

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения
Направление подготовки Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра теоретической и промышленной теплотехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проект системы теплоснабжения южного района в г. Саяногорске

УДК 697.34.001.6(571.51)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2Б1	Дрягин С.О.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Феоктистов Д.В.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преп.	Кузьмина Н.Г.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Василевский М.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПТ	Кузнецов Г.В.	д.ф.-м.н., профессор		

Томск – 2017

Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе <i>на иностранном языке</i> , разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты <i>комплексной инженерной деятельности</i> .
P2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении <i>комплексных инженерных задач</i> .
P3	Демонстрировать <i>личную</i> ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения <i>комплексной инженерной деятельности</i> 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 <i>способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни</i> , непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P7	Применять <i>базовые</i> математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности <i>в широком</i> (в том числе междисциплинарном) контексте в <i>комплексной инженерной деятельности</i> в производстве тепловой и электрической энергии.
P8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать и публиковать результаты решения задач <i>комплексного</i> инженерного анализа с использованием <i>базовых и специальных</i> 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 <i>комплексные инженерные проекты</i> с применением <i>базовых и специальных</i> знаний, <i>современных</i> методов проектирования для достижения <i>оптимальных</i> результатов, соответствующих техническому заданию <i>с учетом</i> нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
P10	Проводить <i>комплексные</i> 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 <i>базовых и специальных</i> знаний и <i>современных</i> 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, использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений.
<i>Специальные профессиональные</i>	
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 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.
P15	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.
P16	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.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения
Направление подготовки Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра теоретической и промышленной теплотехники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ТПТ
Кузнецов Г.В.
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

дипломной работы

Студент:

Группы	ФИО
3-5Б2Б1	Дрягин Сергей Олегович

Тема работы:

**Проект системы теплоснабжения южного района в г.
Саяногорске**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Материалы преддипломной практики
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Расчет тепловой нагрузки Отпуск теплоты на отопление Отпуск теплоты на вентиляцию. Отпуск теплоты на горячее водоснабжение Выбор регулирования отпуска тепла в тепловые сети. Построение графика температур. Выбор системы теплоснабжения Гидравлический расчет тепловых сетей. разработка гидравлического режима сети Расчетные и суммарные расходы сетевой воды Расчетный расход сетевой воды на отопление Расчетный расход сетевой воды на вентиляцию

	Расчетный максимальный расход сетевой воды на ГВС насосов Расчет и выбор основного оборудования индивидуального теплового пункта
Перечень графического материала	Чертежи А1
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кузьмина Н.Г.
Социальная ответственность	Василевский М.В..

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Феоктистов Дмитрий Владимирович	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2Б1	Дрягин Сергей Олегович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа с., 7 рисунков, 20 таблиц, 34 источника, 9 л. графического материала.

Ключевые слова: проект, теплоснабжение, нагрузка, гидравлический расчет, подогреватели.

Объектом разработки является система теплоснабжения строящегося жилого квартала №18 г. Саяногорска с торгово-офисными помещениями.

Цель работы – проектирование системы теплоснабжения и присоединения потребителей теплоты строящегося квартала №18 г. Саяногорска.

По результатам выполненной квалификационной работы разработана система теплоснабжения строящегося квартала №18 г. Саяногорска. Разработана схема регулирования отпуска теплоты отвечающая современным требованиям качества предоставляемых услуг, и не влияющая на гидравлический режим действующей магистрали.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 7.0.

Оглавление

	С.
	7
1	9
1.1	10
1.2	13
1.3	16
2	21
3	24
4	33
5	37
5.1	38
5.1.1	38
5.1.2	39
5.1.3	40
5.1.4	41
5.2	43
5.3	49
5.4	53
6	55
6.1	56
6.2	63
6.3	66
6.3.1	66
6.3.2	66
6.3.3	68
6.3.4	69
7	71
7.1	73
7.2	77
7.3	79
7.4	80
8	95
8.1	95
8.2	101
8.3	106
8.4	112
9	116

Заключение	121
Список использованной литературы	122

Введение

Местные системы отопления использовались до второй половины XVII в. В XVII — XVIII вв. началась разработка и внедрение системы центрального отопления. В последних от одного источника тепла отапливались рядом стоящие с ним здания. В XIX в. подобные системы центрального отопления получили распространение в городах. В 1816 г. в России внедрена первая система парового отопления, водяного в 1834 г [7].

В 1818 г. гражданин Великобритании Тредгольд впервые разрабатывает и внедряет паровую систему высокого давления, отапливавшую оранжереи от котельной расположенной от них на 127 метрах.

В 1878 г впервые разработана и внедрена система парового теплоснабжения 210 домов в г. Локпорте (штат Нью-Йорк). Стоит отметить, что система теплоснабжения была запроектирована подземной длиной 2 км. В этом же году в г. Бантедте США внедрена система теплоснабжения совмещенная с горячим водоснабжением.

В 1924 г. в России внедрена по проектам проф. В. В. Дмитриева и инж. Л. Л. Гинтера система теплоснабжения от 3-й Ленинградской ЭС к абонентам на набережной р. Фонтанки [7].

Спустя почти 100 лет разработано эффективное централизованное теплоснабжение от ТЭЦ. Теплоснабжение вновь сооружаемых крупных промышленных предприятий и жилых районов ориентируется на мощные ТЭЦ и крупные районные котельные. Современные системы центрального теплоснабжения способны отапливать здания в радиусе до 40 км. Последнее требует разработки и внедрения мощных, энергосберегающих насосных станций.

Расширение и строительство новых городов, таких как Саяногорск, требует повышение надежности систем центрального теплоснабжения путем внедрения независимых схем присоединения, сооружение мощных эффективных насосных систем. Это актуально особенно в связи со

строительством зданий повышенной этажности квартала №18 г. Саяногорска, рассматриваемого в данной дипломной работе.

1 Расчёт тепловой нагрузки.

Определение тепловых нагрузок застройки восточного района города Саяногорска квартала №18 по видам теплопотребления производится исходя из величины площади планируемых зданий приведенных в таблице №1.

Таблица 1 – Планируемая застройка квартала №18 г. Саяногорска.

Номер на сводном плане (ГЧ Лист №1)	Наименование и назначение помещений	Этажность	Количество		Общая нормируемая площадь застройки, м ²
			зданий	квартир	
1	Шести секционный жилой дом со встроено-пристроенными: магазином продовольственных товаров, аптекой, офисами.	7,9 ,16	1	247	Квартир: 13204,46. Магазина: 605,60. Аптеки: 292,78. Офисов: 733,80
2	7-секционный жилой дом со встроено-пристроенными офисами.	7,9	1	216	Квартир: 11769,23. Офисов: 923,93
3	Жилой дом из 112 серии с кирпичной угловой секцией со встроено-пристроенными: магазином продовольственных товаров, офисами.	9,1 2	1	246	Квартир: 13430 Магазина: 600 Офисов: 1800
4	Жилой дом из 112 серии с со встроено-пристроенными: ЖЭО, офисами.	7,9	1	244	Квартир: 12680 ЖЭО: 600 Офисов: 750
5	Двух секционный жилой дом	7	1	56	3201,83
6	Жилой дом из 112 серии	7	1	56	3020
7	Жилой дом из 112 серии	9	1	256	12739,68
8	Жилой дом из 112 серии со встроено-пристроенным магазином продовольственных товаров	9	1	254	Квартир: 1305,91 Магазина: 696,62
9	Жилой дом из 112 серии со встроено-пристроенными офисами	9	1	252	Квартир: 13206,93. Офисов: 396,15
10	Жилой дом со встроено-пристроенными: магазином продовольственных товаров, аптекой, офисами.	5,9 ,16	1	203	Квартир: 12200. Магазина: 1200. Аптеки: 100. Офисов: 1500
11	Жилой дом из 112 серии	9	1	71	3417,53
12	Жилой дом из 112 серии	9	1	70	3906,63
13	Физкультурно-оздоровительный комплекс	2	1	-	1800

Продолжение таблицы 1

14	Общеобразовательная школа строение 1	4	1	-	9300
15	Общеобразовательная школа строение 2	4	1	-	9300
16	Детский сад-ясли на 160 чел.	3	1	-	3200
17	Детский сад-ясли на 160 чел.	3	1	-	3200
18	Подземная стоянка на 63 места	-	1	-	2070
19	Подземная стоянка на 63 места	-	1	-	2070
20	Подземная стоянка на 63 места	-	1	-	2070
21	Подземная стоянка на 63 места	-	1	-	2443,5
22	Подземная стоянка на 25 мест	-	1	-	950
23	Подземная стоянка на 25 мест	-	1	-	950
24	Подземная стоянка на 25 мест	-	1	-	950
25	Подземная стоянка на 25 мест	-	1	-	1052,33

1.1 Отпуск теплоты на отопление.

Расчетная нагрузка на отопление шести секционного жилого дома №1 на 247 квартир со встроенными: магазином продовольственных товаров, аптекой, офисами:

$$Q_1 = Q_{01} + Q_{02} + Q_{03} + Q_{04}, \text{ кВт},$$

$$Q_1 = 1320,446 + 75,7 + 36,597 + 91,625 = 1524,368 \text{ кВт},$$

где $Q_{01}, Q_{02}, Q_{03}, Q_{04}$ – соответственно расчетные нагрузки отпуска теплоты на отопление жилых помещений, магазина продовольственных товаров, аптеки, офисов.

Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление жилых помещений:

$$Q_{01} = q_{01} \cdot F_{01} \cdot (1+K) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт},$$

$$Q_{01} = 100 \cdot 13204,46 \cdot (1+0) \cdot 10^{-3} = 1320,446 \text{ кВт},$$

где $q_{01}=100$ – укрупненный показатель максимального расхода теплоты на отопление 1 м^2 зданий этажностью свыше 5 этажей, $\text{Вт}/(\text{м}^2)$ [1, Приложение 5] с учетом наружной температуры на отопление $t_{н.о.} = -43 \text{ }^\circ\text{C}$ (для города Саяногорска) [1, Приложение 1]; $F_{01}=13204,46$ – площадь жилых помещений, м^2 ; $K=0$ - коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий. Равен 0, так как жилое здание.

Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление магазина продовольственных товаров:

$$Q_{02} = q_{02} \cdot F_{02} \cdot (1+K) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт},$$

$$Q_{02} = 100 \cdot 605,6 \cdot (1 + 0,25) \cdot 10^{-3} = 75,7 \text{ кВт},$$

где $q_{02} = 100$ – укрупненный показатель максимального расхода теплоты на отопление 1 м² зданий этажностью свыше 5 этажей, Вт/(м²) [1, Приложение 5]; $F_{02} = 605,6$ – площадь магазина продовольственных товаров, м²; $K = 0,25$ – коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий.

Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление аптеки:

$$Q_{03} = q_{03} \cdot F_{03} \cdot (1 + K) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт},$$

$$Q_{03} = 100 \cdot 292,78 \cdot (1 + 0,25) \cdot 10^{-3} = 36,596 \text{ кВт},$$

где $q_{03} = 100$ – укрупненный показатель максимального расхода теплоты на отопление 1 м² зданий этажностью свыше 5 этажей, Вт/(м²) [1, Приложение 5]; $F_{03} = 292,78$ – площадь аптеки, м²; $K = 0,25$ – коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий.

Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление офисов:

$$Q_{04} = q_{04} \cdot F_{04} \cdot (1 + K) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт},$$

$$Q_{04} = 100 \cdot 733 \cdot (1 + 0,25) \cdot 10^{-3} = 91,625 \text{ кВт},$$

где $q_{04} = 100$ – укрупненный показатель максимального расхода теплоты на отопление 1 м² зданий этажностью свыше 5 этажей, Вт/(м²) [1, Приложение 5]; $F_{04} = 733$ – площадь офисных помещений, м²; $K = 0,25$ – коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий.

Аналогичные расчеты проводим для остальных зданий. Результаты расчетов сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты расчета нагрузки отпуска теплоты на отопление.

Номер на сводном плане (ГЧ Лист №1)	Назначение помещений	q_{oi} , Вт/м ²	F_{oi} , м ²	K_{oi}	Q_{oi} , кВт
1	Квартиры	100	13204,46	0	1320,44
	Магазин	100	605,6	0,25	75,7
	Аптека	100	292,78	0,25	36,59
	Офисы	100	733	0,25	91,62
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №1, кВт					1524,36
2	Квартиры	100	11769,23	0	1176,92
	Офисы	100	923,93	0,25	115,49
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №2, кВт					1292,41
3	Квартиры	100	13430	0	1343
	Магазин	100	600	0,25	75
	Офисы	100	1800	0,25	225
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №3, кВт					1643
4	Квартиры	100	12680	0	1268
	ЖЭО	100	600	0,25	75
	Офисы	100	750	0,25	93,75
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №4, кВт					1436,75
5	Квартиры	100	3201,83	0	320,183
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №5, кВт					320,183
6	Квартиры	100	3020	0	302
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №6, кВт					302
7	Квартиры	100	12739,68	0	1273,96
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №7, кВт					1273,96
8	Квартиры	100	13305,91	0	1330,59
	Магазин	100	696,62	0,25	87,07
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №8, кВт					1417,66
9	Квартиры	100	13206,93	0	1320,69
	Офисы	100	396,15	0,25	49,51
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №9, кВт					1370,21
10	Квартиры	100	12200	0	1220
	Магазин	100	1200	0,25	150
	Аптека	100	100	0,25	12,5
	Офисы	100	1500	0,25	187,5
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №10, кВт					1570
11	Квартиры	100	3417,53	0	341,75
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №11, кВт					341,75
12	Квартиры	100	3906,63	0	390,66
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №12, кВт					390,66
13	Физкультурно-оздоровительный комплекс	187	1800	0,25	420,75
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №13, кВт					420,75
14	Общеобразовательная школа строение 1	109	9300	0,25	1267,13
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №14, кВт					1267,13

Продолжение таблицы 2

15	Общеобразовательная школа строение 2	109	9300	0,25	1267,13
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №15, кВт					1267,13
16	Детский сад-ясли	187	3200	0,25	748
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №16, кВт					748
17	Детский сад-ясли	187	3200	0,25	748
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №17, кВт					748
18	Подземный гараж	26	2070	0,25	67,28
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №18, кВт					67,28
19	Подземный гараж	26	2070	0,25	67,28
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №19, кВт					67,28
20	Подземный гараж	26	2070	0,25	67,28
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №20, кВт					67,28
21	Подземный гараж	26	2443,5	0,25	79,41
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №21, кВт					79,41
22	Подземный гараж	26	950	0,25	30,88
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №22, кВт					30,88
23	Подземный гараж	26	950	0,25	30,88
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №23, кВт					30,88
24	Подземный гараж	26	950	0,25	30,88
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №24, кВт					30,88
25	Подземный гараж	26	1052,33	0,25	34,20
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №25, кВт					34,20
ИТОГО:					17742,04

1.2 Отпуск теплоты на вентиляцию.

Из-за наличия естественной вентиляции в жилых зданиях, необходимость в приточной отпадает. Следовательно, расчет теплоты необходимо рассчитать только для общественных и культурных зданий. Так как отсутствуют проекты местных систем вентиляции, расчетный расход определен в соответствии с методикой СНиП 2.04.0.86 “Тепловые сети” по формуле:

$$Q_v = q_o \cdot F \cdot K \cdot K_2 \cdot 10^{-3}, \text{ кВт},$$

где q_o , F , K – значения определяются для соответствующих зданий из пункта 1.1; K_2 – учитывает расход тепла на вентиляцию [1, стр. 67].

Соответственно для помещений магазина здания №1 отпуск теплоты на вентиляцию будет равен:

$$Q_{02} = 100 \cdot 605,6 \cdot 0,25 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} = 9,084 \text{ кВт},$$

где $K_2 = 0,6$ – для зданий постройки после 1985 г. [1, стр. 67].

Для помещений аптеки здания №1 отпуск теплоты на вентиляцию будет равен:

$$Q_{03} = 100 \cdot 292,78 \cdot 0,25 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} = 4,39 \text{ кВт},$$

Для помещений офисов здания №1 отпуск теплоты на вентиляцию будет равен:

$$Q_{04} = 100 \cdot 733 \cdot 0,25 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} = 10,995 \text{ кВт},$$

Суммарный расход теплоты на вентиляцию здания №1:

$$Q_{\text{в1}} = Q_{01} + Q_{02} + Q_{03} + Q_{04} = 0 + 9,08 + 4,39 + 11,00 = 24,47 \text{ кВт}$$

Аналогичные расчеты проводим для остальных зданий. Результаты расчетов сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты расчета нагрузки отпуска теплоты на вентиляцию.

Номер на сводном плане (ГЧ Лист №1)	Назначение помещений	q_{0i} , Вт/м ²	F_{0i} , м ²	K_{0i}	K_2	$Q_{\text{вi}}$, кВт
1	Квартиры	100	13204,46	0	0,6	0
	Магазин	100	605,6	0,25	0,6	9,08
	Аптека	100	292,78	0,25	0,6	4,39
	Офисы	100	733	0,25	0,6	11,00
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №1, кВт						24,47
2	Квартиры	100	11769,23	0	0,6	0,00
	Офисы	100	923,93	0,25	0,6	13,86
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №2, кВт						13,86
3	Квартиры	100	13430	0	0,6	0,00
	Магазин	100	600	0,25	0,6	9,00
	Офисы	100	1800	0,25	0,6	27,00
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №3, кВт						36,00
4	Квартиры	100	12680	0	0,6	0,00
	ЖЭО	100	600	0,25	0,6	9,00
	Офисы	100	750	0,25	0,6	11,25
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №4, кВт						20,25
5	Квартиры	100	3201,83	0	0,6	0
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №5, кВт						0
6	Квартиры	100	3020	0	0,6	0
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №6, кВт						0

Продолжение таблицы 3

7	Квартиры	100	12739,68	0	0,6	0
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №7, кВт						0
8	Квартиры	100	13305,91	0	0,6	0,00
	Магазин	100	696,62	0,25	0,6	10,45
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №8, кВт						10,45
9	Квартиры	100	13206,93	0	0,6	0,00
	Офисы	100	396,15	0,25	0,6	5,94
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №9, кВт						5,94
10	Квартиры	100	12200	0	0,6	0,00
	Магазин	100	1200	0,25	0,6	18,00
	Аптека	100	100	0,25	0,6	1,50
	Офисы	100	1500	0,25	0,6	22,50
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №10, кВт						42,00
11	Квартиры	100	3417,53	0	0,6	0
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №11, кВт						0
12	Квартиры	100	3906,63	0	0,6	0
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №12, кВт						0
13	Физкультурно-оздоровительный комплекс	187	1800	0,25	0,6	50,49
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №13, кВт						50,49
14	Общеобразовательная школа строение 1	109	9300	0,25	0,6	152,06
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №14, кВт						152,06
15	Общеобразовательная школа строение 2	109	9300	0,25	0,6	152,06
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №15, кВт						152,06
16	Детский сад-ясли	187	3200	0,25	0,6	89,76
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №16, кВт						89,76
17	Детский сад-ясли	187	3200	0,25	0,6	89,76
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №17, кВт						89,76
18	Подземный гараж	26	2070	0,25	1,1	14,80
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №18, кВт						14,80
19	Подземный гараж	26	2070	0,25	1,1	14,80
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №19, кВт						14,80
20	Подземный гараж	26	2070	0,25	1,1	14,80
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №20, кВт						14,80
21	Подземный гараж	26	2443,5	0,25	1,1	17,47
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №21, кВт						17,47
22	Подземный гараж	26	950	0,25	1,1	6,79
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №22, кВт						6,79
23	Подземный гараж	26	950	0,25	1,1	6,79
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №23, кВт						6,79
24	Подземный гараж	26	950	0,25	1,1	6,79
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №24, кВт						6,79
25	Подземный гараж	26	1052,33	25	1,1	7,52
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №25, кВт						7,52
ИТОГО:						776,87

1.3 Отпуск теплоты на горячее водоснабжение.

Расчетная средненедельная зимняя нагрузка на горячее водоснабжение (ГВС) зданий определяется как [1, С.69]:

$$Q_{гвс}^{ср.н} = \frac{1,2 \cdot m \cdot (a + b) \cdot (55 - t_{хз}) \cdot c_p^{ср}}{n_c}, \text{ кВт},$$

где 1,2 – коэффициент, учитывающий выстывание горячей воды абонентских системах ГВС; m – количество потребителей на 1 квартиру; a – норма расхода горячей воды с температурой $t_2 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$ на одного человека в сутки, л/сут; b – расход горячей воды с температурой $t_2 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$ для общественных зданий, л/сут; $t_{хз}$ – температура холодной воды в зимний период, $^\circ\text{C}$; $c_p^{ср}$ – теплоемкость воды кДж/(кг · К); n_c – расчетная длительность подачи теплоты на ГВС, с/сут.

Расчетная средненедельная зимняя нагрузка на ГВС шести секционного жилого дома №1 на 247 квартир со встроенными: магазином продовольственных товаров, аптекой, офисами:

$$Q_{гвс\№1}^{ср.н} = Q_{гвс01}^{ср.н} + Q_{гвс02}^{ср.н} + Q_{гвс03}^{ср.н} + Q_{гвс04}^{ср.н}, \text{ кВт},$$

где $Q_{гвс01}^{ср.н}$, $Q_{гвс02}^{ср.н}$, $Q_{гвс03}^{ср.н}$, $Q_{гвс04}^{ср.н}$ – соответственно средненедельная нагрузка на ГВС жилых квартир, магазина, аптеки, офисов здания №1.

Средненедельная нагрузка на ГВС жилых квартир здания №1:

$$Q_{гвс01}^{ср.н} = \frac{1,2 \cdot 3 \cdot 247 \cdot (120 + 0) \cdot (55 - 5) \cdot 4,187}{86400} = 258,54 \text{ кВт},$$

Норма расхода горячей воды на 1 человека в сутки [2, приложение 6]

$$a = 120 \text{ л/сут}.$$

При отсутствии данных о температуре холодной воды, принимаем в зимний период [2, С.69]

$$t_{хз} = 5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Средняя теплоемкость воды [2, С.69]

$$c_p^{ср} = 4187 \text{ Дж/(кг · К)}.$$

Расчетная длительность подачи теплоты на ГВС

$$n_c = 24 \cdot 3600 = 86400 \text{ с.}$$

Принимаем в среднем, что в одной квартире проживают 3 человека.

Максимальная нагрузка на ГВС

$$Q_{гвс}^{\max} = \chi_n \cdot \chi_c \cdot Q_{гвс}^{ср.н.}, \text{ кВт.}$$

где χ_n – коэффициент недельной неравномерности расхода теплоты, для жилых и общественных зданий; коэффициент неравномерности расхода теплоты за сутки наибольшего водопотребления, при ориентировочных расчетах можно принимать для городов и населенных пунктов $\chi_c = 1,7 - 2$, [2] принимаем $\chi_c = 2$.

$$Q_{гвс01}^{\max} = 1,2 \cdot 2 \cdot Q_{гвс01}^{ср.н.} = 1,2 \cdot 2 \cdot 258,55 = 620,51 \text{ кВт.}$$

Средненедельная нагрузка на ГВС магазина здания №1:

$$Q_{гвс02}^{ср.н.} = \frac{1,2 \cdot 30 \cdot (0 + 65) \cdot (55 - 5) \cdot 4,187}{86400} = 5,67 \text{ кВт,}$$

где количество работников m принимаем 30 человек; b – расход горячей воды на 1 работающего 65 л/чел [2].

$$Q_{гвс02}^{\max} = 1,2 \cdot 2 \cdot Q_{гвс02}^{ср.н.} = 1,2 \cdot 2 \cdot 5,67 = 13,61 \text{ кВт.}$$

Средненедельная нагрузка на ГВС аптеки здания №1:

$$Q_{гвс03}^{ср.н.} = \frac{1,2 \cdot 2 \cdot (0 + 7,5) \cdot (55 - 5) \cdot 4,187}{86400} = 0,04 \text{ кВт,}$$

где количество работников m принимаем 2 человека; b – расход горячей воды на 1 работающего 7,5 л/чел [2].

$$Q_{гвс03}^{\max} = 1,2 \cdot 2 \cdot Q_{гвс03}^{ср.н.} = 1,2 \cdot 2 \cdot 0,04 = 0,1 \text{ кВт.}$$

Средненедельная нагрузка на ГВС офисов здания №1:

$$Q_{гвс04}^{ср.н.} = \frac{1,2 \cdot 60 \cdot (0 + 5) \cdot (55 - 5) \cdot 4,187}{86400} = 0,87 \text{ кВт,}$$

где количество работников m принимаем 60 человек; b – расход горячей воды на 1 работающего 5 л/чел [2].

$$Q_{гвс04}^{\max} = 1,2 \cdot 2 \cdot Q_{гвс04}^{ср.н.} = 1,2 \cdot 2 \cdot 0,87 = 2,09 \text{ кВт.}$$

Суммарный средненедельный отпуск теплоты на ГВС для здания №1:

$$Q_{гвс\№1}^{ср.н.} = 258,55 + 5,67 + 0,04 + 0,87 = 265,13 \text{ кВт}$$

Суммарный максимальный отпуск теплоты на ГВС для здания №1:

$$Q_{гвс, №1}^{\max.} = 620,51 + 13,61 + 0,1 + 2,09 = 636,32 \text{ кВт}$$

Расчетная средненедельная нагрузка на ГВС в летний период:

$$Q_{гвс(л)}^{ср.н} = Q_{гвс}^{ср.н} \cdot \frac{55 - t_{хл}}{55 - t_{хз}} \cdot \beta, \text{ кВт},$$

где $t_{хл}$ – температура холодной воды в летний период, °C; β – коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на ГВС вне отопительного периода по отношению к отопительному.

При отсутствии данных о температуре холодной воды, принимаем в летний период [1, С.69]:

$$t_{хл} = 15 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Коэффициент β принимается [1]:

$$\beta = 0,8.$$

Для здания №1 летняя нагрузка составит:

$$Q_{гвс(л) №1}^{ср.н} = Q_{гвс №1}^{ср.н} \cdot \frac{55 - t_{хл}}{55 - t_{хз}} \cdot \beta = 209,35 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 133,984 \text{ кВт}.$$

Аналогичные расчеты проводим для остальных зданий. Результаты расчетов сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты расчета нагрузки отпуска теплоты на ГВС.

Номер на сводном плане (ГЧ Лист №1)	Назначение помещений	кол-во квартир, шт.	$t_{хз}, \text{ } ^\circ\text{C}.$	м, чел.	а, л/сут	б, л/сут	$\sum Q_{гвс}^{ср.н.}, \text{ кВт}$	$\sum Q_{гвс}^{\max.}, \text{ кВт}$	$\sum Q_{гвс(л)}^{ср.н.}, \text{ кВт}$
1	Квартиры	247	5	741	120	0	258,55	620,51	
	Магазин	-	5	30	0	65	5,67	13,61	
	Аптека	-	5	2	0	8	0,04	0,10	
	Офисы	-	-	60	0	5	0,87	2,09	
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №1, кВт							265,13	636,32	169,68
2	Квартиры	216	5	648	120	0	226,10	542,64	
	Офисы	-	5	80	0	5	1,16	2,79	
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №2, кВт							227,26	545,43	145,45
3	Квартиры	246	5	738	120	0	257,50	618,00	
	Магазин	-	5	30	0	65	5,67	13,61	
	Офисы	-	5	120	0	5	1,74	4,19	
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №3, кВт							264,91	635,80	169,55

Продолжение таблицы 4

4	Квартиры	244	5	732	120	0	255,41	612,98	
	ЖЭО	-	5	10	0	5	0,15	0,35	
	Офисы	-	5	60	0	5	0,87	2,09	
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №4, кВт							256,42	615,42	164,11
5	Квартиры	56	5	168	120	0	58,62	140,68	
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №5, кВт							58,62	140,68	37,52
6	Квартиры	56	5	168	120	0	58,62	140,68	
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №6, кВт							58,62	140,68	37,52
7	Квартиры	256	5	768	120	0	267,97	643,12	
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №7, кВт							267,97	643,12	171,50
8	Квартиры	254	5	762	120	0	265,87	638,10	
	Магазин	-	5	35	0	65	6,61	15,88	
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №8, кВт							272,49	653,97	174,39
9	Квартиры	252	5	756	120	0	263,78	633,07	
	Офисы	-	5	45	0	5	0,65	1,57	
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №9, кВт							264,44	634,64	169,24
10	Квартиры	203	5	609	120	0	212,49	509,98	
	Магазин	-	5	60	0	65	11,34	27,22	
	Аптека	-	5	3	0	8	0,07	0,17	
	Офисы	-	5	100	0	5	1,45	3,49	
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №10, кВт							225,35	540,85	144,23
11	Квартиры	71	5	213	120	0	74,32	178,37	
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №11, кВт							74,32	178,37	47,56
12	Квартиры	70	5	210	120	0	73,27	175,85	
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №12, кВт							73,27	175,85	46,89
13	Физкультурно-оздоровительный комплекс	-	5	400	60	0	69,78	167,48	
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №13, кВт							69,78	167,48	44,66
14	Общеобразовательная школа строение 1	-	5	400	6	0	6,98	16,75	
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №14, кВт							6,98	16,75	4,47
15	Общеобразовательная школа строение 2	-	5	400	6	0	6,98	16,75	
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №15, кВт							6,98	16,75	4,47
16	Детский сад-ясли	-	5	160	40	0	18,61	44,66	
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №16, кВт							18,61	44,66	11,91
17	Детский сад-ясли	-	5	160	40	0	18,61	44,66	
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на отопление здания №17, кВт							18,61	44,66	11,91
18	Подземный гараж	-	-	-	-	-	0	0	0
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №18, кВт							0	0	0
19	Подземный гараж	-	-	-	-	-	0	0	0
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №19, кВт							0	0	0

Продолжение таблицы 4

20	Подземный гараж	-	-	-	-	-	0	0	0
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №20, кВт							0	0	0
21	Подземный гараж	-	-	-	-	-	0	0	0
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №21, кВт							0	0	0
22	Подземный гараж	-	-	-	-	-	0	0	0
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №22, кВт							0	0	0
23	Подземный гараж	-	-	-	-	-	0	0	0
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №23, кВт							0	0	0
24	Подземный гараж	-	-	-	-	-	0	0	0
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №24, кВт							0	0	0
25	Подземный гараж	-	-	-	-	-	0	0	0
Расчетная нагрузка отпуска теплоты на вентиляцию здания №25, кВт							0	0	0
ИТОГО:							2429,7	5831,4	1555,0

2 Построение графической зависимости продолжительности тепловой нагрузки

Длительность работы системы теплоснабжения необходима для установления режима работы оборудования, выбора параметров теплоносителей (температуры и давления). Графики Россандера (продолжительности тепловой нагрузки) построены для проектируемого квартала №18 (рис. 1).

Для построения графика на оси абсцисс откладываются суточные температуры отопительного периода (от +8 до $t_{но}$), а по оси ординат отключения расхода теплоты, в МВт.

Для построения графиков расхода теплоты на отопление используются формулы:

$$Q_o = f(t_n) \cdot Q_o' = Q_o' \cdot \frac{t_{ep} - t_n}{t_{ep} - t_{но}}, \text{ кВт}.$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты расчетов расхода теплоты микрорайоном №18 на отопление при различной наружной температуре.

$t_n, ^\circ\text{C}$	-43	-27	+8
$Q_o, \text{ кВт}$	17742	13088	2908,5

Для построения графиков расхода теплоты на вентиляцию используются следующие формулы:

$$Q_v = f(t_n) \cdot Q_v' = Q_v' \cdot \frac{16}{24}, \text{ кВт (при } t_{н.в.} \leq -27 ^\circ\text{C}); Q_v = Q_v' \cdot \frac{(t_{ep} - t_n) \cdot 16}{(t_{ep} - t_{нв}) \cdot 24}, \text{ кВт},$$

где t_v – средняя температура воздуха в отапливаемых зданиях, принимается равной 18 °С; t_n – текущее значение температуры наружного воздуха, °С; $t_{но}$ – расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления города Саяногорска равна -43 °С; t_v – расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем

вентиляции города Саяногорска а равна $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Результаты расчетов сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Результаты расчетов расхода теплоты микрорайоном №18 на вентиляцию при различной наружной температуре.

$t_n, \text{ }^{\circ}\text{C}$	-43	-27	+8
$Q_g, \text{ кВт}$	517,91	517,91	115,09

Построение средненедельной тепловой нагрузки в зимний и летний периоды на городское водоснабжение осуществляется с использованием таблицы 4 и принимается постоянной на всех интервалах температуры.

При построении годового графика расхода тепловой энергии (рис. 1) строиться зависимость “часовых расходов и годового расхода по продолжительности” и должны быть отложены число часов в состоянии наружной температуры, соответствующего диапазона часового графика которые берутся из приложения 4 [1].

Точки пересечения перпендикуляров восстановленных от оси абсцисс с линиями часовых расходов соответствующих диапазонов наружных температур, проведенные параллельно абсцисс, образуют кривую графика продолжительности теплового потока [1].

Конец кривой графика на оси абсцисс соответствует продолжительности отопительного периода.

Площадь, ограниченная осями координат и построенной верхней кривой, равна расходу теплоты на отопление, вентиляцию и ГВС за отопительный период.

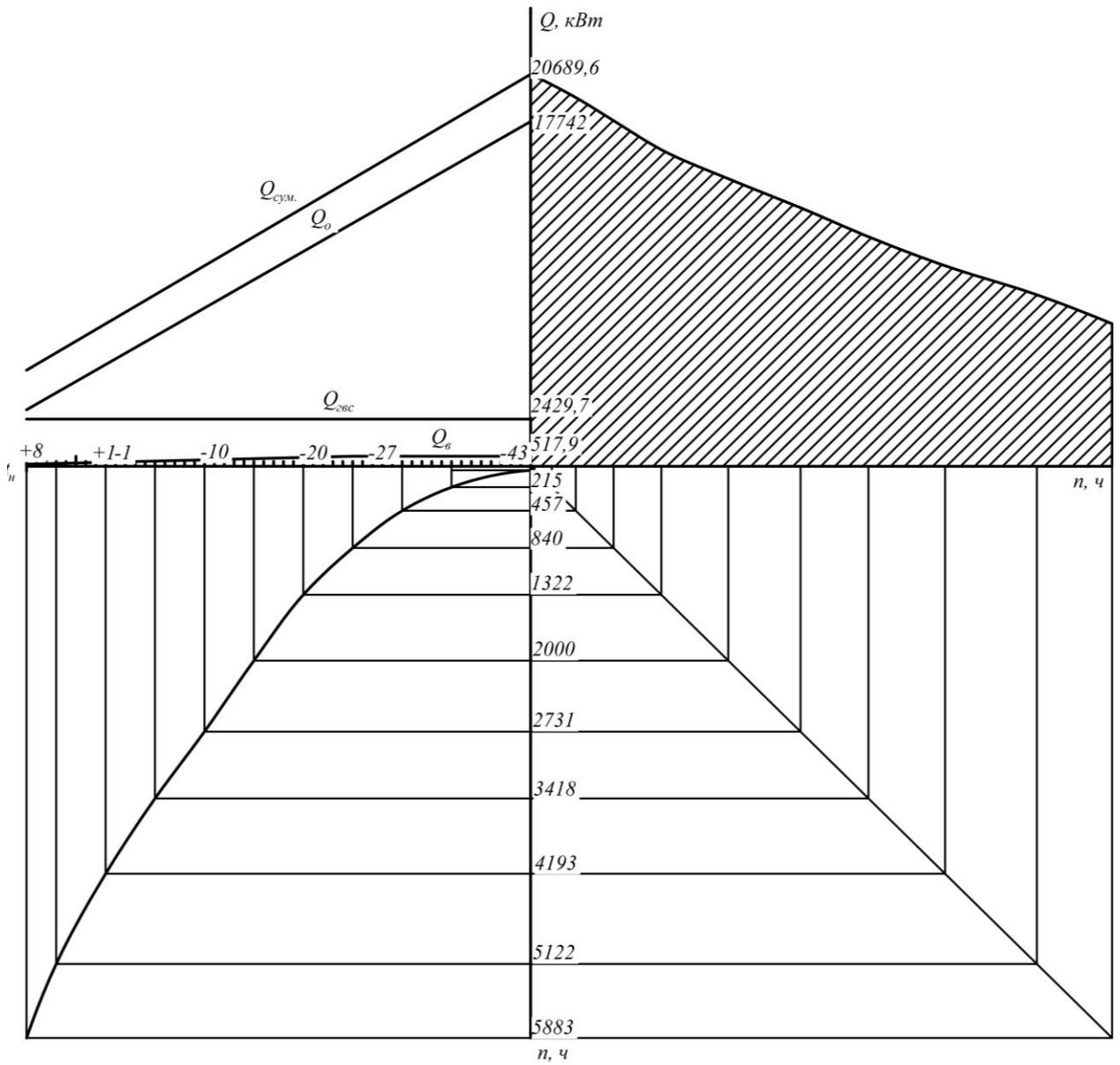


Рисунок 1 График продолжительности зимней нагрузки микрорайона №18
г. Саяногорска

3 Выбор регулирования отпуска тепла в тепловые сети.

Построение графика температур.

В любой системе централизованного теплоснабжения регулирование отпуска теплоты в зависимости от изменяющейся потребности в ней присоединенных систем теплоиспользования осуществляется, по меньшей мере, как двухступенчатое. Первой ступенью является регулирование отпуска теплоты от теплоисточника в его тепловые сети. Такое регулирование называется центральным. Им определяется график изменения температур, а иногда и расходов воды в подающих трубопроводах тепловых сетей. Вместе с тем наряду с центральным необходимо регулирование отпуска теплоты из сетей в различные системы теплоиспользования присоединенных зданий. Такое регулирование называется местным и осуществляется на местных тепловых пунктах (МТП) зданий. В соответствии со способами местного регулирования определяются расходы сетевой воды при ее заданной температуре в подающих трубопроводах, необходимые для отпуска количеств теплоты, требуемых системами теплоиспользования каждого здания. Затем по группам зданий, снабжаемых теплотой через рассматриваемый участок сетей, получают необходимые при данном режиме расходы воды в подающих трубопроводах соответствующих участков. Тот режим, при котором эти расходы оказываются максимальными в годовом разрезе, называется расчетным, а получаемые применительно к нему расходы воды по участкам являются исходными для гидравлических расчетов сетей, в частности при определении диаметров труб по участкам [1-4].

В зависимости от соотношения нагрузок ГВС и отопления центральное регулирование разнородной нагрузки производится по отопительной, в случае преобладания этой нагрузки или по совмещенной нагрузке отопления и ГВС [1-4].

Так как $Q_{гвс}^{max} / Q_0 = 5831,44 / 17742,04 = 0,328$, $Q_{гвс}^{max} / Q_0 > 0,15$,

следовательно, для проектирования теплоснабжения микрорайона №18 г. Саяногорска проектируется центральное качественное регулирование по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения.

Наличие нагрузки горячего водоснабжения увеличивает расход сетевой воды, что приводит к увеличению диаметров труб, а следовательно и стоимости тепловой сети. Значительное сокращение расчетных расходов воды достигается при центральном качественном регулировании по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения. При этом методе регулирования в системе поддерживается постоянный расход сетевой воды, равный расчетному расходу на отопление G_0 . Для удовлетворения нагрузки горячего водоснабжения температура воды в подающем трубопроводе должна быть выше, чем требуется по отопительному графику [1-4].

Выбор схемы присоединения подогревателей ГВС в закрытых системах производится в зависимости от соотношения максимальной нагрузки на ГВС и расчетной нагрузки на отопление [1-4].

При регулировании по совмещенной нагрузке: если $Q_{гвс}^{max} / Q_0 < 0,2$ и $Q_{гвс}^{max} / Q_0 > 1$, применяют параллельную схему присоединения; если $0,2 < Q_{гвс}^{max} / Q_0 < 1$, то применяют двухступенчатую последовательную схему присоединения.

В данном проекте соотношение $Q_{гвс}^{max} / Q_0 = 0,328$, следовательно, выбираем двухступенчатую последовательную схему присоединения.

Присоединение подогревателей горячего водоснабжения не менее чем у 75 % абонентов должно быть выполнено по двухступенчатой последовательной схеме рисунок 2.

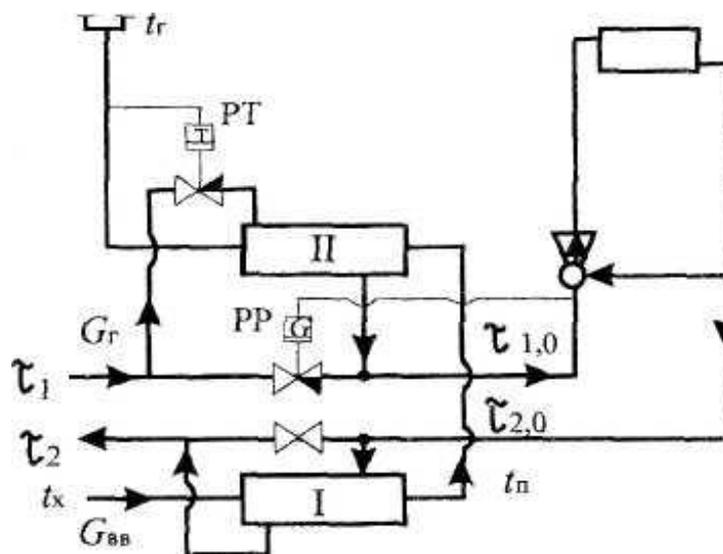


Рисунок 2 - Присоединение подогревателей горячего водоснабжения по двухступенчатой последовательной схеме

Преимущество двухступенчатой последовательной схемы по сравнению с двухступенчатой смешанной и параллельной схемами заключается в выравнивании суточного графика тепловой нагрузки и лучшем использовании энтальпии теплоносителя, что приводит к дополнительному уменьшению расхода воды в сети.

Недостаток двухступенчатой последовательной схемы по сравнению с двухступенчатой смешанной заключается в усложнении схемы регулирования ГТП или абонентских вводов из-за необходимости изменения расхода сетевой воды у абонентов, у которых относительная нагрузка горячего водоснабжения (отношение средненедельной нагрузки горячего водоснабжения к расчетной отопительной нагрузке) отличается от типовой относительной нагрузки, по которой ведется центральное регулирование.

Указанный недостаток двухступенчатой последовательной схемы устраняется при применении местного автоматического регулирования отопительных установок.

Для построения повышенного графика температур по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения в закрытой системе

теплоснабжения необходимо определить разность температур сетевой по отопительному графику.

Температурный напор в нагревательных системах:

$$\Delta t'_o = \frac{\tau_3^p + \tau_{20}^p}{2} - t_{ep}, \text{ } ^\circ\text{C},$$

где t_{ep} – расчетная температура воздуха внутри помещения принимается равной для большинства зданий $t_{ep} = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$, [1, С.60]; $\tau_3^p = 95 \text{ } ^\circ\text{C}$ – расчетная температура перед системой отопления.

Тогда:

$$\Delta t'_o = \frac{\tau_3^p + \tau_{20}^p}{2} - t_{ep} = \frac{95 + 70}{2} - 18 = 64,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Перепад температур сетевой воды:

$$\Delta \tau'_o = \tau_{10}^p - \tau_{20}^p, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$\Delta \tau'_o = \tau_{10}^p - \tau_{20}^p = 130 - 70 = 60 \text{ } ^\circ\text{C},$$

где τ_{10}^p, τ_{20}^p – соответственно температура в подающей и обратной линии, $^\circ\text{C}$.

Перепад температур в отопительных приборах:

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

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

Относительная отопительная нагрузка:

$$\bar{Q}_o^p = \frac{t_{ep} - t_n}{t_{ep} - t_{но}},$$

где $t_{но}$ – расчетная наружная температура воздуха для проектирования отопления (г. Саяногорск) [2, С.353] $t_{но} = -43 \text{ } ^\circ\text{C}$; t_n – текущая температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$.

Температура сетевой воды в подающем и обратном трубопроводе:

$$\tau_{10} = t_{ep} + \Delta t'_o \cdot (\bar{Q}_o^p)^{0,8} + \left[\Delta \tau'_o - \frac{\theta'}{2} \right] \cdot \bar{Q}_o^p, \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$\tau_{20} = t_{gp} + \alpha t_o' \cdot (\bar{Q}_o^p)^{0,8} - \frac{\theta'}{2} \cdot \bar{Q}_o^p, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Результаты расчетов регулирования по отопительной нагрузке отопления и ГВС, для проектирования микрорайона №18 г. Саяногорска сведены в таблицу 7.

Таблица 7 – Результаты расчетов регулирования по совмещенной нагрузке отопления и ГВС.

$t_n, \text{ } ^\circ\text{C}$	$\tau_{10}, \text{ } ^\circ\text{C}$	$\tau_{20}, \text{ } ^\circ\text{C}$	$\alpha t_o'$	\bar{Q}_o^p
8,00	65,00	42,30	22,70	0,37
7,00	65,00	42,30	22,70	0,37
6,00	65,00	42,30	22,70	0,37
5,00	65,00	42,30	22,70	0,37
4,00	65,00	42,30	22,70	0,37
3,00	65,00	42,30	22,70	0,37
2,00	65,00	42,30	22,70	0,37
1,00	65,00	42,30	22,70	0,37
0,00	65,00	42,30	22,70	0,37
-1,00	65,00	42,30	22,70	0,37
-2,00	65,00	42,30	22,70	0,37
-3,00	65,00	42,30	22,70	0,37
-4,00	65,00	42,30	22,70	0,37
-5,00	65,47	42,85	22,62	0,38
-6,00	67,27	43,66	23,61	0,39
-7,00	69,06	44,47	24,59	0,41
-8,00	70,85	45,28	25,57	0,43
-9,00	72,63	46,07	26,56	0,44
-10,00	74,40	46,86	27,54	0,46
-11,00	76,16	47,64	28,52	0,48
-12,00	77,92	48,41	29,51	0,49
-13,00	79,67	49,18	30,49	0,51
-14,00	81,41	49,94	31,48	0,52
-15,00	83,15	50,69	32,46	0,54
-16,00	84,88	51,44	33,44	0,56
-17,00	86,61	52,18	34,43	0,57
-18,00	88,33	52,92	35,41	0,59
-19,00	90,05	53,66	36,39	0,61
-20,00	91,76	54,38	37,38	0,62
-21,00	93,47	55,11	38,36	0,64
-22,00	95,17	55,82	39,34	0,66

Продолжение таблицы 7

-23,00	96,86	56,54	40,33	0,67
-24,00	98,56	57,24	41,31	0,69
-25,00	100,24	57,95	42,30	0,70
-26,00	101,93	58,65	43,28	0,72
-27,00	103,61	59,35	44,26	0,74
-28,00	105,28	60,04	45,25	0,75
-29,00	106,96	60,73	46,23	0,77
-30,00	108,62	61,41	47,21	0,79
-31,00	110,29	62,09	48,20	0,80
-32,00	111,95	62,77	49,18	0,82
-33,00	113,61	63,44	50,16	0,84
-34,00	115,26	64,11	51,15	0,85
-35,00	116,91	64,78	52,13	0,87
-36,00	118,56	65,44	53,11	0,89
-37,00	120,20	66,10	54,10	0,90
-38,00	121,84	66,76	55,08	0,92
-39,00	123,48	67,41	56,07	0,93
-40,00	125,11	68,06	57,05	0,95
-41,00	126,75	68,71	58,03	0,97
-42,00	128,37	69,36	59,02	0,98
-43,00	130,00	70,00	60,00	1,00

С учетом снижения температуры воды в местных коммуникациях горячего водоснабжения и перепада температур между греющей и нагреваемой водой в подогревателе горячего водоснабжения минимальная температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети принимается $\tau_{01}''' = 65^\circ\text{C}$, в данном наружная температура, соответствующая излому температурного графика $t_{н.и} = -4,5^\circ\text{C}$, по графику 3 определяем $\tau_{02}''' = 42,3^\circ\text{C}$

Суточный баланс тепла на отопление обеспечивается при расчете температурного графика по «балансовой» нагрузке горячего водоснабжения $Q_2^{\text{б}}$, превышающей среднечасовой расход тепла на горячее водоснабжение:

$$Q_2^{\text{б}} = \chi^{\text{б}} \cdot Q_{\text{ср.г.}} = 1,2 \cdot 2429,7 = 2915,7 \text{ кВт}$$

где χ° - балансовый коэффициент, учитывающий неравномерность суточного графика горячего водоснабжения принимаем 1,2 [1].

Задачей расчета для построения графика является определение перепадов температур сетевой воды в подогревателе верхней ступени ($\delta_1 = \tau_1 - \tau_{1,0}$) и нижней ступени ($\delta_2 = \tau_{2,0} - \tau_2$).

При постоянном расходе сетевой воды и при «балансовой» нагрузке горячего водоснабжения Q_2° суммарный перепад температур сетевой воды в подогревателях верхней и нижней ступени δ - величина постоянная:

$$\delta = \delta_1 - \delta_2 = \frac{Q_2^{\circ}}{c \cdot G_0'} = \frac{Q_2^{\circ}}{Q_0'} \cdot \Delta \tau_0' = \frac{2915,7}{17742,04} \cdot 60 = 9,86^{\circ}\text{C} = \text{const}$$

где $\Delta \tau_0'$ - расчетная разность температур сетевой воды по отопительному графику.

Перепады температур сетевой воды в подогревателях верхней и нижней ступени определяют для каждого диапазона отдельно.

Диапазон I. Предварительно определяют температуру водопроводной воды на выходе из подогревателя нижней ступени I t_n'' при различных температурах наружного воздуха t_n , задавшись величиной недогрева $\Delta t_n'' = 5 \div 10^{\circ}\text{C}$

$$t_n'' = \tau_{2,0}'' - \Delta t_n'' = 45 - 8 = 37^{\circ}\text{C}$$

Перепад температур сетевой воды в подогревателе нижней (I) ступени $\delta_2''' = \tau_{2,0}''' - \tau_2'''$ находят из уравнения

$$Q_1^{\circ} = Q_2^{\circ} \cdot \frac{t_n''' - t_x}{t_2 - t_x} = G_0' \cdot c \cdot \delta_2''', \text{ кВт}$$

откуда

$$\delta_2''' = \frac{Q_2^{\circ}}{G_0' \cdot c} \cdot \frac{t_n''' - t_x}{t_2 - t_x} = \frac{Q_2^{\circ}}{Q_0'} \cdot \frac{t_n''' - t_x}{t_2 - t_x} \cdot \delta \tau_0' = \frac{2915,7}{17742,04} \cdot \frac{37 - 5}{55 - 5} (130 - 70) = 6,31^{\circ}\text{C}$$

При известном суммарном перепаде температур δ значение δ_1''' определяют из выражения:

$$\delta_1''' = \delta - \delta_2''' = 9,86 - 6,31 = 3,55^\circ\text{C}$$

Определяем τ_2''' :

$$\tau_2''' = \tau_{02}''' - \delta_2''' = 42,3 - 6,31 = 35,99^\circ\text{C}$$

Определяем τ_1''' :

$$\tau_1''' = \tau_{01}''' + \delta_1''' = 65 + 3,55 = 68,55^\circ\text{C}$$

Диапазон II. Перепад температур сетевой воды в подогревателе нижней ступени находят по формуле:

$$\delta_2' = \delta_2''' \cdot \frac{\tau_2 - t_x}{\tau_{02}''' - t_x} = 6,31 \cdot \frac{70 - 5}{42,3 - 5} = 11^\circ\text{C}$$

$$\delta_1' = \delta_2' - \delta = 11 - 9,86 = 1,14^\circ\text{C}$$

По найденным значениям δ_1 и δ_2 и известным температурам воды отопительно-бытового графика ($\tau_1, \tau_{2,0}$) находят температуры на подающем и обратном трубопроводах при регулировании по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения:

$$\tau_1' = \tau_1 + \delta_1 = 130 + 1,14 = 131,14^\circ\text{C}$$

$$\tau_2' = \tau_{2,0} - \delta_2 = 70 - 11 = 59^\circ\text{C}$$

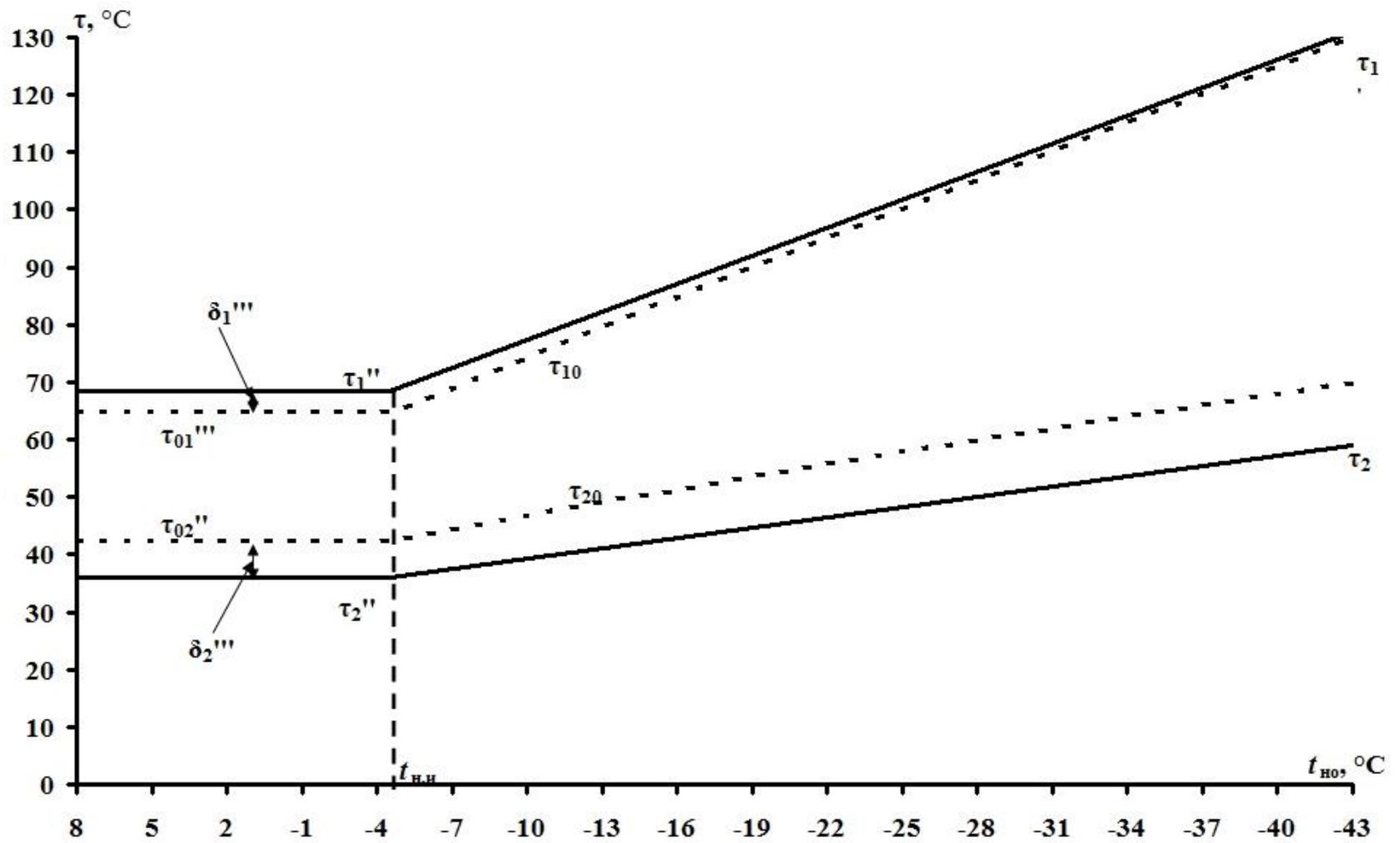


Рисунок 3 Температурный график по совмещенной нагрузке отопления и ГВС для проектируемой системы теплоснабжения микрорайона №18 г. Саяногорска.

4 Выбор системы теплоснабжения

В комплексной системе централизованного теплоснабжения среди трех основных ее элементов – источника теплоснабжения, тепловой сети и потребителя – тепловая сеть является не только соединительным, транспортным средством, но и звеном, определяющим надежность теплоснабжения потребителей, режим работы и показатели всей системы теплоснабжения. В понятие "тепловая сеть" при этом включается не только трубопроводы, соединяющие источник теплоснабжения с потребителем, но и все устройства этой сети – насосные станции и тепловые пункты. [4, стр.150]

Тепловые пункты подразделяются на индивидуальные тепловые пункты (ИТП) и центральные тепловые пункты (ЦТП).

Для обеспечения надежности теплоснабжения жилых домов выберем двухтрубную систему, с устройством индивидуального теплового пункта в каждом доме [4].

Водяные системы теплоснабжения применяются двух типов: закрытые и открытые. Из условия задания, система теплоснабжения микрорайона №18 г. Саяногорска проектируется закрытой. При закрытой системе теплоснабжения водопроводная вода, поступающая в установки горячего водоснабжения, не имеет прямого контакта с сетевой водой, так как подогрев водопроводной воды осуществляется на абонентских вводах в поверхностных водоводяных подогревателях. Преимуществом закрытой системы является гидравлическая изолированность водопроводной воды, поступающей в установки горячего водоснабжения, от воды, циркулирующей в тепловой сети [4].

Благодаря гидравлической изолированности водопроводной воды от сетевой обеспечивается стабильное качество горячей воды, поступающей в установки ГВС, такое же, как качество водопроводной воды. Прост контроль герметичности теплофикационной системы,

который проводится по расходу подпитки. Недостатками закрытых систем является выпадение накипи в водоводяных подогревателях и трубопроводах, а также их коррозии; сложность оборудования и эксплуатации абонентских вводов ГВС из-за установки водоводяных подогревателей [4].

Схемы присоединения систем отопления разделяют на зависимые без смешения воды, зависимые со смешением воды и независимые. Зависимое присоединение, при котором теплоноситель из теплосети без снижения температуры (без смешения) подают потребителю, является наиболее простым и удобным в эксплуатации. Применяют его при совпадении температур теплоносителя в системе отопления и в системе теплоснабжения. Как правило, не превышающих 95...105 °С. Теплоснабжение микрорайона №18 г. Саяногорска планируется осуществлять в соответствии с температурным повышенным графиком 131/59 (см. рис. 3). Следовательно, присоединение зданий по зависимой схеме без смешения воды невозможно осуществить [4].

Для присоединения зданий по зависимой схеме со смешением теплоносителя как правило применяют водоструйные насосы (гидроэлеваторы) нерегулируемые или регулируемые. Вследствие неработоспособности первых и неэффективности вторых в двухтрубных системах отопления с терморегуляторами широкое распространение получили схемы с насосным смешением воды. Основными причинами невозможности применения гидроэлеваторов в двухтрубных системах является несовместимость гидравлических режимов оборудования и недостаточность напора для энергоэффективного сочетания клапанов (терморегуляторов у отопительных приборов и автоматических балансировочных клапанов на стояках либо приборных ветках). Гидроэлеватор работает при постоянном гидравлическом режиме, а терморегуляторы в двухтрубной системе создают переменный гидравлический режим. При этом невозможно устранить колебания

давления теплоносителя, создаваемые работой терморегуляторов. Сочетание элеватора с терморегуляторами и клапанами ограничителями (регулятор расхода) делает систему отопления неработоспособной, поскольку элеватор не в состоянии обеспечить минимальные требуемые потери давления на регуляторе расхода (примерно 20 кПа) [4].

Оборудование абонентского ввода при зависимой схеме присоединения проще и дешевле, чем при независимой, при этом может быть получен несколько больший перепад температур сетевой воды в абонентской установке. Увеличение перепада температур воды уменьшает расход теплоносителя в сети, что может привести к снижению диаметров сети и экономии на начальной стоимости тепловой сети и на эксплуатационных расходах. Основным недостатком зависимой схемы присоединения является жесткая гидравлическая связь тепловой сети с нагревательными приборами абонентских установок, имеющими, как правило, пониженную механическую прочность, что ограничивает пределы допускаемых режимов работы системы централизованного теплоснабжения [4]. Это существенно снижает надежность и усложняет эксплуатацию систем теплоснабжения города Саяногорска. Поэтому сделан вывод о недопустимости присоединений зданий по зависимой схеме со смешением теплоносителя для системы теплоснабжения микрорайона №18 г. Саяногорска.

Особого подхода в обеспечении работоспособности требуют инженерные системы высотных зданий и зданий, расположенных на возвышенности. Сегодня преимущественным способом присоединения таких зданий осуществляется по независимой схеме подключения абонента, гидравлически отсоединяющее систему отопления от теплосети и минимизирующее аварийные ситуации [4].

Так как проектируемый микрорайон №18 г. Саяногорска имеет здания высотой более 30 метров, то для обеспечения надежности теплоснабжения жилых домов предусмотрим независимую схему

присоединения теплопотребляющих установок [23, стр.9]. Также, при независимой схеме снижаются утечки сетевой воды и легче обнаружить возникающие в процессе эксплуатации повреждения в системе теплоснабжения.

Кроме того, в обосновании выбора независимого присоединения становятся эксплуатационные требования работоспособности современных систем отопления. Условия эксплуатации насосов, поквартирных расходомеров, автоматических регуляторов теплогидравлических параметров теплоносителя, терморегуляторов, штампованных стальных радиаторов в большинстве своем требуют применения качественного теплоносителя. Например, без твердых примесей, без спуска воды из системы в теплый период года. Обеспечить такие условия возможно лишь при независимом подключении к теплосети [4].

Преимуществом независимого подключения является также тот факт, что система отопления в значительно меньшей мере подвержена влиянию изменения гидравлического режима теплосети со временем и меньше сама влияет на теплосеть. Независимое подключение способствует уменьшению объема теплоносителя в теплосети, а значит снижению затрат на водоподготовку. Особо важным является уменьшение инерционности теплосети, что в итоге приводит к улучшению качества предоставляемой услуги по отоплению зданий за счет своевременного реагирования центрального качественного регулирования на изменение погодных условий. Поэтому независимое подключение является предпочтительным и перспективным техническим решением для теплоснабжения зданий микрорайона № 18 г. Саяногорска.

5 Гидравлический расчёт тепловых сетей. Разработка гидравлического режима сети

При проектировании тепловой сети основная задача гидравлического расчета состоит в определении диаметров труб по заданным расходам теплоносителя и располагаемым перепадам давления в сети.

При проектировании в гидравлический расчет входят следующие задачи:

- определение диаметров трубопроводов;
- определение падения давления (напора);
- определение давлений (напоров) в различных точках сети.

Перед гидравлическим расчетом разработана схема тепловой сети. На ней указаны компенсаторы, задвижки, тепловые камеры, смотровые камеры (см. лист №2 ГЧ).

Тепловая сеть в данном случае является двухтрубной и соединяет источник тепловой энергии с центральным тепловым пунктом УТ 103-2 к которому присоединяются ответвления. При выборе трассировки тепловой сети учитывалось, что теплоснабжение микрорайона №18 г. Саяногорска будет происходить с существующей застройкой. Вследствие этого запроектирована подземная прокладка в каналах. Каналы ограждают трубопровод и тепловую изоляцию от непосредственного контакта с грунтом. Конструкция канала снимает нагрузку грунта с трубопровода. Прокладка трубопровода в каналах обеспечивает свободное температурное перемещение его как в продольном, так и в поперечном направлении.

Для компенсации температурных удлинений трубопроводов предусматривается установка односторонних и двухсторонних сальниковых компенсаторов. Компенсаторы предусматривается установить между неподвижными опорами в зависимости от диаметра трубопровода.

Задвижки запроектированы на ответвлениях и у источника. Кроме того на главной магистрали расстояние между задвижками:

Не более 1000 м при диаметре условного прохода $d_y=100-350$ мм.

Не более 1500 м при диаметре условного прохода $d_y=400$ мм.

Перед гидравлическим расчетом определим расчетные расходы сетевой воды, а затем суммарные на основании результатов расчета тепловой нагрузки.

5.1 Расчетные и суммарные расходы сетевой воды

5.1.1 Расчетный расход сетевой воды на отопление здания №1 для жилых помещений

$$G_{o1} = \frac{Q_{01}}{c \cdot (\tau_{10}^p - \tau_{20}^p)}, \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

где Q_{01} – расчетная нагрузка на отопление, жилых помещений здания №1, кВт, (см. табл.1); $c = 4,19 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ – теплоемкость воды; τ_{10}^p, τ_{20}^p – температура сетевой воды в подающей и обратной линии, в соответствии с повышенным температурным графиком, (см. рис. 3) $^{\circ}\text{C}$.

$$G_{o1} = \frac{1320,44}{4,19 \cdot (131,14 - 59)} = 4,37 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Расчетный расход сетевой воды на отопление здания №1 для магазина:

$$G_{o2} = \frac{Q_{02}}{c \cdot (\tau_{10}^p - \tau_{20}^p)}, \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

где Q_{02} – расчетная нагрузка на отопление, магазина здания №1, кВт, (см. табл.1).

$$G_{o2} = \frac{75,7}{4,19 \cdot (131,14 - 59)} = 0,25 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Расчетный расход сетевой воды на отопление здания №1 для аптеки:

$$G_{o3} = \frac{Q_{03}}{c \cdot (\tau_{10}^p - \tau_{20}^p)}, \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

где Q_{03} – расчетная нагрузка на отопление, аптеки здания №1, кВт, (см. табл.1).

$$G_{o3} = \frac{36,59}{4,19 \cdot (131,14 - 59)} = 0,121 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Расчетный расход сетевой воды на отопление здания №1 для офисов:

$$G_{o4} = \frac{Q_{04}}{c \cdot (\tau_{10}^p - \tau_{20}^p)}, \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

где Q_{04} – расчетная нагрузка на отопление, офисов здания №1, кВт, (см. табл.1).

$$G_{o4} = \frac{91,625}{4,19 \cdot (131,14 - 59)} = 0,303 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

5.1.2 Расчетный расход сетевой воды на вентиляцию здания №1 для жилых помещений

$$G_{e1} = \frac{Q_{e1}}{c \cdot (\tau_{10}^p - \tau_{20}^p)}, \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

где Q_{e1} – расчетная нагрузка на вентиляцию, жилых помещений здания №1, кВт (см. табл.1).

$$G_{e1} = \frac{0}{c \cdot (\tau_{10}^p - \tau_{20}^p)} = 0, \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

Расчетный расход сетевой воды на вентиляцию здания №1 для магазина:

$$G_{e2} = \frac{Q_{e2}}{c \cdot (\tau_{10}^p - \tau_{20}^p)}, \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

где Q_{e2} – расчетная нагрузка на вентиляцию, магазина здания №1, кВт (см. табл.1).

$$G_{\text{в}2} = \frac{9,08}{4,19 \cdot (131,14 - 59)} = 0,03 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Расчетный расход сетевой воды на вентиляцию здания №1 для аптеки:

$$G_{\text{в}3} = \frac{Q_{\text{в}3}}{c \cdot (\tau_{10}^p - \tau_{20}^p)}, \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

где $Q_{\text{в}3}$ – расчетная нагрузка на вентиляцию, аптеки здания №1, кВт (см. табл.1).

$$G_{\text{в}3} = \frac{4,39}{4,19 \cdot (131,14 - 59)} = 0,015 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Расчетный расход сетевой воды на вентиляцию здания №1 для офисов:

$$G_{\text{в}4} = \frac{Q_{\text{в}4}}{c \cdot (\tau_{10}^p - \tau_{20}^p)}, \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

где $Q_{\text{в}4}$ – расчетная нагрузка на вентиляцию, офисов здания №1, кВт (см. табл.1).

$$G_{\text{в}4} = \frac{11}{4,19 \cdot (131,14 - 59)} = 0,036 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

5.1.3 Расчетный максимальный расход сетевой воды на ГВС здания №1 для жилых помещений

$$G_{\text{гвс}01}^{\text{max}} = \frac{0,55 \cdot Q_{\text{гвс}01}^{\text{max}}}{c \cdot (\tau_1^{\text{м}} - \tau_2^{\text{м}})}, \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

где $Q_{\text{гвс}01}^{\text{max}}$ – расчетная максимальная нагрузка на ГВС, кВт (см. табл. 1);

$\tau_{1И}^p - \tau_{2И}^p$ – соответственно температура сетевой воды в подающем и обратном трубопроводе тепловой сети в точке излома повышенного температурного графика, рис. 3, °С.

$$G_{\text{гвс}01}^{\text{max}} = \frac{0,55 \cdot 620,51}{4,19 \cdot (68,55 - 35,99)} = 2,502 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Расчетный максимальный расход сетевой воды на ГВС здания №1 для магазина:

$$G_{гвс02}^{\max} = \frac{0,55 \cdot Q_{гвс02}^{\max}}{c \cdot (\tau_1^{\max} - \tau_2^{\max})}, \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

где $Q_{гвс02}^{\max}$ – расчетная максимальная нагрузка на ГВС, кВт (см. табл. 1).

$$G_{гвс02}^{\max} = \frac{0,55 \cdot 13,61}{4,19 \cdot (68,55 - 35,99)} = 0,055 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Расчетный максимальный расход сетевой воды на ГВС здания №1 для аптеки:

$$G_{гвс03}^{\max} = \frac{0,55 \cdot Q_{гвс03}^{\max}}{c \cdot (\tau_1^{\max} - \tau_2^{\max})}, \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

где $Q_{гвс03}^{\max}$ – расчетная максимальная нагрузка на ГВС, кВт (см. табл. 1).

$$G_{гвс03}^{\max} = \frac{0,55 \cdot 0,01}{4,19 \cdot (68,55 - 35,99)} = 0,001 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Расчетный максимальный расход сетевой воды на ГВС здания №1 для офисов:

$$G_{гвс04}^{\max} = \frac{0,55 \cdot Q_{гвс04}^{\max}}{c \cdot (\tau_1^{\max} - \tau_2^{\max})}, \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

где $Q_{гвс04}^{\max}$ – расчетная максимальная нагрузка на ГВС, кВт (см. табл. 1).

$$G_{гвс04}^{\max} = \frac{0,55 \cdot 2,09}{4,19 \cdot (68,55 - 35,99)} = 0,008 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

5.1.4 Суммарный расчетный расход сетевой воды для здания №1

$$\sum G_{\text{№1}} = \sum G_{oi} + \sum G_{ei} + \sum G_{гвс0i}^{\max} = 6,87 + 0,335 + 0,136 + 0,348 = 7,689 \text{ кг/с}.$$

Аналогичные расчеты производим для остальных зданий. Результаты сведены в таблицу 8.

Таблица 8 – Расчетные и суммарные расходы сетевой воды.

Номер на сводном плане (ГЧ Лист №1)	Назначение помещений	G_o , кг/с	G_b , кг/с	$G_{звс}^{max}$, кг/с	$\sum G$, кг/с
1	Квартиры	4,368	0,000	2,502	6,870
	Магазин	0,250	0,030	0,055	0,335
	Аптека	0,121	0,015	0,001	0,136
	Офисы	0,303	0,036	0,008	0,348
Суммарный расход сетевой воды на здание №1, кг/с					7,689
2	Квартиры	3,894	0,000	2,188	6,081
	Офисы	0,382	0,046	0,011	0,439
Суммарный расход сетевой воды на здание №2, кг/с					6,520
3	Квартиры	4,443	0,000	2,491	6,935
	Магазин	0,248	0,030	0,055	0,333
	Офисы	0,744	0,089	0,017	0,851
Суммарный расход сетевой воды на здание №3, кг/с					8,118
4	Квартиры	4,195	0,000	2,471	6,666
	ЖЭО	0,248	0,030	0,001	0,279
	Офисы	0,310	0,037	0,008	0,356
Суммарный расход сетевой воды на здание №4, кг/с					7,301
5	Квартиры	1,059	0,000	0,567	1,626
Суммарный расход сетевой воды на здание №5, кг/с					1,626
6	Квартиры	0,999	0,000	0,567	1,566
Суммарный расход сетевой воды на здание №6, кг/с					1,566
7	Квартиры	4,215	0,000	2,593	6,807
Суммарный расход сетевой воды на здание №7, кг/с					6,807
8	Квартиры	4,402	0,000	2,572	6,975
	Магазин	0,288	0,035	0,064	0,387
Суммарный расход сетевой воды на здание №8, кг/с					7,361
9	Квартиры	4,369	0,000	2,552	6,922
	Офисы	0,164	0,020	0,006	0,190
Суммарный расход сетевой воды на здание №9, кг/с					7,111
10	Квартиры	4,036	0,000	2,056	6,092
	Магазин	0,496	0,060	0,110	0,666
	Аптека	0,041	0,005	0,001	0,047
	Офисы	0,620	0,074	0,014	0,709
Суммарный расход сетевой воды на здание №10, кг/с					7,513
11	Квартиры	1,131	0,000	0,719	1,850
Суммарный расход сетевой воды на здание №11, кг/с					1,850
12	Квартиры	1,292	0,000	0,709	2,001
Суммарный расход сетевой воды на здание №12, кг/с					2,001
13	Физкультурно-оздоровительный комплекс	1,392	0,167	0,675	2,234
Суммарный расход сетевой воды на здание №13, кг/с					2,234
14	Общеобразовательная школа строение 1	4,192	0,503	0,068	4,763

Продолжение таблицы 8

Суммарный расход сетевой воды на здание №14, кг/с					4,763
15	Общеобразовательная школа строение 2	4,192	0,503	0,068	4,763
Суммарный расход сетевой воды на здание №15, кг/с					4,763
16	Детский сад-ясли	2,475	0,297	0,180	2,952
Суммарный расход сетевой воды на здание №16, кг/с					2,952
17	Детский сад-ясли	2,475	0,297	0,180	2,952
Суммарный расход сетевой воды на здание №17, кг/с					2,952
18	Подземный гараж	0,223	0,049	0,000	0,272
Суммарный расход сетевой воды на здание №18, кг/с					0,272
19	Подземный гараж	0,223	0,049	0,000	0,272
Суммарный расход сетевой воды на здание №19, кг/с					0,272
20	Подземный гараж	0,223	0,049	0,000	0,272
Суммарный расход сетевой воды на здание №20, кг/с					0,272
21	Подземный гараж	0,263	0,058	0,000	0,321
Суммарный расход сетевой воды на здание №21, кг/с					0,321
22	Подземный гараж	0,102	0,022	0,000	0,125
Суммарный расход сетевой воды на здание №22, кг/с					0,125
23	Подземный гараж	0,102	0,022	0,000	0,125
Суммарный расход сетевой воды на здание №23, кг/с					0,125
24	Подземный гараж	0,102	0,022	0,000	0,125
Суммарный расход сетевой воды на здание №24, кг/с					0,125
25	Подземный гараж	0,113	0,025	0,000	0,138
Суммарный расход сетевой воды на здание №25, кг/с					0,138
ИТОГО:					84,776

5.2 Методика гидравлического расчета тепловой сети

Гидравлический расчет главной магистрали и ответвлений.

В ходе расчета принимаем, что эквивалентная шероховатость водопроводов равна:

$$k_s = 0,5 \text{ мм},$$

а плотность воды при температуре 100°C :

$$\rho = 958,3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Располагаемый перепад давлений в тепловой сети необходимо обосновывать технико-экономическими расчетами. Так как отсутствуют данные для экономического обоснования, удельные потери давления вдоль главной магистрали принимаем [3, С.163]:

$$R_{л.ср}, = 75 \frac{\text{Па}}{\text{м}}.$$

Вдоль ответвлений:

$$R_{л.ср} = 300 \frac{\text{Па}}{\text{м}}.$$

По номограмме V1.2 [3, С.162], при $R_{л.ср} = 75 \frac{\text{Па}}{\text{м}}$ для главной магистрали и $R_{л.ср} = 300 \frac{\text{Па}}{\text{м}}$ для ответвлений, а также расчетным расходам участков тепловой сети G_i , кг/с определяем ближайший стандартный диаметр трубы для данного участка. При уже выбранном значении стандартного диаметра d , мм и известного расчетного расхода определяем действительные удельные потери давления на участках, R_d , а также скорость теплоносителя (сетевой воды) ω , м/с.

Объемный расход воды в трубопроводе:

$$V = \frac{G}{\rho}, \text{ м}^3 / \text{с}$$

Скорость воды в трубопроводе:

$$\omega = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot d^2}, \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Предельное число Рейнольдса:

$$\text{Re}_{np} = 568 \cdot \frac{d}{k_s}$$

Действительное число Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d}{\nu}$$

Коэффициент гидравлического трения при $2300 < \text{Re} < \text{Re}_{np}$:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{k_s}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}$$

Коэффициент гидравлического трения при $\text{Re} > \text{Re}_{np}$:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{k_{\Sigma}}{d} \right)^{0,25}$$

где эквивалентная шероховатость трубопровода $k_{\Sigma} = 0,5$ мм.

Действительное удельное падение давления:

$$R_{\lambda} = \frac{\lambda \cdot \omega^2 \cdot \rho}{2 \cdot d}$$

Суммарная эквивалентная длина местных сопротивлений на участках $\Sigma L_{\Sigma(i)}$ определяется в зависимости от наименования местных сопротивлений (задвижка, тройник при делении потоков, компенсаторы, внезапное сужение, отводы крутоизогнутые и т.д.) и значении наружных диаметров труб d , мм [3, приложение 17].

Потери давления на участке [3, С.164]:

$$\Delta P = R_{\lambda(i)} \cdot (L_i + \Sigma L_{\Sigma(i)}), \text{ Па.}$$

В линейных единицах потери давления составляют [3, С.159]:

$$\Delta H_i = \frac{\Delta P_i}{g \cdot \rho}, \text{ м. вод. ст.,}$$

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

Результаты расчета приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Результаты гидравлического расчета микрорайона №18 г. Саяногорска.

№ участка	G, кг/с	d, мм	L, м	V, м ³ /с	ω, м/с	Reпр	Re	λ	Rл, Па/м	Lэ, м	ΔP, Па	ΔH, м.в.ст.	ΣΔH, м.в.ст.
Центральная магистраль подающего трубопровода (1)													
5	2,088	80	111,53	0,00218	0,43	90880	118014	0,0309	34,8	62	6046	0,643	3,832
8	16,726	184	116,76	0,01745	0,66	209024	411023	0,0251	28,2	87	5747	0,611	3,189
10	18,352	184	137,68	0,01915	0,72	209024	450980	0,0251	34,0	59	6679	0,710	2,578
12	26,041	200	77,33	0,02717	0,87	227200	588734	0,0246	44,1	48	5531	0,588	1,867
15	31,076	250	234,1	0,03243	0,66	284000	562052	0,0233	19,5	86	6235	0,663	1,279
27	58,357	300	138,5	0,06090	0,86	340800	879556	0,0222	26,4	81	5789	0,616	0,616
Центральная магистраль подающего трубопровода (2)													
18	14,108	150	125,32	0,01472	0,83	170400	425271	0,0264	58,7	50	10284	1,094	3,270
20	17,06	184	75,16	0,01780	0,67	209024	419231	0,0251	29,3	76	4436	0,472	2,176
23	22,246	200	90,67	0,02321	0,74	227200	502937	0,0246	32,2	72	5239	0,557	1,704
26	26,281	200	52,08	0,02742	0,87	227200	594160	0,0246	45,0	59	4993	0,531	1,147
27	58,357	300	138,5	0,06090	0,86	340800	879556	0,0222	26,4	81	5789	0,616	0,616
Центральная магистраль подающего трубопровода (3)													
31	2,171	80	26,28	0,00227	0,45	90880	122705	0,0309	37,7	56	3099	0,330	2,988
33	2,434	80	121,05	0,00254	0,51	90880	137570	0,0309	47,3	61	8619	0,917	2,658
35	9,795	150	23,17	0,01022	0,58	170400	295260	0,0264	28,3	60	2352	0,250	1,741
37	16,906	184	87,6	0,01764	0,66	209024	415446	0,0251	28,8	68	4484	0,477	1,491
39	18,907	184	43,22	0,01973	0,74	209024	464619	0,0251	36,0	73	4189	0,446	1,014
41	26,42	200	37,67	0,02757	0,88	227200	597303	0,0246	45,4	80	5345	0,569	0,569
Центральная магистраль обратного трубопровода (1)													
5	2,088	80	111,53	0,00218	0,43	90880	118014	0,0309	34,8	62	6046	0,643	3,832
8	16,726	184	116,76	0,01745	0,66	209024	411023	0,0251	28,2	87	5747	0,611	3,189
10	18,352	184	137,68	0,01915	0,72	209024	450980	0,0251	34,0	59	6679	0,710	2,578
12	26,041	200	77,33	0,02717	0,87	227200	588734	0,0246	44,1	48	5531	0,588	1,867
15	31,076	250	234,1	0,03243	0,66	284000	562052	0,0233	19,5	86	6235	0,663	1,279
27	58,357	300	138,5	0,06090	0,86	340800	879556	0,0222	26,4	81	5789	0,616	0,616
Центральная магистраль обратного трубопровода (2)													
18	14,108	150	125,32	0,01472	0,83	170400	425271	0,0264	58,7	50	10284	1,094	3,270

Продолжение таблицы 9

20	17,06	184	75,16	0,01780	0,67	209024	419231	0,0251	29,3	76	4436	0,472	2,176
23	22,246	200	90,67	0,02321	0,74	227200	502937	0,0246	32,2	72	5239	0,557	1,704
26	26,281	200	52,08	0,02742	0,87	227200	594160	0,0246	45,0	59	4993	0,531	1,147
27	58,357	300	138,5	0,06090	0,86	340800	879556	0,0222	26,4	81	5789	0,616	0,616
Центральная магистраль обратного трубопровода (3)													
31	2,171	80	26,28	0,00227	0,45	90880	122705	0,0309	37,7	56	3099	0,330	2,988
33	2,434	80	121,05	0,00254	0,51	90880	137570	0,0309	47,3	61	8619	0,917	2,658
35	9,795	150	23,17	0,01022	0,58	170400	295260	0,0264	28,3	60	2352	0,250	1,741
37	16,906	184	87,6	0,01764	0,66	209024	415446	0,0251	28,8	68	4484	0,477	1,491
39	18,907	184	43,22	0,01973	0,74	209024	464619	0,0251	36,0	73	4189	0,446	1,014
41	26,42	200	37,67	0,02757	0,88	227200	597303	0,0246	45,4	80	5345	0,569	0,569
Ответвления от центральной магистрали (1) подающего трубопровода													
1	0,125	32	81,33	0,00013	0,16	36352	17663	0,0411	16,2	73	2500	0,266	4,098
2	1,566	70	36,08	0,00163	0,42	79520	101156	0,0320	39,5	72	4270	0,454	4,286
3	0,125	32	60,32	0,00013	0,16	36352	17663	0,0411	16,2	70	2111	0,225	4,057
4	0,272	32	38,9	0,00028	0,35	36352	38434	0,0389	72,6	75	8270	0,880	4,712
6	8,118	125	103,46	0,00847	0,69	142000	293654	0,0277	50,6	77	9128	0,971	4,160
7	6,52	125	32,07	0,00680	0,55	142000	235849	0,0277	32,6	68	3265	0,347	3,536
9	1,626	70	89,5	0,00170	0,44	79520	105031	0,0320	42,6	72	6879	0,732	3,310
11	7,689	125	7,218	0,00802	0,65	142000	278135	0,0277	45,4	69	3459	0,368	2,235
13	0,272	32	73,214	0,00028	0,35	36352	38434	0,0389	72,6	74	10689	1,137	2,416
14	4,763	100	43,534	0,00497	0,63	113600	215366	0,0293	56,2	76	6716	0,714	1,993
Ответвления от центральной магистрали (2) подающего трубопровода													
16	7,301	125	29,029	0,00762	0,62	142000	264100	0,0277	40,9	75	4256	0,453	3,723
17	6,807	125	20,16	0,00710	0,58	142000	246231	0,0277	35,6	77	3455	0,368	3,638
19	2,952	80	56,04	0,00308	0,61	90880	166849	0,0309	69,6	80	9474	1,008	3,184
21	2,234	70	36,28	0,00233	0,61	79520	144305	0,0320	80,4	61	7822	0,832	2,536
22	2,952	80	31,52	0,00308	0,61	90880	166849	0,0309	69,6	68	6931	0,737	2,441
24	4,763	100	30,11	0,00497	0,63	113600	215366	0,0293	56,2	75	5906	0,628	1,775
25	0,272	32	16	0,00028	0,35	36352	38434	0,0389	72,6	76	6680	0,711	1,858
Ответвления от центральной магистрали (3) подающего трубопровода													

Продолжение таблицы 9

28	0,125	32	65,7	0,00013	0,16	36352	17663	0,0411	16,2	72	2231	0,237	2,895
29	1,85	70	6,54	0,00193	0,50	79520	119501	0,0320	55,1	73	4386	0,467	3,125
30	0,321	32	6,02	0,00033	0,42	36352	45358	0,0389	101,1	79	8597	0,915	3,573
32	0,138	32	71,73	0,00014	0,18	36352	19500	0,0409	19,7	74	2864	0,305	2,963
34	7,361	125	34,49	0,00768	0,63	142000	266271	0,0277	41,6	72	4429	0,471	2,212
36	7,111	125	20,99	0,00742	0,60	142000	257227	0,0277	38,8	73	3648	0,388	1,879
38	2,001	70	91,07	0,00209	0,54	79520	129254	0,0320	64,5	75	10712	1,140	2,154
40	7,513	125	27,35	0,00784	0,64	142000	271769	0,0277	43,3	69	4174	0,444	1,013
Ответвления от центральной магистрали (1) обратного трубопровода													
1	0,125	32	81,33	0,00013	0,16	36352	17663	0,0411	16,2	73	2500	0,266	4,098
2	1,566	70	36,08	0,00163	0,42	79520	101156	0,0320	39,5	72	4270	0,454	4,286
3	0,125	32	60,32	0,00013	0,16	36352	17663	0,0411	16,2	70	2111	0,225	4,057
4	0,272	32	38,9	0,00028	0,35	36352	38434	0,0389	72,6	75	8270	0,880	4,712
6	8,118	125	103,46	0,00847	0,69	142000	293654	0,0277	50,6	77	9128	0,971	4,160
7	6,52	125	32,07	0,00680	0,55	142000	235849	0,0277	32,6	68	3265	0,347	3,536
9	1,626	70	89,5	0,00170	0,44	79520	105031	0,0320	42,6	72	6879	0,732	3,310
11	7,689	125	7,218	0,00802	0,65	142000	278135	0,0277	45,4	69	3459	0,368	2,235
13	0,272	32	73,214	0,00028	0,35	36352	38434	0,0389	72,6	74	10689	1,137	2,416
14	4,763	100	43,534	0,00497	0,63	113600	215366	0,0293	56,2	76	6716	0,714	1,993
Ответвления от центральной магистрали (2) обратного трубопровода													
16	7,301	125	29,029	0,00762	0,62	142000	264100	0,0277	40,9	75	4256	0,453	3,723
17	6,807	125	20,16	0,00710	0,58	142000	246231	0,0277	35,6	77	3455	0,368	3,638
19	2,952	80	56,04	0,00308	0,61	90880	166849	0,0309	69,6	80	9474	1,008	3,184
21	2,234	70	36,28	0,00233	0,61	79520	144305	0,0320	80,4	61	7822	0,832	2,536
22	2,952	80	31,52	0,00308	0,61	90880	166849	0,0309	69,6	68	6931	0,737	2,441
24	4,763	100	30,11	0,00497	0,63	113600	215366	0,0293	56,2	75	5906	0,628	1,775
25	0,272	32	16	0,00028	0,35	36352	38434	0,0389	72,6	76	6680	0,711	1,858
Ответвления от центральной магистрали (3) обратного трубопровода													
28	0,125	32	65,7	0,00013	0,16	36352	17663	0,0411	16,2	72	2231	0,237	2,895
29	1,85	70	6,54	0,00193	0,50	79520	119501	0,0320	55,1	73	4386	0,467	3,125
30	0,321	32	6,02	0,00033	0,42	36352	45358	0,0389	101,1	79	8597	0,915	3,573

Продолжение таблицы 9

32	0,138	32	71,73	0,00014	0,18	36352	19500	0,0409	19,7	74	2864	0,305	2,963
34	7,361	125	34,49	0,00768	0,63	142000	266271	0,0277	41,6	72	4429	0,471	2,212
36	7,111	125	20,99	0,00742	0,60	142000	257227	0,0277	38,8	73	3648	0,388	1,879
38	2,001	70	91,07	0,00209	0,54	79520	129254	0,0320	64,5	75	10712	1,140	2,154
40	7,513	125	27,35	0,00784	0,64	142000	271769	0,0277	43,3	69	4174	0,444	1,013

5.3 Построение пьезометрического графика

Пьезометрический график дает наглядное представление о давлении или напоре в любой точке тепловой сети [4].

Пьезометрический график строится по всей длине тепловой сети, т.е. тепловую сеть вытягиваем в одну линию (главную магистраль и ответвления). Если ИТП подключен напрямую, то мысленно осуществляем поворот трассы ответвления на 90° и строим пьезометры на графике [4].

Построение пьезометрического графика производится на основании данных гидравлического расчета (см. табл. 9) в следующей последовательности:

1) Вычерчивается профиль местности по геодезическим отметкам на генплане (см. лист 1 ГЧ) и наносятся отметки высот характерных зданий на профиль в принятом масштабе (1 этаж – 3 м).

2) Проводится линия статического напора ($H_{ст}$), обеспечивающего заполнение системы водой на 5 м выше самого высокого абонента здания №1 для главной магистрали 1 и 2, №10 для главной магистрали 3.

3) Устанавливаем предельное положение пьезометрического графика обратного трубопровода в динамическом режиме, исходя из того, что:

– максимальный пьезометрический напор не должен превышать 60 м в радиаторах нижних этажей зданий;

– для защиты системы отопления от опорожнения пьезометрическая линия должна быть не менее чем на 3 м выше самого высокого абонента установленного в предыдущем абзаце.

4) проводим линию падения давления по напору, обратную линии тепловой сети от точки врезки до конечного абонента, где действительный уклон пьезометрической линии обратного трубопровода определяется по данным гидравлического расчета. Падение давления в главной магистрали тепловой сети равномерное, поэтому получаем прямую. В действительности на ответвлениях от главной магистрали наблюдается некоторое незначительное

падение давления на преодоление дополнительного сопротивления (поворот), но мы его учитываем в гидравлическом расчете главной магистрали.

5) строится линия потерь напора у конечного абонента.

6) строится пьезометр для подающего трубопровода (зеркальное отображение обратного)

Результаты построения пьезометрических графиков представлены на рисунке 4 и 5.

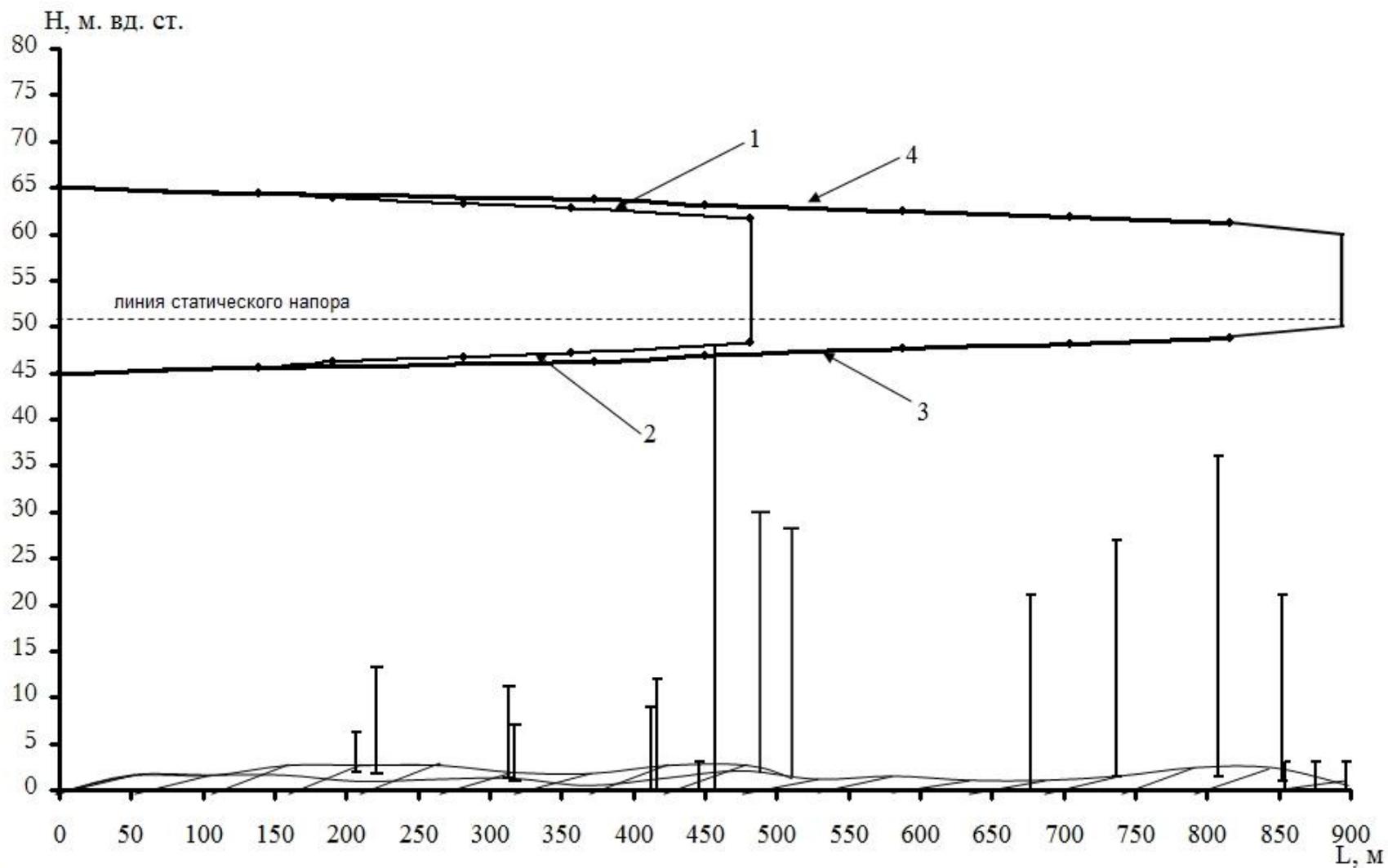


Рисунок 4 Пьезометрический график 1 и 2 магистрали. 1 – график напоров подающей линии сети 2; 2 – график напоров обратной линии сети 2; 3 – график напоров подающей линии сети 1; 4 – график напоров обратной линии сети 1.

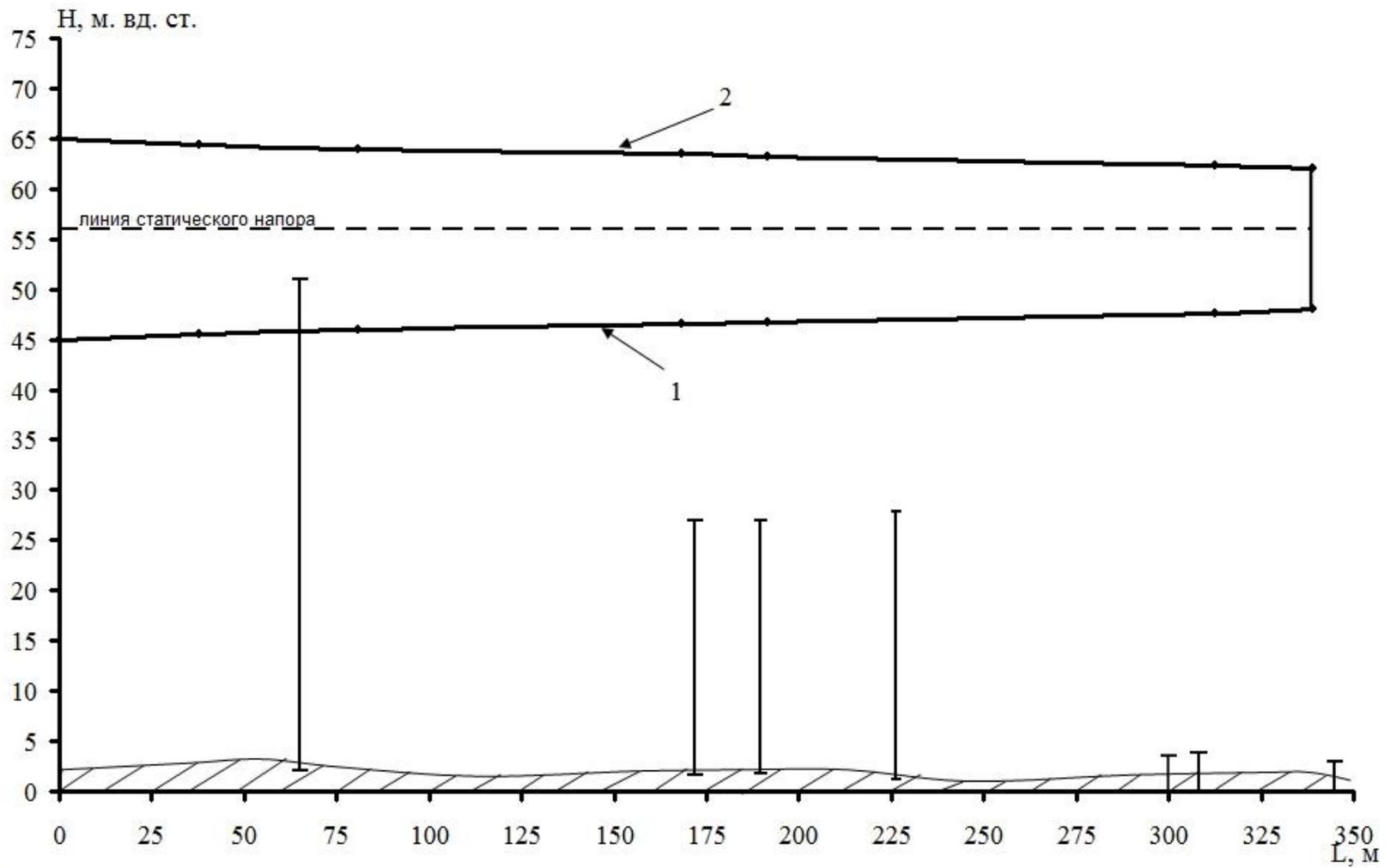


Рисунок 5 Пьезометрический график 3 магистрали. 1 – график напоров подающей линии сети 3; 2 – график напоров обратной линии сети 3.

5.4 Подбор сетевых и подпиточных насосов

Напор сетевых насосов определялся для отопительного периода, и принимался равным сумме потерь давления в ЦТП 103-2, в подающем и обратном трубопроводах от источника до наиболее удаленного потребителя здания №3 по первой и второй главной магистрали, здания №10 по третьей магистрали и в системе потребителя при суммарных расчетных расходах воды.

Производительность рабочих сетевых насосов принималась по суммарному расчетному расходу воды на головном участке тепловой сети для отопительного периода (табл. 9), кг/с:

- для первой и второй магистрали расход на общем участке №27 главной магистрали: $58,357 = 0,058 \text{ м}^3/\text{с}$;

- для третьей магистрали на участке № 41: $26,43 = 0,026 \text{ м}^3/\text{с}$.

Напор сетевых насосов, м:

- для первой и второй магистрали: 75.

- для третьей магистрали: 75

Подбор насосов осуществляем по ГОСТ 10272-87. Для 1 и 2 магистрали: Д200-95, для 3 магистрали Д200-95.

Напор подпиточного насоса определялся из условия поддержания в тепловых сетях статического давления равного 51 м.в.ст. для 1 и 2 магистрали, 52,36 м.в.ст. для 3 магистрали и проверялся для условий работы сетевых насосов в отопительный период. Так как теплоснабжение микрорайона №18 по 3 магистралям осуществляется от ЦТП 103-2, то напор принимается максимальный 52,36 м.в.ст..

Производительность, рабочих подпиточных насосов в закрытых системах теплоснабжения, следует принимать равной расходу воды на компенсацию утечек, из тепловой сети в количестве 20 % от объема воды, находящейся в трубопроводах и присоединенных абонентских систем.

Объем воды в системе теплоснабжения, м^3 :

$$V_3 = Q_3 \cdot (V_c + V_m),$$

$$V_3 = 20,689 \cdot (40 + 30) = 1448,23, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $Q_3 = \sum Q^{\max}$ – тепловая нагрузка системы теплоснабжения, МВт (рис. 1); V_c , V_m – удельные объемы сетевой воды соответственно в ТПУ, наружных сетях и в местных системах соответственно, $\text{м}^3/(\text{МВт ч})$.

Для жилых районов рекомендуется принимать :

$$V_c = 40\text{--}43 \text{ м}^3/\text{МВт}; V_m = 30\text{--}32 \text{ м}^3/\text{МВт}.$$

Производительность подпиточных насосов, $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$G_{\text{под.сет.}} = 1158,58$$

Марка насоса К45/30. (2шт.)

6 Расчёт и выбор основного оборудования индивидуального теплового пункта

Индивидуальный тепловой пункт (ИТП) применяется для присоединения к тепловой сети систем отопления, ГВС, вентиляции и кондиционирования отдельного здания. Компоновку ИТП выполняют индивидуально, с учетом размеров помещения теплового пункта [4]. В любом тепловом пункте предусматривают размещение основного и вспомогательного оборудования, арматуры, приборов контроля, управления и автоматизации, посредством которых осуществляют:

- преобразование вида теплоносителя или его параметров;
- контроль параметров теплоносителя;
- учет тепловых потоков, расходов теплоносителя;
- регулирование расхода теплоносителя и распределение его по системам потребления теплоты;
- защиту местных систем от аварийного повышения параметров теплоносителя;
- заполнение и подпитку систем теплоснабжения;
- аккумулирование теплоты;
- водоподготовку для систем горячего водоснабжения.

Перечисленные мероприятия, в зависимости от назначения теплового пункта и местных условий, могут применять все, либо частично. Осуществляют данные мероприятия соответствующим подбором оборудования тепловых пунктов [4].

Теплоснабжение микрорайона №18 г. Саяногорска планируется осуществлять по закрытой схеме, с присоединением подогревателей ГВС по двухступенчатой последовательной схеме (см. пункт 3). Присоединение систем отопления зданий микрорайона №18 г. Саяногорска к тепловой сети должно быть осуществлено по независимой схеме (см. пункт 4) с одним теплообменником. В соответствии с выше перечисленным, руководствуясь

СНиП 41-101-95 “Проектирование тепловых пунктов” выбрана типовая принципиальная схема ИТП для зданий микрорайона №18 г. Саяногорска (см. ГЧ 3).

Перечень оборудования, установленного в местном тепловом пункте, зависит от схем подключения систем отопления и ГВС, параметров теплоносителя, режимов потребления тепла и других факторов.

К основному оборудованию индивидуальных тепловых пунктов относят водоводяные подогреватели, циркуляционные, смесительные и подпиточные насосы.

6.1 Расчет водоводяных теплообменников системы ГВС

Ниже приводится расчет и выбор водоподогревательной установки пластинчатого теплообменника собранного из пластин 0,6р для системы горячего водоснабжения здания №1.

Регулирование отпуска теплоты для данного здания в системе централизованного теплоснабжения принято центральное, качественное по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения (см. пункт 2).

Температура теплоносителя (греющей воды) в тепловой сети в соответствии с принятым для данной системы теплоснабжения графиком изменения температуры воды в зависимости от температуры наружного воздуха принята:

при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления $t_0 = -43$ °С:

в подающем трубопроводе $\tau_1 = 131,14$ °С;

в обратном трубопроводе $\tau_2 = 59$ °С;

в точке излома графика температуры $t'_H = -4,5$ °С:

в подающем трубопроводе $\tau'_1 = 68,55$ °С;

в обратном трубопроводе $\tau'_2 = 36$ °С.

Температура холодной водопроводной (нагреваемой) воды в отопительный период, поступающей в водоподогреватель I ступени, $t_c = 2 \text{ }^\circ\text{C}$ (по данным эксплуатации тепловых сетей г. Саяногорска).

Температура воды, поступающей в систему горячего водоснабжения на выходе из II ступени водоподогревателя $t_h = 55 \text{ }^\circ\text{C}$.

Максимальный тепловой поток на отопление потребителей, здания №1, $Q_o = 1524,36 \text{ кВт}$ (см. табл.2).

Расчетная тепловая производительность водоподогревателей $Q_h^{SP} = Q_{звс}^{\max} \cdot 636,32 \text{ кВт}$ (см. табл. 4).

Максимальный расчетный секундный расход воды на горячее водоснабжение $g_h = 2.565 \text{ кг/с} = 9234 \text{ кг/ч}$.

Проверяем соотношение ходов в теплообменнике I ступени, принимая $\Delta P_H = 100 \text{ кПа}$ и $\Delta P_{ГР} = 40 \text{ кПа}$:

$$\frac{X_1}{X_2} = \left(\frac{G_{h\max}}{G_d} \right)^{0,636} \cdot \left(\frac{\Delta P_{зп}}{\Delta P_n} \right)^{0,364} \cdot \frac{1000 - t_{cp}^n}{1000 - t_{cp}^{зп}}$$

$$\frac{X_1}{X_2} = \left(\frac{9,234 \cdot 10^3}{27,68 \cdot 10^3} \right)^{0,636} \cdot \left(\frac{40}{100} \right)^{0,364} \cdot \left(\frac{1000 - 19,5}{1000 - 36} \right) = 0,36,$$

где G_d – расчетный расход воды из тепловой сети на тепловой пункт $7,689 \cdot 3600 = 27,68 \cdot 10^3$, кг/ч (см. табл.9); $G_{h\max}$ – максимальный расход воды в системе горячего водоснабжения, кг/ч.

Соотношение ходов не превышает 2, следовательно, принимается симметричная компоновка теплообменника.

По оптимальной скорости нагреваемой воды определяем требуемое число каналов по формуле:

$$m_H = \frac{G_{h\max}}{W_{opt} \cdot f_k \cdot \rho \cdot 3600}$$

$$m_H = \frac{68 \cdot 10^3}{0.4 \cdot 0.00245 \cdot 10^3 \cdot 3600} = 2,6,$$

где W_{opt} – оптимальная скорость нагреваемой воды, принимаем 0,4 м/с; f_k – живое сечение одного межпластинчатого канала, принимаем 0,00245; ρ – плотность воды, кг/м³.

Общее живое сечение каналов в пакете определяем по формуле:

$$f_{zp} = f_n = m_n f_k$$

$$f_{zp} = f_n = 3 \cdot 0,00245 = 7,35 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

где m_n принимаем равным 3.

Фактические скорости греющей и нагреваемой воды по формулам:

$$W^{zp} = \frac{G_d}{3600 f_{zp} \rho}$$

$$W^{zp} = \frac{27,68 \cdot 10^3}{3600 \cdot 1,35 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3} = 1,046 \text{ м/с}$$

$$W^h = \frac{G_{hmax}}{3600 f_n \rho}$$

$$W^h = \frac{9234 \cdot 10^3}{3600 \cdot 7,35 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3} = 0,349 \text{ м/с}$$

Расчет водоподогревателя I ступени.

Коэффициент теплоотдачи от греющей воды к стенке пластины:

$$\alpha_1 = 1,16A \left[23000 + 283t_{cp}^{zp} - 0,63(t_{cp}^{zp})^2 \right] W^{zp,0,73}$$

где $t_{cp}^{zp} = \frac{t_{вх}^{zp} + t_{вых}^{zp}}{2}$, принимая из [10] $A = 0,492$.

$$\alpha_1 = 1,16 \cdot 0,492 \left(23000 + 283 \cdot 36 - 0,63 \cdot 36^2 \right) \cdot 1,046^{0,73} = 19093 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

Коэффициент тепловосприятия от стенки пластины к нагреваемой воде:

$$\alpha_2 = 1,16A \left[23000 + 283t_{cp}^h - 0,63(t_{cp}^h)^2 \right] W_n^{0,73}$$

$$t_{cp}^h = \frac{t_{вх}^h + t_{вых}^h}{2}$$

$$\alpha_2 = 1,16 \cdot 0,492 \left(23000 + 283 \cdot 19,5 - 0,63 \cdot 19,5^2 \right) \cdot 0,385^{0,73} = 7484 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

Коэффициент теплопередачи:

$$k = \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

где β – коэффициент, учитывающий уменьшение коэффициента теплопередачи из-за термического сопротивления накипи и загрязнений на пластине, в зависимости от качества воды принимается равным 0,7 — 0,85.

$$k'' = \frac{0,8}{\frac{1}{19093} + \frac{0,001}{16} + \frac{1}{7484}} = 3219 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}),$$

Требуемая поверхность нагрева водоподогревателя I ступени:

$$F = \frac{Q_h^{SP}}{k \Delta t_{cp}}$$

где Δt_{cp} — среднелогарифмическая разность температур между греющей и нагреваемой водой (температурный напор) °C.

$$F_{mp} = \frac{2,76 \cdot 10^6}{2638 \cdot 16,5} = 4,99 \text{ м}^2$$

Количество ходов (или пакетов при разделении на одноходовые теплообменники):

$$X = \frac{F_{mp} + f_{nl}}{2m f_{nl}}$$

$$X = \frac{64,99 + 0,6}{2 \cdot 3 \cdot 0,6} = 1,58$$

Принимаем два хода.

Действительная поверхность нагрева водоподогревателя I ступени:

$$F = (2mX - 1) f_{nl}$$

$$F^I = (2 \cdot 3 \cdot 2 - 1) 0,6 = 5,68 \text{ м}^2$$

Потери давления I ступени водоподогревателя по греющей воде:

$$\Delta P_{cp} = \phi B (33 - 0,08 t_{cp}^{sp}) W_{cp}^{1,75} X;$$

$$\Delta P_{cp}^I = 1 \cdot 3 (33 - 0,08 \cdot 36) 1,046^{1,75} \cdot 2 = 195 \text{ кПа}$$

где φ — коэффициент, учитывающий накипеобразование, который для греющей сетевой воды равен единице, а для нагреваемой воды должен приниматься по опытным данным, при отсутствии таких данных можно принимать $\varphi = 1,5— 2,0$; B — коэффициент, зависящий от типа пластины, принимается по табл. 1 настоящего приложения;

Расчет водоподогревателя II ступени.

Коэффициент теплоотдачи от греющей воды к стенке пластины:

$$\alpha_1 = 1,16A \left[23000 + 283t_{cp}^{zp} - 0,63(t_{cp}^{zp})^2 \right] W_{zp}^{0,73}$$

$$\alpha_1 = 1,16 \cdot 0,492 (23000 + 283 \cdot 67,5 - 0,63 \cdot 67,5^2) \cdot 1,046^{0,73} = 23139 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

Коэффициент тепловосприятия от пластины к нагреваемой воде:

$$\alpha_2 = 1,16A \left[23000 + 283t_{cp}^n - 0,63(t_{cp}^n)^2 \right] W_n^{0,73}$$

$$\alpha_2 = 1,16 \cdot 0,492 (23000 + 283 \cdot 48,5 - 0,63 \cdot 48,5^2) \cdot 0,349^{0,73} = 7019 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

Коэффициент теплопередачи:

$$k = \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}}}$$

$$k'' = \frac{0,8}{\frac{1}{23139} + \frac{0,001}{16} + \frac{1}{7019}} = 3223 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$$

Требуемая поверхность нагрева водоподогревателя II ступени:

$$F = \frac{Q_h^{SP}}{k \Delta t_{cp}}$$

$$F_{mp} = \frac{265,1 \cdot 10^3}{3223 \cdot 19} = 4,33 \text{ м}^2$$

Количество ходов (или пакетов при разделении на одноходовые теплообменники):

$$X = \frac{F_{mp} + f_{nl}}{2m f_{nl}}$$

$$X = \frac{4,33 + 0,6}{2 \cdot 3 \cdot 0,6} = 1,4$$

Принимаем 2 хода;

Действительная поверхность нагрева водоподогревателя II ступени:

$$F = (2mX - 1) f_{nl}$$

$$F^{II} = (2 \cdot 3 \cdot 2 - 1) 0,6 = 6,6 \text{ м}^2$$

Потери давления II ступени водоподогревателя по греющей воде:

$$\Delta P_{cp} = \phi B (33 - 0,08 t_{cp}^{cp}) W_{cp}^{1,75} X;$$

$$\Delta P_n^{II} = 1 \cdot 3 (33 - 0,08 \cdot 67,5) 1,046^{1,75} \cdot 2 = 179 \text{ кПа.}$$

Потери давления обеих ступеней водоподогревателя по нагреваемой воде, принимая $\phi = 1,5$, при прохождении максимального секундного расхода воды на горячее водоснабжение:

$$\Delta P_n = \phi B (33 - 0,08 t_n^{cp}) W_{H.C}^{1,75} X;$$

$$\Delta P_n^{I+II} = 1,5 \cdot 3 (33 - 0,08 \cdot 31) (21,6 (0,049 \cdot 10^3))^{1,75} \cdot 5 = 164 \text{ кПа}$$

В результате расчета в качестве водоподогревателя горячего водоснабжения принимаем два теплообменника (I и II ступени) разборной конструкции (Р) с пластинами типа 0,6р, толщиной 0,8 мм, из стали 12Х18Н10Т (исполнение 01), на двухопорной раме (исполнение 2К), с уплотнительными прокладками из резины марки 359 (условное обозначение – 10). Поверхность нагрева I ступени – 5,68 м², II ступени – 6,6 м².

Расчет водоподогревателя, собранного из пластинчатых теплообменников фирмы «Альфа-Лаваль», показывает что в I ступень требуется установить теплообменник М6-MFG с числом пластин 42, площадь поверхности нагрева 5.88 м² (коэффициент теплопередачи – 5950 Вт/(м² · °С)).

Во II ступени требуется теплообменник М6-MFG с числом пластин 48, площадь поверхности нагрева 6.72 м² (коэффициент теплопередачи – 5790 Вт/(м² · °С)).

Аналогичный расчет теплообменников для системы ГВС проведен для всех зданий, результаты расчета сведены в таблицу №10.

Таблица №10 – Результаты расчета теплообменников для системы ГВС.

Номер дома на сводном плане (ГЧ Лист №1)	Марка теплообменника I ступени	Марка теплообменника II ступени	Технические характеристики I ступени	Технические характеристики II ступени
1	M6-MFG	M6-MFG	$F=5,88 \text{ м}^2$; $n=42 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	$F=6,72 \text{ м}^2$; $n=48 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
2	M6-MFG	M6-MFG	$F=5,6 \text{ м}^2$; $n=40 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	$F=6,44 \text{ м}^2$; $n=46 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
3	M6-MFG	M6-MFG	$F=6,16 \text{ м}^2$; $n=44 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	$F=7 \text{ м}^2$; $n=50 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
4	M6-MFG	M6-MFG	$F=6,16 \text{ м}^2$; $n=44 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	$F=7 \text{ м}^2$; $n=50 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
5	M6-MFG	M6-MFG	$F=2,8 \text{ м}^2$; $n=20 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	$F=3,64 \text{ м}^2$; $n=26 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
6	M6-MFG	M6-MFG	$F=2,52 \text{ м}^2$; $n=18 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	$F=3,36 \text{ м}^2$; $n=24 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
7	M6-MFG	M6-MFG	$F=5,6 \text{ м}^2$; $n=40 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	$F=6,44 \text{ м}^2$; $n=46 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
8	M6-MFG	M6-MFG	$F=5,88 \text{ м}^2$; $n=42 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	$F=6,72 \text{ м}^2$; $n=48 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
9	M6-MFG	M6-MFG	$F=5,32 \text{ м}^2$; $n=38 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	$F=6,16 \text{ м}^2$; $n=44 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
10	M6-MFG	M6-MFG	$F=5,88 \text{ м}^2$; $n=42 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	$F=6,72 \text{ м}^2$; $n=48 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
11	M6-MFG	M6-MFG	$F=1,68 \text{ м}^2$; $n=12 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	$F=2,24 \text{ м}^2$; $n=16 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
12	M6-MFG	M6-MFG	$F=1,96 \text{ м}^2$; $n=14 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$	$F=2,24 \text{ м}^2$; $n=16 \text{ шт}$; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$

Продолжение таблицы 10

013	M6-MFG	M6-MFG	F=2,24м ² ; n=16 шт; k=5790 Вт/(м ² · °С)	F=2,24 м ² ; n=16 шт; k=5790 Вт/(м ² · °С)
14	M6-MFG	M6-MFG	F=2,1 м ² ; n=15 шт; k=5790 Вт/(м ² · °С)	F=2,1 м ² ; n=15 шт; k=5790 Вт/(м ² · °С)
15	M6-MFG	M6-MFG	F=5,88 м ² ; n=10шт; k=5790 Вт/(м ² · °С)	F=6,72 м ² ; n=12 шт; k=5790 Вт/(м ² · °С)
16	M6-MFG	M6-MFG	F=1,4 м ² ; n=10 шт; k=5790 Вт/(м ² · °С)	F=1,68 м ² ; n=12 шт; k=5790 Вт/(м ² · °С)
17	M6-MFG	M6-MFG	F=1,68 м ² ; n=12 шт; k=5790 Вт/(м ² · °С)	F=1,96 м ² ; n=14 шт; k=5790 Вт/(м ² · °С)

6.2 Расчет водоводяных теплообменников системы отопления

Расчет теплообменников для системы отопления аналогичен расчету теплообменника горячего водоснабжения, представленного в разделе 5.1, с той только разницей, что расчет поверхности нагрева водоподогревателей отопления F , м², проводится при температуре воды в тепловой сети, соответствующей температуре наружного воздуха для проектирования отопления, и на расчетную производительность, равную максимальному тепловому потоку на отопление[23, стр.57]:

$$F = \frac{Q_{o\max}}{K \cdot \Delta t_{cp}}, \text{ м}^2.$$

Температуру нагреваемой среды следует принимать:

- на входе в водоподогреватель τ_2 – равной температуре воды в обратном трубопроводе систем отопления при температуре наружного воздуха t_0 ;

- на выходе из водоподогревателя τ_{01} – равной температуре воды в подающем трубопроводе системы отопления при установке водоподогревателя в ИТП при температуре наружного воздуха t_0 ;

Температуру греющей воды следует принимать:

- на входе в водоподогреватель τ_1 – равной температуре воды в подающем трубопроводе тепловой сети на вводе в тепловой пункт при температуре наружного воздуха t_0 ;

- на выходе из водоподогревателя τ_{01} – на 5-10 °С выше температуры воды в обратном трубопроводе системы отопления при температуре наружного воздуха t_0 ;

Расчетные расходы воды G_{do} и $G_{o\max}$ для расчета водоподогревателей систем отопления следует определять по формулам [23, стр.55]:

греющей воды:

$$G_{do} = \frac{3,6 \cdot Q_{o\max}}{(\tau_1 - \tau_{02}) \cdot c}, \text{ М}^3/\text{ч};$$

нагреваемой воды:

$$G_{o\max} = \frac{3,6 \cdot Q_{o\max}}{(\tau_{01} - \tau_2) \cdot c}, \text{ М}^3/\text{ч}.$$

Температурный напор Δt_{cp} , °С, водоподогревателя отопления определяется по формуле:

$$\Delta t_{cp} = \frac{(\tau_1 - \tau_{01}) - (\tau_{02} - \tau_2)}{2,3 \cdot \lg \frac{\tau_1 - \tau_{01}}{\tau_{02} - \tau_2}}.$$

Результаты расчетов теплообменников для системы отопления сведены в таблицу 11.

Таблица №11 – Результаты расчета теплообменников для системы отопления.

Номер дома на сводном плане (ГЧ Лист №1)	Марка теплообменника	Технические характеристики II ступени
1	M15-BFG8	$F=6,72 \text{ м}^2$; $n=48$ шт; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
2	M15-BFG8	$F=5,64 \text{ м}^2$; $n=40$ шт; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
3	M15-BFG8	$F=5,64 \text{ м}^2$; $n=40$ шт; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
4	M15-BFG8	$F=5,64 \text{ м}^2$; $n=40$ шт; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
5	M6-MFG	$F=4,96 \text{ м}^2$; $n=26$ шт; $k=5250 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
6	M6-MFG	$F=4,96 \text{ м}^2$; $n=26$ шт; $k=5250 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
7	M15-BFG8	$F=5,64 \text{ м}^2$; $n=40$ шт; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
8	M15-BFG8	$F=5,64 \text{ м}^2$; $n=40$ шт; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
9	M15-BFG8	$F=5,64 \text{ м}^2$; $n=40$ шт; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
10	M15-BFG8	$F=6,72 \text{ м}^2$; $n=48$ шт; $k=5790 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
11	M6-MFG	$F=4,96 \text{ м}^2$; $n=26$ шт; $k=5250 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
12	M6-MFG	$F=4,96 \text{ м}^2$; $n=26$ шт; $k=5250 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
13	M6-MFG	$F=5,55 \text{ м}^2$; $n=36$ шт; $k=5250 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
14	M15-BFG8	$F=5,55 \text{ м}^2$; $n=36$ шт; $k=5250 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
15	M15-BFG8	$F=5,55 \text{ м}^2$; $n=36$ шт; $k=5250 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
16	M15-BFG8	$F=4,62 \text{ м}^2$; $n=36$ шт; $k=5250 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
17	M15-BFG8	$F=4,62 \text{ м}^2$; $n=36$ шт; $k=5250 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
18	M3-XFG	$F=2,68 \text{ м}^2$; $n=18$ шт; $k=3,850 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
19	M3-XFG	$F=2,68 \text{ м}^2$; $n=18$ шт; $k=3,850 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
20	M3-XFG	$F=2,68 \text{ м}^2$; $n=18$ шт; $k=3,850 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
21	M3-XFG	$F=2,68 \text{ м}^2$; $n=18$ шт; $k=3,850 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
22	M3-XFG	$F=2,68 \text{ м}^2$; $n=18$ шт; $k=3,850 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
23	M3-XFG	$F=2,68 \text{ м}^2$; $n=18$ шт; $k=3,850 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
24	M3-XFG	$F=2,68 \text{ м}^2$; $n=18$ шт; $k=3,850 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$
25	M3-XFG	$F=2,68 \text{ м}^2$; $n=18$ шт; $k=3,850 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$

6.3 Расчет и выбор насосов

6.3.1 Смесительный насос

Методика расчета смесительного насоса аналогична расчету, представленному в разделе 5.4. Подобранные смесительные насосы сведем в таблицу 12.

Таблица 12 – Сводная таблица смесительных насосов

№ п/п	Номер дома на сводном плане (ГЧ Лист №1)	Тип, марка насоса	Техническая характеристика
1	1	Magna 32-120 F	$G = 12,3 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 6 \text{ м}$, $N = 435 \text{ Вт}$
2	2	Magna 32-120 F	$G = 14 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 6 \text{ м}$, $N = 435 \text{ Вт}$
3	3	Magna 32-120 F	$G = 22,2 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 6 \text{ м}$, $N = 435 \text{ Вт}$
4	4	Magna 32-120 F	$G = 22,8 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 6 \text{ м}$, $N = 435 \text{ Вт}$
5	5	Magna 32-120 F	$G = 20 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 5,8 \text{ м}$, $N = 435 \text{ Вт}$
6	6	Magna 32-120 F	$G = 23,2 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 6 \text{ м}$, $N = 435 \text{ Вт}$
7	7	Magna 32-120 F	$G = 18,5 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 6 \text{ м}$, $N = 435 \text{ Вт}$
8	8	Magna 32-120 F	$G = 30 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 6,4 \text{ м}$, $N = 435 \text{ Вт}$
9	9	Magna 32-120 F	$G = 25,2 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 6 \text{ м}$, $N = 435 \text{ Вт}$
10	10	Magna 32-120 F	$G = 7 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 4 \text{ м}$, $N = 435 \text{ Вт}$
11	11	Magna 32-120 F	$G = 3,8 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 3,5 \text{ м}$, $N = 435 \text{ Вт}$
12	12	Magna 32-120 F	$G = 4,6 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 4 \text{ м}$, $N = 435 \text{ Вт}$
13	13	Magna 32-120 F	$G = 3,8 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 3,5 \text{ м}$, $N = 435 \text{ Вт}$
14	14	Magna 32-120 F	$G = 3,8 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 3,5 \text{ м}$, $N = 435 \text{ Вт}$
15	15	Magna 32-120 F	$G = 3,8 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 3,5 \text{ м}$, $N = 435 \text{ Вт}$
16	16	Magna 32-120 F	$G = 3,8 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 3,5 \text{ м}$, $N = 435 \text{ Вт}$
17	17	Magna 32-120 F	$G = 3,8 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 3,5 \text{ м}$, $N = 435 \text{ Вт}$

6.3.2 Циркуляционный насос независимо присоединенной системы отопления

В независимых схемах присоединения системы отопления с искусственной циркуляцией воды устанавливаются два одинаковых попеременно работающих циркуляционных насоса – рабочий и резервный.

Циркуляционные насосы устанавливаются на обратном трубопроводе перед водоподогревателем.

Развиваемое давление насосов должно лишь преодолеть гидравлические сопротивления в замкнутом циркуляционном контуре, и они обычно не могут поднять воду на всю высоту отапливаемого здания и обеспечить подпитку системы. Таким образом, циркуляционные насосы рассчитывают только на перемещение воды по замкнутому кольцу трубопроводов системы отопления.

Методика расчета циркуляционного насоса системы отопления аналогична расчету циркуляционного насоса для системы ГВС, представленного в разделе 5.4, с той только разницей, что температуру воды в прямом трубопроводе системы отопления, принимаем равной $95\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в обратном трубопроводе - $70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Подобранные циркуляционные насосы системы отопления всех жилых домов, присоединенных по независимой схеме, сведем в таблицу 13.

Таблица 13 – Сводная таблица циркуляционных насосов системы отопления

Номер дома на сводном плане (ГЧ Лист №1)	Марка насоса	Техническая характеристика
1	Magna 50-120 F	$G = 7,03\text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 8\text{ м}$, $N = 235\text{ Вт}$
2	Magna 50-120 F	$G = 7\text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 8\text{ м}$, $N = 235\text{ Вт}$
3	Magna 50-120 F	$G = 16,1\text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 7\text{ м}$, $N = 800\text{ Вт}$
4	Magna 50-120 F	$G = 16,1\text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 7\text{ м}$, $N = 800\text{ Вт}$
5	Magna 40-120 F	$G = 11,3\text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 6,4\text{ м}$, $N = 450\text{ Вт}$
6	Magna 40-120 F	$G = 11,3\text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 6,4\text{ м}$, $N = 450\text{ Вт}$
7	Magna 50-120 F	$G = 7,03\text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 8\text{ м}$, $N = 235\text{ Вт}$
8	Magna 50-120 F	$G = 7\text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 8\text{ м}$, $N = 235\text{ Вт}$
9	Magna 50-120 F	$G = 16,1\text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 7\text{ м}$, $N = 800\text{ Вт}$
10	Magna 50-120 F	$G = 16,1\text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 7\text{ м}$, $N = 800\text{ Вт}$
11	Magna 40-120 F	$G = 11,3\text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 6,4\text{ м}$, $N = 450\text{ Вт}$
12	Magna 40-120 F	$G = 11,3\text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 6,4\text{ м}$, $N = 450\text{ Вт}$
13	Magna 50-120 F	$G = 7,03\text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 8\text{ м}$, $N = 235\text{ Вт}$

Продолжение таблицы 13

14	Magna 50-120 F	$G = 7 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 8 \text{ м}, N = 235 \text{ Вт}$
15	Magna 50-120 F	$G = 16,1 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 7 \text{ м}, N = 800 \text{ Вт}$
16	Magna 50-120 F	$G = 16,1 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 7 \text{ м}, N = 800 \text{ Вт}$
17	Magna 40-120 F	$G = 11,3 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 6,4 \text{ м}, N = 450 \text{ Вт}$
18	Magna 20-80 F	$G = 11,3 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 6,4 \text{ м}, N = 450 \text{ Вт}$
19	Magna 20-80 F	$G = 7,03 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 8 \text{ м}, N = 235 \text{ Вт}$
20	Magna 20-80 F	$G = 7,03 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 8 \text{ м}, N = 235 \text{ Вт}$
21	Magna 20-80 F	$G = 7,03 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 8 \text{ м}, N = 235 \text{ Вт}$
22	Magna 20-80 F	$G = 7,03 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 8 \text{ м}, N = 235 \text{ Вт}$
23	Magna 20-80 F	$G = 7,03 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 8 \text{ м}, N = 235 \text{ Вт}$
24	Magna 20-80 F	$G = 7,03 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 8 \text{ м}, N = 235 \text{ Вт}$
25	Magna 20-80 F	$G = 7,03 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 8 \text{ м}, N = 235 \text{ Вт}$

6.3.3 Циркуляционный насос системы горячего водоснабжения

Методика расчета циркуляционного насоса системы горячего водоснабжения аналогична расчету, представленному в разделе 5.4. Выбранные циркуляционные насосы на линию ГВС сведем в табл. 14.

Таблица 14 – Сводная таблица циркуляционных насосов системы горячего водоснабжения

Номер дома на сводном плане (ГЧ Лист №1)	Марка насоса	Техническая характеристика
1	UPS 25-80 В 180	$G = 1,16 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 4 \text{ м}, N = 200 \text{ Вт}$
2	UPS 25-80 В 180	$G = 1,16 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 4 \text{ м}, N = 200 \text{ Вт}$
3	UPS 25-80 В 180	$G = 2,02 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 4,33 \text{ м}, N = 190 \text{ Вт}$
4	UPS 25-80 В 180	$G = 2,72 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 4,2 \text{ м}, N = 190 \text{ Вт}$
5	UPS 25-80 В 180	$G = 2,02 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 4,33 \text{ м}, N = 190 \text{ Вт}$
6	UPS 25-80 В 180	$G = 2,16 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 5,61 \text{ м}, N = 190 \text{ Вт}$
7	UPS 25-80 В 180	$G = 2,28 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 6 \text{ м}, N = 261 \text{ Вт}$
8	UPS 25-80 В 180	$G = 2,45 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 4,7 \text{ м}, N = 261 \text{ Вт}$
9	UPS 25-80 В 180	$G = 2,83 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 4,69 \text{ м}, N = 190 \text{ Вт}$
10	UPS 25-80 В 180	$G = 2,83 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 4,69 \text{ м}, N = 190 \text{ Вт}$
11	UPS 25-80 В 180	$G = 2,18 \text{ м}^3/\text{ч}, H_n = 6,8 \text{ м}, N = 190 \text{ Вт}$

Продолжение таблицы 14

12	UPS 25-80 В 180	$G = 2,18 \text{ м}^3/\text{ч}, H_{\text{н}} = 6,8 \text{ м}, N = 190 \text{ Вт}$
13	UPS 25-80 В 180	$G = 2,84 \text{ м}^3/\text{ч}, H_{\text{н}} = 5,6 \text{ м}, N = 450 \text{ Вт}$
14	UPS 25-80 В 180	$G = 2,36 \text{ м}^3/\text{ч}, H_{\text{н}} = 5,3 \text{ м}, N = 450 \text{ Вт}$
15	UPS 25-80 В 180	$G = 2,96 \text{ м}^3/\text{ч}, H_{\text{н}} = 6,2 \text{ м}, N = 450 \text{ Вт}$
16	UPS 25-80 В 180	$G = 1,67 \text{ м}^3/\text{ч}, H_{\text{н}} = 2,1 \text{ м}, N = 450 \text{ Вт}$
17	UPS 25-80 В 180	$G = 1,34 \text{ м}^3/\text{ч}, H_{\text{н}} = 2,1 \text{ м}, N = 450 \text{ Вт}$

6.3.4 Выбор подпиточных насосов

Заполнение и подпитку системы отопления, присоединенной по независимой схеме, следует предусматривать водой из обратного трубопровода тепловой сети подпиточным насосом или без него, если давление в обратном трубопроводе тепловой сети достаточно для заполнения системы отопления.

Подпиточные насосы необходимо установить в высокоэтажных жилых домах № 1, 3, 10. В оставшихся зданиях установка подпиточных насосов не требуется, достаточно будет установить реле давления типа КРІ-35 фирмы Danfoss.

При выборе подпиточных насосов подачу следует принимать в размере 20% от объема воды, находящейся в трубопроводах системы отопления, подключенной к водоподогревателю, а напор – из условия поддержания статического давления в системе отопления с проверкой работы системы, в отопительный период исходя из пьезометрических графиков.

Рассчитаем и подберем подпиточный насос на примере жилого дома №23.

Расчетный максимальный расход воды на отопление из тепловой сети, т/ч, определяется по формуле [23, стр.58]:

$$G_{do} = 3,6 \cdot \frac{Q_{o\max}}{(\tau_1' - \tau_2') \cdot C},$$

где $Q_{o\max}$ – максимальный тепловой поток на отопление, кВт; C – удельная теплоемкость воды, $\text{кДж} / (\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$, τ_1' – температура воды в прямом трубопроводе системы отопления, принимается равной 95°C ; τ_2' – температура воды в обратном трубопроводе системы отопления, принимается равной 65°C .

$$G_{do} = 3,6 \cdot \frac{Q_{o\max}}{(\tau_1' - \tau_2') \cdot C} = \frac{3,6 \cdot 397,2}{4,19 \cdot (95 - 65)} = 11,3 \text{ м}^3/\text{ч},$$

Производительность подпиточного насоса G , $\text{м}^3/\text{ч}$, определяется по формуле:

$$G = 0,2 \cdot G_{do}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$G = 0,2 \cdot 11,3 = 2,26 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Напор подпиточного насоса для 17 этажного дома примем из условия поддержания статического давления в системе отопления, $H_n = 17,8$ м.

По техническому каталогу Grundfos подбираем наиболее близкий к расчетной производительности и напору насосный агрегат: СНІ 2-20 А-W-G, с производительностью $G = 2,24 \text{ м}^3/\text{ч}$, напором $H_n = 17,8$ м и мощностью двигателя $N=450$ Вт.

Подобранные подпиточные насосы сведем в таблицу 15.

Таблица 15 – Сводная таблица подпиточных насосов

Номер дома на сводном плане (ГЧ Лист №1)	Марка насоса	Техническая характеристика
1	СНІЕ 2-30	$G = 3,22 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 5,5$ м, $N = 500$ Вт
2	СНІЕ 2-30	$G = 3,22 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 3,85$ м, $N = 500$ Вт
3	СНІ 2-20 А-W-G	$G = 2,24 \text{ м}^3/\text{ч}$, $H_n = 17,8$ м, $N = 450$ Вт

7 Выбор и расчёт оборудования тепловых сетей

Тепловая сеть – это система прочно и плотно соединенных между собой участков теплопроводов, по которым теплота с помощью теплоносителя транспортируется от источников к тепловым потребителям.

Направление теплопроводов (трасс) выбирается по тепловой карте района с учетом материалов геодезической съемки, плана существующих и намечаемых надземных и подземных сооружений, данные характеристике грунтов, высоте стояния грунтовых вод, и другое. Следует стремиться к прокладке магистральной трассы в районе наиболее плотной тепловой нагрузки, к наименьшей длине теплопроводов и минимальному объему работ по сооружению сети [3, стр.178].

При выборе трассы теплопровода следует руководствоваться в первую очередь условиями надежности теплоснабжения, безопасности работы обслуживающего персонала и населения, возможностью быстрой ликвидации неполадок и аварий.

Согласно СНиП 41-02-2003 “Тепловые сети” [8] заглубление тепловых сетей от поверхности земли или дорожного покрытия должно быть до верха перекрытия каналов не менее 0,5 м, до верха перекрытия камер 0,3 м.

По трассе тепловых сетей строится продольный профиль, на который наносится планировочные (красные) и существующие (черные) отметки земли, уровень стояния грунтовых вод, существующие и проектируемые подземные коммуникации, и другие сооружения, пересекаемые теплопроводом, с указанием вертикальных отметок этих сооружений.

Тип прокладки теплопровода выбран подземный см. пункт 5.

Все конструкции подземных теплопроводов можно разделить на две группы: канальные и бесканальные.

В канальных теплопроводах изоляционная конструкция разгружена от внешних нагрузок грунта стенками канала. В бесканальных теплопроводах

изоляционная конструкция испытывает нагрузку грунта. В данном проекте выбираем канальную прокладку тепловой сети.

Каналы сооружаются проходными или непроходными.

Применим непроходные каналы. Они (каналы) выполняются из сборных железобетонных конструкций. Конструкция непроходного канала прямоугольного сечения типа КЛ, состоит из двух основных элементов: железобетонного лотка и плиты.

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, компенсаторные линии.

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.

Устройство и габаритные размеры камер должны обеспечивать удобство и безопасность обслуживания. Высота камеры в свету выбирается не менее 1,8 - 2 м. В днище камеры должны быть устроены приемки для сбора и спуска или откачки дренажных вод. Должна быть предусмотрена надежная гидроизоляционная защита камер от грунтовых вод. На ФЮРЕ 140.104.056 ГЧ6 изображена тепловая камера узла №УТ-8.

7.1 Выбор опор

Опоры являются ответственными деталями теплопровода. Они воспринимают усилия от трубопроводов и передают их на несущие конструкции или грунт. При сооружении теплопроводов применяют опоры двух типов: подвижные и неподвижные [1].

При канальной и подвальной прокладке трубопроводов, а также в местах углов поворотов и размещения П – образных компенсаторов устанавливаются подвижные опоры. Для канальной прокладки трубопроводов применяют два вида подвижных опор: скользящие и катковые [2].

Скользящие опоры применяют при прокладке труб в непроходных каналах для труб условным проходом до Ду 1200 мм включительно. Пролеты между подвижными опорами трубопроводов определяют расчетом на прочность. Рекомендуемые пролеты между подвижными опорами для труб по “Сортаменту труб тепловых сетей” при подземной прокладке для усредненных условий расчета теплопровода на прямых участках приведены в таблице 3.1 [3, стр.25], для прочих участков к этим пролетам вводится коэффициент:

- для участков между ближайшими к повороту опорами (до и после поворота) – 0,67;
- для участков между последней и предпоследней опорами конечной точки трубопровода (перед заглушкой, гибким компенсатором или поворотом) – 0,82;
- для последних двух участков с каждой стороны сальникового компенсатора – 0,5.

При многотрубной прокладке трубопроводов в непроходных каналах опоры размещают вразбежку. При надземной прокладке трубопроводов и в тоннелях принимают одно расстояние между подвижными опорами, поскольку все они опираются на каркасы, траверсы или балки. При большой разнице в пролетах для маленьких труб могут быть установлены дополнительные опоры, а большие трубы могут опираться через одну или несколько траверс [4].

Нагрузки на подвижные опоры трубопроводов подразделяются на вертикальные и горизонтальные и зависят от веса участка трубопровода, приходящегося на опору, и типа опоры. [3, стр.165]

Вертикальную нагрузку определяют по формуле:

$$H_v = q \cdot l, \text{ кгс,}$$

где q – вес 1 метра трубопровода: вес трубы, изоляционной конструкции и воды в кгс; l – пролет между опорами, м.

Горизонтальные нагрузки возникают за счет реакции трения опоры при ее перемещении под влиянием теплового удлинения трубопроводов и определяются по формуле:

$$H_z = f \cdot q \cdot l, \text{ кгс,}$$

где f – коэффициент трения подвижных опор, принимаемый по типу опоры: - скользящие – $f=0,3$; q – вес 1 метра трубопровода в рабочем состоянии: вес трубы, изоляционной конструкции и воды для водяных тепловых сетей, кгс.

При размещении подвижной опоры в узле трубопроводов дополнительно учитывают вес арматуры, а также вес прилегающих участков ответвлений, приходящихся на данную опору. Вес ответвлений определяют по формуле для расчета вертикальной нагрузки, но с коэффициентом 0,5, учитывающим распределение веса между двумя опорами [4].

Для уменьшения вертикальной нагрузки на подвижную опору, сокращают пролет l между рассматриваемой и ближайшими к ней опорами на магистрали и ответвлениях.

Неподвижные опоры фиксируют положение трубопровода в определенных точках и воспринимают усилия, возникающие в местах фиксации под действием температурных деформаций и внутреннего давления [1-4].

Места установки неподвижных опор совмещаем с узлами ответвления труб и местами установки на трубопроводах запорной арматуры [2].

Рекомендуемые расстояния между неподвижными опорами представлены в таблице 3.7 [12, стр.48].

В зависимости от способа прокладки и места установки применяют неподвижные опоры с вертикальными двухсторонними упорами, лобовые, щитовые и хомутовые. Хомутовые опоры, как правило, применяют при надземной прокладке трубопроводов. Опоры с вертикальными двухсторонними упорами и лобовые применяют при установке их на каркасах в тоннелях и при прокладке трубопроводов в непроходных каналах. Щитовые опоры применяют при подземной прокладке в каналах и бесканально [4].

Выбор неподвижных опор производят по наибольшей горизонтальной осевой нагрузке, на которую рассчитана данная опора.

Нагрузки на неподвижные опоры трубопроводов подразделяют на вертикальные и горизонтальные.

Вертикальные нагрузки определяют по формуле:

$$H_v = q \cdot l, \text{ кгс,}$$

где q – вес 1 метра трубопровода: вес трубы, изоляционной конструкции и воды в кгс; l – пролет между опорами, м.

Если неподвижная опора размещается в узле трубопроводов, учет дополнительных нагрузок от арматуры, сальниковых компенсаторов и прочее производится по аналогии с подвижными опорами.

Горизонтальные нагрузки на неподвижные опоры трубопроводов возникают под влиянием следующих сил:

- трения в подвижных опорах при тепловом удлинении трубопровода, прокладываемого в непроходных и полупроходных каналах, тоннелях и надземно;

- упругой деформации гибких компенсаторов или самокомпенсации при их растяжке в холодном состоянии или при тепловом удлинении теплопровода.

Горизонтальные нагрузки на неподвижные опоры подразделяются на осевые, действующие по оси трубопровода, и боковые $H_{с.б}$ - перпендикулярно оси. Осевые нагрузки передаются на все неподвижные опоры, боковые – на неподвижные опоры, размещающиеся в узлах ответвлений. Кроме того, боковые нагрузки передаются при размещении опоры непосредственно перед

поворотом трубы при самокомпенсации, а также при размещении неподвижной опоры на углу поворота трубы. Для этих опор силы, действующие по оси трубопроводов, раскладывают на две составляющие – вдоль оси неподвижной опоры и перпендикулярно ей.

Неподвижные опоры подразделяют на концевые, размещающиеся перед заглушкой или поворотом, то есть в конце участка трубопровода, и промежуточные, размещающиеся между двумя смежными участками.

По суммарной нагрузке на несущие конструкции по альбомам 4,5 “Типовые конструкции тепловых сетей” выбраны следующие типы подвижных и неподвижных опор:

- опоры скользящие, Ду 325 мм, тип – Т 14 14. [14]
- опоры скользящие, Ду 273 мм, тип – Т 14 13. [14]
- опоры скользящие, Ду 219 мм, тип – Т 14 12. [14]
- опоры скользящие, Ду 159 мм, тип – Т 14 10. [14]
- опоры скользящие, Ду 133 мм, тип – Т 13 08. [14]
- опоры скользящие, Ду 108 мм, тип – Т 13 07. [14]
- опоры скользящие, Ду 89 мм, тип – Т 13 07. [14]

Опоры выполняются из штампованной скобы с приваренными внутренними ребрами жесткости. С целью снижения концентрации напряжений, в зоне приварки опоры к трубе, опоры для трубопроводов Ду от 89 до 325 мм выполнены с подушками.

- неподвижные щитовые опоры, Ду 325 мм, тип – Т 3 01. [13]
- неподвижные щитовые опоры, Ду 273 мм, тип – Т 3 01. [13]
- неподвижные щитовые опоры, Ду 219 мм, тип – Т 3 02. [13]
- неподвижные щитовые опоры, Ду 159 мм, тип – Т 3 03. [13]
- неподвижные щитовые опоры, Ду 133 мм, тип – Т 3 06. [13]
- неподвижные щитовые опоры, Ду 108 мм, тип – Т 3 07. [13]
- неподвижные щитовые опоры, Ду 89 мм, тип – Т 3 05. [13]

Щитовые опоры представлены в обычном исполнении, (полукольца с ребрами) и в усиленном исполнении (с дополнительным усиливающим кольцом) – в зависимости от величины воспринимаемой осевой нагрузки.

Трубопроводы тепловых сетей и опоры для них, а также несущие строительные конструкции подвержены действию весьма значительных (по сравнению, например со стационарными и технологическими трубопроводами) внешних сил вследствие больших пролетов между подвижными и неподвижными опорами. Этим обусловлена основная конструктивная особенность неподвижных опор тепловых сетей, заключающаяся в свободном прилегании свободных элементов к несущей конструкции (без приварки), что позволяет разгрузить эти элементы, а также несущие конструкции от действия крутящих моментов.

7.2 Выбор компенсаторов

Компенсация температурных деформаций стальных трубопроводов имеет исключительно важное значение в технике транспорта теплоты.

Если в трубопроводе отсутствует компенсация температурных деформаций, то при сильном нагревании в стенке трубопровода могут возникнуть большие разрушающие напряжения.

Способы компенсации температурных удлинений, применяемые в тепловых сетях, весьма разнообразны.

По своему характеру все компенсаторы могут быть разбиты на две группы: осевые и радиальные.

Осевые компенсаторы применяются для компенсации температурных удлинений прямолинейных участков трубопровода. Осевые компенсаторы главным образом устанавливаются на теплопроводах большого диаметра.

На практике применяют осевые компенсаторы двух типов: сальниковые и упругие (сильфонные). Гибкие компенсаторы из труб используются независимо от параметров теплоносителя, способа прокладки и диаметров труб.

В проекте примем радиальные компенсаторы.

Радиальная компенсация может быть использована при любой конфигурации трубопровода. Радиальная компенсация широко применяется на теплопроводах, прокладываемых на территориях промышленных предприятий, а при небольших диаметрах теплопроводов (до 200 мм) – также и в городских тепловых сетях. На практике применяют радиальные компенсаторы четырех типов. Принимаем к установке П-образные компенсаторы. Все части П – образных компенсаторов соединяются сваркой. Расположение при надземной прокладке – горизонтальное или вертикальное.

Максимальное изгибающее напряжение в П – образном компенсаторе [1, стр.338]:

$$\sigma = \Delta \cdot E \cdot d \cdot l \cdot m / A,$$

где $A=2 \cdot \left\{ 1/k \cdot \left[3,14 \cdot R \cdot l^2 - 2,28 \cdot R^2 \cdot l + 1,4 \cdot R^3 \right] + 0,67 \cdot l^3 + l_1 \cdot l^2 - 4 \cdot R \cdot l^2 + 2 \cdot R^2 \cdot l - 1,33 \cdot R^3 \right\}$.

Это максимальное изгибающее напряжение возникает в так называемой спинке компенсатора (участок 4-5 рис.6), так как она находится на максимальном расстоянии от направления действующей силы p .

При предварительной растяжке компенсатора на половину теплового удлинения трубопровода компенсирующая способность

$$\Delta = 2 \cdot \sigma \cdot A / (E \cdot d \cdot l \cdot m).$$

При установке на компенсаторе жестких сварных (негнутых) отводов, в которых сплющивание сечения при изгибе не имеет места, $k=1$, $m=1$.

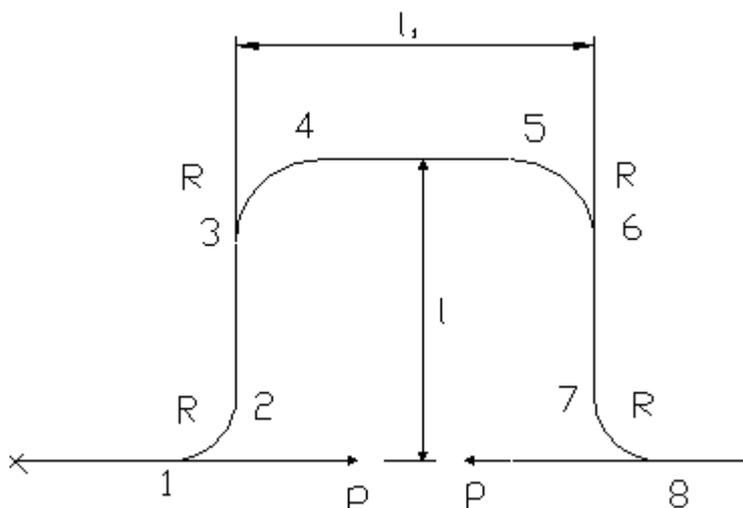


Рисунок 6 – Схема П – образного компенсатора.

На проектируемом участке устанавливаем 4 П – образных компенсаторов.

7.3 Выбор запорной арматуры

В тепловых сетях запорная арматура устанавливается для отключения трубопроводов, ответвлений и переключки между трубопроводами, на выводах тепловых сетей от источника теплоты.

7.4 Выбор и расчет тепловой изоляции трубопровода

Теплоизоляционная краска TSM Ceramic наносится непосредственно на трубопровод, без нанесения антикоррозийного покрытия. Покровный слой изоляции отсутствует.

Приведем пример расчета толщины изоляции для 1 метра теплотрассы, условным диаметром $d_1 = d_2 = 325$ мм.

При расчете условно принимаем, что толщина изоляции на обратном трубопроводе δ_2 , мм, равна $0,6 \cdot \delta_1$.

Среднегодовая температура сетевой воды $\tau_1 = 90^\circ \text{C}$, $\tau_2 = 50^\circ \text{C}$.

Определяем толщину изоляции методом последовательного приближения. Для прямого трубопровода толщину изоляции примем равной $\delta_1 = 2$ мм, для обратного, соответственно, $\delta_2 = 0,6 \cdot \delta_1 = 1,2$ мм. Находим эквивалентный диаметр канала $d_{\text{экв}}$ и термическое сопротивление на поверхности канала и грунта вместе со стенками канала $R_{\text{кан.}}$ и $R_{\text{гр}}$ [24, стр.215]:

$$d_{\text{экв.}} = \frac{4 \cdot F}{P} = \frac{4 \cdot h \cdot b}{2 \cdot (h + b)},$$

где $h = 0,9$ м – высота непроходного канала для трубопровода 2 Ду 325 мм, $b = 1,6$ м – ширина непроходного канала для трубопровода 2 Ду 325 мм.

$$d_{\text{экв.}} = \frac{4 \cdot F}{P} = \frac{4 \cdot 0,9 \cdot 1,6}{2 \cdot (0,9 + 1,6)} = 1,125.$$

$$R_{\text{кан.}} = \frac{1}{\pi \cdot d_{\text{экв.}} \cdot \alpha_{\text{к}}}, \text{ (м} \cdot ^\circ \text{C) / Вт,}$$

где $\alpha_{\text{к}}$ - коэффициент теплоотдачи в канале, принимается равным $1,29$ Вт/($\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C}$);

$$R_{\text{кан.}} = \frac{1}{3,14 \cdot 1,152 \cdot 11} = 0,025, \text{ (м} \cdot ^\circ \text{C) / Вт,}$$

$$R_{zp} = \frac{\ln \left[3,5 \cdot \frac{H}{h} \cdot \left(\frac{h}{b} \right)^{0,25} \right]}{\left(5,7 + 0,5 \cdot \frac{b}{h} \right) \cdot \lambda_{zp}}, (\text{м} \cdot ^\circ \text{C}) / \text{Вт},$$

где H – глубина заложения канала до оси труб, принимаем равной 1 м; λ_{zp} – теплопроводность грунта, принимаем равной 1,86 Вт/(м·°C) [7].

$$R_{zp} = \frac{\ln \left[3,5 \cdot \frac{1}{0,9} \cdot \left(\frac{0,9}{1,6} \right)^{0,25} \right]}{\left(5,7 + 0,5 \cdot \frac{1,6}{0,9} \right) \cdot 1,86} = 0,099, (\text{м} \cdot ^\circ \text{C}) / \text{Вт},$$

Определяем температуру воздуха в канале [24, стр.216]:

$$t_k = \frac{\frac{\tau_1}{R_{u1} + R_{nu1}} + \frac{\tau_2}{R_{u2} + R_{nu2}} + \frac{t_{zp}}{R_{кан.} + R_{zp}}}{\frac{1}{R_{u1} + R_{nu1}} + \frac{1}{R_{u2} + R_{nu2}} + \frac{1}{R_{кан.} + R_{zp}}}, ^\circ \text{C},$$

$$\text{где } R_{u1} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{уз}} \cdot \ln \frac{d_1 + 2 \cdot \delta_1}{d_1} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,001} \cdot \ln \frac{0,325 + 2 \cdot 0,002}{0,325} = 1,94, (\text{м} \cdot ^\circ \text{C}) / \text{Вт},$$

$$R_{u2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{уз}} \cdot \ln \frac{d_2 + 2 \cdot \delta_2}{d_2} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,001} \cdot \ln \frac{0,325 + 2 \cdot 0,0012}{0,325} = 0,976, (\text{м} \cdot ^\circ \text{C}) / \text{Вт},$$

$$R_{nu1} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \alpha_{\kappa} \cdot (d_1 + 2 \cdot \delta_1)} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,29 \cdot (0,325 + 2 \cdot 0,002)} = 0,375, (\text{м} \cdot ^\circ \text{C}) / \text{Вт},$$

$$R_{nu2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \alpha_{\kappa} \cdot (d_2 + 2 \cdot \delta_2)} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,29 \cdot (0,325 + 2 \cdot 0,0012)} = 0,377, (\text{м} \cdot ^\circ \text{C}) / \text{Вт},$$

где τ_1 – среднегодовая температура сетевой воды в подающем трубопроводе, °C; τ_2 – среднегодовая температура сетевой воды в обратном трубопроводе, °C; t_{zp} – среднегодовая температура грунта на глубине заложения, °C, для г. Саяногорска $t_{zp} = 4,5^\circ \text{C}$; R_{u1}, R_{u2} – термические сопротивления изоляции подающего и обратного трубопроводов, (м°C)/Вт; R_{nu1}, R_{nu2} – термические сопротивления теплоотдачи от поверхности изоляции подающего и обратного

трубопроводов, $(\text{м}^\circ\text{С})/\text{Вт}$; $\lambda_{из}$ - теплопроводность изоляции, для теплоизоляционной краски TSM Ceramic $0,001 \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{С})$ [7].

Температура воздуха в канале составит:

$$t_k = \frac{\frac{90}{1,94 + 0,375} + \frac{50}{0,976 + 0,377} + \frac{4,5}{0,025 + 0,099}}{\frac{1}{1,94 + 0,375} + \frac{1}{0,976 + 0,377} + \frac{1}{0,025 + 0,099}} = 7,6,^\circ\text{С}.$$

Тепловые потери трубопровода:

$$q = \frac{t_k - t_0}{R_{кан.} + R_{сп.}} = \frac{7,6 + 0,6}{0,025 + 0,099} = 66,1, \text{Вт}.$$

Для цилиндрической поверхности диаметром менее 2 м из уравнения:

$$\ln B_1 = 2 \cdot \pi \cdot \lambda_{из} \cdot \left(\frac{\tau_1 - t_k}{q} - R_{ну1} \right) = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,001 \cdot \left(\frac{90 - 7,6}{66,1} - 0,375 \right) = 0,0041,$$

$$\ln B_2 = 2 \cdot \pi \cdot \lambda_{из} \cdot \left(\frac{\tau_2 - t_k}{q} - R_{ну2} \right) = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,001 \cdot \left(\frac{50 - 7,6}{66,1} - 0,377 \right) = 0,001,$$

определяем значение коэффициентов B_1 и B_2 и вычисляем значения толщин изоляции [12, стр.35]:

$$\delta_1 = \frac{d_1 \cdot (B_1 - 1)}{2} = \frac{0,325 \cdot (1,018 - 1)}{2} = 0,003 \text{ м, или } \delta_1 = 3 \text{ мм};$$

$$\delta_2 = \frac{d_2 \cdot (B_2 - 1)}{2} = \frac{0,325 \cdot (1,011 - 1)}{2} = 0,018 \text{ м, или } \delta_2 = 1,8 \text{ мм}.$$

Для полученных толщин изоляции пересчитываем температуру воздуха в канале, термические сопротивления изоляции и тепловые потери.

Результаты расчетов для всех изолируемых трубопроводов сведем в таблицу 16.

Таблица 16 – Результаты расчета изоляции

Обозначение	Размерность	Диаметр изолируемого трубопровода, мм						
		325	273	219	159	133	108	89
δ_1	мм	3	2,7	2,5	2,2	2	1,8	1,6
δ_2	мм	1,8	1,6	1,5	1,3	1,2	1	0,9
$R_{кан.}$	(м°С)/Вт,	0,025	0,035	0,035	0,038	0,038	0,038	0,0548
$R_{сп.}$	(м°С)/Вт,	0,099	0,124	0,124	0,135	0,135	0,135	0,165
R_{u1}	(м°С)/Вт,	2,91	3,11	3,59	4,34	4,71	5,22	5,62
R_{u2}	(м°С)/Вт,	1,75	1,85	2,17	2,58	2,84	2,92	3,18
R_{nu1}	(м°С)/Вт,	0,373	0,443	0,551	0,755	0,901	1,106	1,33
R_{nu2}	(м°С)/Вт,	0,375	0,447	0,556	0,764	0,911	1,122	1,36
t_k	°С	5,2	6,2	5,2	5,3	4,2	3,7	4,3
q	Вт	46,7	42,7	36,4	34,1	27,7	24,8	19,5
$\ln B_1$		0,0044	0,0046	0,0053	0,0059	0,0061	0,0066	0,0062
$\ln B_2$		0,0012	0,0011	0,0011	0,0008	0,00053	0,00022	0,00078
B_1		1,004	1,005	1,005	1,006	1,006	1,007	1,006
B_2		1,001	1,001	1,001	1,0008	1,0005	1,0002	1,0007

Экономичность системы отопления обусловлена стоимостью материалов и оборудования, изготовления и эксплуатации. Показателями экономичности являются технологичность конструкции, масса элементов, затраты труда, сроки изготовления и монтажа, расходы на наладку и ремонт.

8.1 Планирование работ и их временная оценка

Планирование разработки проекта отопления и вентиляции бассейна. Разобьем проект на основные части, и определим время и количество человек, необходимые для выполнения каждой части. Результаты занесем в таблицу 1.

Таблица 17 – Планирование работ и оценка времени их выполнения.

№	Наименование работ	Исполнитель	Продолжительность, дней
1	2	3	4
1	Выдача и получение задания на выполнение дипломной работы	Научный руководитель. Инженер.	1
2	Сбор исходных данных для проектирования системы теплоснабжения	Инженер.	4
3	Расчет системы теплоснабжения района и выполнения чертежей	Инженер.	20
4	Утверждение расчетов	Научный	1

	системы теплоснабжения и чертежей	руководитель Инженер	
5	Исправление замечаний и доработка расчётов	Инженер	3
6	Оформление работы по стандартам ТПУ	Инженер	4
7	Утверждение ВКР руководителем	Научный руководитель Инженер	1

Суммарное количество дней выполнения ВКР инженером 11 пр. – 32 дней; научного руководителя – 3 дня.

8.2 Смета затрат на проектирование

Смета затрат на проектирование определяется по следующей формуле

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{з/пл}} + K_{\text{с.о}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{накл}}, \quad (8.1)$$

где $K_{\text{мат}}$ – материальные затраты;

$K_{\text{ам}}$ – амортизация компьютерной техники;

$K_{\text{з/пл}}$ – затраты на заработную плату, инженера и научного руководителя;

$K_{\text{с.о}}$ – затраты на социальные нужды;

$K_{\text{пр}}$ – прочие затраты;

$K_{\text{накл}}$ – накладные расходы.

8.3 Материальные затраты

Материальные затраты на канцелярские товары принимаются в размере 1000 рублей

8.4 Амортизация компьютерной техники

$$K_{\text{ам}} = \frac{T_{\text{исп.кт}}}{T_{\text{кал}}} \cdot Ц_{\text{кт}} \cdot \frac{1}{T_{\text{сл}}}, \quad (8.2)$$

где $T_{\text{исп.кт}}$ – время использования компьютерной техники, составило 32 дня

$$T_{\text{исп.кт}} = 32 \text{ дня};$$

$T_{\text{кал}}$ – календарное время 365 дней:

$Ц_{\text{кт}}$ – цена компьютерной техники:

$$Ц_{\text{кт}} = 60000, \text{руб};$$

$T_{\text{сл}}$ – срок службы компьютерной техники 5 лет;

$$K_{\text{ам}} = \frac{32}{365} \cdot 60000 \cdot \frac{1}{5} = 1051,2 \text{ руб.}$$

8.5 Затраты на заработную плату

Затраты на заработную плату инженера и научного руководителя определяется по следующей формуле

$$K_{\text{з/пл}} = ЗП_{\text{инж}} + ЗП_{\text{рук}}, \quad (8.3)$$

где $ЗП_{\text{инж}}$ – заработная плата инженера;

$ЗП_{рук}$ – заработная плата научного руководителя.

Месячная заработная плата:

$$ЗП_{мес} = ЗП_о \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (8.4)$$

где $ЗП_о$ – месячный оклад:

- инженера $ЗП_о = 17000, руб;$
- научного руководителя $ЗП_о = 26300, руб;$

K_1 – коэффициент, учитывающий отпуск:

$$K_1 = 1,1;$$

K_2 – районный коэффициент:

$$K_2 = 1,3.$$

Месячная заработная плата инженера:

$$ЗП_{мес} = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310, руб.$$

Месячная заработная плата научного руководителя:

$$ЗП_{мес} = 26300 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 37609, руб.$$

Расчет дневных ставок:

$$ЗП_{дн} = \frac{ЗП_{мес}}{Д}, \quad (8.5)$$

где $Д$ – количество рабочих дней в месяце. 21 день

Дневная ставка инженера:

$$ЗП_{дн} = \frac{24310}{21} = 1157,6 \text{ руб.}$$

Дневная ставка научного руководителя:

$$ЗП_{\text{дн}} = \frac{37609}{21} = 1790,9 \text{ руб.}$$

Расчет заработной платы согласно затраченному времени на выполнение ВКР:

$$ЗП_{\text{инж}} = 1215,5 \cdot 32 = 38896, \text{руб}$$

$$ЗП_{\text{рук}} = 1880,45 \cdot 3 = 5641, \text{руб}$$

Затраты на заработную плату, инженера и научного руководителя

$$K_{\text{з/пл}} = 38896 + 5641 = 44537, \text{руб.}$$

8.6 Затраты на социальные отчисления

Затраты на социальные отчисления принимаются **30%** от затрат на заработную плату:

$$K_{\text{с.о}} = 0,3 \cdot K_{\text{з/пл}} \quad (8.6)$$

$$K_{\text{с.о}} = 0,3 \cdot 44537 = 13361,1, \text{руб.}$$

8.7 Прочие затраты (амортизация компьютерной техники, затраты на заработную плату, затраты на социальные отчисления и материальные затраты) принимаем в размере 10%

$$K_{\text{пр}} = 0,1(K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{з/пл}} + K_{\text{с.о}}) \quad (8.7)$$

$$K_{\text{пр}} = 0,1(1000 + 1051,2 + 44537 + 13361,1) = 5994,93 \text{ руб.}$$

8.8 Накладные расходы

Накладные расходы принимаются 200% от затрат на заработную плату;

$$K_{\text{накл}} = 2 \cdot K_{\text{з/пл}} \quad (8.8)$$

$$K_{\text{накл}} = 2 \cdot 44537 = 89074, \text{руб.}$$

Общие затраты на проектирование

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{з/пл}} + K_{\text{с.о}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{накл}} \quad (8.9)$$

$$K_{\text{пр}} = 1000 + 1051,2 + 44537 + 13361,1 + 5961,06 + 89074 = 154645,66, \text{руб.}$$

Таблица 18 – Смета затрат на проект.

Элементы затрат	Стоимость, руб.
1	2
Материальные затраты	1000
Амортизация компьютерной техники	1051,2
Затраты на заработную плату, инженера и научного руководителя	44537
Затраты на социальные нужды	13361,1
Прочие затраты	5961,06
Накладные расходы	89074
Итого	154645,66

8.9 Смета затрат на реализацию проекта

Смета затрат на оборудование и монтажные работы (стоимость монтажных работ принята 20% от суммарной стоимости оборудования)

Таблица 19 – Смета затрат

Элементы затрат	Стоимость, руб.
1	2
Трубопроводы и фитинги	700000
Оборудование для тепловых сетей	300000
Изоляционные материалы	400000
Прочее оборудование	210000
Суммарная стоимость оборудования	1610000
Монтажные работы	322000
Итого	1932000

8.10 Расчет ежегодных эксплуатационных издержек на содержание системы отопления

$$K_{\text{год}} = K_{\text{ам}} + K_{\text{зп}} + K_{\text{соц}} + K_{\text{тр}} + K_{\text{нак}} + K_{\text{пр}}, \text{ руб./год.} \quad (8.9)$$

где

$K_{\text{год}}$ - годовые эксплуатационные затраты, руб.;

$K_{\text{ам}}$ - амортизационные отчисления, руб.;

$K_{\text{зп}}$ – годовые затраты на заработную плату, руб.;

$K_{\text{соц}}$ - затраты на социальные нужды, руб.;

$K_{\text{тр}}$ - издержки на текущий ремонт, руб.;

$K_{\text{нак}}$ – затраты на накладные расходы, руб.;

$K_{\text{пр}}$ - прочие расходы, руб.

8.11 Годовые амортизационные отчисления

Годовые амортизационные отчисления определяются по формуле:

$$K_{\text{ам}} = N_a \cdot K, \text{ руб/год} \quad (8.10)$$

где

К - капитальные затраты, руб.;

N_a - норма амортизации, 1/год.

Норму амортизации определим по следующей формуле:

$$N_a = \frac{1}{T_{сл}} \cdot 100\% \text{ 1/год,} \quad (8.11)$$

где $T_{сл}$ - срок службы установленного оборудования, год.

Для водяной системы отопления с применением алюминиевых радиаторов $T_{сл}$ – 25 лет (гарантия завода изготовителя).

Тогда норма амортизации для водяной системы отопления с применением алюминиевых радиаторов равна:

$$N_a = \frac{1}{25} \cdot 100\% = 4\% = 0,04 \text{ (1/год)}$$

$$K_{ам} = 0,04 \cdot 1932000 = 77280 \text{ руб/год}$$

8.12 Годовые затраты на заработную плату

Месячная заработная плата сантехника:

$$K_{зпл} = ЗП_о \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ руб.} \quad (8.12)$$

$ЗП_о$ - месячный оклад слесаря сантехника – 8400 руб.;

$K_1 = 1,1$ (10%)- коэффициент, учитывающий отпуск.

$K_2 = 1,3$ (30%) - районный коэффициент;

$$K_{зпл.м.} = 8400 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 12012 \text{ руб.}$$

Тогда годовые затраты на заработную плату слесаря-сантехника:

$$K_{зпл.г.} = 12012 \cdot 12 = 144144 \text{ руб/год.}$$

8.13 На социальные отчисления

Затраты на социальные отчисления рассчитываются как 30% от затрат на оплату труда:

$$K_{соц} = 30\% \cdot K_{зпл.г.}, \text{ руб/год} \quad (8.13)$$

$$K_{соц} = 0,3 \cdot 144144 = 43243 \text{ руб/год}$$

8.14 Годовые затраты на текущий ремонт

Принимаем 20% от затрат на амортизацию оборудования:

$$K_{\text{тр}} = 20\% \cdot K_{\text{ам}}, \text{руб/год} \quad (8.14)$$

$$K_{\text{тр}} = 0,2 \cdot 77280 = 15456 \text{ руб/год}$$

8.15 Накладные расходы

Накладные расходы рассчитываются как 200% от затрат на оплату труда.

$$K_{\text{накл}} = 2 \cdot K_{\text{зпл}}^{\Sigma}, \text{руб} \quad (8.15)$$

$$K_{\text{накл}} = 2 \cdot 144144 = 288288 \text{ руб}$$

8.16 Прочие расходы принимаем 10% от суммы всех издержек

$$K_{\text{пр}} = 10\% \cdot (K_{\text{ам}} + K_{\text{зп}} + K_{\text{соц}} + K_{\text{тр}} + K_{\text{накл}}), \text{руб} \quad (8.16)$$

$$K_{\text{пр}} = 0,1 \cdot (77280 + 144144 + 43243 + 15456 + 288288) = 568411 \text{ руб}$$

Тогда, годовые эксплуатационные затраты составят:

$$\begin{aligned} K_{\text{зод}} &= 77280 + 144144 + 43243 + 15456 + 288288 + 568411 \\ &= 1136822 \text{ руб./год.} \end{aligned}$$

9 Социальная ответственность

Социальная ответственность – это концепция, в соответствии с которой организации учитывают интересы общества, возлагая на себя ответственность за результаты деловых операций. Это обязательство предполагает, что организации добровольно принимают дополнительные меры для повышения качества жизни работников и их семей, а также местного сообщества и общества в целом.

Индивидуальная социальная ответственность – ответственность человека за результаты своей деятельности (прикладывает усилия, чтобы не наносить вред сотрудникам, предприятию, всему обществу или природе).

Социальная ответственность (корпоративная и индивидуальная) – важная составляющая устойчивого будущего человечества.

Профессиональная социальная безопасность

Для создания благоприятных условий для высокопроизводительного труда, усиления его творческого характера необходимо всемерное сокращение ручного, малоквалифицированного и тяжелого физического труда путем внедрения мероприятий по охране труда. Вопросам охраны труда уделяется большое внимание во всех промышленно развитых странах.

Охрана труда в нашей стране, согласно ГОСТ 12.0.002-80 [1], определяется как “система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда”. При создании системы законодательных актов принимают соответствующие меры, направленные на сохранение здоровья и повышение производительности труда. Меры воздействия могут быть как медицинского, так технического характера. Практически, во всем мире изучение проблем охраны труда проводится по этим двум научным направлениям.

Техническое направление включает рассмотрение вопросов техники безопасности и производственной санитарии. Научной основой технического направления охраны труда является сбор информации и анализ причин несчастных случаев, случаев травматизма на отдельном производстве и в целом по стране. Полученные данные используются для разработки коллективных и индивидуальных мер защиты здоровья работающих от опасных и вредных факторов в процессе труда.

Научной основой медицинского направления охраны труда является сбор информации и анализ состояния здоровья в отдельных коллективах и в целом по стране. Полученные данные позволяют разработать соответствующие медико-профилактические мероприятия.

Критерием оптимальности действий научной и практической служб охраны труда в целом является снижение травматизма и профессиональных заболеваний, надлежащий уровень здоровья работающих и их высокая работоспособность. Соблюдение требований по охране труда может оцениваться как показателями достигнутого экономического эффекта, так и отсутствием экономических потерь.

В целях дальнейшего совершенствования охраны труда в народном хозяйстве Госстандарт совместно с привлечением заинтересованных ведомств разработали единую систему стандартов безопасности труда (ССБТ).

9.1. Характеристика объекта

В качестве объекта рассматривается система теплоснабжения района в г. Саяногорск республики Хакасия

Спроектированы:

- двухтрубная система отопления с попутным движением воды для повышения тепловой и гидравлической устойчивости;

Системы отопления и вентиляции спроектированы с учетом требований СНиП 2.01.02–85 «Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений» [2]; СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и

кондиционирование» [3]; СНиП 2.08.02-89 « Общественные здания » [4].

Основным гигиеническим требованием, предъявляемым к общественным зданиям, является создание благоприятных условий для посетителей. К общественным зданиям предъявляются требования

-конструкции и элементы оборудования и аппаратуры, которые могут быть источником опасности, должны быть обозначены сигнальными цветами, а в опасных зонах помещения установлены знаки безопасности;

- размещение оборудования в помещении должно обеспечивать удобство и безопасность выполнения всех видов рабочей деятельности;

- персонал, обслуживающий оборудование, должны проходить обучение, инструктаж и проверку знаний правил техники безопасности;

- наличие противопожарной защиты для обеспечения безопасной эвакуации людей.

9.2. Опасные и вредные факторы

Согласно ГОСТ 12.0.002-80 [1], под опасным производственным фактором понимается фактор, воздействие которого в определенных условиях приводит к заболеванию, к снижению работоспособности или отрицательному влиянию на здоровье потомства, к травме, к острому отравлению или другому внезапному резкому ухудшению здоровья или смерти человека.

9.3. Шум

Производственный шум – совокупность звуков различной интенсивности и частоты, беспорядочно изменяющихся во времени и вызывающих у работающего неприятные субъективные ощущения. Шум, ультразвук и вибрация имеют общую природу, источниками их являются колебания твердых, газообразных или жидких сред. Эти колебания передаются воздушной средой, по которой они и распространяются. Звуковая волна является носителем энергии, которую называют силой звука. Звуковые волны имеют определенную частоту колебаний, выражаемую в герцах (Гц – одно

колебание в секунду). Орган слуха человека воспринимает диапазон колебаний от 16 до 20000Гц. Интенсивность шума определяется в пределах октав. Октавы – диапазон частот, в котором верхние границы частоты вдвое больше нижней. Для обозначения октавы обычно берут не диапазон частот, а среднегеометрические частоты.

Шум оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье человека. Оно может проявляться в виде специфического поражения органа слуха, снижения слуха на восприятие шепотной речи и потери остроты слуха. Кроме непосредственного воздействия на органы слуха, шум негативно действует на многие органы и системы организма, в первую очередь на центральную нервную систему, в которой функциональные изменения происходят зачастую раньше, чем определяется нарушение слуховой чувствительности.

Сильный шум вызывает трудности в распознавании световых сигналов, снижает быстроту восприятия цвета, зрительную адаптацию, нарушает восприятие визуальной информации, снижает способность быстро и точно выполнять координированные действия, уменьшает производительность труда, раньше возникает чувство усталости и развиваются признаки утомления.

Основной источник шума в вентиляционных установках – вентилятор, причем преобладающим является аэродинамический шум. По мере удаления от вентилятора интенсивность шума уменьшается за счет затухания в воздуховодах.

9.4 Защита от вибрации

Шум, как правило, является следствием вибрации, и поэтому на практике рабочие часто испытывают совместное неблагоприятное действие шума и вибрации. Воздействие вибрации не только отрицательно сказывается на здоровье, ухудшает самочувствие, снижает производительность труда, но иногда приводит к профессиональному заболеванию – виброболезни. Повышенные уровни вибрации и шума являются ведущими факторами в возникновении сердечно-сосудистых заболеваний.

Ручной механизированный инструмент с электро- и пневмоприводом передает интенсивные вибрации на руки рабочего и характеризуется высоким уровнем шума.

Повышенные уровни вибрации оказывают вредное воздействие на здоровье и работоспособность человека. Колебания с частотой 3...30 Гц приводят к возникновению в организме человека неприятных и вредных резонансных колебаний различных частей тела и отдельных органов, собственные частоты колебаний которых находятся в интервале частот 3...6, 6...12, 25...30 Гц. Длительное воздействие вибрации может вызвать стойкие изменения физиологических функций человека. Объективно неблагоприятное действие вибраций выражается в виде утомления, головной боли, болей в суставах кистей рук и пальцев, повышенной раздражительности.

При нормировании вибрации исходят из того, что работа возможна в приемлемых условиях труда, т.е. когда вредное воздействие вибрации проявляется незначительно, не приводя к профессиональным заболеваниям. Классифицируют вибрацию по ГОСТ 12.01.012-90 «Вибрационная безопасность» [5]. Общая вибрация нормируется по следующим октавным полосам частот: 1, 2, 4, 8, 16, 31.5, 63 Гц.

9.5 Освещение

Основная информация об окружающем нас мире поступает через зрительный анализатор. Высокая зрительная работоспособность и производительность труда тесно связаны с рациональным производственным освещением. Важным условием хорошей, продуктивной работы является правильно выбранное освещение. Хорошее освещение действует тонизирующе, создает хорошее настроение, улучшает протекание основных процессов нервной высшей системы. При плохом освещении человек быстро устает, работает менее продуктивно, возрастает опасность ошибочных действий. Выполнение зрительной работы при недостаточной освещенности может вести к развитию некоторых дефектов глаза:

- близорукость ложная и истинная (миопия);
- дальнозоркость истинная (гиперметропия) и старческая (пресбиопия).

Существует три вида производственного освещения – естественное (создается только естественным источником света), искусственное (используются только искусственные источники света) и смешанное.

Применение той или иной системы освещения зависит от назначения и размеров помещения, расположения его в плане здания, а также от климатических особенностей местности.

К освещению вне зависимости от источника света предъявляются следующие требования:

- достаточность освещения, то есть освещенность рассматриваемых объектов должна обеспечить комфортные условия для работы зрительного анализатора;

- равномерность освещения, то есть освещенность в помещениях должна быть равномерной во времени и пространстве для того, чтобы предметы и объекты, имеющие различную отражательную способность и, следовательно, яркость, воспринимались зрительным анализатором в полном объеме.

При организации рационального освещения следует избегать наличия в поле зрения работающих блескосты. Нарушение зрительных функций блескостью называется слепимостью.

В соответствии со СНиП 23-05-95 [6] величина оптимальной освещенности составляет для помещения зрительного зала -200лк. Что удовлетворяет нормам.

Проектом предусмотрено два вида освещения: рабочее и аварийное.

Основным источником освещения являются светильники с люминисцентными лампами и прожектора. Также предусматривается наружное декоративное освещение.

Для получения необходимой освещенности и удобства обслуживания светильников предусматривается их установка на спусках на высоте 4 м. Вся осветительная сеть выполняется в трехпроводном исполнении. Для заземления

светильников используется третий защитный проводник, прокладываемый от щитков освещения.

9.6 Микроклимат

Согласно ГОСТ 30494-2011 [7] Микроклимат - это совокупность внешних условий, определяющих самочувствие человека и обеспечивающих его здоровье и работоспособность.

Показателями, характеризующими микроклимат, являются:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового излучения.

Эти параметры отдельно и в комплексе влияют на человека и определяют его самочувствие. В результате окислительных процессов в организме человека выделяется теплота, часть которой репродуцируется и отдается наружу. Количество теплоты зависит от массы тела человека, интенсивности физической нагрузки и несколько варьирует от индивидуальных особенностей человека. В обычных условиях в организме человека поддерживается постоянное соотношение между приходом и расходом тепла. При изменении влажности и температуры воздуха теплоотдача с поверхности тела человека будет неодинакова. В производственных условиях, когда температура воздуха и окружающих поверхностей ниже температуры кожи, теплоотдача осуществляется преимущественно конвекцией и излучением. Если же температура воздуха и окружающих поверхностей такая же, как температура кожи или выше ее, теплоотдача возможна лишь испарением влаги с поверхности тела и с верхних дыхательных путей, если воздух не насыщен водяными парами.

При разных метеорологических условиях в организме человека происходит изменение в ряде функций систем и органов, принимающих участие в терморегуляции – системе кровообращения, нервной и

потоотделительной системах. Косвенными показателями теплового состояния могут служить влагопотери и реакция сердечно-сосудистой системы (частота сердечных сокращений, уровень артериального давления и минутный объем крови).

Стойкое нарушение терморегуляции, вследствие постоянного перенагревания или переохлаждения организма обуславливает возникновение ряда заболеваний.

В условиях нагревающего микроклимата может произойти значительное напряжение, и даже нарушение терморегуляции, в результате которого возможно перегревание организма. Это состояние характеризуется повышением температуры тела, учащением пульса, обильным потоотделением и, при сильной степени перегревания, тепловым ударом: расстройством координации движений, адинамией, падением артериального давления, потерей сознания. Может развиваться также и судорожная болезнь.

Холодовой дискомфорт (конвекционный и радиационный) вызывает в организме человека терморегуляторные сдвиги, направленные на ограничение теплопотерь и увеличение теплообразования. Ограничение теплопотерь организма происходит за счет сужения сосудов в периферических тканях. Под влиянием низких и пониженных температур воздуха могут развиваться ознобления (припухлость кожи, ее зуд и жжение), обморожение, миозиты, невриты, радикулиты.

Поддержание на заданном уровне параметров микроклимата осуществляется вентиляцией совместно с системой отопления.

9.7 Электробезопасность

Согласно ГОСТ 12.1.009-76 [8], электробезопасность – это система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества.

Электрические установки представляют для человека большую потенциальную опасность, т.к. в процессе эксплуатации или проведения профилактических работ человек может коснуться частей, находящихся под напряжением. Специфическая опасность электроустановок: токоведущие проводники, корпуса стоек и прочее оборудование, оказавшееся под напряжением в результате повреждения изоляции, не подают каких либо сигналов, которые предупреждали бы человека об опасности. Проходя через тело человека, электрический ток оказывает на него сложное воздействие.

Виды действия тока на человека:

- термическое, проявляется в ожогах, нагреве органов, находящихся на пути прохождения тока, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства, связанные со свертыванием белка;

- электролитическое, проявляется в том, что в крови, лимфе, клетках начинается процесс электролиза неорганических и, частично, органических компонентов, вызывая нарушение их физико-химического состава, что приводит к нарушению нормального обмена веществ в организме;

- механическое, выражается в расслоении, разрыве и других повреждениях различных тканей организма (мышечные, легочные ткани) в результате электродинамического эффекта;

- биологическое, проявляется в возбуждении и раздражении живых тканей, а также в нарушении внутренних биологических процессов.

Любое из перечисленных действий может привести к электрической травме, то есть к повреждению организма, вызванному воздействием электрического тока или электрической дуги.

Для характеристики действия тока на человека установлены три критерия:

ощутимый пороговый ток (наименьшее значение тока, вызывающего при прохождении через организм ощутимые раздражения);

пороговый не отпускающий ток (наименьшее значение тока, вызывающего при прохождении через организм непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник);

пороговый фибрилляционный ток (наименьшее значение тока, вызывающего при прохождении через организм фибрилляцию сердца).

Численные значения этих токов представлены в табл.20

Таблица 20 - Значения пороговых токов

Род тока	Ощутимый, мА	Неотпускающий, мА	Фибрилляционный, мА
Переменный	0,5 - 1,5	6 - 10	80 – 100
Постоянный	5 -7	50 - 80	300

Длительность прохождения тока очень влияет на исход поражения, так как с течением времени снижается сопротивление кожи.

Все помещения делят на три категории.

Помещения с повышенной опасностью. Они характеризуются одним из следующих условий:

- сырость (относительная влажность $>75\%$);
- высокая температура ($>35^{\circ}\text{C}$);
- токопроводящая пыль;
- токопроводящие полы;
- возможность одновременного прикосновения к имеющим соединения с землей металлическим элементам технологического оборудования или металлоконструкциям зданий с одной стороны и к металлическим корпусам электрооборудования с другой.

Особо опасные помещения. Они характеризуются:

- наличием высокой относительной влажности воздуха (близко к 100%) или химически активной среды, разрушающей изоляцию;

или одновременным наличием двух или более условий п.1.

Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют все указанные выше условия.

Основные помещения гаража отнесены к категории помещений без повышенной опасности с зонами классов П - Па.

Чтобы не допустить поражения электрическим током, необходимо строго выполнять ряд организационных и технических мероприятий и средств, установленных действующими "Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правилами устройства электроустановок". К техническим средствам защиты относят:

- электрическую изоляцию токоведущих частей;
- защитное заземление и зануление;
- выравнивание потенциалов;
- защитное отключение;
- малое напряжение;
- двойную изоляцию.

Все электрооборудование гаража подлежит заземлению, также заземляются металлические части оборудования, которые могут оказаться под напряжением. В качестве заземления используются фундаменты здания, металлические конструкции здания и нулевые жилы питающих кабелей.

Система заземления принята типа ТТ, т. е. питающая сеть имеет точку непосредственно связанную с землей, а заземляющие проводники здания присоединяются к металлическому корпусу здания.

По ГОСТ 12.4.113-82 [9] защитные системы и мероприятия по защите от поражения электрическим током в гараже должны обеспечивать напряжение прикосновения не выше:

- 42 В - в помещениях без повышенной опасности и с повышенной опасностью;
- 12 В - в особо опасных помещениях.

Питание оборудования должно осуществляться от сети напряжением не более 380 В при частоте 50 Гц. В электроустановках должны быть предусмотрены разделительный трансформатор и защитно-отключающее устройство.

В электрических установках до 1000 В минимальное значение сопротивления изоляции должно быть не менее 0.5 Ом, а сопротивление между заземляющим болтом и каждой доступной прикосновению металлической нетоковедущей частью изделия, которая может оказаться под напряжением, - не более 0.1 Ом.

9.8 Чрезвычайные ситуации

Согласно ГОСТ Р 22.0.02-94 [10], чрезвычайной ситуацией называется состояние, при котором в результате возникновения источника чрезвычайной ситуации на объекте, определенной территории или акватории, нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей среде.

Различают чрезвычайные ситуации по характеру источника (природные, техногенные, биолого-социальные и военные) и по масштабам (глобальные или национальные, региональные, местные и локальные или частные).

Источник ЧС:

- опасное природное явление;
- авария или опасное техногенное происшествие;
- широко распространенная инфекционная болезнь людей;
- сельскохозяйственных животных и растений;
- применение современных средств поражения.

Наиболее возможной чрезвычайной ситуацией в гараже может быть пожар. При возникновении пожара ответственный за происшествие должен:

- отключить напряжение;
- принять меры к эвакуации людей;

- по телефону 01 сообщить дежурному пожарной охраны о случившемся;

- при необходимости вызвать скорую помощь;

- до прибытия пожарных начать тушить пожар самостоятельно при помощи углекислотного огнетушителя.

Пожар представляет собой неконтролируемое горение, развивающееся во времени и пространстве, опасное для людей и наносящее материальный ущерб.

Опасными факторами, воздействующими на людей и материальные ценности при пожаре, являются:

- пламя и искры;

- повышенная температура окружающей среды;

- токсичные продукты горения и термического разложения;

- дым;

- пониженная концентрация кислорода.

К вторичным проявлениям опасных факторов пожара, воздействующих на людей и материальные ценности, относятся:

- осколки, части разрушившихся аппаратов, агрегатов, установок, конструкций;

- радиоактивные и токсичные вещества и материалы, вышедшие из разрушенных аппаратов и установок;

- электрический ток, возникший в результате выноса высокого напряжения на токопроводящие части конструкций, аппаратов, агрегатов;

- огнетушащие вещества.

Пожар сопровождается химическими и физическими явлениями: химической реакцией горения, выделением и передачей тепла, выделением и распространением продуктов сгорания, газовым обменом. Все эти явления на пожаре взаимосвязаны и протекают на основе общих законов физики.

Пожары в зданиях и сооружениях характеризуются быстрым повышением температуры, задымлением помещений, распространением огня

открытыми путями и потерей конструкциями несущей способности.

Заключение

В результате проведенной работы определены тепловые нагрузки на систему отопления, вентиляции, ГВС застройки восточного района города Саяногорска квартала №18. По результатам расчета нагрузка на отопление составила 17742 кВт, на вентиляцию 776 кВт, средненедельная нагрузка на ГВС в зимний период 2430 кВт, в летний 1555 кВт.

Для установления экономичного режима работы теплофикационного оборудования, выбора наивыгоднейших параметров теплоносителей, а также для других плановых и технико-экономических исследований построен график Россандера за отопительный период.

В результате проведенной работы разработана система регулирования отпуска теплоты. Установлено, что центральное регулирование теплоты для микрорайона №18 г. Саяногорска необходимо производить по совмещенной нагрузке отопления и ГВС. Произведен расчет температурного графика. В результате определена точка излома $t_{н.и.} = -4,5$ °С, температура сетевой воды в подающем $\tau_1 = 131$ °С и обратном трубопроводе $\tau_2 = 59$ °С.

Обосновано и подтверждено расчетами, что теплоснабжение микрорайона №18 г. Саяногорска необходимо осуществлять по независимой схеме с присоединением подогревателей горячего теплоснабжения по двухступенчатой последовательной схеме.

В результате проведенного гидравлического расчета определены диаметры труб, падения давления в различных точках системы, построены пьезометрические графики и т.д.

Разработана схема тепловой сети с указанием и выбором компенсаторов, задвижек, тепловых камер. Выбрано основное оборудование ИТП.

Список использованных источников

1. Б.А.Ляликов Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий Часть 2 Учебное пособие ТПУ Томск 2005 172 стр.
2. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника (Справочник). Под общ. Ред. В.А.Григорьева и В.М.Зорина. –М: Энергоиздат, 1983. –552 с.
3. Р. В. Щекин, С. М. Кореневский, Г. Е. Бем, М. А. Артюшенко, Ф. И. Скороходько Справочник по теплоснабжению и вентиляции Киев: Государственное издательство, 1962-1020с.
4. Громов Н. К. Абонентские устройства водяных тепловых сетей. Проектирование и эксплуатация. - М: Энергия, 1979.
5. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: Справочник/ В. И. Манюк, Я. И. Каплинский. - М.: Стройиздат, 1988.
6. Апарцев М. М. Наладка водяных систем централизованного теплоснабжения: Справ, пособие.-М.: Энергоатомиздат, 1983.
7. Козин В. Е., Левина Т. А., Марков А. П. Теплоснабжение. - М: Высш. шк., 1980.
8. Теплотехнический справочник. Т. 1, 2 / Под ред. В. Н. Юренева, П. Д. Лебедева. - М: Энергия, 1975.
9. СНИП 2.04.05-91. Отопление вентиляция и кондиционирование. - М: 1991.
10. СНИП II — 3-79*. Строительная теплотехника. — М.: 1979.
11. СНИП И-А. 6-72. Строительная климатология и геофизика. — М.: 1973.
12. СНИП 11-34 - 76. Горячее водоснабжение. - М.: 1976.
13. СНИП 2.04.07-86. Тепловые сети. Нормы проектирования.-М.: Стройиздат, 1987.
14. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов. - М: Госстрой России, 1999.

15. Хоблер Т.М. Теплопередача и теплообменники. – Л: Госхимиздат, 1961. –260с
16. М. П. Вукалович: Таблица «Теплофизические свойства воды и водяного пара» - Машиностроение, Москва, 1967 г.
17. Кошкин В.К., Калинин Э.К. Теплообменные аппараты и теплоносители. –М: Машиностроение, 1971.–200 с.
18. Бажан П.И., Каневец Г.Е., Селиверстов В.М. Справочник по теплообменным аппаратам. –М: Машиностроение, 1989. –366 с.
19. Михеев М.А. Основы теплопередачи. – М: Госэнергоиздат, 1956. – 346 с.
20. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Москва 1967
21. Левочкин Н.И. Инженерные расчеты по охране труда. Изд. Красноярск,1987.–152с.
22. Буратов А.Н. Пожарная безопасность. Изд: АСВ, 1997. –176 с.
23. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. –М: Энергоиздат, 1982. –800 с.
24. Комментарий к трудовому кодексу Российской Федерации. Под. Ред. Гусов К.Н. –М: ООО «ТК Велби», 2002. –672 с.
25. Клюев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие. –М: Энергоатомиздат, 1990. –444 с.
26. Клюев А.С. Наладка средств измерений и систем технологического контроля. Справочное пособие. –М: Энергоатомиздат, 1989. –368 с.
27. Клюев А.С. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля. –М: Энергия, 1977. –296 с.
28. Емельянов А.И. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. –М: Энергоиздат, 1979. –315 с.

29. Алексеев Ю.П., Кузьмин В.Г., Мелехин В.Г., Савашинская В.И. Организация, планирование и управление в энергетике. –М: Высш. шк., 1982. –408 с.
30. Чернухин А.А., Флаксерман Ю.Н. Экономика энергетики СССР. –М: Энергоатомиздат, 1985. –416 с.
31. Сафонов А. П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям. -М.: Энергоатомиздат, 1995.
32. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей /Под ред. А. А. Николаева. - М.: Энергия, 1965.
33. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч. 1. Отопление. Под ред. И. Г. Старовойтова. - М: Стройиздат, 1990.
34. Мерзон Э.Д., Мерзон И.Э., Медведовская Н.В. Машиностроительное черчение. –М: Высш. шк., 1987. –335 с.