий трубопровод для отопления и вентиляции; Т2- обратный трубопровод для отопления и вентиляции.
21. Параметры теплоносителя (перегретая вода) в проектируемой сети жилого микрорайона : расчетная температура в подающем трубопроводе  $t'_{1}=130^{\circ}\text{C}$ ; температура в обратном трубопроводе  $t''_{2}=70^{\circ}\text{C}$  (речь идет оТ1и Т2).
22. Система теплоснабжения по способу подачи воды на ГВС - открытая.
23. Давление в магистральной тепловой сети 1,6 МПа, в квартальной сети 1,0 МПа, а в сети горячего водоснабжения 0,55 МПа.
24. В ЦТП производится приготовление теплоносителя необходимых температурных параметров путем подмешивания обратной сетевой воды в прямую корректирующими насосами.
25. Система теплоснабжения района независимая .
26. Существующий гидравлический режим проектируемой тепловой сети предполагает подключение всех систем отопления административно-бытовых и общественных зданий подключать по зависимой схеме через элеватор ( т.е.  $t'_{1}=130^{\circ}\text{C}$ ,  $H \geq 15\text{м}$ ).
27. После монтажа трубопровод гидравлически испытать на давление 1,25 рабочего, подающий трубопровод не менее 1,6 МПа.
28. Компенсация температурных удлинений выполняется за счет углов поворота сети и П- образных компенсаторов.
29. Камеры для узлов трубопроводов - из блоков ФБС с перекрытием из бетонных плит.

Ситуационный план



Ведомость ссылок и прилагаемых документов

Обозначение	Наименование	Примечание
<b>Ссылочные</b>		
С 4904-66 81	Прокладка трубопровода водных тепловых сетей в непроходных каналах	
С 5903-13 81	Детали трубопровода	
С 5503-13 82	Дренажные узлы	
С 5903-13 83	Контрольный измерительный прибор	
С 4903-10 84	Опоры трубопровода неподвижные	
С 4903-10 85	Опоры трубопровода подвижные	
С 3006-16 80-2	Узлы трассы. Узлы поворота, ниш, перекрытия, камеры	
С 79039-3	Теплоизоляция	
С 39001-14 81	Дренажные колодцы	
<b>Прилагаемые документы</b>		
Пояснительная записка		

Тепловые нагрузки

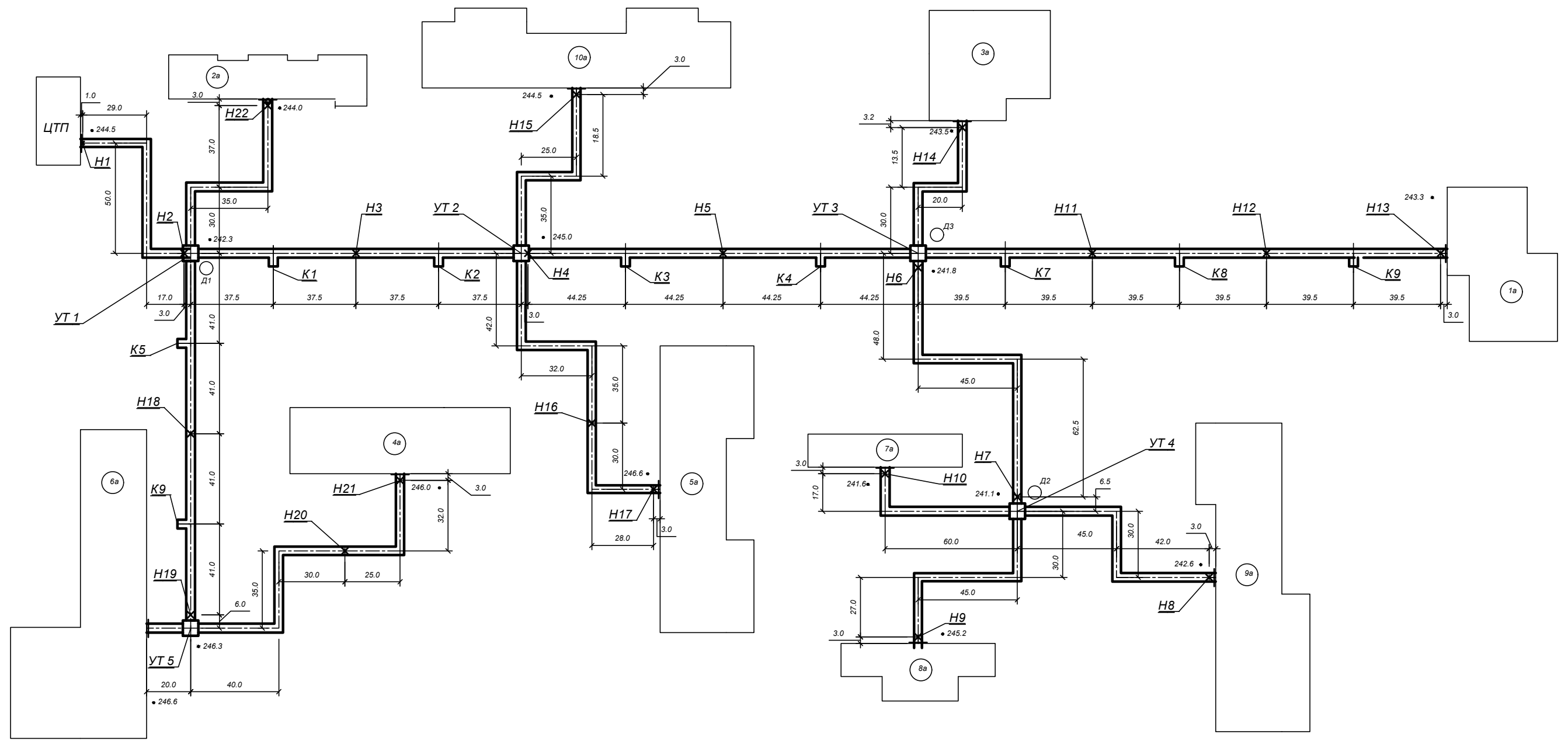
Поз.	Наименование потребителя	Расчетный тепловой поток, МВт			
		отопле-ние Q <sub>от</sub>	вентиля-ция Q <sub>в</sub>	ГВС Q <sub>гв</sub>	О+В Q <sub>э</sub>
1	9 эт. общежитие	0,68	0,15	0,52	0,83
2	6 эт. 120 кв. жилой дом с поликлин.	0,85	0,1	0,8	0,95
3	4 эт. колледж на 800 учащихся	0,75	0,15	0,3	0,9
4	3 эт. школа на 560 учащихся	0,55	0,05	0,15	0,6
5	9 эт. 160 кв. жилой дом	0,95	-	0,85	0,95
6	9 эт. 160 кв. жилой дом	0,95	-	0,85	0,95
7	5 эт. 80 кв. жилой дом	0,57	-	0,42	0,57
8	5 эт. 80 кв. жилой дом	0,57	-	0,42	0,57
9	10 эт. 200 кв. жилой дом с магазином.	1,15	0,1	1,25	1,25
10	9 эт. 240 кв. жилой дом	1,4	-	1,35	1,4
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
		8,42	0,55	5,91	8,97

Ведомость рабочих чертежей основного комплекта

Лист	Наименование чертежей	Формат
1	Общие данные	A1
2	План тепловой сети	A1
3	Схема тепловой сети	A1
4	Пьезометрический график, продольный профиль участка от УТ 10/1-10/2 до А6 16 Шк элементы тепловой сети.	A1

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разраб.				Стальмак А.О.	
Руков.				Липова Ю.Л.	
Общие данные					
Н. контр.					
Зав. каф.				Матюшенко А.И.	
Студия Лист Листов					
У 1 4					

План сетей  
М 1 : 1000

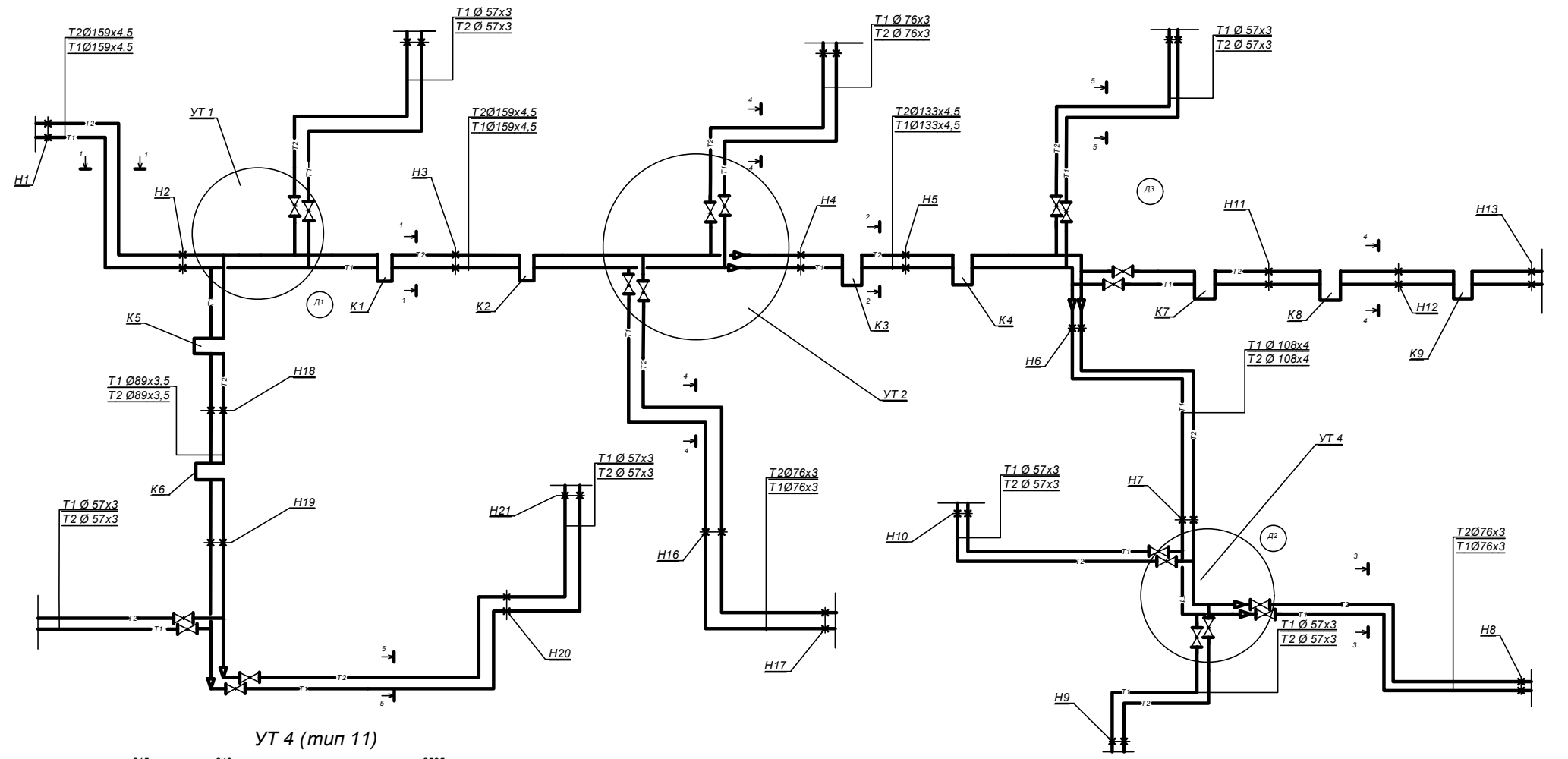


ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

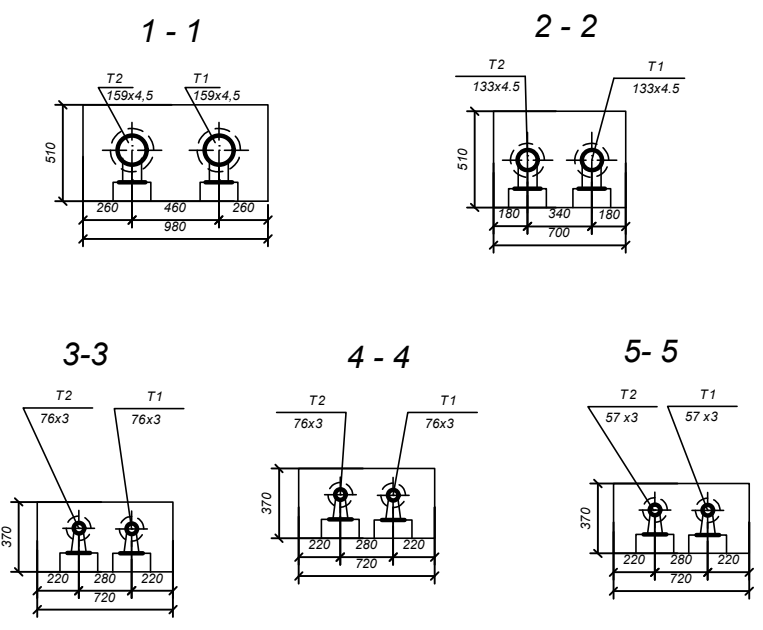
ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	План тепловых сетей	Стандия	Лист	Листов
Разраб.	Стальникова А.С.						У	2	4
Руков.	Лилова Ю.П.								
Н. контр.									
Зав. каф.	Матюшенко А.И.								

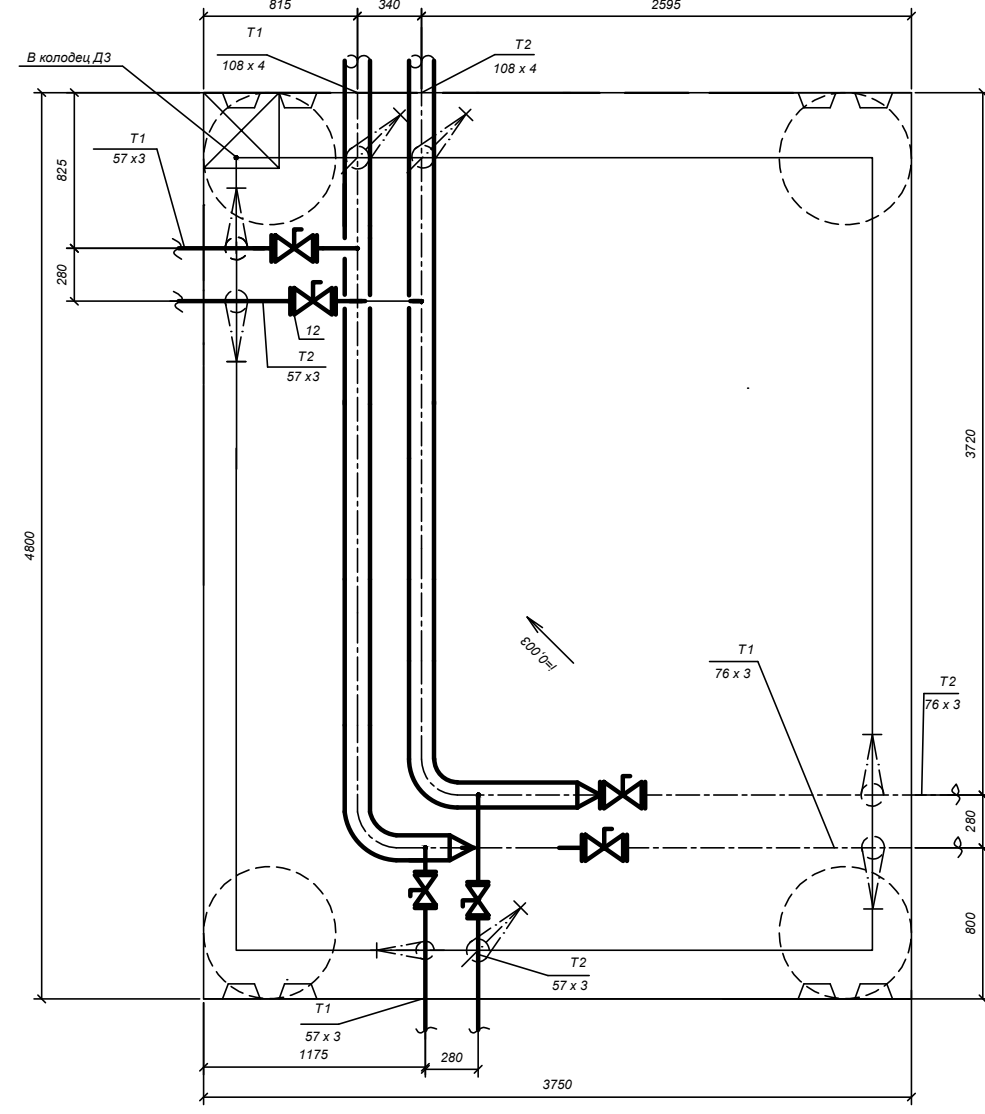




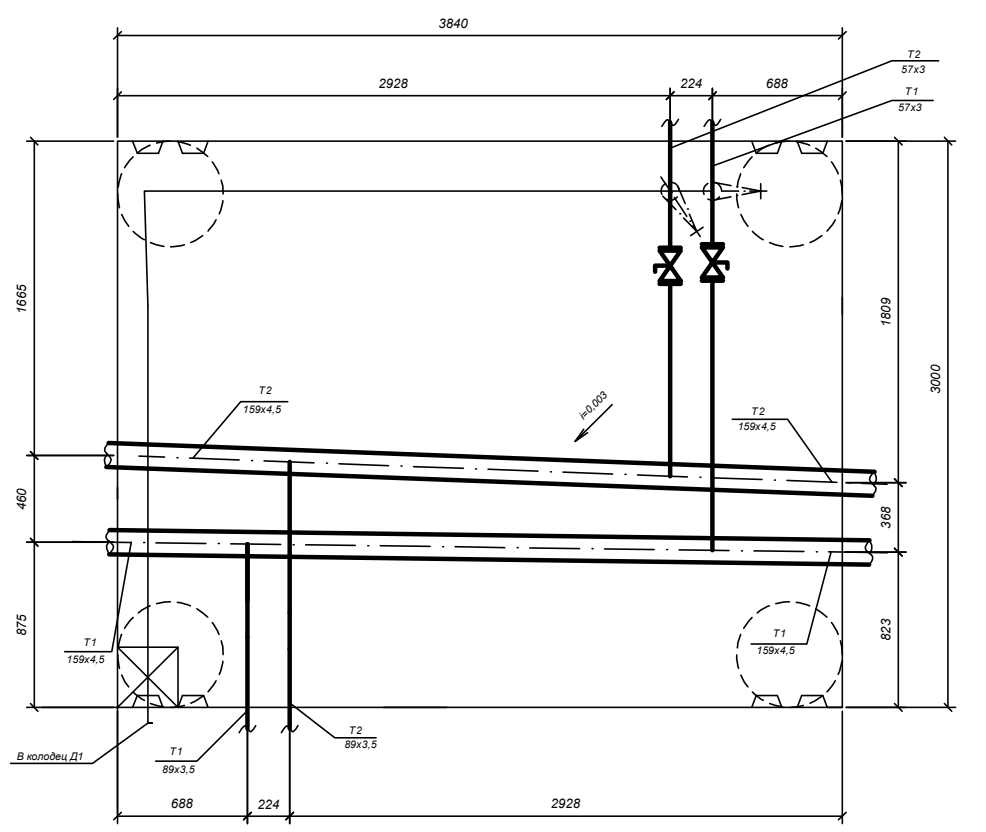
Сечения



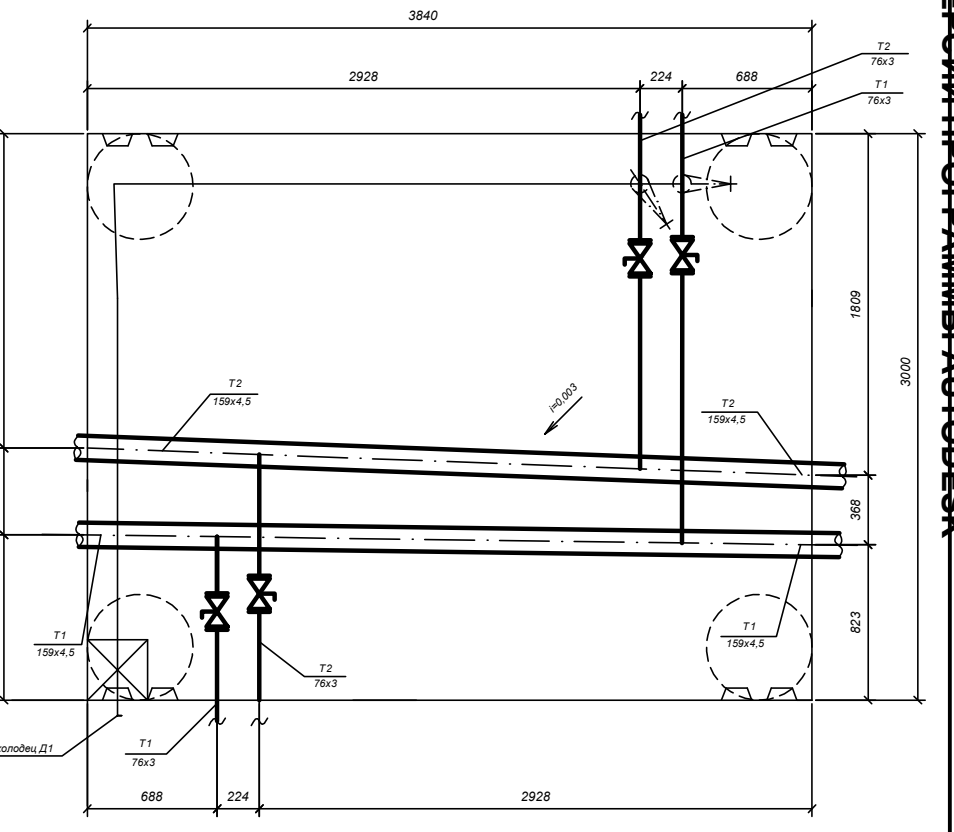
УТ 4 (mun 11)



УТ 1 (mun 11)



УТ 2 (mun 11)

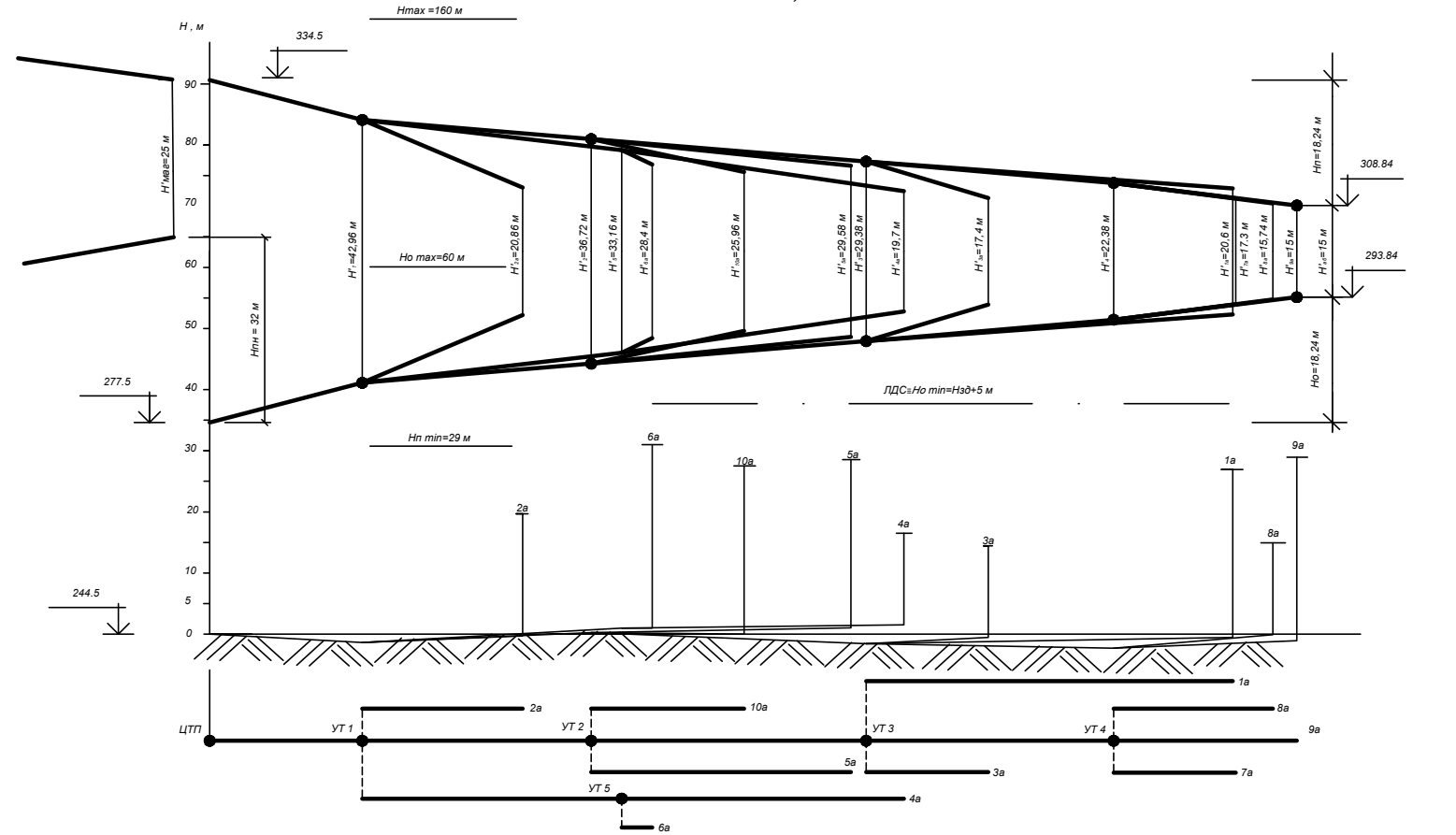


Им.	Коп.уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	Схема тепловых сетей	Стандия	Лист	Листов			
Разраб.										У	3	4
Руков.												
Н. контр.												
Зав. каф.												

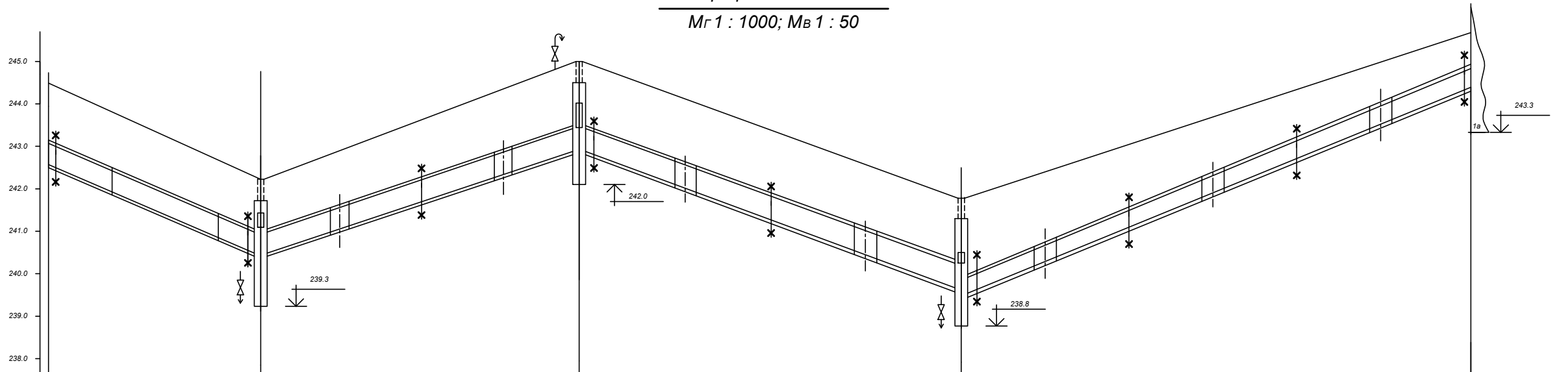
ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

ВЫПОЛНЕНО В СТУДЕНЧЕСКОЙ ВЕРСИИ ПРОГРАММЫ AUTODESK

Пьезометрический график (Т1; Т2)  
 Мг 1 : 2000; Мв 1 : 500



Профили сетей  
 Мг 1 : 1000; Мв 1 : 50




Проектная отметка земли	244.5	242.3	245.0	241.8	243.3
Отметка потолка канала	243.2	241.0	245.0	240.46	241.88
Отметка пола канала	240.69	240.49	243.19	239.95	241.5
Уклон, тыс		100.0	18	180.0	240.0
Длина, м	22		150.0	18	24
Номер поперечн. разр.	1-1 (980x510h) + (980x510h)		2-2 (700x510h) + (700x510h)		3-3 (720x370h) + (700x510h)
Внутренний размер, м					
Развернутый план					

Им. Кол.уч.	Лист №	Подпись	Дата	Продольные профили сетей; Пьезометрический график	Стадия	Лист	Листов			
Разраб.	Столбмакова А.О.							У	4	4
Руков.	Липовка Ю.Т.									
Н. контр.	Матюшенко А.И.									
Зав. каф.										

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-строительный  
институт  
Инженерных систем зданий и сооружений  
кафедра

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
А.М. Матюшенко  
подпись      инициалы, фамилия  
«08» 07 2020г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

08.03.01.05 «Теплогазоснабжение и вентиляция»  
код и наименование специализации

«Теплоснабжение микрорайона Свердловского р-на города Иркутск»  
Тема

Руководитель



подпись, дата

д.т.н., проф.  
должность, ученая степень

Ю. Л. Липовка  
инициалы, фамилия

Выпускник



подпись, дата

А.О. Стальмакова  
инициалы, фамилия

Красноярск 2020