

**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
<b>Проект реконструкции системы теплоснабжения города Междуреченска</b>

УДК 697.4-047,74(57,17)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<b>3-5Б13</b>	<b>Ватокин Алексей Александрович</b>		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Половников Вячеслав Юрьевич	К.Т.Н		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кузьмина Н.Г.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Гусельников М.Э.	К.Т.Н		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

## Запланированные результаты обучения по программе

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

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

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

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

Институт Электронного обучения  
Направление подготовки (специальность) промышленная теплоэнергетика  
Кафедра теоретической и промышленной теплотехники

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

**ЗАДАНИЕ**  
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б13	Ватокину Алексею Александровичу

Тема работы:

**Проект реконструкции системы теплоснабжения города Междуреченска**

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№

Срок сдачи студентом выполненной работы: 10.06.2016 г.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

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

Технико-экономические характеристики элементов системы теплоснабжения города Междуреченска: состав теплопотребителей района теплоснабжения, характеристики основного и вспомогательного оборудования источника теплоснабжения, тепловой сети, внутренних системах теплопотребления.

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Расчет и анализ действующих и перспективных тепловых и гидравлических режимов работы элементов системы теплоснабжения города Междуреченска. Цель работы – разработать проект реконструкции теплоснабжения города Междуреченска, как результат перевода с открытую на закрытую.</p>
--	---

<p><b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p><b>Перечислить ГЧ</b></p>
---	------------------------------

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i></p>		
--	--	--

Раздел	Консультант	Подпись
<p><b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b></p>	<p>Кузьмина Н. Г., ст. преп. каф. менеджмента</p>	
<p><b>Социальная ответственность</b></p>	<p>Гусельников М.Э., к.т.н., доцент</p>	

<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>
<p> </p>
<p> </p>
<p> </p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>21.03.2016 г.</p>
--	----------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>доцент</p>	<p>Половников Вячеслав Юрьевич</p>	<p>к.т.н.</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>3-Б13</p>	<p>Ватокин Алексей Александрович</p>		

## Реферат

Проект перевода системы теплоснабжения микрорайона «жилмассив железнодорожного вокзала» города Междуреченска с открытой на закрытую содержит расчёт тепловых нагрузок на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию, расчёт расхода сетевой воды на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию, суммарный расчетный расход сетевой воды в двухтрубных тепловых сетях в закрытых системах теплоснабжения при качественном регулировании отпуска теплоты. Выполнен расчёт двухступенчатых подогревателей ГВС, подбор циркуляционных насосов, определение толщины изоляции водонагревателей МТП и подводящих трубопроводов, объёмно-планировочные решения и компоновка оборудования МТП. Приведён проверочный гидравлический расчет тепловых сетей, наладка присоединенных систем, автоматизация тепловых пунктов, охрана труда при реконструкции и ремонте МТП. Технико-экономическое обоснование.

## Оглавление

Введение

1 Расчёт тепловых нагрузок на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию.

1.1 Расчёт тепловых нагрузок на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию жилых домов.

1.2 Расчёт тепловых нагрузок на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию общественных зданий.

2 Расчёт расходов сетевой воды на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию, суммарный расчетный расход сетевой воды в двухтрубных тепловых сетях в закрытых системах теплоснабжения при качественном регулировании отпуска теплоты.

2.1 Расчёт расходов сетевой воды жилых домов.

2.2 Расчёт расходов сетевой воды для общественных зданий.

3 Конструктивный расчёт, и выбор оборудования для МТП зданий.

3.1 Расчёт двухступенчатого подогревателя горячего водоснабжения.

3.2 Расчёт подогревателей ГВС с помощью программы "RPGV" на языке Паскаль.

3.3 Подбор циркуляционных насосов установленных в МТП.

3.4 Определение толщины изоляции водонагревателей МТП и подводящих трубопроводов.

3.5 Объёмно-планировочные решения и компоновка оборудования МТП.

4 Проверочный гидравлический расчет тепловых сетей.

5 Наладка присоединённых систем.

6 Контрольно-измерительные приборы и автоматика.

6.1 Краткое описание тепловой схемы.

6.2 Структурная схема АСР.

6.3 Обзор и выбор существующей аппаратуры измерения и регулирования

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение



7.1 Расчет сметы затрат на разработку проекта

7.2 Смета затрат на приобретение оборудования

7.3 Экономическая эффективность проекта

Список литературы

## Введение

Энергетика является ведущей отраслью хозяйства страны. Понятием энергетики охватывается обширный круг установок для транспорта и производства, энергии сжатых газов и других энергоносителей, использования электрической и тепловой энергии.

Основным направлением в развитии энергетики страны является централизация энергосбережения промышленности, сельского хозяйства, городов и населённых пунктов. Это направление позволяет успешно решать важнейшие народнохозяйственные задачи по повышению производительности труда за счёт роста энерговооруженности и укреплению технико-экономического потенциала страны путём рационального использования энергетических ресурсов.

Тема выпускной квалификационной работы выбрана неслучайно, существует потребность в переводе системы теплоснабжения из открытой в закрытую микрорайона «жилмассив железнодорожного вокзала» города Междуреченска.

Закрытые системы вследствие отсутствия непосредственного водоразбора отличаются высоким постоянством качества и количества циркулируемой в них воды. На горячее водоснабжение в открытых системах расходуется деаэрированная, прошедшая химводообработку дорогая сетевая вода, в закрытых системах на горячее водоснабжение расходуется водопроводная вода, а подпитка сетей не превышает 0,5% от объёма сетевой воды, содержащейся в системе.

Открытые системы отличаются высокой нестабильностью гидравлических режимов, закрытые, наоборот, стабильны, потому что независимы от водоразбора на горячее водоснабжение. Кроме того, качество сетевой расходуемой на горячее водоснабжение в открытых системах воды не всегда отве-

чает санитарным нормам. Требования к качеству воды по цветности и запаху нарушаются из-за недостаточной промывки систем отопления после ремонта, из-за неполной деаэрации подпиточной воды. Установка для группового приготовления горячей воды на ЦТП я посчитала невыгодной по целому ряду причин. Непосредственное присоединение стояков местных систем горячего водоснабжения к квартальным трубопроводам от ЦТП создаёт большое число перемычек между подающим и циркуляционным трубопроводами, которое затрудняет равномерное распределение горячей воды по стоякам в здании и между зданиями. Ввиду неравенства гидравлического сопротивления ближних и дальних перемычек расходы воды по мере удаления здания от ЦТП по перемычкам уменьшается иногда значительно. Для восстановления расчётных расходов горячей воды в каждом здании требуется установка МТП и дополнительной регулирующей арматуры. Это, в свою очередь, усложняет наладку системы и её обслуживание.

Установка для группового приготовления горячей воды на ЦТП и присоединения к ней микрорайона «жилмассив железнодорожного вокзала» приведёт к существенному снижению температуры горячей воды у наиболее удалённых потребителей. Низкая температура воды способствует росту её потребления за счёт слива остывшей воды и сокращения расхода холодной воды на подмешивание к горячей воде. И наконец, самый главный и решающий недостаток установки для группового приготовления горячей воды на ЦТП и присоединения к нему микрорайона «жилмассив железнодорожного вокзала», это его чрезмерно высокая стоимость. Принимая во внимание все вышеизложенные аргументы, принято решение о реконструкции уже существующих МТП из открытой системы в МТП закрытой системы.

## 1 Расчёт тепловых нагрузок на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию

Расчёт тепловых нагрузок на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию выполняю по методике предложенной [1] СНиП 2.04.07-86 «Тепловые сети».

Тепловые нагрузки при отсутствии проектов отопления, вентиляции и горячего водоснабжения зданий и сооружений определяются для предприятий по укрупненным ведомственным нормам, утвержденным в установленном порядке, либо по проектам аналогичных предприятий, для жилых районов городов и других населенных пунктов по формулам:

а) максимальная тепловая нагрузка на отопление жилых и общественных зданий

$$Q_i^{i\ddot{a}\ddot{o}} = q_o A(1+k_1), \text{ Вт}; \quad (1.1)$$

б) максимальная тепловая нагрузка на вентиляцию общественных зданий

$$Q_e^{max} = k_1 k_2 q_o A, \text{ Вт}; \quad (1.2)$$

в) средняя тепловая нагрузка на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий

$$Q_{звс}^{cp} = \frac{1,2m(a+b)(55-t_c)}{24 * 3,6} c, \text{ Вт}; \quad (1.3)$$

или

$$Q_{звс}^{cp} = q_{звс} m, \text{ Вт}; \quad (1.4)$$

г) максимальная тепловая нагрузка на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий

$$Q_{звс}^{max} = 2,4Q_{звс}^{cp}, \text{ Вт}; \quad (1.5)$$

где  $k_1$  - коэффициент, учитывающий тепловую нагрузку на отопление общественных зданий при отсутствии данных, следует прини-

мать равным 0,25;

$k_2$  - коэффициент, учитывающий тепловую нагрузку на вентиляцию общественных зданий при отсутствии данных следует принимать равным для общественных зданий, построенных до 1985 г. – 0,4, после 1985 г. – 0,6.

Средняя тепловая нагрузка на отопление жилых районов населенных пунктов следует определять по формуле

$$Q_o = Q_o^p \frac{t_e^p - t_n^{cp}}{t_e^p - t_o^p}, \text{ Вт}; \quad (1.6)$$

тоже на вентиляцию при  $t_o$

$$Q_v = Q_v^p \frac{t_d^h - t_n^{cp}}{t_e^p - t_o^p}, \text{ Вт}; \quad (1.7)$$

Средняя тепловая нагрузка на горячее водоснабжение жилых районов населенных пунктов в неотапливаемый период следует определять по формуле

$$Q_{гвсл}^{cp} = Q_{гвсл}^{cp} \frac{(55 - t_л)}{(55 - t_з)} \beta, \text{ МВт}, \quad (1.8)$$

где  $t_e^p$  - расчётная температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, °С;

$t_o^p$  - расчётная температура наружного воздуха для отопления, °С;

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

$t_з, t_л$  - соответственно температура холодной воды в отопительный период (5°С) и неотапливаемый (летний) период (15°С);

$\beta$  - коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на горячее водоснабжение в неотапливаемый период по отношению к отопительному периоду, принимаемый при отсутствии данных для жилищно-коммунального сектора – 0,8, для предприятий – 1,0.

$$Q_{гвсл}^{cp} = 0,1 * \frac{55 - 5}{55 - 15} * 0,8 = 0,1 \text{ МВт}$$

## 1.1 Водоснабжение и вентиляция жилых домов

Расчёт тепловых нагрузок на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию жилого дома расположенного по улице Весенняя, дом №1

Суммарная тепловая нагрузка на здание складывается из тепловых нагрузок на магазин, занимающий весь первый этаж здания и тепловой нагрузки на жилую часть здания, занимающего четыре верхних этажа.

Тепловая нагрузка на отопление магазина

$$Q_o^{max} = q_o A(1 + k_1) = 1200 * 102 * 1,25 * 10^{-6} = 0,153 \text{ МВт, где}$$

$A_{МАГ}$  – общая площадь магазина (тех. паспорт здания);

$q_o$  - максимальная тепловая нагрузка на отопление жилых зданий на один метр квадратный жилой площади; Вт.

Максимальная тепловая нагрузка на вентиляцию магазина

$$Q_e^{max} = k_1 k_2 q_o A_{МАГ} = 0,4 * 0,25 * 102 * 1200 * 10^{-6} = 0,0122 \text{ МВт, где}$$

$q_o$  - максимальная тепловая нагрузка на отопление жилых зданий на один метр квадратный жилой площади, Вт.

Максимальная тепловая нагрузка на отопление жилой части здания

$$Q_o^{max} = q_o A_{жил} = 102 * 4320 * 10^{-6} = 0,4406 \text{ МВт, где}$$

$q_o$  - максимальная тепловая нагрузка на отопление жилых зданий на один метр квадратный жилой площади, Вт.

Средняя тепловая нагрузка на ГВС на все здание

$$Q_{гвс}^{cp} = q_{гвс} m = 376 * 320 * 10^{-6} = 0,12 \text{ МВт, где}$$

$q_{гвс}$  - укрупненный показатель средней тепловой нагрузки на ГВС

$m$  - число жильцов.

Максимальная тепловая нагрузка на ГВС на все здание

$$Q_{гвс}^{max} = 2,4 * Q_{гвс}^{cp} = 2,4 * 0,12 = 0,288 \text{ МВт.}$$

Суммарная тепловая нагрузка на здание

$$\sum Q_{\max} = \sum Q_o^{\max} + \sum Q_{\delta}^{\max} + \sum Q_{\text{звс}}^{\max} = 0,153 + 0,0122 + 0,4406 + 0,288 = 0,894 \text{ МВт.}$$

Аналогично выполняем все последующие расчёты тепловых нагрузок на горячее водоснабжение, отопление, и вентиляцию. Полученные данные сводим в таблицу,

Таблица 1

Объекты: жилые дома

Адрес объекта	$Q_o^{\max}$	$Q_{\text{звс}}^{\text{ср}}$	$Q_{\text{звс}}^{\max}$	$Q_{\delta}^{\max}$	$\sum Q_{\max}$
Улица, № дома	МВт	МВт	МВт	МВт	
Весенняя №1	0,594	0,12	0,288	0,0122	0,894
Весенняя №3/а	0,4406	0,133	0,32		0,7606
Весенняя №3/б	0,4406	0,133	0,32		0,7606
Весенняя №5	0,4406	0,0976	0,234		0,675
Весенняя №5/1	0,551	0,122	0,29		0,841
Весенняя №5/2	0,33	0,0732	0,176		0,506
Весенняя №6	0,4406	0,0976	0,234		0,675
Весенняя №7	0,4406	0,0976	0,234		0,675
Весенняя №8	0,4406	0,0976	0,234		0,675
Весенняя №9	0,4406	0,0976	0,234		0,675
Проспект Шахтёров №134	0,3466	0,09	0,216	0,0066	0,57
Проспект Шахтёров №136	0,4406	0,0976	0,234		0,675
Проспект Шахтёров №138	0,4406	0,0976	0,234		0,675
Проспект Шахтёров №140	0,4406	0,0976	0,234		0,675
Проспект Шахтёров №142	0,4406	0,0976	0,234		0,675
Проспект Шахтёров №142/2	0,454	0,132	0,317		0,771

Проспект Шахтёров №142/3	0,454	0,132	0,317		0,771
Проспект Шахтёров №144	0,4406	0,0976	0,234		0,675
Проспект Шахтёров №146	0,4406	0,0976	0,234		0,675
Проспект Шахтёров №148	0,4406	0,0976	0,234		0,675
Проспект Шахтёров №150	0,4406	0,0976	0,234		0,675
Проспект Шахтёров №152	0,452	0,12	0,288		0,74
Проспект Шахтёров №154	0,452	0,12	0,288		0,74
Проспект Шахтёров №156	0,3466	0,09	0,216		0,57
Вокзальная №2	0,4406	0,0976	0,234		0,675
Вокзальная №4	0,4406	0,0976	0,234		0,675
Вокзальная №6	0,4406	0,0976	0,234		0,675
Вокзальная №8	0,4406	0,0976	0,234		0,675
Вокзальная №8/1	0,33	0,0732	0,176		0,506
Вокзальная №10	0,4406	0,0976	0,234		0,675
Вокзальная №12	0,4406	0,0976	0,234		0,675
Вокзальная №12/1	0,551	0,122	0,29		0,841
Вокзальная №14	0,4406	0,0976	0,234		0,675
Вокзальная №16	0,4406	0,0976	0,234		0,675
Вокзальная №18	0,551	0,122	0,29		0,841
Вокзальная №16/1	0,33	0,0732	0,176		0,506



С.Лазо №113	0,4406	0,0976	0,234		0,675
С.Лазо №115	0,4406	0,0976	0,234		0,675
С.Лазо №113/1	0,33	0,0732	0,176		0,506
С.Лазо №117	0,4406	0,0976	0,234		0,675
С.Лазо №117/1	0,551	0,122	0,29		0,841
С.Лазо №119	0,4406	0,0976	0,234		0,675
С.Лазо №121	0,4406	0,0976	0,234		0,675
С.Лазо №123	0,796	0,14	0,336		1,132
<b>Суммарная тепловая нагрузка на жилые дома района.</b>					<b>30,6472</b>

## **1.2 Расчёт тепловых нагрузок на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию общественных зданий**

Расчёт тепловых нагрузок на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию зданий МСЧ №2 поликлиники и стационара

Тепловая нагрузка на отопление, вентиляцию и ГВС здания поликлиники и стационара складываются из отдельных тепловых расчётов на поликлинику и стационар.

Поликлиника:

Тепловая нагрузка на отопление поликлиники

$$Q_o^{\max} = q_o A(1 + k_1) = 1344 * 234 * 1,25 * 10^{-6} = 0,39 \text{ МВт, где}$$

$q_o$  - максимальная тепловая нагрузка на отопление жилых зданий на один метр квадратный жилой площади, Вт.

Тепловая нагрузка на вентиляцию поликлиники

$$Q_v^{\max} = q_o A k_1 k_2 = 1344 * 234 * 0,4 * 0,25 * 10^{-6} = 0,031 \text{ МВт, где}$$

$q_o$  - максимальная тепловая нагрузка на отопление жилых зданий на один метр квадратный жилой площади, Вт.

Средняя тепловая нагрузка на ГВС поликлиники

$$Q_{звс}^{cp} = \frac{1,2mb(55-5)}{24*3,6} c = \frac{1,2*500*6*(55-5)*4,187}{24*3,6} * 10^{-6} = 0,0087 \text{ МВт, где}$$

$b$  - норма расхода горячей воды;

$m$  - число жильцов.

Максимальная тепловая нагрузка на ГВС поликлиники

$$Q_{звс}^{max} = 2,4Q_{звс}^{cp} = 2,4*0,0087 = 0,021 \text{ МВт.}$$

Тепловая нагрузка на отопление стационара

$$Q_o^{max} = q_o A(1+k_1) = 6256*150*1,25*10^{-6} = 1,173 \text{ МВт, где}$$

$q_o$  - максимальная тепловая нагрузка на отопление жилых зданий на один метр квадратный жилой площади, Вт.

Тепловая нагрузка на вентиляцию стационара

$$Q_v^{max} = q_o A k_1 k_2 = 6256*150*0,4*0,25*10^{-6} = 0,094 \text{ МВт, где}$$

$q_o$  - максимальная тепловая нагрузка на отопление жилых зданий на один метр квадратный жилой площади, Вт.

Тепловая нагрузка на ГВС стационара

$$Q_{звс}^{cp} = \frac{1,2*m*b*(55-5)*c}{24*3,6} = \frac{1,2*500*180*(55-5)*4,187}{24*3,6} * 10^{-6} = 0,262 \text{ МВт,}$$

где:

$b$  - норма расхода горячей воды;

$m$  - число жильцов.

Максимальная тепловая нагрузка на ГВС стационара

$$Q_{звс}^{max} = 2,4Q_{звс}^{cp} = 2,4*0,262 = 0,63 \text{ МВт.}$$

Поликлиника и стационар имеют один тепловой ввод

$$Q_o^{max} = 0,39 + 1,173 = 1,563 \text{ МВт.}$$

$$Q_v^{max} = 0,094 + 0,031 = 0,125 \text{ МВт.}$$

$$Q_{zbc}^{cp} = 0,0087 + 0,262 = 0,2707 \text{ МВт.}$$

$$Q_{zbc}^{max} = 0,021 + 0,63 = 0,651 \text{ МВт.}$$

Суммарная тепловая нагрузка на здания поликлиники и стационара

$$\sum Q_{max} = \sum Q_o^{max} + Q_s^{max} + Q_{zbc}^{max} = 1,563 + 0,125 + 0,651 = 2,339 \text{ МВт.}$$

Аналогично выполнены последующие расчёты, полученные данные занесены в таблицу.

Таблица 2

Объекты: общественные здания

Адрес объекта	$Q_o^{max}$	$Q_{zbc}^{cp}$	$Q_{zbc}^{max}$	$Q_s^{max}$	$\sum Q_{max}$
Улица , № дома	МВт	МВт	МВт	МВт	МВт
Поликлиника стационар.	1,563	0,2707	0,651	0,125	2,339
Детская поликлиника	0,421	0,015	0,0375	0,0337	0,7955
Хозчасть	0,189	0,01	0,024	0,015	0,228
2-е детское отделение	0,147	0,018	0,04	0,012	0,199
Д/к №32	0,711	0,051	0,122	0,057	0,89
Школа №38	1,097	0,1224	0,294	0,087	1,478
Детские ясли №56	0,711	0,024	0,0576	0,057	0,8256
Детский комбинат №20	0,8769	0,032	0,0768	0,07	1,0237
Ж/д вокзал	1,369	0,054	0,129	0,107	1,6
Магазин «Электрик Сити»	0,438			0,035	0,473
Суммарная тепловая нагрузка на общественные здания района.					9,852

Суммарная тепловая нагрузка жилых и общественных зданий

$$\sum Q_{max}^{рай} = \sum Q_{max}^{жил} + \sum Q_{max}^{общ} = 30,6472 + 9,852 = 40,5 \text{ МВт.}$$

## 2 Расчёт расходов сетевой воды

Расчёт расходов сетевой воды тепловых нагрузок на отопление, горячее водоснабжение и отопление вентиляцию выполняю по методике предложенной [1] СНиП 2.04.07-86 «Тепловые сети».

Расчетный расход сетевой воды для определения диаметров труб в водяных тепловых сетях при качественном регулировании отпуска теплоты следует определять отдельно для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Расчетные расходы воды следует определять по формулам:

а) на отопление

$$G_o^{\max} = \frac{3,6Q_o^{\max}}{c(\tau_1 - \tau_2)}, \text{ кг/ч;} \quad (2.1)$$

б) на вентиляцию

$$G_v^{\max} = \frac{3,6Q_v^{\max}}{c(\tau_1 - \tau_2)}, \text{ кг/ч;} \quad (2.2)$$

в) на горячее водоснабжение в открытых системах теплоснабжения:

средний –

$$G_{звс}^{cp} = \frac{3,6Q_{звс}^{cp}}{c(t_2 - t_{х3})}, \text{ кг/ч;} \quad (2.3)$$

максимальный –

$$G_{звс}^{\max} = \frac{3,6Q_{звс}^{\max}}{c(t_2 - t_{х3})}, \text{ кг/ч;} \quad (2.4)$$

г) на горячее водоснабжение в закрытых системах теплоснабжения:

средний при параллельной схеме присоединения водоподогревателей:

$$G_{звс}^{cp} = \frac{3,6Q_{звс}^{cp}}{c(\tau_1' - \tau_3')}, \text{ кг/ч;} \quad (2.5)$$

максимальный –

$$G_{\text{звс}}^{\text{max}} = \frac{3,6Q_{\text{звс}}^{\text{max}}}{c(\tau_1' - \tau_3')}, \text{ кг/ч;}$$

(2.6)

средний при двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей:

$$G_{\text{звс}}^{\text{cp}} = \frac{3,6Q_{\text{звс}}^{\text{cp}}}{c(\tau_1 - \tau_2)} \left( \frac{55 - t_{1\text{cm}}}{55 - t_{\text{хз}}} + 0,2 \right), \text{ кг/ч;}$$

(2.7)

максимальный при двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей:

$$G_{\text{звс}}^{\text{max}} = \frac{3,6 * 0,55Q_{\text{звс}}^{\text{max}}}{c(\tau_1' - \tau_2')}, \text{ кг/ч;}$$

(2.8)

Суммарные расчетные расходы сетевой воды (кг/ч) в двухтрубных тепловых сетях в открытых и закрытых системах теплоснабжения при качественном регулировании отпуска теплоты определяем по формуле:

$$G_c^p = G_o^{\text{max}} + G_g^{\text{max}} + K_3 G_{\text{звс}}^{\text{cp}}, \text{ кг/ч;}$$

(2.9)

Коэффициент  $K_3$ , учитывающий долю среднего расхода воды на горячее водоснабжение при регулировании по нагрузке отопления, следует принимать по таблице №3. При регулировании по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения коэффициент  $k_3$  принимается равным 0.

Таблица 3

Значение коэффициента  $K_3$

Системы теплоснабжения с тепловой нагрузкой	Значение коэффициента $K_3$
Открытая, МВт.	
100 и более	0,6
менее 100	0,8
Закрытая, МВт.	
100 и более	1,0
менее 100	1,2

Примечание. Для закрытых систем теплоснабжения при регулировании по нагрузке отопления и тепловой нагрузке менее 100 МВт при наличии банков-аккумуляторов у потребителей коэффициент  $K_3$  следует принимать равным 1.

Для потребителей при  $\frac{Q_{звс}^{max}}{Q_o^{max}} \geq 1,0$  при отсутствии баков-аккумуляторов, а также с тепловым потоком 10 МВт и менее суммарный расчетный расход воды следует определять по формуле:

$$G_c^p = G_o^{max} + G_6^{max} + G_{звс}^{max}, \text{ кг/ч} \quad (2.10)$$

## 2.1 Расчёт расходов сетевой воды жилых домов

Расчёт расходов сетевой воды на жилой дом Весенняя №1

Расход сетевой воды на отопление

$$G_o^{max} = \frac{3,6Q_o^{max}}{c(\tau_1 - \tau_2)} = \frac{3,6 * 0,594}{4,187 * (125 - 58,4)} * 10^6 = 7668,5 \text{ кг/ч,}$$

где  $\tau_1, \tau_2$  - соответственно температура воды в подающем и обратном трубопроводе тепловой сети в соответствии с температурным графиком при расчётной температуре наружного воздуха  $t = -40^\circ\text{C}$ .

Расход сетевой воды на вентиляцию

$$G_6^{max} = \frac{3,6Q_6^{max}}{c(\tau_1 - \tau_2)} = \frac{3,6 * 0,00122 * 10^6}{4,187 * (125 - 58,4)} = 157,5 \text{ кг/ч.}$$

Средний расход сетевой воды на ГВС при двухступенчатом присоединении подогревателей

$$G_{звс}^{cp} = \frac{3,6Q_{звс}^{cp}}{c(\tau_1' - \tau_2')} * \left( \frac{55 - t_{1cm}}{55 - t_{хз}} + 0,2 \right) = \frac{3,6 * 0,12 * 10^6}{4,187 * (75 - 42,1)} * \left( \frac{55 - 37,1}{55 - 5} + 0,2 \right) = 1750 \text{ кг/ч}$$

где  $\tau_1', \tau_2'$  - соответственно температура воды в подающем и обратном трубопроводе тепловой сети в точке излома в температурном графике.

Суммарные расходы сетевой воды

$$G_c^p = G_o^{max} + G_6^{max} + K_3 + G_{звс}^{cp} = 7668,5 + 157,5 + 1 * 1750 = 9576 \text{ кг/ч.}$$

Аналогично выполняем все последующие расчёты расходов сетевой воды на горячее водоснабжение, отопление и вентиляцию. Полученные данные сводим в таблицу.

Таблица 4

Объекты: Жилые дома

Адрес объекта	$G_o^{max}$	$G_{звс}^{cp}$	$G_{\epsilon}^{max}$	$G_c^p$
Улица, № дома	кг/ч	кг/ч	кг/ч	кг/ч
Весенняя №1	7668,5	1750	157,5	9576
Весенняя №3/а, 3/б	11376	3879		15255
Весенняя №5	5688	1423,3		7111,3
Весенняя №5/1	7113	1779		8892
Весенняя №5/2	4260	1067,4		5327,4
Весенняя №6	5688	1423,3		7111,3
Весенняя №7	5688	1423,3		7111,3
Весенняя №8	5688	1423,3		7111,3
Весенняя №9	5688	1423,3		7111,3
Пр. Шахтёров №134	4474	1312		5768
Пр. Шахтёров №136	5688	1423,3		7111,3
Пр. Шахтёров №138	5688	1423,3		7111,3
Пр. Шахтёров №140	5688	1423,3		7111,3
Пр. Шахтёров №142	5688	1423,3		7111,3
Пр. Шахтёров №142/2 142/3 магазин «Электрик Сити»	17376,5	3849,8		21678
Пр. Шахтёров №144	5688	1423,3		7111,3
Пр. Шахтёров №146	5688	1423,3		7111,3
Пр. Шахтёров №148	5688	1423,3		7111,3
Пр. Шахтёров №150	5688	1423,3		7111,3

Пр. Шахтёров №152	5835	1749		7585
Пр. Шахтёров №154	5835	1749		7585
Пр. Шахтёров №156	4474	1312		5786
Вокзальная №2	5688	1423,3		7111,3
Вокзальная №4	5688	1423,3		7111,3
Вокзальная №6	5688	1423,3		7111,3
Вокзальная №8	5688	1423,3		7111,3
Вокзальная №8/1	4260	1067		5327,4
Вокзальная №10	5688	1423,3		7111,3
Вокзальная №12	5688	1423,3		7111,3
Вокзальная №12/1	7113	1779		8892
Вокзальная №14	5688	1423,3		7111,3
Вокзальная №16	5688	1423,3		7111,3
Вокзальная №18	7113	1779		8892
Вокзальная №16/1	4260	1067		5327,4
С. Лазо №113	5688	1423,3		7111,3
С. Лазо №115	5688	1423,3		7111,3
С. Лазо №113/1	4260	1067		5327,4
С. Лазо №117	5688	1423,3		7111,3
С. Лазо №117/1	7113	1779		8892
С. Лазо №119	5688	1423,3		7111,3



С. Лазо №121	5688	1423,3		7111,3
С. Лазо №123	10276	1779		12317,6
Суммарные расходы сетевой воды на жилые дома района.				327304

## 2.2 Расчёт расходов сетевой воды для общественных зданий

Расчёт расходов сетевой воды на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию зданий МСЧ №2 поликлиники и стационара.

Расход сетевой воды на отопление

$$G_o^{\max} = \frac{3,6Q_o^{\max}}{c(\tau_1 - \tau_2)} = \frac{3,6 * 1,563 * 10^6}{4,187 * (125 - 58,4)} = 20178 \text{ кг/ч};$$

где  $\tau_1, \tau_2$  - соответственно температура воды в подающем и обратном трубопроводе тепловой сети в соответствии с температурным графиком при расчётной температуре наружного воздуха  $t = -40^\circ\text{C}$ .

Расход сетевой воды на вентиляцию

$$G_g^{\max} = \frac{3,6Q_g^{\max}}{c(\tau_1 - \tau_2)} = \frac{3,6 * 0,125 * 10^6}{4,187 * (125 - 58,4)} = 1613,7 \text{ кг/ч}.$$

Средний расход сетевой воды на ГВС при двухступенчатом присоединении подогревателей

$$G_{гвс}^{cp} = \frac{3,6Q_{гвс}^{cp}}{c(\tau_1' - \tau_2')} * \left( \frac{55 - t_{1cm}}{55 - t_{кс}} + 0,2 \right) = \frac{3,6 * 0,2707 * 10^6}{4,187 * (75 - 42,1)} * \left( \frac{55 - 37,1}{55 - 5} + 0,2 \right) = 3947 \text{ кг/ч},$$

где  $\tau_1', \tau_2'$  соответственно температура воды в подающем и обратном трубопроводе тепловой сети в точке излома в температурного графика.

Суммарные расходы сетевой воды

$$G_c^p = G_o^{\max} + G_g^{\max} + K_3 G_{гвс}^{cp} = 20178 + 1613,7 + 1 * 3947 = 25738,7 \text{ кг/ч}. \quad K_3 = 1.$$

Аналогично выполняем все последующие расчёты расходов сетевой воды на горячее водоснабжение, отопление, и вентиляцию. Полученные данные сводим в таблицу.

Таблица 5

Объекты: общественные здания

Адрес объекта	$G_o^{max}$	$G_{звс}^{cp}$	$G_6^{max}$	$G_c^p$
Улица , № дома	кг/ч	кг/ч	кг/ч	кг/ч
Поликлиника стационар.	20178	3947	1613,7	25738,7
Детская поликлиника хозчасть	8261,9	364,5	631,6	9258
2-е детское отделение	1897,7	262,5	155	2315,2
Детский комбинат №32	9178,9	743,7	735,9	10658,5
Школа№38	14162,2	1784	1123	17069,2
Детские ясли №56	9178,9	743,7	350	10265
Детский комбинат№20	11320	466,6	903,6	12690
Ж/д. вокзал	17673,5	388,6	1384	19446,1
Суммарные расходы сетевой воды на общественные здания района				107440,7

Суммарные расходы сетевой воды жилых и общественных зданий

$$\sum G_{max}^{рай} = \sum G_{max}^{жил} + \sum G_{max}^{общ} = 327304 + 107440,7 = 434744,7 \text{ МВт.}$$

### 3 Конструктивный расчёт и выбор оборудования для МТП зданий

Схем присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения в закрытых системах теплоснабжения выбирается в зависимости от соотношения максимального потока теплоты на горячее водоснабжение  $Q_{звс}^{max}$  и максимального потока теплоты на отопление  $Q_o^{max}$ :

$$0,2 \geq \frac{Q_{гвс}^{max}}{Q_o^{max}} \geq 1 - \text{одноступенчатая схема};$$

$$0,2 < \frac{Q_{гвс}^{max}}{Q_o^{max}} < 1 - \text{двухступенчатая схема}.$$

Так как тепловые нагрузки на отопление и ГВС

$$Q_{гвс}^{max} = 228 \text{ кВт}; \quad Q_o^{max} = 594 \text{ кВт}, \text{ а}$$

$$\frac{Q_{гвс}^{max}}{Q_o^{max}} = \frac{228}{594} = 0,48. \text{ Принята двухступенчатая последовательная схема присо-}$$

единения водоподогревателей горячего водоснабжения.

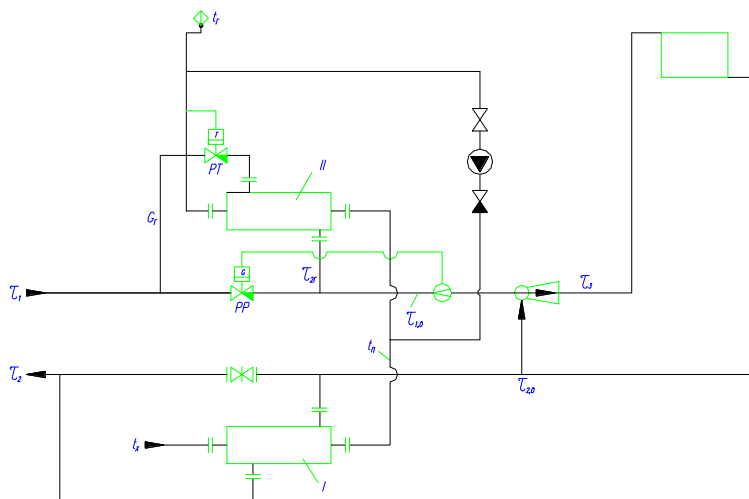


Рис.1. Расчётная схема МТП с двухступенчатым последовательным включением водоподогревателей.

### 3.1 Расчёт двухступенчатого подогревателя горячего водоснабжения

Расчёт двухступенчатого подогревателя горячего водоснабжения выполняем по методике предложенной [3] в учебнике «Теплоснабжение.»

В.Е.Козин,Т.А.Левина. Целью теплового расчета подогревателя является определение расчетной поверхности нагрева, выбор номера и количества секций подогревателей.

Расчёт двухступенчатого подогревателя горячего водоснабжения жилого дома расположенного по улице Весенняя дом №1.

Тепловые нагрузки на отопление и ГВС:

$$Q_{гвс}^{max}=288\text{кВт}; Q_o^{max}=594\text{кВт}.$$

Расчётные температуры сетевой воды:

$$T_1'=125^\circ\text{C}; T_{2o}'=58,4^\circ\text{C}; T_3'=95^\circ\text{C}.$$

Расчётные температуры сетевой воды в точке излома температурного графика:

$$T_1''=75^\circ\text{C}; T_{2o}''=42,1^\circ\text{C}.$$

Температура горячей и холодной (водопроводной) воды:

$$t_x=5^\circ\text{C}; t_z=60^\circ\text{C};$$

Коэффициент часовой неравномерности:

$$Kч = 2.$$

Балансовый расчёт тепла:

$$Q_{гв}^б = \frac{1,2Q_{гвс}^{cp}}{Kч} = \frac{1,2 * 288}{2} = 172,8 \text{ кВт}.$$

Температура водопроводной воды после подогревателя первой ступени:

$$T_n''' = T_{2o}'' - \Delta t_n = 42,1 - 5 = 37,1^\circ\text{C};$$

$\Delta t_n$  – недогрев водопроводной воды в подогревателе первой ступени

$$\Delta t_n = 5^\circ\text{C}.$$

Тепловая производительность подогревателя первой ступени:

$$Q_1^б = \frac{Q_{гв}^б (T_n''' - t_x)}{(t_z - t_x)} = \frac{172,8 * (37,1 - 5)}{(60 - 5)} = 100,85 \text{ кВт}.$$

Расход сетевой воды при балансовой нагрузке Q и нормальном отопительном графике регулирование в режиме  $T_n'''$  определяется зависимостью:

$$G_{\sigma} = G_{\sigma}^p + G_{\sigma}^{\bar{\sigma}} = \frac{3600 Q_{\sigma}^{\max}}{c(T_{1'} - T_{2,o}')} + \frac{3600 Q_{\sigma}^{\bar{\sigma}} (t_{\sigma} - T_n''')}{c(T_{1}''' - T_{2,o}''')(t_{\sigma} - t_x)} =$$

$$= \frac{594 * 3600}{4,187 * (125 - 58,4)} + \frac{3600 * 172 * (60 - 37,1)}{4,187 * (75 - 42,1) * (60 - 5)} = 9548,5 \text{ кг/ч.}$$

Расчётные расходы водопроводной воды при балансовой и максимальной нагрузках  $Q_{\sigma}^{\max}$  и  $Q_{\sigma}^{\bar{\sigma}}$ :

$$G_{\sigma}^{\bar{\sigma}} = \frac{3600 Q_{\sigma}^{\bar{\sigma}}}{c(t_{\sigma} - t_x)} = \frac{3600 * 172,8}{4,187(60 - 5)} = 2701 \text{ кг/ч;}$$

$$G_{\sigma}^{\max} = \frac{3600 Q_{\sigma}^{\max}}{c(t_{\sigma} - t_x)} = \frac{3600 * 288}{4,187(60 - 5)} = 4502 \text{ кг/ч.}$$

Максимальный расход сетевой воды:

$$G_{\max} = 1,1 G_{\sigma} = 1,1 * 9548,5 = 10503 \text{ кг/ч.}$$

Температура сетевой воды после подогревателя первой ступени при балансовой нагрузке:

$$T_{\sigma,2}''' = T_{2,o}''' - \frac{3600 Q_1^{\bar{\sigma}}}{c G_{\sigma}} = 42,1 - \frac{3600 * 100,85}{4,187 * 9548,5} = 33,02^{\circ}\text{C.}$$

Среднелогарифмическая разность температур в подогревателе первой ступени при балансовой нагрузке:

$$\Delta t_1^{\bar{\sigma}} = \frac{(T_{\sigma,2}''' - t_x) - (T_{2,o}''' - T_n''')}{\text{Ln} \frac{T_{\sigma,2}''' - t_x}{T_{2,o}''' - T_n'''}} = \frac{(33,02 - 5) - (42,1 - 37,1)}{\text{Ln} \frac{33,02 - 5}{42,1 - 37,5}} = 13,36^{\circ}\text{C.}$$

Безразмерный параметр  $\Phi$  первой ступени:

$$\Phi_1 = \frac{3600 Q_1^{\bar{\sigma}}}{\Delta t_1^{\bar{\sigma}} c \sqrt{G_{\sigma} G_{\sigma}^{\bar{\sigma}}}} = \frac{3600 * 100,85}{4,187 * 13,36 * \sqrt{9548,5 * 2701}} = 1,28.$$

Безразмерная удельная тепловая производительность первой ступени подогревателя при максимальной нагрузке на ГВС:

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{0,65 + 0,35 \frac{G_{\min}}{G_{\max}} + \frac{1}{\Phi_1} \sqrt{\frac{G_{\min}}{G_{\max}}}} = \frac{1}{0,65 + 0,35 \frac{4502,2}{10503} + \frac{1}{1,28} \sqrt{\frac{4502,2}{10503}}} = 0,762.$$

$G_{\min}, G_{\max}$  - меньший и больший расходы теплоносителя первой ступени при максимальной нагрузке.

Коэффициент смешения элеватора:

$$U = 1,15 * \frac{T_1' - T_3'}{T_3' - T_2'} = 1,15 * \frac{125 - 95}{95 - 70} = 1,27;$$

$$U^* = \frac{1 - U}{\varphi_o} - 1 = \frac{1 + 1,27}{1,24} - 1 = 0,83;$$

$\varphi_o$  - расчетный коэффициент смешения элеватора.

$$\varphi_o = \frac{G_o'}{G_o} = \frac{9548,5}{7668,5} = 1,24.$$

Безразмерная характеристика отопительной системы при максимальной нагрузке:

$$\varepsilon_o = \frac{1}{0,5 + U^* + \frac{\varphi_m (T_n''' - t_o)}{T_1''' - T_{2,o}'''}} = \frac{1}{0,5 + 0,83 + \frac{1,35 * (51,3 - 18)}{75 - 42,1}} = 0,484;$$

$$t_n''' = 0,5(T_3''' - T_{2,o}''') = 0,5 * (60,5 + 42,1) = 51,3 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\varphi_m = \frac{G_{\max}}{G_o} = \frac{10503}{7668,5} = 1,37.$$

Суммарный перепад температур сетевой воды в I-й и II-й ступенях подогревателя при максимальной нагрузке -  $Q_{\text{звс}}^{\max}$ :

$$\delta = \frac{3600 Q_{\text{звс}}^{\max}}{c G_{\max}} = \frac{3600 * 288}{4,187 * 10503} = 23,57^\circ\text{C}.$$

Температура сетевой воды после отопительной системы:

$$T_{2,o}^{\max} = \frac{\left( T_1''' - \delta - \varepsilon_1 \frac{G_{\min}}{G_{\max}} t_x \right) (1 - \varepsilon_o) + t_o \varepsilon_o}{1 - \varepsilon_1 (1 - \varepsilon_o) \frac{G_{\min}}{G_{\max}}} =$$

$$= \frac{\left( 75 - 23,57 - 0,762 * \frac{4502,2}{10503} * 5 \right) (1 - 0,484) + 18 * 0,484}{1 - 0,762 * (1 - 0,484) \frac{4502,2}{10503}} = 41,3^\circ\text{C}.$$

Тепловые производительности I-й и II-й ступеней:

$$Q_1^{\max} = \frac{Q_{\text{звс}}^{\max} (T_{2o}^{\max} - t_x) \varepsilon_1}{t_2 - t_x} = \frac{288 * (41,3 - 5) * 0,762}{60 - 5} = 144,8 \text{ кВт};$$

$$Q_2^{\max} = Q_{\text{звс}}^{\max} - Q_1^{\max} = 288 - 144,8 = 143,2 \text{ кВт}.$$

Температура сетевой воды перед элеватором и после I-й ступени подогревателя:

$$T_{1o}^{\max} = T_1^{\text{м}} - \frac{3600 Q_1^{\max}}{c G_{\text{max}}} = 41,3 - \frac{3600 * 144,8}{4,187 * 10503} = 29,4 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$T_2^{\max} = T_{2o}^{\max} - \frac{3600 Q_2^{\max}}{G_{\text{max}}} = 75 - \frac{3600 * 143,2}{4,187 * 10503} = 63,27 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Температура водопроводной воды после I-й ступени подогревателя при максимальном водоразборе:

$$t_n^{\text{м}} = t_x + \frac{3600 Q_1^{\max}}{c G_{\text{вв}}^{\max}} = 5 + \frac{3600 * 144,8}{4,187 * 4502,2} = 32,65 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Среднелогарифмические температурные напоры:

$$\Delta t_1 = \frac{(29,4 - 5) - (41,3 - 32,65)}{\ln(29,4 - 5 / 41,3 - 32,65)} = 15,2 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_2 = \frac{(75 - 60) - (63,27 - 32,65)}{\ln(63,27 - 32,65 / 75 - 60)} = 22 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Средние температуры греющей и подогреваемой воды:

I-й ступени

$$T_1^{\text{cp}} = 0,5 * (41,3 + 29,4) = 35,35 \text{ }^\circ\text{C}; \quad t_1^{\text{cp}} = 0,5 * (5 + 32,65) = 18,8 \text{ }^\circ\text{C};$$

II-й ступени

$$T_2^{\text{cp}} = 0,5 * (75 + 63,27) = 69,1 \text{ }^\circ\text{C}; \quad t_2^{\text{cp}} = 0,5 * (32,65 + 60) = 46,3 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Приняв предварительно скорость воды в межтрубном пространстве  $W_1 = 1 \text{ м/с}$ , найдём требуемое сечение межтрубного пространства при  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ :

$$f_{\text{mm}} = \frac{G_{\text{о}}}{3600 W_1 \rho} = \frac{9548,5}{3600 * 1 * 1000} = 0,00265 \text{ м}^2.$$

Выбираем типоразмер подогревателя 06 ОСТ 34-588-68, имеющий

$$f_{mm} = 0,00287 \text{ м}^2$$

$$f_m = 0,0018 \text{ м}^2; \quad d_{mm}^{\text{экв}} = 13,4 \text{ мм.}$$

Действительные скорости воды в трубках и межтрубном пространстве I-й ступени подогревателя:

$$W_{mml} = \frac{G_{\max}}{3600 f_{mm} \rho_c} = \frac{9548,5}{3600 * 0,00287 * 993} = 0,93 \text{ м/с};$$

$$W_{ml} = \frac{G_{\text{ог}}^{\max}}{3600 f_m \rho_g} = \frac{4502}{3600 * 0,00185 * 998} = 0,67 \text{ м/с.}$$

Коэффициенты теплоотдачи для греющей и нагреваемой среды:

$$\alpha_1 = (1630 + 21t - 0,041t^2) * W^{0,8} / d^{0,2}; \quad \text{Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\alpha_{1\text{MT}} = (1630 + 21 * 35,35 - 0,041 * 35,35^2) * 0,93^{0,8} / 0,017^{0,2} = 4974,6 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\alpha_{1\text{T}} = (1630 + 21 * 18,8 - 0,041 * 18,8^2) * 0,67^{0,8} / 0,014^{0,2} = 3426 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Коэффициент теплопередачи в I-й ступени:

$$K = \frac{1}{(1/4974,6) + (0,0015/120) + (1/3426)} = 1978 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Потребная поверхность нагрева I-й ступени подогревателя при  $\mu = 0,6$

$$F_1 = 144800 / 1978 * 15,2 * 0,6 = 8,02 \text{ м}^2.$$

Число секций при поверхности нагрева секции

$$\text{при} = 2,24 \text{ м}^2; \quad Z = 8,02 / 2,24 = 3,58 = 4 \text{ шт.}$$

Для подогревателя II-й ступени, составленной из секций того же типоразмера:

$$W_{mmlI} = \frac{G_{\max}}{3600 f_{mm} \rho_c} = 9548,5 / 3600 * 0,00287 * 978 = 0,94 \text{ м/с};$$

$$W_{mlI} = \frac{G_{\text{ог}}^{\max}}{3600 f_m \rho_g} = 4502 / 3600 * 0,00185 * 990 = 0,68 \text{ м/с};$$

$$\alpha_{2\text{MT}} = (1630 + 21 * 69,1 - 0,041 * 69,1^2) * 0,94^{0,8} / 0,017^{0,2} = 6203,1 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\alpha_{2\text{T}} = (1630 + 21 * 46,3 - 0,041 * 46,3^2) * 0,68^{0,8} / 0,014^{0,2} = 4286 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C};$$



$$K = \frac{1}{(1/6203,1) + (0,0015/120) + (1/4286)} = 2456,1 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{С.}$$

Потребная поверхность нагрева II-й ступени подогревателя при  $\mu=0,6$ :

$$F_2 = 143200 / 2456,1 * 22 * 0,6 = 4,417 \text{ м}^2;$$

$$Z = 4,417 / 2,24 = 1,97 \approx 2 \text{ шт.}$$

### 3.2 Расчёт подогревателей ГВС с помощью программы «RPGV» на языке Паскаль

Методика расчёта подогревателей ГВС довольно сложна и требует больших затрат времени. Для ускорения расчетов составлена программа «RPGV» на языке Паскаль.

Расчёт остальных подогревателей ГВС выполнен с помощью программы «RPGV» на языке Паскаль на кафедре ТПТ.

На печать выводятся конструктивные характеристики секционных водоводяных подогревателей с длиной секции 4м (по ОСТ 34-588-68\*) для каждой ступени подогревателя, которые определяются с учетом площади межтрубного пространства подогревателя.

Таблица 6 Секционные водоводяные подогреватели.

№	Характеристики	Обозначение подогревателя по ОСТ 34-588-68*					
		02	04	06	08	10	12
1	Диаметр корпуса $D_H/D_B$ , мм	57/50	76/69	89/82	114/106	158/156	219/207
2	$F_c$ нагрева одной секции, $\text{м}^2$	0,75	1,31	2,24	3,54	6,9	12
3	Число трубок в одной секции	4	7	12	19	37	64
4	$F_{тр}$ живого сечения трубок, $\text{м}^2$	0,00062	0,00108	0,00185	0,00293	0,0057	0,00985
5	$F_M$ м/тр простр-ва, $\text{м}^2$	0,00116	0,00233	0,00287	0,005	0,0122	0,02079
6	Диаметр трубок $d_H/d_B$ , мм	16/14	16/14	16/14	16/14	16/14	16/14
7	Масса одной секции	45,2	61,6	80,4	114	207	322

Таблица 6.1

№	Характеристики	Обозначение подогревателя по ОСТ 34-588-68*				
		14	16	18	20	22
1	Диаметр корпуса $D_H/D_B$ , мм	273/259	325/309	377/359	426/408	530/514
2	$F_c$ нагрева одной секции, $M^2$	20,3	28	40,1	52,5	83,4
3	Число трубок в одной секции	109	151	212	283	450
4	$F_{тр}$ живого сечения трубок, $M^2$	0,0168	0,0233	0,0333	0,0436	0,0693
5	$F_m$ ж. с. м/тр простр-ва, $M^2$	0,03077	0,04464	0,05781	0,07191	0,11544
6	Диаметр трубок $d_H/d_B$ , мм	16/14	16/14	16/14	16/14	16/14
7	Масса одной секции	487	663	901	1138	1561

Инструкция по формированию файлов с исходными данными для теплового и конструктивного расчета подогревателей ГВС.

Данные для последовательной 2-х ступенчатой схемы подключения подогревателя ГВС:

Значение	Размерность	Наименование величин
1-я строка		
300	кВт	- $Q_{звс}^{max}$ – максимальная нагрузка ГВС
500	кВт	- $Q_o$ – расчетная нагрузка на отопление
150	°С	- расчетная температура с. в. в подающей линии
70	°С	- расчетная температура с. в. в обратной линии
95	°С	- температура теплоносителя на входе в систему отопления
2.5	°С	- температура наружного воздуха в точке излома
4.2	кДж/кг °С	- удельная изобарная теплоемкость воды
5	°С	- недогрев водопроводной воды в I ступени
1.2	-	- коэффициент недельной неравномерности
2	-	- коэффициент суточной неравномерности
2-я строка		
70	°С	- температура с.в. в подающей л. в точке излома
41.7	°С	- температура с.в. в обратной л. в точке излома
50.5	°С	- температура с.в. в системе отопления в т. излома

5	°C	- температура холодной водопроводной воды
60	°C	- температура горячей водопроводной воды
18	°C	- температура воздуха в помещении
30	°C	- температура сетевой воды на выходе из т/о ГВС
995	кг/м <sup>3</sup>	- плотность с.в. при средней t греющей среды I ст.
998	кг/м <sup>3</sup>	- плотность с.в. при средней t нагреваемой среды I ст.
1	м/с	- скорость воды в мтр пространстве в I приближении
985	кг/м <sup>3</sup>	- плотность с.в. при средней t греющей среды II ст.
988	кг/м <sup>3</sup>	- плотность с.в. при средней t нагреваемой среды II ст.
3-я строка		
0.014	м	- внутренний диаметр трубок
0.017	м	- наружный диаметр трубок
0.0015	м	- толщина стенок трубок
120	Вт/м °C	- коэффициент теплопроводности стенок трубок

### Инструкция по применению программы

После формирования файлов с исходными данными в процедуре считывания исходных данных ReadSx... (для конкретной схемы подключения подогревателя ГВС) устанавливается маршрут доступа к входному и выходному файлу. После этого запускается на выполнение программа (головная) Sts. В диалоговом режиме на экран выводится перечень схем подключений теплообменников ГВС (параллельная, двухступенчатая последовательная, двухступенчатая смешанная). С клавиатуры вводится значение ключа соответствующему порядковому номеру схемы. Нажимается клавиша «Enter». После этого программа по приведенному выше алгоритму в соответствии с исходными данными определяет площадь межтрубного пространства  $F_m$  в секции подогревателя. В диалоговом режиме на экране компьютера высвечивается расчетное значение площади межтрубного пространства  $F_m$  и таблица для выбора конструктивных характеристик теплообменника с перечнем типов подогревателей (2, 4, 6, ... , 22) и соответствующих им стандартных значений площадей межтрубного пространства (0.00116, 0.00233, 0.00287, ... , 0.11544). Выбирается ближайшее к расчетному большее стандартное

значение Fm. С клавиатуры вводится значение типа подогревателя и нажимается клавиша «Enter».

Результаты расчёта двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме жилого дома: Весенняя №1.

Файл с исходными данными.

0,288 0,594 125 58,4 90 –2 4,2 5 1,2 2

75 42,1 58 5 60 18 30 993 998 1 978 990

0,014 0,017 0,0015 120 0,8.

Конструктивные размеры двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме.

Точка перелома температурного графика.

Температура воды в подающей магистрали в точке перелома 75.0 °С.

Температура воды в обратной магистрали в точке перелома, при максимальной нагрузке горячего водоснабжения 30.3°С.

Температура воды перед элеватором при мах нагрузке 63.7°С.

Конструктивные характеристики водоводяного подогревателя с длиной секции 4 м (по ОСТ 34-588-68\*).

1-я ступень подогревателя:

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.082 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	2.240 м <sup>2</sup>
Число трубок:	12 шт.
Площадь жив. сечения трубок:	0.00185 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.00287 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм.
Масса одной секции:	80.4 кг
Количество секции:	4 шт

2-я ступень подогревателя:

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.082 м
-----------------------------	---------

Площадь поверхности нагрева одной секции:	2.240 м <sup>2</sup>
Число трубок:	12 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00185 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.00287 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	80.4 кг
Количество секции:	2шт

Результаты расчёта двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме жилого дома: Весенняя №3/а3.б

Файл с исходными данными.

0,64 0,8812 125 58,4 90 –2 4,2 5 1,2 2  
75 42,1 58 5 60 18 30 993 998 1 978 990  
0,014 0,017 0,0015 120 0,8.

Конструктивные размеры двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме.

Точка перелома температурного графика.

Температура воды в подающей магистрали в точке перелома 75.0 °С

Температура воды в обратной магистрали в точке перелома,  
при максимальной нагрузке горячего водоснабжения 25°С

Температура воды перед элеватором при мах нагрузке ГВС 58.6°С

Конструктивные характеристики водоводяного подогревателя с длиной секции 4 м (по ОСТ 34-588-68\*).

1-я ступень подогревателя:

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.106 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	3.540 м <sup>2</sup>
Число трубок:	19 шт.
Площадь жив. сечения трубок:	0.00293 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.005 м <sup>2</sup>

Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	114 кг
Количество секции:	3 шт
2-я ступень подогревателя:	

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.106 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	3.540 м <sup>2</sup>
Число трубок:	19 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00293 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.005
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	114 кг
Количество секции:	2шт

Результаты расчёта двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме жилых домов:

Весенняя №/№ 5;6;7;8;9;

Проспект Шахтёров №/№ 136;138;140;142;144;146;148;150;

Вокзальная №/№ 2;4;6;8;10;12;14;16;

С. Лазо №/№ 113;115;117;119;121.

Файл с исходными данными.

0,234 0,4406 125 58,4 90 -2 4,2 5 1,2 2

75 42,1 58 5 60 18 30 993 998 1 978 990

0,014 0,017 0,0015 120 0,8.

Конструктивные размеры двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме.

Точка перелома температурного графика.

Температура воды в подающей магистрали в точке перелома 75.0 °С.

Температура воды в обратной магистрали в точке перелома при максимальной нагрузке горячего водоснабжения 29.4°С.

Температура воды перед элеватором при мах нагрузке ГВС 62.8°С.

Конструктивные характеристики водоводяного подогревателя  
с длиной секции 4 м (по ОСТ 34-588-68\*)

1-я ступень подогревателя

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.069 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	1.310 м <sup>2</sup>
Число трубок:	7 шт.
Площадь жив. сечения трубок:	0.00108 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.00233 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	61.6 кг
Количество секции:	3шт

2-я ступень подогревателя:

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.069 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	1.310 м <sup>2</sup>
Число трубок :	7 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00108 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.002 33 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	61.6 кг
Количество секции :	2 шт

Результаты расчёта двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме жилых домов:

Весенняя №5/1;

Вокзальная №/№ 12/1;18;

С. Лазо № 117/1.

Файл с исходными данными.

0,29 0,551 125 58,4 90 -2 4,2 5 1,2 2

75 42,1 58 5 60 18 30 993 998 1 978 990

0,014 0,017 0,0015 120 0,8

Конструктивные размеры двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме.

Точка перелома температурного графика.

Температура воды в подающей магистрали в точке перелома 75.0 °С.

Температура воды в обратной магистрали в точке перелома, при максимальной нагрузке горячего водоснабжения 29.3°С.

Температура воды перед элеватором при макс нагрузке ГВС 62.8°С.

Конструктивные характеристики водоводяного подогревателя с длиной секции 4 м (по ОСТ 34-588-68\*)

1-я ступень подогревателя

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.082 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	2.240 м <sup>2</sup>
Число трубок:	12 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00185 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.00287 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	80.4 кг
Количество секции:	3шт

2-я ступень подогревателя

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.082 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	2.240 м <sup>2</sup>
Число трубок :	12 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00185 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.00287 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	80.4 кг
Количество секции :	1 шт



Результаты расчёта двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме жилых домов:

Весенняя №5/2;

Вокзальная №/№ 8/1;16/1;

С. Лазо № 113/1.

Файл с исходными данными.

0,176 0,33 125 58,4 90 -2 4,2 5 1,2 2

75 42,1 58 5 60 18 30 993 998 1 978 990

0,014 0,017 0,0015 120 0,8.

Конструктивные размеры двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме.

Точка перелома температурного графика.

Температура воды в подающей магистрали в точке перелома 75.0 °С.

Температура воды в обратной магистрали в точке перелома, при максимальной нагрузке горячего водоснабжения . 29.2°С.

Температура воды перед элеватором при мах нагрузке ГВС 62.7°С.

Конструктивные характеристики водоводяного подогревателя с длиной секции 4 м (по ОСТ 34-588-68\*)

1-я ступень подогревателя:

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.069 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	1.310 м <sup>2</sup>
Число трубок :	7 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00108 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.00233 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	61.6 кг
Количество секции:	3 шт

2-я ступень подогревателя:

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.069 м
-----------------------------	---------

Площадь поверхности нагрева одной секции:	1.310 м <sup>2</sup>
Число трубок:	7 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00108 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.00233 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	61.6 кг
Количество секции:	2 шт

Результаты расчёта двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме жилых домов:

Проспект Шахтёров №/№ 134;156

Файл с исходными данными.

0,216 0,3466 125 58,4 90 –2 4,2 5 1,2 2

75 42,1 58 5 60 18 30 993 998 1 978 990

0,014 0,017 0,0015 120 0,8.

Конструктивные размеры двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме.

Точка перелома температурного графика.

Температура воды в подающей магистрали в точке перелома 75.0 °С

Температура воды в обратной магистрали в точке перелома, при максимальной нагрузке горячего водоснабжения . 27.1°С

Температура воды перед элеватором при мах нагрузке ГВС 60.8°С

Конструктивные характеристики водоводяного подогревателя с длиной секции 4 м (по ОСТ 34-588-68\*)

1-я ступень подогревателя

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.069 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	1.310 м <sup>2</sup>
Число трубок :	7 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00108 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.00233 м <sup>2</sup>

Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	61.6 кг
Количество секции:	3 шт

#### 2-я ступень подогревателя

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.069 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	1.310 м <sup>2</sup>
Число трубок :	7 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00108 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.00233 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	61.6 кг
Количество секции :	2 шт

Результаты расчёта двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме жилых домов:

Проспект Шахтёров №152;154;

Файл с исходными данными.

0,288 0,452 125 58,4 90 –2 4,2 5 1,2 2

75 42,1 58 5 60 18 30 993 998 1 978 990

0,014 0,017 0,0015 120 0,8

Конструктивные размеры двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме.

Точка перелома температурного графика.

Температура воды в подающей магистрали в точке перелома 75.0 °С

Температура воды в обратной магистрали в точке перелома, при максимальной нагрузке горячего водоснабжения . 26.8°С

Температура воды перед элеватором при мах нагрузке ГВС 60.5°С

Конструктивные характеристики водоводяного подогревателя с длиной секции 4 м (по ОСТ 34-588-68\*)

#### 1-я ступень подогревателя

Внутренний диаметр корпуса:	0.069 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	1.310 м <sup>2</sup>
Число трубок:	7 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00108 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.00233 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	61.6 кг
Количество секции:	4 шт
2-я ступень подогревателя	

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.069 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	1.310 м <sup>2</sup>
Число трубок:	7 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00108 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.00233 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	61.6 кг
Количество секции :	2 шт

Результаты расчёта двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме жилых домов:

Проспект Шахтёров №142/2 142/3, магазин «Электрик Сити».

Файл с исходными данными.

1,346 0,634 125 58,4 90 –2 4,2 5 1,2 2

75 42,1 58 5 60 18 30 993 998 1 978 990

0,014 0,017 0,0015 120 0,8

Конструктивные размеры двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме.

Точка перелома температурного графика.

Температура воды в подающей магистрали в точке перелома 75.0°C.

Температура воды в обратной магистрали в точке перелома,

при максимальной нагрузке горячего водоснабжения . 30.7°C.

Температура воды перед элеватором при мах нагрузке ГВС 64°C.

Конструктивные характеристики водоводяного подогревателя с длиной секции 4 м (по ОСТ 34-588-68\*).

1-я ступень подогревателя

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.156 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	6.9 м <sup>2</sup>
Число трубок :	37 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.0057 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.0122 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	207 кг
Количество секции:	3шт

2-я ступень подогревателя

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.156 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	6.9 м <sup>2</sup>
Число трубок :	37 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.0057 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.0122 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	207 кг
Количество секции :	1 шт

Результаты расчёта двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме жилого дома:

С. Лазо №123

Файл с исходными данными.

0,336 0,796 125 58,4 90 –2 4,2 5 1,2 2

75 42,1 58 5 60 18 30 993 998 1 978 990

0,014 0,017 0,0015 120 0,8

Конструктивные размеры: двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме.

Точка перелома температурного графика.

Температура воды в подающей магистрали в точке перелома 75.0 °С.

Температура воды в обратной магистрали в точке перелома, при максимальной нагрузке горячего водоснабжения . 31.9°С.

Температура воды перед элеватором при мах нагрузке ГВС 65.1°С.

Конструктивные характеристики водоводяного подогревателя с длиной секции 4 м (по ОСТ 34-588-68\*).

1-я ступень подогревателя:

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.106 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	3.540 м <sup>2</sup>
Число трубок :	19 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00293 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.005 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	114 кг
Количество секции:	2 шт

2-я ступень подогревателя

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.106 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	3.540 м <sup>2</sup>
Число трубок :	19 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00293 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.005 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	114 кг
Количество секции:	1 шт

Результаты расчёта двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме:

поликлиника, стационар.

Файл с исходными данными

0,651 1,563 125 58,4 90 –2 4,2 5 1,2 2

75 42,1 58 5 60 18 30 993 998 1 978 990

0,014 0,017 0,0015 120 0,8

Конструктивные размеры двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме.

Точка перелома температурного графика.

Температура воды в подающей магистрали в точке перелома 75.0 °С.

Температура воды в обратной магистрали в точке перелома, при максимальной нагрузке горячего водоснабжения . 32°С.

Температура воды перед элеватором при мах нагрузке ГВС 65.2°С.

Конструктивные характеристики водоводяного подогревателя с длиной секции 4 м (по ОСТ 34-588-68\*).

1-я ступень подогревателя:

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.156 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	6.9 м <sup>2</sup>
Число трубок:	37 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.0057 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.0122 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	207 кг
Количество секции:	3шт

2-я ступень подогревателя:

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.156 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	6.9 м <sup>2</sup>
Число трубок:	37 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.0057 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.0122 м <sup>2</sup>

Внутренний диаметр трубок: 14 мм  
 Масса одной секции: 207 кг  
 Количество секции : 1 шт  
 Результаты расчёта двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме:

детская поликлиника, хозчасть

Файл с исходными данными.

0,0615 0,61 125 58,4 90 –2 4,2 5 1,2 2

75 42,1 58 5 60 18 30 993 998 1 978 990

0,014 0,017 0,0015 120 0,8

Конструктивные размеры двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме.

Точка перелома температурного графика.

Температура воды в подающей магистрали в точке перелома 75.0 °С.

Температура воды в обратной магистрали в точке перелома, при максимальной нагрузке горячего водоснабжения . 27.3°С.

Температура воды перед элеватором при мах нагрузке ГВС 60.7°С.

Конструктивные характеристики водоводяного подогревателя с длиной секции 4 м (по ОСТ 34-588-68\*).

1-я ступень подогревателя:

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.069 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	1.310 м <sup>2</sup>
Число трубок:	7 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00108 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.00233 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	61.6 кг
Количество секции:	2шт

2-я ступень подогревателя:



Внутренний диаметр корпуса:	0.069 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	1.310 м <sup>2</sup>
Число трубок:	7 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00108 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.00233 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	61.6 кг
Количество секции :	1 шт

Результаты расчёта двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя включенного по последовательной схеме:

детский комбинат №32.

Файл с исходными данными.

0,122 0,711 125 58,4 90 –2 4,2 5 1,2 2

75 42,1 58 5 60 18 30 993 998 1 978 990

0,014 0,017 0,0015 120 0,8

Конструктивные размеры двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме.

Точка перелома температурного графика.

Температура воды в подающей магистрали в точке перелома 75.0 °С

Температура воды в обратной магистрали в точке перелома, при максимальной нагрузке горячего водоснабжения . 30.3°С

Температура воды перед элеватором при мах нагрузке ГВС 63.8°С

Конструктивные характеристики водоводяного подогревателя с длиной секции 4 м (по ОСТ 34-588-68\*)

1-я ступень подогревателя

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.082 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	2.240 м <sup>2</sup>
Число трубок :	12 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00185 м <sup>2</sup>

Площадь жив. сечения межтрубного пространства :	0.00287 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	80.4 кг
Количество секции :	3 шт

#### 2-я ступень подогревателя

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.082 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	2.240 м <sup>2</sup>
Число трубок :	12 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00185 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.00287 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	80.4 кг
Количество секции :	1 шт

Результаты расчёта двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме:

Школа №38

Файл с исходными данными.

0,294 1,097 125 58,4 90 -2 4,2 5 1,2 2

75 42,1 58 5 60 18 30 993 998 1 978 990

0,014 0,017 0,0015 120 0,8.

Конструктивные размеры двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме.

Точка перелома температурного графика.

Температура воды в подающей магистрали в точке перелома 75.0°C.

Температура воды в обратной магистрали в точке перелома, при максимальной нагрузке горячего водоснабжения . 26.8°C

Температура воды перед элеватором при мах нагрузке ГВС 60.5°C

Конструктивные характеристики водоводяного подогревателя с длиной секции 4 м (по ОСТ 34-588-68\*)

## 1-я ступень подогревателя

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.106 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	3.540 м <sup>2</sup>
Число трубок:	19 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00293 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.005 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	114 кг
Количество секции:	4 шт

## 2-я ступень подогревателя

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.106 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	3.540 м <sup>2</sup>
Число трубок:	19 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00293 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.005 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	114 кг
Количество секции:	2 шт

Результаты расчёта двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме:

детские ясли №56

Файл с исходными данными.

0,0576 0,711 125 58,4 90 –2 4,2 5 1,2 2

75 42,1 58 5 60 18 30 993 998 1 978 990

0,014 0,017 0,0015 120 0,8.

Конструктивные размеры двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме.

Точка перелома температурного графика.

Температура воды в подающей магистрали в точке перелома 75.0°C.

Температура воды в обратной магистрали в точке перелома,  
при максимальной нагрузке горячего водоснабжения . 29.3°C.

Температура воды перед элеватором при мах нагрузке ГВС 62.8°C.

Конструктивные характеристики водоводяного подогревателя  
с длиной секции 4 м (по ОСТ 34-588-68\*)

1-я ступень подогревателя:

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.082 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	2.240 м <sup>2</sup>
Число трубок :	12 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00185 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.00287 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	80.4 кг
Количество секции:	2 шт

2-я ступень подогревателя:

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.082 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	2.240 м <sup>2</sup>
Число трубок :	12 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00185 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.00287 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	80.4 кг
Количество секции :	1 шт

Результаты расчёта двухступенчатого водоводяного секционного подо-  
гревателя, включенного по последовательной схеме:

детский комбинат №20

Файл с исходными данными.

0,0768 0,8769 125 58,4 90 –2 4,2 5 1,2 2

75 42,1 58 5 60 18 30 993 998 1 978 990

0,014 0,017 0,0015 120 0,

Конструктивные размеры двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме.

Точка перелома температурного графика.

Температура воды в подающей магистрали в точке перелома 75.0 °С

Температура воды в обратной магистрали в точке перелома,  
при максимальной нагрузке горячего водоснабжения . 32.7°С

Температура воды перед элеватором при мах нагрузке ГВС 66.1°С

Конструктивные характеристики водоводяного подогревателя  
с длиной секции 4 м (по ОСТ 34-588-68\*)

1-я ступень подогревателя:

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.082 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	2.240 м <sup>2</sup>
Число трубок :	12 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00185 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.00287 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	80,4 кг
Количество секции:	3 шт

2-я ступень подогревателя:

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.082 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	2.240 м <sup>2</sup>
Число трубок :	12 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.00185 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.00287 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	80.4 кг
Количество секции :	1 шт

Результаты расчёта двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме:

ж/д вокзал.

Файл с исходными данными.

1,346 0,634 125 58,4 90 –2 4,2 5 1,2 2

75 42,1 58 5 60 18 30 993 998 1 978 990

0,014 0,017 0,0015 120 0,8

Конструктивные размеры двухступенчатого водоводяного секционного подогревателя, включенного по последовательной схеме.

Точка перелома температурного графика.

Температура воды в подающей магистрали в точке перелома 75.0 °С.

Температура воды в обратной магистрали в точке перелома, при максимальной нагрузке горячего водоснабжения . 30.3°С.

Температура воды перед элеватором при мах нагрузке ГВС 64°С.

Конструктивные характеристики водоводяного подогревателя с длиной секции 4 м (по ОСТ 34-588-68\*).

1-я ступень подогревателя:

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.156 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	6.9 м <sup>2</sup>
Число трубок :	37 шт
Площадь жив. сечения трубок:	0.0057 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.0122 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	207 кг
Количество секции:	3 шт

2-я ступень подогревателя:

---

Внутренний диаметр корпуса:	0.156 м
Площадь поверхности нагрева одной секции:	6.9 м <sup>2</sup>
Число трубок :	37 шт

Площадь жив. сечения трубок:	0.0057 м <sup>2</sup>
Площадь жив. сечения межтрубного пространства:	0.0122 м <sup>2</sup>
Внутренний диаметр трубок:	14 мм
Масса одной секции:	207 кг
Количество секции:	1 шт.

### 3.3 Подбор циркуляционных насосов установленных в МТП

Подбор циркуляционных насосов установленных в МТП Весенняя №5

Циркуляционные насосы подбираются по напору и расходу горячей воды в режиме частичного водоразбора.

Потери тепла в трубопроводах

$$Q_{\text{мпрз}}^{\text{пл}} = k * \pi * d_{\text{н}} * l * \left( \frac{t_1 + t_2}{2} - t_0 \right) * (1 - \eta) * 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (3.1)$$

$$Q_{\text{мпрз}}^{\text{ул}} = k * \pi * d_{\text{н}} * l * \left( \frac{t_1 + t_2}{2} - t_0 \right) * (1 - \eta) * 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (3.2)$$

$$Q_{\text{тп ст}} = a * k * \pi * d_{\text{н}} * l * \left( \frac{t_1 + t_2}{2} - t_0 \right) * 10^{-3}, \text{ кВт} \quad (3.3)$$

где: k- коэффициент теплопередачи неизолированного трубопровода,  
k=11,6 Вт/м<sup>2</sup>\*°С ;

d<sub>н</sub>- наружный диаметр трубопровода;

l – длина участка трубопровода, м ; (тех . паспорт здания )

t<sub>1</sub> , t<sub>2</sub> – температура горячей воды в начале и в конце расчётного участка;

t<sub>0</sub>- температура окружающей среды;

η- КПД тепловой изоляции , η=0,6-0,8;

a- тепловые потери в полотенцесушителях.

Потери тепла в подающей разводке:

$$Q_{\text{тпраз}}^{\text{пл}} = 11,6 * 3,14 * 0,05 * 150 * \left( \frac{60 + 55}{2} - 5 \right) * (1 - 0,6) * 10^{-3} = 5,7 \text{ кВт} .$$

Потери тепла в циркуляционной разводке:

$$Q_{\text{тпраз}}^{\text{шт}} = 11,6 * 3,14 * 0,05 * 150 \left( \frac{50 + 45}{2} - 5 \right) * (1 - 0,6) * 10^{-3} = 4,64 \text{ кВт.}$$

Потери тепла в стояках:

$$Q_{\text{тп ст}} = 1,3 * 11,6 * 3,14 * 0,025 * 35 * 16 \left( \frac{55 + 50}{2} - 18 \right) * 10^{-3} = 22,9 \text{ кВт.}$$

Суммарные потери тепла в местной системе ГВС:

$$Q_{\text{тп}} = Q_{\text{тп ст}} + Q_{\text{тп раз}} = 22,9 + 5,7 + 4,64 = 33,24 \text{ кВт.}$$

Расход горячей воды в циркуляционной системе при частичном водоразборе принимаем в количестве 15% от расчётного расхода горячей воды.

$$G = G_{\text{ц}} + 0,15 * G_{\text{р}}, \text{ л/с} \quad (3.4)$$

Циркуляционный расход горячей воды:

$$G_{\text{ц}} = \frac{1000 Q_{\text{mn}}}{c \rho * \Delta t}, \text{ л/с} \quad (3.5)$$

где:  $\Delta t$ - допустимое остывание вод принимаем  $\Delta t = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$$G_{\text{ц}} = \frac{1000 Q_{\text{mn}}}{c \rho * \Delta t} = \frac{1000 * 33,24}{4,2 * 988 * 15} = 0,534 \text{ л/с;}$$

$$G = G_{\text{ц}} + 0,15 * G_{\text{р}} = 0,534 + 0,15 * 0,39 = 0,59 \text{ л/с.}$$

Напор горячей воды в режиме частичного водоразбора (напор циркуляционного насоса):

$$H_{\text{цн}} = (\Delta H_{\text{цп}} + \Delta H_{\text{ц.пл}}) * \frac{G^2}{G_{\text{ц}}^2} + \Delta H_{\text{цц}}, \text{ м} \quad (3.6)$$

Потери напора на расчётных участках трубопроводов:

$$\Delta H = I * l * (1 + k) * 10^{-3}, \text{ м} \quad (3.7)$$

где:  $I$  - удельные потери напора на трение при расчётном расходе воды с учётом зарастания труб, м ; (СНиП 2 04 01-85) Приложение 7;

$l$  – длина участка трубопровода, м; (тех . паспорт здания )

$k$  – коэффициент местных потерь напора принимают:

0,2 – для подающих трубопроводов;



0,5 -для трубопроводов в пределах тепловых пунктов и для водоразборных стояков с полотенцесушителями;

0,1- и для водоразборных стояков без полотенцесушителей.

Потери напора в разводке подающей линии:

$$\Delta H_{\text{цп раз}} = 0,5 * 150 * (1 + 0,2) * 10^{-3} = 0,09 \text{ м.}$$

Потери напора в стояках подающей линии:

$$\Delta H_{\text{цп ст}} = 0,46 * 20 * 16 * (1 + 0,5) * 10^{-3} = 0,22 \text{ м.}$$

Суммарные потери напора в разводке и стояках подающей линии:

$$\Delta H_{\text{цп}} = \Delta H_{\text{цп раз}} + \Delta H_{\text{цп ст}} = 0,09 + 0,22 = 0,31 \text{ м.}$$

Потери напора в разводке циркуляционной линии:

$$\Delta H_{\text{цц раз}} = 0,5 * 150 * (1 + 0,2) * 10^{-3} = 0,09 \text{ м.}$$

Потери напора в стояках циркуляционной линии:

$$\Delta H_{\text{цц ст}} = 0,46 * 15 * 16 * (1 + 0,5) * 10^{-3} = 0,166 \text{ м.}$$

Суммарные потери напора в разводке и стояках циркуляционной линии:

$$\Delta H_{\text{цц}} = \Delta H_{\text{цц раз}} + \Delta H_{\text{цц ст}} = 0,09 + 0,166 = 0,256 \text{ м.}$$

Потери напора в водоподогревателе при циркуляционном расходе воды:

$$\Delta H_{\text{ц под}} = 170 * 8 * (1 + 0,5) * 10^{-3} = 2,4 \text{ м.}$$

$$H_{\text{цн}} = (\Delta H_{\text{цп}} + \Delta H_{\text{ц под}}) * \frac{G^2}{G_{\text{ц}}^2} + \Delta H_{\text{цц}} = (0,31 + 2,4) * \frac{0,59^2}{0,534^2} + 0,256 = 3,56 \text{ м.}$$

Таблица 7

Данные последующих расчётов

Адрес объекта	$H_{\text{цн}}$	G	Марка насоса
Улица, № дома	м	л/ч	
Весенняя №1	3,72	2655	ЦВЦ6,3-3,5
Весенняя №3/а 3/б	7,2	5500	ЦВЦ10-4,7
Весенняя №5	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Весенняя №5/1	3,72	2655	ЦВЦ6,3-3,5

Весенняя №5/2	3,4	1593	ЦВЦ6,3-3,5
Весенняя №6	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Весенняя №7	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Весенняя №8	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Весенняя №9	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Пр. Шахтёров №134	3,4	1608	ЦВЦ6,3-3,5
Пр. Шахтёров №136	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Пр. Шахтёров №138	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Пр. Шахтёров №140	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Пр. Шахтёров №142	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Пр. Шахтёров №142/2 142/3 Магазин «Электрик Сити»	6,0	5,4	ЦВЦ16-6,7
Пр. Шахтёров №144	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Пр. Шахтёров №146	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Пр. Шахтёров №148	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Пр. Шахтёров №150	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Пр. Шахтёров №152	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Пр. Шахтёров №154	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Пр. Шахтёров №156	3,4	1608	ЦВЦ6,3-3,5
Вокзальная №2	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5

Вокзальная №4	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Вокзальная №6	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Вокзальная №8	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Вокзальная №8/1	3,4	1593	ЦВЦ6,3-3,5
Вокзальная №10	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Вокзальная №12	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Вокзальная №12/1	3,72	2655	ЦВЦ6,3-3,5
Вокзальная №14	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Вокзальная №16	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
Вокзальная №16/1	3,4	1593	ЦВЦ6,3-3,5
Вокзальная №18	3,72	2655	ЦВЦ6,3-3,5
С. Лазо №113	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
С. Лазо №113/1	3,4	1593	ЦВЦ6,3-3,5
С. Лазо №115	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
С. Лазо №117	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
С. Лазо №117/1	3,72	2655	ЦВЦ6,3-3,5
С. Лазо №119	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
С. Лазо №121	3,56	2124	ЦВЦ6,3-3,5
С. Лазо №123	4,1	3070	ЦВЦ10-4,7

Бесфундаментные насосы ЦВЦ представляют собой малогабаритную компактную моноблочную конструкцию с встроенным асинхронным электродвигателем.

тродвигателем короткозамкнутого типа. Уровень шума насосов не превышает 40-55 дБ.

Установка циркуляционных насосов ГВС на ИТП общественных зданий нецелесообразна из-за полного отсутствия нагрузки ГВС в ночное время.

### **3.4 Определение толщины изоляции водонагревателей МТП и подводящих трубопроводов**

Определение толщины изоляции водонагревателей МТП и подводящих трубопроводов по методике предложенной [6] в СНиП 2.04.14-88 (1998).

Для цилиндрических объектов диаметром менее 2м толщина теплоизоляционного слоя определяется по формуле:

$$\delta_k = \frac{d}{2}(B - 1), \text{ м} \quad (3.8)$$

где:  $B = \frac{d_i}{d}$  — отношение наружного диаметра изоляционного слоя к наружному диаметру изолируемого объекта;

причем  $B$  следует определять по формуле

$$B \ln B = \frac{2\lambda_k(t_w - t_i)}{\alpha_e d(t_i - t_e)} = \frac{2 * 0,064 * (125 - 35)}{6 * 0,089 * (35 - 5)} = 0,72;$$

где:  $t_w$  — температура вещества,  $t_w = 125^\circ\text{C}$ ;

$t_i$  — температура поверхности изоляции,  $t_i = 35^\circ\text{C}$ ;

$t_e$  — температура окружающей среды,  $t_e = 5^\circ\text{C}$ ;

$d$  — наружный диаметр изолируемого объекта,  $d = 0,089$  м;

$\alpha_e$  — коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности изоляции, принимаемый по справочному приложению 9,  $\alpha_e = 6$  Вт/(м<sup>2</sup>·°C);

$\lambda_k$ —теплопроводность теплоизоляционного слоя, определяемая по (Табл. П 4). Минераловатные маты прошитые  $\lambda_k = 0,064 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ ;

$$\delta_k = \frac{d}{2}(B - 1) = \frac{0,089}{2} * (1,72 - 1) = 0,032 \text{ м}$$

В качестве изоляции приняты минераловатные маты прошитые ГОСТ 21880-86; материал для кровного слоя - стеклопластик рулонный РСТ, ТУ 6-11-145-80, марки РСТ-А, РСТ-Б, РСТ-Х.

### **3.5 Объёмно-планировочные решения и компоновка оборудования МТП**

Объёмно-планировочные и конструктивные решения тепловых пунктов должны удовлетворять требованиям СНиП 2.09.02-85\*. При размещении встроенных и пристроенных тепловых пунктов должны соблюдаться требования СНиП на проектирование зданий, в которых они размещаются или к которым они пристроены.

При выборе материалов для строительных конструкций тепловых пунктов следует принимать влажный режим помещения согласно СНиП ПП-3-79\* (изд. 1995 г.).

Для защиты строительных конструкций от коррозии должны применяться антикоррозионные материалы в соответствии с требованиями СНиП 2.03.11-85.

Здания отдельно стоящих и пристроенных тепловых пунктов должны быть I, II или IIIа степеней огнестойкости. В ограждающих конструкциях помещений не допускается применение силикатного кирпича. Внешние формы, материал и цвет наружных ограждающих конструкций рекомендуется выбирать, учитывая архитектурный облик расположенных вблизи зданий и сооружений или зданий, к которым тепловые пункты пристраиваются. Индивидуальные тепловые пункты должны быть встроенными в об-

служиваемые ими здания и размещаться в отдельных помещениях на первом этаже у наружных стен здания. Допускается размещать ИТП в технических подпольях или в подвалах зданий и сооружений. При размещении тепловых пунктов, оборудованных насосами, внутри жилых, общественных, административно-бытовых зданий, а также в производственных зданиях, к которым предъявляются повышенные требования по допустимым уровням шума и вибрации в помещениях и на рабочих местах, должны выполняться требования санитарных норм. Отдельно стоящие тепловые пункты допускается предусматривать подземными при условии:

- отсутствия грунтовых вод в районе строительства и герметизации вводов инженерных коммуникаций в здание теплового пункта, исключающей возможность затопления теплового пункта канализационными, паводковыми и другими водами;
- обеспечения самотечного отвода воды из трубопроводов теплового пункта;
- обеспечения автоматизированной работы оборудования теплового пункта без постоянного обслуживающего персонала с аварийной сигнализацией и частичным дистанционным управлением с диспетчерского пункта.

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения тепловых пунктов следует относить к категории Д.

Тепловые пункты допускается размещать в производственных помещениях категорий Г и Д, а также в технических подвалах и подпольях жилых и общественных зданий. При этом помещения тепловых пунктов должны отделяться от этих помещений ограждениями (перегородками), предотвращающими доступ посторонних лиц в тепловой пункт. Встроенные в здания тепловые пункты следует размещать у наружных стен зданий на расстоянии не более 12 м от выхода из этих зданий. Из встроенных в здания тепловых пунктов должны предусматриваться выходы: при длине помещения теплового пункта 12 м и менее и расположении его на расстоянии менее 12 м от выхода из здания наружу — один выход наружу через коридор

дор или лестничную клетку; при длине помещения теплового пункта 12 м и менее и расположении его на расстоянии более 12 м от выхода из здания — один самостоятельный выход наружу; при длине помещения теплового пункта более 12 м — два выхода, один из которых должен быть непосредственно наружу, второй — через коридор или лестничную клетку.

В подземных отдельно стоящих или пристроенных тепловых пунктах допускается второй выход предусматривать через пристроенную шахту с люком или через люк в перекрытии, а в тепловых пунктах, размещаемых в технических подпольях или подвалах зданий, — через люк в стене. Двери и ворота из теплового пункта должны открываться из помещения или здания теплового пункта от себя. Оборудование тепловых пунктов рекомендуется применять в блочном исполнении, для чего необходимо:

- принимать водоподогреватели, насосы и другое оборудование в блоках заводской готовности;
- принимать укрупненные монтажные блоки трубопроводов; укрупнять технологически связанное между собой оборудование в транспортабельные блоки с трубопроводами, арматурой, КИП, электротехническим оборудованием и тепловой изоляцией.

Минимальные расстояния в свету от строительных конструкций до трубопроводов, оборудования, арматуры, между поверхностями теплоизоляционных конструкций смежных трубопроводов, а также ширину проходов между строительными конструкциями и оборудованием (в свету) следует принимать по прил. 1.

Высоту помещений от отметки чистого пола до низа выступающих конструкций перекрытия (в свету) рекомендуется принимать не менее, м: для ИТП — 2,2.

При размещении ИТП в подвальных и цокольных помещениях, а также в технических подпольях зданий допускается принимать высоту помещений и свободных проходов к ним не менее 1,8 м. Предусматривать проемы для естественного освещения тепловых пунктов не требуется. Для перемещения

оборудования и арматуры или неразъемных частей блоков оборудования следует предусматривать инвентарные подъемно-транспортные устройства. Для стока воды полы следует проектировать с уклоном 0,01 в сторону трапа или водосборного приемка. Минимальные размеры водосборного приемка должны быть, как правило, в плане не менее 0,5 x 0,5 м при глубине не менее 0,8 м. Приемок должен быть перекрыт съемной решеткой. В помещениях тепловых пунктов следует предусматривать отделку ограждений долговечными, влагостойкими материалами, допускающими легкую очистку, при этом необходимо выполнить: штукатурку наземной части кирпичных стен; затирку цементным раствором заглубленной части бетонных стен; расшивку швов панельных стен; побелку потолков; бетонное или плиточное покрытие полов.

Стены тепловых пунктов покрываются плитками или окрашиваются на высоту 1,5 м от пола масляной или другой водостойкой краской, выше 1,5 м от пола — клеевой или другой подобной краской.

В тепловых пунктах следует предусматривать открытую прокладку труб. Допускается прокладка труб в каналах, верх перекрытия которых совмещается с уровнем чистого пола, если по этим каналам не происходит попадания в тепловой пункт взрывоопасных или горючих газов и жидкостей. Каналы должны иметь съемные перекрытия единичной массой не более 30 кг. Дно каналов должно иметь продольный уклон не менее 0,02 в сторону водосборного приемка. Для обслуживания оборудования и арматуры, расположенных на высоте от 1,5 до 2,5 м от пола, должны предусматриваться передвижные или переносные конструкции (площадки).

В помещениях тепловых пунктов допускается размещать оборудование систем хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения здания .

Присоединение систем потребления теплоты следует выполнять с учетом гидравлического режима работы тепловых сетей (пьезометрического графика) и графика изменения температуры теплоносителя в зависимости от изменения температуры наружного воздуха. Системы отопления зданий сле-



дует присоединять к тепловым сетям: непосредственно при совпадении гидравлического и температурного режимов тепловой сети и местной системы. При этом следует учитывать требования СНиП 2.04.05-91\* и обеспечивать неврипаемость перегретой воды при динамическом и статическом режимах системы: через элеватор при необходимости снижения температуры воды в системе отопления и располагаемом напоре перед элеватором, достаточном для его работы; через смесительные насосы при необходимости снижения температуры воды, а системе отопления и располагаемом напоре, недостаточном для работы элеватора, а также при осуществлении автоматического регулирования системы. К одному элеватору присоединяется, как правило, одна система отопления.

В закрытых системах теплоснабжения при присоединении к тепловым сетям систем горячего водоснабжения с циркуляционным трубопроводом (см. рис. 1 — 8) должны предусматриваться циркуляционные или повысительно-циркуляционные насосы в соответствии с требованиями СНиП 2.04.01-85. При двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей систем горячего водоснабжения с принудительной циркуляцией воды циркуляционный трубопровод рекомендуется присоединять к трубопроводу нагреваемой воды между водоподогревателями I и II ступеней, а при параллельной схеме присоединения — к трубопроводу холодной водопроводной воды или к трубопроводу нагреваемой воды между секциями водоподогревателя.

В качестве кожухотрубных секционных водоподогревателей рекомендуется применять водоводяные подогреватели по ГОСТ 27590, состоящие из секций кожухотрубного типа с блоком опорных перегородок для теплоносителя давлением до 1,6 МПа и температурой до 150 °С. Для водоводяных подогревателей следует принимать противоточную схему потоков теплоносителей. Для горизонтальных секционных кожухотрубных водоподогревателей греющая вода из тепловой сети должна поступать, для водоподогревателей

систем отопления — в трубки, для водоподогревателей систем горячего водоснабжения — в межтрубное пространство.

Кожухотрубные секционные водоподогреватели закрепляют на кронштейнах заделанных в стене, или на рамной конструкции. Зазор между поверхностью изоляции подогревателя и стеной принимают не менее 0,15м, а между рядами параллельно установленных секции подогревателя – 0,4-0,6м. Принятое положение секционных водоподогревателей должно обеспечивать свободное извлечение трубного пучка во время ремонта. Если помещение не позволяет осуществить такое перемещение водоподогревателей, то стена со стороны вытаскивания трубного пучка выполняется в виде разборной перегородки.

#### **4 Проверочный гидравлический расчет тепловых сетей**

Проверочный гидравлический расчет тепловых сетей выполняется согласно методике предложенной [2] в учебнике «Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям» А.П. Сафонов.

Целью гидравлического расчёта является:

- определение диаметров трубопроводов участка;
- потерь напора по участкам;
- напора сетевых насосов.

Гидравлический расчёт проводится в следующей последовательности:

- 1 Вычерчивается расчётная схема тепловой сети, нумеруются участки сети, на расчётные участки сети наносятся длины и расчётные расходы воды.
- 2 Выбирается главная (расчётная) магистраль.
- 3 По суммарному расчётному расходу сетевой воды на участке по номограмме определяется стандартный диаметр трубопровода, соответствующий доступным значениям удельной линейной потери давления или напора. Фиксируется значение  $\Delta P_{л}$ , соответствующее выбранному стандартному диаметру трубопровода.

4 Гидравлический расчёт рекомендуется начинать с последнего участка. По известному диаметру трубопровода на участке и принятому типу прокладки сети выбирается тип компенсатора. Принимая расстояние между неподвижными или подвижными опорами, определяется количество компенсаторов.

5 Определяется эквивалентная длина местных сопротивлений  $l_3$  в зависимости от характера сопротивления и диаметра трубопровода.

6 Определяется потеря давления или напора на расчётном участке по формуле:

$$\Delta P_{\text{уч}} = \Delta P_{\text{л}}(1 + l_{\text{экв}}) = \Delta P_{\text{л}} l_{\text{пр}}, \text{ Па} \quad (4.1)$$

$$\Delta h_{\text{уч}} = \Delta h_{\text{л}}(1 + l_{\text{экв}}) = \Delta h_{\text{л}} l_{\text{пр}}, \text{ м в.ст.} \quad (4.2)$$

где  $l_{\text{пр}}$  – приведённая длина участка трубопровода.

В расчётах двухтрубных закрытых тепловых сетей принимается, что потери давления (напора) в подающем трубопроводе равны потерям давления (напора) в обратном трубопроводе.

7 По окончании расчёта участков тепловой сети определяется суммарная потеря давления (напора) в главной магистрали тепловой сети:

$$\Delta P_c^p = \sum_1^n \Delta P_{\text{уч}}, \text{ Па} \quad (4.3)$$

$$\Delta H_c^p = \sum_1^n \Delta h_{\text{уч}}, \text{ м в.ст.} \quad (4.4)$$

Результаты гидравлического расчёта заносятся в таблицу.

Участок №1 (по схеме №1)

По значениям расхода  $G_1 = 434744,7 \text{ кг/ч} = 120,76 \text{ кг/с}$ ; и диаметра  $D_1 = 309 \text{ мм}$ ; определяем по номограмме (Рис.5.2.стр 66); удельное линейное сопротивление участка  $R_{\text{л1}} = 82 \text{ Па/м}$ .

Эквивалентная длина участка №1 [2, Прил.4.]

Задвижки	$4,34 * 1 = 4,34$
Тройник	$36,4 * 1 = 36,4$

---


$$L_3 = 40,74 \text{ м.}$$

Приведённая длина участка №1

$$L_{п1}=L+L_3=190+40,74=230,74\text{м.}$$

Действительное падение давления на участке №1 (в одном направлении)

$$\Delta P_1=R_{л1}*L_{п1}=82*230,74=18920,7\text{Па; или}$$

$$\Delta H_1=\Delta P_1/\rho g= 18920,7 / 970*9,81=1,99 \text{ м;}$$

$\rho$ -определяется по таблице при  $t=(t_1+t_2)/2=(125+58,4)/2=91,7^\circ\text{C}$ .

Тепловая сеть микрорайона имеет две практически равноценные по длине и по расходу теплоносителя главные магистрали.

Расчёт магистрали 1.

Участок №2 (по схеме №1)

По значениям расхода  $G_2= 205957,7 \text{ кг/ч} = 57,21 \text{ кг/с}$ ; и диаметра  $D_2=259 \text{ мм}$ ; определяем по номограмме (Рис.5.2.стр 66); удельное линейное сопротивление участка  $R_{л2}=51 \text{ Па/м}$ ;

Эквивалентная длина участка №2 [2, Прил.4.]

Задвижки 3,6\*1=3,6

Тройник 5,6\*1=5,6

---

$$L_э=9,2\text{м}$$

Приведённая длина участка №2

$$L_{п2}=40+9,2=49,2\text{м.}$$

Действительное падение давления на участке №2 (в одном направлении)

$$\Delta P_2=R_{л2}*L_{п2}=51*49,2=2509,2\text{Па; или}$$

$$\Delta H_2=\Delta P_2/\rho g= 2509,2 / 9,81*970=0,26\text{м.}$$

Аналогично рассчитываются все последующие участки магистрали 1.

Расчёт ответвлений.

Участок №16 (по схеме №1)

По значениям расхода  $G_{16}=7111,3$  кг/ч= $1,97$ кг/с; и диаметра  $D_{16}=82$  мм; определяем по номограмме удельное линейное сопротивление участка  $R_{л}=28$  Па/м;

Эквивалентная длина участка №16

Гнупое колено гладкое  $1,36*1=1,36$

Задвижка  $1,53*1=1,53$

Тройник  $8,84*1=8,84$

---


$$L_{э}=11,73\text{м}$$

Приведённая длина участка №16

$$L_{п16}=15+11,73=26,73\text{м.}$$

Действительное падение давления на участке №16 (в одном направлении)

$$\Delta P_{16}=R_{л16}*L_{п16}=28*26,73=748,44 \text{ Па; или}$$

$$\Delta H_{16}=\Delta P_{16}/\rho g= 748,44/ 9,81*970=0,08\text{м.}$$

Полученные данные занесены в таблицу.

Таблица 8

Результаты гидравлического расчёта

Участок №	G	d	$R_{л}$	L	$L_{э}$	$L_{п}$	$\Delta P$	$\Delta H$	$\Sigma H$
	кг/ч	мм	Па/м	м	м	м	Па	м	м
Участок №1	434744,7	309	82	190	40,74	230,74	18920,7	1,99	1,99
Магистраль 1									
Участок №2	205957,7	259	51	40	9,2	49,2	2509,2	0,26	2,25
Участок №3	198372,7	259	44	85	0,56	85,56	3764,6	0,396	2,646
Участок №4	190787,7	259	42	58	12,88	70,88	2976,96	0,31	2,956
Участок №5	183676,4	259	40	49	0,56	49,56	1982	0,208	3,164
Участок №6	153220,3	259	26	55	28,56	83,56	2172,56	0,22	3,384
Участок №7	146109	259	24	50	0,56	50,56	1213,44	0,128	3,512
Участок №8	107402	207	40	64	22,1	86,1	3444	0,36	3,872
Участок №9	85724	207	23	104	21,73	124,73	2869	0,3	4,172

Участок№10	78612,7	207	20	55	9,77	64,77	3562,35	0,374	4,546
Участок№11	71501,4	207	15	53	21,73	74,73	1120,95	0,118	4,664
Участок№12	32690,6	125	60	114	39,1	153,1	9186	0,96	5,624
Участок№13	23114,6	125	30	258	40,63	298,63	8958,9	0,94	6,564
Участок№14	14222,6	100	38	60	2,21	62,21	2363,98	0,24	6,804
Участок№15	7111,3	82	28	97	3,57	100,57	2815,96	0,3	7,104
Расчёт ответвлений									
Участок№16	7111,3	82	28	15	11,73	26,73	748,44	0,08	6,884
Участок№17	8892	82	40	40	21,59	61,59	2463,6	0,25	6,814
Участок№18	9576	82	53	50	21,59	71,59	3794,27	0,4	6,024
Участок№19	5786	82	18	45	3,57	48,57	874,26	0,09	4,754
Участок№20	33024,8	150	25	48	31,21	79,21	1980,25	0,2	4,864
Участок№21	25913,5	150	16	93	16,58	108,58	1737,28	0,18	5,044
Участок№22	10658,5	100	23	23	12,31	35,31	812,13	0,08	5,124
Участок№23	15255	100	46	62	12,31	74,31	3418,26	0,36	5,404
Участок№24	7111,3	82	28	2	21,59	24,59	660	0,07	4,934
Участок№25	7111,3	82	28	47	21,59	68,59	1920,5	0,2	4,764
Участок№26	7111,3	82	28	55	21,59	76,59	2144,5	0,22	4,392
Участок№27	21678	125	28	30	21,59	51,59	1444,5	0,15	4,022
Участок№28	31895,7	150	24	106	50,95	156,95	3766,8	0,4	3,912
Участок№29	14219,4	100	40	108	11,29	119,29	4771,6	0,5	4,412
Участок№30	5327,4	82	16	65	8,67	73,67	1178,8	0,12	4,532
Участок№31	8892	82	40	40	10,03	50,03	2001,2	0,21	4,622
Участок№32	10265	100	22	98	10,03	108,03	2376,7	0,25	4,162
Участок№33	7111,3	82	28	50	22,92	72,92	2041,76	0,22	4,132
Участок№34	7111,3	82	28	47	21,59	68,59	1920,5	0,2	3,712
Участок№35	7111,3	82	28	47	21,59	68,59	1920,5	0,2	3,584
Участок№36	30456	150	22	48	16,91	64,91	1428,02	0,15	3,314

Участок№37	23344,7	125	31	66	6,43	72,43	2455,5	0,26	3,574
Участок№38	18017,3	125	20	20	1,87	21,87	437,4	0,046	3,62
Участок№39	12689,9	100	31	60	6,43	66,43	2059,3	0,26	3,88
Участок№40	5327,4	82	16	20	8,67	28,67	458,7	0,05	3,67
Участок№41	5327,4	82	16	20	8,67	28,67	458,7	0,05	3,624
Участок№42	7111,3	82	28	2	21,59	23,59	660	0,07	3,384
Участок№43	7111,3	82	28	47	21,59	68,59	1920,5	0,2	3,156
Участок№44	7585	82	28	2	21,59	23,59	660	0,07	2,716
Участок№45	7585	82	28	2	21,59	23,59	660	0,07	2,32
Магистраль 2									
Участок№46	228787	259	62	36	22,6	58,6	3633,2	0,38	2,37
Участок№47	223001	259	60	55	5,04	60,04	3602,4	0,37	2,74
Участок№48	215890	259	59	73	9,52	82,52	4868,7	0,51	3,25
Участок№49	208778,8	259	58	25	0,56	25,56	1482,48	0,156	3,406
Участок№50	171466,9	259	38	35	0,56	35,56	1351,28	0,142	3,548
Участок№51	164355,7	259	35	60	28,56	88,56	3099,6	0,326	3,874
Участок№52	157244,4	259	33	50	0,56	50,56	1668,48	0,175	4,049
Участок№53	150133,1	259	28	50	0,56	50,56	1415,68	0,15	4,199
Участок№54	143021,8	259	24	50	28,56	78,56	1885,4	0,198	4,397
Участок№55	135910,5	259	21	43	0,56	43,56	914,76	0,096	4,493
Участок№56	128799,2	259	20	88	28,56	116,56	2331,2	0,245	4,738
Участок№57	116481,6	259	17	88	28,56	116,56	1981,56	0,21	4,948
Участок№58	69325,9	207	21	60	21,56	81,56	1712,8	0,21	5,158
Участок№59	62214,6	207	15	67	21,56	88,56	1328,40	0,14	5,298
Участок№60	40883,9	150	30	50	0,29	50,29	1508,7	0,158	5,456
Участок№61	21333,9	125	27	205	12,45	217,45	5871,1	0,617	6,073
Участок№62	14222,6	100	41	80	3,01	83,01	3403,41	0,36	6,433
Участок№63	7111,3	82	28	80	1,65	81,65	2286,2	0,24	6,673
Расчёт									

ответвлений									
Участок№64	7111,3	82	28	15	11,73	26,73	748,44	0,08	6,513
Участок№65	7111,3	82	28	2	21,59	23,59	660	0,07	6,143
Участок№66	7111,3	82	28	60	22,95	82,95	2322,6	0,24	5,696
Участок№67	14222,6	100	40	40	22,95	62,95	2518	0,26	5,716
Участок№68	7111,2	82	28	90	1,65	91,65	2566,2	0,27	5,986
Участок№69	7111,2	82	28	5	11,73	16,73	468,44	0,05	5,766
Участок№70	7111,3	82	28	47	21,59	68,59	1920,5	0,2	5,498
Участок№71	14219,4	100	40	104	32,37	136,37	5454,8	0,57	5,868
Участок№72	14219,4	82	115	52	1,53	53,53	6156	0,65	6,518
Участок№73	5786	82	18	93	3,23	96,23	1678,14	0,176	6,694
Участок№74	7111,2	82	28	5	11,73	16,73	468,44	0,05	6,568
Участок№75	7111,3	82	28	47	21,59	68,59	1920,5	0,2	5,358
Участок№76	7111,3	82	28	47	21,59	68,59	1920,5	0,2	5,148
Участок№77	25961,2	150	17	65	54,09	119,09	2024,53	0,21	5,158
Участок№78	17069,2	100	67	135	7,04	142,04	9516,68	1	6,158
Участок№79	9576	82	53	43	13,09	56,09	2972,8	0,31	5,468
Участок№80	14083,2	100	40	120	22,95	144,95	5789	0,6	5,548
Участок№81	12317,6	100	30	20	21,59	41,59	1247,7	0,13	4,868
Участок№82	7111,3	82	28	47	21,59	68,59	1920,5	0,2	4,693
Участок№83	7111,3	82	28	47	21,59	68,59	1920,5	0,2	4,597
Участок№84	7111,3	82	28	47	21,59	68,59	1920,5	0,2	4,399
Участок№85	7111,3	82	28	47	21,59	68,59	1920,5	0,2	4,249
Участок№86	7111,3	82	28	47	21,59	68,59	1920,5	0,2	4,074
Участок№87	7111,3	82	28	47	21,59	68,59	1920,5	0,2	3,748
Участок№88	37311,9	150	31	187	39,79	226,79	7030,5	0,74	4,146
Участок№89	11573,2	100	27	42	0,29	42,29	1141,83	0,12	4,266
Участок№90	9258	82	45	30	10,03	40,03	1801,35	0,19	4,456
Участок№91	2315,2	51	41	21	10,22	31,22	1280	0,13	4,396



Участок№92	25738,7	150	16	21	16,91	37,91	606,6	0,06	4,206
Участок№93	7111,3	82	28	47	21,59	68,59	1920,5	0,2	3,45
Участок№94	7111,3	82	28	13	21,59	34,59	968,5	0,1	2,84
Участок№95	5786	82	18	15	21,59	36,59	658,6	0,07	2,52

## 5 Наладка присоединённых систем

Из пьезометрического графика видно, что на участках присоединения внутренних систем имеются избытки напора.

Считаю необходимым насчитать диаметры сопел элеваторов присоединённых систем по методике предложенной [6] в СНиП 2.04.14-88 (1998).

Диаметр сопла элеватора  $d_c$ , мм, следует определять по формуле

$$d_c = 9.64 \sqrt{\frac{G_{do}^2}{H_1}}, \text{ мм} \quad (5.1)$$

где  $H_1$  — напор перед элеватором, определяемый по пьезометрическому графику, м.

Диаметр сопла следует определять с точностью до десятых долей миллиметра с округлением в меньшую сторону и принимать не менее 3 мм. Если диаметр сопла, определенный по формуле, получается менее 3 мм, избыток напора следует гасить регулирующим клапаном или дроссельной диафрагмой, устанавливаемыми перед элеватором.

Наладка присоединённых системы Весенняя №1

$$d_c = 9.64 \sqrt{\frac{G_{do}^2}{H_1}} = 9,6 \sqrt{\frac{7,6685^2}{27,952}} = 11,561 \approx 11,5 \text{ мм.}$$

Аналогично выполнены все последующие расчёты, полученные данные сведены в таблицу.

Таблица 9

Объекты: жилые дома

Адрес объекта	$G_{\text{омах}}$	№участка	$\Sigma\Delta H$	$H_1$	$D_c$
Улица, № дома	кг/ч		м		
Весенняя №1	7668,5	Участок№18	6,024	27,952	11,5

Весенняя №3/а 3/б	11376	Участок№23	5,404	29,192	13,9
Весенняя №5	5688	Участок№68	5,986	28,028	9,9
Весенняя №5/1	7113	Участок№17	6,814	26,372	11,3
Весенняя №5/2	4260	Участок№73	6,694	26,612	8,7
Весенняя №6	5688	Участок№63	6,673	26,654	10,0
Весенняя №7	5688	Участок№16	6,884	26,232	10,1
Весенняя №8	5688	Участок№64	6,513	26,974	10,0
Весенняя №9	5688	Участок№15	7,104	25,792	10,1
Проспект Шахтёров №134	4474	Участок№19	4,754	30,492	8,7
Проспект Шахтёров №136	5688	Участок№24	4,934	30,132	9,7
Проспект Шахтёров №138	5688	Участок№25	4,764	30,472	9,7
Проспект Шахтёров №140	5688	Участок№26	4,392	31,216	9,6
Проспект Шахтёров №142	5688	Участок№33	4,132	31,736	9,6
Проспект Шахтёров №142/2 142/3 магазин «Электрик Сити»	17376,5	Участок№27	4,022	31,956	16,8
Проспект Шахтёров №144	5688	Участок№34	3,712	32,576	9,5
Проспект Шахтёров №146	5688	Участок№35	3,584	32,832	9,5
Проспект Шахтёров №148	5688	Участок№42	3,384	33,232	9,5
Проспект Шахтёров №150	5688	Участок№43	3,156	33,688	9,5
Проспект Шахтёров №152	5835	Участок№44	2,716	34,568	9,7
Проспект Шахтёров №154	5835	Участок№45	2,32	35,36	9,6

Проспект Шахтёров №156	4474	Участок№95	2,52	34,96	8,3
Вокзальная №2	5688	Участок№94	2,84	34,32	9,4
Вокзальная №4	5688	Участок№93	3,45	33,1	9,5
Вокзальная №6	5688	Участок№87	3,748	32,504	9,5
Вокзальная №8	5688	Участок№86	4,074	31,852	9,6
Вокзальная №8/1	4260	Участок№41	3,624	32,752	8,2
Вокзальная №10	5688	Участок№85	4,249	31,502	9,6
Вокзальная №10/1	4260	Участок№40	3,67	32,66	8,2
Вокзальная №12	5688	Участок№84	4,399	31,202	9,6
Вокзальная №12/1	7113	Участок№31	4,622	30,756	10,8
Вокзальная №14	5688	Участок№83	4,597	30,806	9,7
Вокзальная №16	5688	Участок№82	4,693	30,614	9,7
Вокзальная №18	7113	Участок№79	5,468	29,064	11,0
Вокзальная №16/1	4260	Участок№30	4,532	30,963	8,4
Сергея Лазо №113	5688	Участок№65	6,143	27,714	9,9
Сергея Лазо №115	5688	Участок№69	5,766	28,468	9,9
Сергея Лазо №113/1	4260	Участок№66	5,696	28,608	8,5
Сергея Лазо №117	5688	Участок№70	5,498	29,004	9,9
Сергея Лазо №117/1	7113	Участок№74	6,568	26,864	11,1
Сергея Лазо №119	5688	Участок№75	5,358	29,284	9,8
Сергея Лазо №121	5688	Участок№76	5,148	29,704	9,8
Сергея					

Лазо №123	10276	Участок№81	4,868	30,264	13,1
-----------	-------	------------	-------	--------	------

Таблица 9.1

Объекты: общественные здания

Поликлиника, стационар.	20178	Участок№92	4,206	31,588	18,1
Детская поликлиника, хоз часть	8261,9	Участок№90	4,456	31,088	11,68
2-е детское отделение	1897,7	Участок№91	4,396	31,208	5,6
Детский комбинат №32	9178,9	Участок№22	5,124	29,752	12,45
Школа№38	14162,2	Участок№78	6,158	27,684	15,74
Детские Ясли №56	9178,9	Участок№32	4,162	31,676	12,25
Детский комбинат№20	11320	Участок№39	3,88	32,24	13,55

### 6 Контрольно-измерительные приборы и автоматика

Целью данного раздела является разработка системы автоматического регулирования подачи теплоносителя (горячей воды) для отопления и горячего водоснабжения жилого микрорайона, с целью поддержания оптимальной температуры воздуха в помещении, в зависимости от наружной температуры. Результат – экономия теплоносителя.

#### 6.1 Краткое описание технологической схемы

Присоединение подогревателей горячего водоснабжения выполнено по двухступенчатой последовательной схеме. Сетевая вода перед поступлением в систему отопления проходит через подогреватель верхней ступени, где температура её снижается от  $t_1$  до  $t_{1,0}$ . Расход воды на горячее водоснабжение изменяется регулятором температуры РТ. Обратная вода после системы отопления поступает в подогреватель нижней ступени, где остывает от  $t_{2,0}$  до  $t_2$ . Постоянный расход сетевой воды на вводе поддерживается регулятором РР. Последовательное включение подогревателя верхней ступени даёт возможность использовать в качестве теплового аккумулятора строительные конструкции здания. В часы максимального водопотребления снижается

температура воды, поступающей в систему отопления, что приводит к уменьшению отдачи тепла. Этот небаланс компенсируется в часы минимального водопотребления, когда в систему отопления поступает вода с температурой более высокой, чем требуется по отопительному графику.

## **6.2 Структурная схема АСР**

В закрытых системах теплоснабжения постоянная температура нагреваемой водопроводной воды поддерживается путём изменения расхода греющей воды, поступающей в подогреватель. Импульсом регулирования является температура воды, заполняющей местную систему горячего водоснабжения. В качестве датчика температуры применяют термопреобразователь сопротивления. Термопреобразователь сопротивления устанавливают на трубе, ввинчивают в специальный патрубок на подогревателе. Принцип действия термопреобразователя сопротивления основан на изменении сопротивления его рабочего конца при изменении температуры. В случае изменения температуры, сигнал с ТПС поступает на блок преобразования сигнала 1б, где этот сигнал преобразуется из неунифицированного в унифицированный токовый сигнал. После чего унифицированный сигнал подаётся на регулятор температуры горячего водоснабжения Р25 обозначенный 1г, где сигнал сравнивается с сигналом задания в блоке 1в - ручной задатчик. После сравнения сигнал рассогласования поступает через блок ручного управления 1д, на бесконтактный реверсивный пускатель 2а, где сигнал усиливается до напряжения 220В и поступает на исполнительный механизм 2Б, установленный на приводе регулирующего клапана, установленного на подающем трубопроводе сетевой воды второй ступени водонагревателя. Процент открытия или закрытия задвижки (положения регулирующего органа), оценивают с помощью дистанционного указателя положения. Структурная схема расположена в графической части, лист №7.

## **6.3 Обзор и выбор существующей аппаратуры измерения и**

## регулирования

Для учета расхода тепловых нагрузок и расхода воды потребителями должны предусматриваться приборы учета тепловой энергии в соответствии с «Правилами учета отпуска тепловой энергии». При независимом присоединении систем отопления к тепловым сетям следует предусматривать горячеводный водомер на трубопроводе для подпитки систем. Длина прямых участков трубопровода до и после измерительных устройств расходомеров должна определяться в соответствии с инструкциями на приборы.

В МТП должны предусматриваться:

а) манометры показывающие:

после запорной арматуры на вводе в тепловой пункт трубопроводов водяных тепловых сетей;

после узла смешения;

до и после регуляторов давления на трубопроводах водяных тепловых сетей;

на подающих трубопроводах после запорной арматуры на каждом ответвлении к системам потребления теплоты и на обратных трубопроводах до запорной арматуры — из систем потребления теплоты,

б) штуцеры для манометров:

до запорной арматуры на вводе в тепловой пункт трубопроводов водяных тепловых сетей;

до и после грязевиков, фильтров и водомеров,

в) термометры показывающие:

после запорной арматуры на вводе в тепловой пункт трубопроводов водяных тепловых сетей;

на трубопроводах водяных тепловых сетей после узла смешения;

на обратных трубопроводах из систем потребления теплоты по ходу воды перед задвижками.

Показывающие манометры и термометры должны предусматриваться на входе и выходе трубопроводов греющей и нагреваемой воды для каждой ступени водоподогревателей систем горячего водоснабжения и отопления.

Согласно структурной схеме разработана функциональная схема и заказная спецификация (графическая часть, лист №7).

## Заключение

В выпускной квалификационной работе выполнены: расчёт тепловых нагрузок на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию, а также расчёт расходов сетевой воды на отопление, горячее водоснабжение и вентиляцию, суммарный расчётный расход сетевой воды в двухтрубных тепловых сетях в закрытых системах теплоснабжения при качественном регулировании отпуска теплоты. Проверочный гидравлический расчёт тепловых сетей, показал, что пропускная способность трубопроводов тепловой сети достаточна для перевода системы теплоснабжения микрорайона из открытой в закрытую. Гидравлическое сопротивление, имеющееся в тепловой сети, не превышает располагаемый перепад давлений. Пьезометрический напор на конечных МТП не менее 20 метров, поэтому произведена дополнительная наладка присоединённых систем. В качестве подогревателей ГВС применены секционные водоводяные подогреватели с длиной секции 4 метра (по ОСТ 34-588-68\*), в целях улучшения качества горячего водоснабжения применены циркуляционные насосы. МТП оснащены всей необходимой автоматизацией и контрольно-измерительными приборами. Технико-экономическое обоснование проекта показало, что реализация проекта принесёт реальный экономический эффект. Срок окупаемости проекта менее двух лет, а реализация проекта проведения реконструкции МТП не требует больших капитальных вложений, кроме того возможна поэтапная реализация проекта.



## Список литературы

- 1 СНиП 2.04.07-86 «Тепловые сети». Нормы проектирования.- М.: Стройиздат, 1987.
- 2 «Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям» А.П. Сафонов.- М.: Энергоатомиздат, 1995.
- 3 «Теплоснабжение» В.Е.Козин, Т.А.Левина. –М.: Высшая школа, 1980.
- 4 СНиП 41.101-95 «Тепловые пункты».- М.: Госстрой России, 1999.
- 5 СНиП 2.04.01-85 «Внутренний водопровод и канализация».
- 6 Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей А.А.Николаева.- М.: Энергия, 1965.
- 7 Теплофикация и тепловые сети. Е.Я.Соколов.- М.: Энергия, 1982.
- 8 Справочное пособие по проектированию систем автоматизации технологических процессов. Под редакцией А.С.Клюева, Б.В.Глазова и другие. М.: Энергия, 1980.
- 9 Технологические измерения и приборы. Под редакцией А.В.Волошенко, В.В.Медведева. Томск, 2006.
- 10 Абонентские установки водяных тепловых сетей. Н.К.Громов. Проектирование и эксплуатация.- М.: Энергия, 1979.
- 11 Городские теплофикационные системы. Н.К.Громов.- М.: Энергия, 1974.
- 12 Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: Справочник. В.И. Манюк, Я.И. Каплинский.- М.: Стройиздат, 1988.
- 13 Экономика, организация и планирование энергетического производства. Под редакцией С.Л.Прузнера. М.: Энергия, 1976.
- 14 Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий. Под редакцией Б.А.Ляликова. Томск, 2005.
- 15 Введение в механику жидкости: учебное пособие. Е.П.Валуева, В.Г.Свиридов.-М.:Издательство МЭИ, 2001.
- 16 Гидравлика и гидравлические машины: учебное пособие. В.Ф.Медведев. Минск.: Высшая школа, 1988.

## 11. Приложения.

### ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

УКРУПНЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МАКСИМАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПОТОКА НА ОТОПЛЕНИЕ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ НА 1 м<sup>2</sup> ОБЩЕЙ ПЛОЩАДИ  $q_o$ , Вт

Этаж-ность жилой постройки	Характеристика зданий	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления $t_o$ , °С										
		Ми нус 5	ми нус 10	ми нус 15	ми нус 20	ми нус 25	ми- нус 30	ми- нус 35	ми нус 40	ми- нус 45	ми нус 50	ми- нус 55
Для постройки до 1985 г.												
1 - 2	Без учета и внедрения энергосберегающих мероприятий	148	154	160	205	213	230	234	237	242	255	271
3 - 4		95	102	109	117	126	134	144	150	160	169	179
5 и более		65	70	77	79	86	88	98	102	109	115	122
1 - 2	С учетом внедрения энергосберегающих мероприятий	147	153	160	194	201	218	222	225	230	242	257
3 - 4		90	97	103	111	119	128	137	140	152	160	171
5 и более		65	69	73	75	82	88	92	96	103	109	116
Для постройки после 1985 г.												
1 - 2	По новым типовым проектам	145	152	159	166	173	177	180	187	194	200	208
3 - 4		74	80	86	91	97	101	103	109	116	123	130
5 и более		65	67	70	73	81	87	87	95	100	102	108
<p>Примечания: 1. Энергосберегающие мероприятия обеспечиваются проведением работ по утеплению зданий при капитальных и текущих ремонтах, направленных на снижение тепловых потерь.</p> <p>2. Укрупненные показатели зданий по новым типовым проектам приведены с учетом внедрения прогрессивных архитектурно-</p>												

планировочных решений и применения строительных конструкций с улучшенными теплофизическими свойствами, обеспечивающими снижение тепловых потерь.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 2.

### УКРУПНЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СРЕДНЕГО ТЕПЛОВОГО ПОТОКА НА ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ $q_h$

Средняя за отопительный период норма расхода воды при температуре 55°C на горячее водоснабжение в сутки на 1 чел., проживающего в здании с горячим водоснабжением, л	На одного человека, Вт, проживающего в здании		
	с горячим водоснабжением	с горячим водоснабжением с учетом потребления в общественных зданиях	без горячего водоснабжения с учетом потребления в общественных зданиях
85	247	320	73
90	259	332	73
105	305	376	73
115	334	407	73

## Приложение 3.

### НОРМЫ РАСХОДА ВОДЫ ПОТРЕБИТЕЛЯМИ

Водопотребители	Измеритель	Норма расхода воды л/с
1	2	3
1. Жилые дома квартирного типа:		
с водопроводом и канализацией без ванн с газоснабжением	1 житель	—
с водопроводом, канализацией и ваннами с водонагревателями, работающими на твердом топливе	то же	—
с водопроводом, канализацией и ваннами с газовыми водонагревателями	”	—
с быстросействующими газовыми нагревателями и многоточечным водоразбором	”	—

централизованным горячим водоснабжением, оборудованные умывальниками, мойками и душами	”	85
с сидячими ваннами, оборудованными душами	”	90
с ваннами длиной от 1500 до 1700 мм, оборудованными душами	”	105
высотой св. 12 этажей с централизованным горячим водоснабжением и повышенными требованиями к их благоустройству	1 житель	115
2. Общежития:		
с общими душевыми	то же	50
с душами при всех жилых комнатах	”	60
с общими кухнями и блоками душевых на этажах при жилых комнатах в каждой секции здания	”	80
3. Гостиницы, пансионаты и мотели с общими ваннами и душами	”	70
4. Гостиницы и пансионаты с душами во всех отдельных номерах	”	140
5. Гостиницы с ваннами в отдельных номерах, % от общего числа номеров:		
до 25	”	100
„ 75	”	150
„ 100	”	180
6. Больницы:		
с общими ваннами и душевыми	1 койка	180
с санитарными узлами, приближенными к палатам	1 койка	180
инфекционные	то же	110
7. Санатории и дома отдыха:		
с ваннами при всех жилых комнатах	”	120
с душами при всех жилых комнатах	”	75
8. Поликлиники и амбулатории	1 больной в смену	6
9. Детские ясли-сады:		
с дневным пребыванием детей:		
со столовыми, работающими на полуфабрикатах	1 ребенок	11,5
со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, оборудованными автоматическими стиральными машинами	то же	25

с круглосуточным пребыванием детей:		
со столовыми, работающими на полуфабрикатах	"	21,4
со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, оборудованными автоматическими стиральными машинами	1 ребенок	28,5
10. Пионерские лагеря (в том числе круглогодичного действия):		
со столовыми, работающими на сырье и прачечными, оборудованными автоматическими стиральными машинами	1 место	40
со столовыми, работающими на полуфабрикатах и стиркой белья в централизованных прачечных	то же	30
11. Прачечные:		
механизированные	1 кг сухого белья	25
немеханизированные	то же	15
12. Административные здания	1 работающий	5
13. Учебные заведения (в том числе высшие и средние специальные) с душевыми при гимнастических залах и буфетами, реализующими готовую продукцию	1 учащийся и 1 преподаватель	6
14. Лаборатории высших и средних специальных учебных заведений	1 прибор в смену	112
15. Общеобразовательные школы с душевыми при гимнастических залах и столовыми, работающими на полуфабрикатах	1 учащийся и 1 преподаватель в смену	3
То же, с продленным днем	то же	3,4
16. Профессионально-технические училища с душевыми при гимнастических залах и столовыми, работающими на полуфабрикатах	"	8
17. Школы-интернаты с помещениями:		
учебными (с душевыми при гимнастических залах)	"	2,7
спальными	1 место	30
18. Научно-исследовательские институты и лаборатории:		
химического профиля	1 работающий	60
биологического профиля	то же	55
физического профиля	"	15
естественных наук	"	5
19. Аптеки:		
торговый зал и подсобные помещения	"	5
лаборатория приготовления лекарств	"	55

20. Предприятия общественного питания:		
для приготовления пищи:		
реализуемой в обеденном зале	1 условное блюдо	4
продаваемой на дом	то же	3
выпускающие полуфабрикаты:		
мясные	1 т	—
рыбные	то же	—
овощные	”	—
кулинарные	”	—
21. Магазины:		
продовольственные	1 работающий в смену (20 м <sup>2</sup> торгового зала)	65
промтоварные	1 работающий в смену	5
22. Парикмахерские	1 рабочее место в смену	33
23. Кинотеатры	1 место	1,5
24. Клубы	то же	2,6
25. Театры:		
для зрителей	”	5
„ артистов	1 артист	25
26. Стадионы и спортзалы:		
для зрителей	1 место	1
„ физкультурников (с учетом приема ду- ша)	1 физкультурник	30
для спортсменов	1 спортсмен	60
27. Плавательные бассейны:		
пополнение бассейна	% вместимости бассейна в сутки	—
для зрителей	1 место	1
„ спортсменов (с учетом приема душа)	1 спортсмен (1 физкультур- ник)	60
28. Бани:		
для мытья в мыльной с тазами на скамьях и ополаскиванием в душе	1 посетитель	—
то же, с приемом оздоровительных процедур и ополаскиванием в душе:	то же	—
душевая кабина	”	—
ванная кабина	”	—
29. Душевые в бытовых помещениях промыш- ленных предприятий	1 душевая сетка в смену	—

30. Цехи с тепло-выделениями св. 84 кДж на 1 м <sup>3</sup> /ч	1 чел. в смену	—
31. Остальные цехи	то же	—
32. Расход воды на поливку:		
травяного покрова	1 м <sup>2</sup>	—
футбольного поля	то же	—
остальных спортивных сооружений	”	—
усовершенствованных покрытий, тротуаров, площадей, заводских проездов	1 м <sup>2</sup>	—
зеленых насаждений, газонов и цветников	то же	—
33. Заливка поверхности катка	”	—

Примечания: 1. Нормы расхода воды установлены для основных потребителей и включают все дополнительные расходы (обслуживающим персоналом, душевыми для обслуживающего персонала, посетителями, на уборку помещений и т. п.).