

Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»  
Факультет инженерных систем и экологии  
Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

СОГЛАСОВАНО

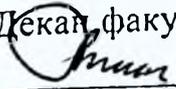
Заведующий кафедрой

 В.Г.Новосельцев

«28» 12 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета

 О.П.Мешик

«28» 12 2022 г.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ**  
**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС**  
**ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**  
**«ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ»**

для специальности:

1- 70 04 02 – Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна

Составители: Новосельцев Владимир Геннадьевич, зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, доцент, к.т.н.

Новосельцева Дина Владимировна, доцент кафедры природообустройства, доцент, к.т.н.

Рассмотрено и утверждено на заседании Научно-методического Совета протокол № 3 от 29.12.2022г.

*рег. н. УМК 22/23-81*

## **Пояснительная записка**

### **Актуальность изучения дисциплины**

Дисциплина «Теплоснабжение» является основой профессиональной подготовки специалистов по специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна». Основной задачей изучения дисциплины является обучение студентов методам проектирования надежных и оптимальных систем теплоснабжения, тепловых сетей и сооружений на них, теплового и насосного оборудования, тепловых пунктов; обоснованному выбору источников теплоты, оптимизации параметров и режимов систем централизованного теплоснабжения; обоснованию и расчету оптимальных режимов отпуска теплоты с использованием автоматического регулирования; использованию современных математических методов и вычислительной техники в расчетах, а также при решении оптимизационных задач; автоматизировать системы теплоснабжения, тепловые пункты и осуществлять автоматическое управление технологическими процессами теплоснабжения.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- теоретические основы построения и функционирования системы теплоснабжения и их основных частей: отопления, горячего водоснабжения, тепловых сетей и источников теплоты;

- основные вопросы теории и практики регулирования теплоснабжения-теплопотребления;

- конструкции систем теплоснабжения, их элементы, устройство, принципы работы всех элементов системы и их взаимодействие, основы эксплуатации систем теплоснабжения;

уметь:

- запроектировать систему теплоснабжения и ее элементы – тепловую сеть и систему горячего водоснабжения;

- проводить гидравлические, теплотехнические и механические расчеты систем теплоснабжения и их элементов;

- разрабатывать гидравлические режимы тепловых сетей;

- подбирать современное оборудование систем горячего водоснабжения, тепловых сетей, тепловых пунктов и источников теплоты.

ЭУМК разработан на основании Образовательного стандарта для специальности 1- 70 04 02 – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна», и предназначен для реализации требований учебной программы по учебной дисциплине «Теплоснабжение» для специальности 1- 70 04 02 – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна». ЭУМК разработан в полном соответствии с утвержденной учебной программой по учебной дисциплине компонента учреждения высшего образования «Теплоснабжение».

### **Цели ЭУМК:**

- обеспечение качественного методического сопровождения процесса обучения;
- организация эффективной самостоятельной работы студентов.

Содержание и объем ЭУМК полностью соответствуют образовательным стандартам высшего образования специальностей 1-70 04 02 – «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна», а также учебно-программной документации образовательных программ высшего образования.

Материал представлен на требуемом методическом уровне и адаптирован к современным образовательным технологиям.

### **Структура электронного учебно-методического комплекса по дисциплине «Теплоснабжение»:**

**Теоретический раздел ЭУМК** содержит материалы для теоретического изучения учебной дисциплины и представлен конспектом лекций.

**Практический раздел ЭУМК** содержит материалы для проведения практических и лабораторных учебных занятий в виде лабораторного практикума и методических указаний для выполнения индивидуальных графических работ:

- Методические указания для курсового проектирования по дисциплине «Теплоснабжение» на тему «Горячее водоснабжение жилого дома» для студентов специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» для всех форм обучения, слушателей ИПКиП специальности 1-70 04 71 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна».

**Раздел контроля знаний ЭУМК** содержит материалы для двух промежуточных аттестаций и экзамена (экзаменационных вопросов), позволяющие определить соответствие результатов учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации образовательных программ высшего образования.

**Вспомогательный раздел** включает учебные программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине «Теплоснабжение», список основной и дополнительной литературы.

Рекомендации по организации работы с УМК:

- лекции проводятся с использованием персонального компьютера и мультимедийного проектора;
- при подготовке к экзамену, выполнению и защите курсовых работ студенты могут использовать конспект лекций, техническую основную и вспомогательную литературу;

- практические занятия проводятся с использованием представленных в ЭУМК методических указаний;
- лабораторные занятия проводятся с использованием представленных в ЭУМК методических указаний лабораторного практикума;
- в течение семестра проводятся промежуточные аттестационные работы, экзамены проводятся в письменном виде, вопросы для экзамена приведены в разделе контроля знаний.

## **ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ В КОМПЛЕКСЕ**

### **I ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

Тема 1 Введение

Тема 2 Определение расходов теплоты

Тема 3 Внутридомовые системы горячего водоснабжения

Тема 4 Системы централизованного теплоснабжения

Тема 5 Присоединение местных систем теплоснабжения к тепловым сетям. Тепловые пункты

Тема 6 Системы автономного и местного теплоснабжения

### **II ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

Лабораторный практикум

Методические указания для курсового проектирования по дисциплине «теплоснабжение» на тему «горячее водоснабжение жилого дома»

### **III РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ**

Вопросы к экзамену

Задачи к экзамену

### **IV ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ**

# **I ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

## **ТЕМА 1 ВВЕДЕНИЕ**

- 1.1. Классификация систем теплоснабжения
- 1.2. Исторический обзор развития систем теплоснабжения
- 1.3. Достоинства и недостатки централизованного, местного и автономного теплоснабжения

## **ТЕМА 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ ТЕПЛОТЫ**

- 2.1. Классификация потребителей теплоты и методы определения ее расходов
- 2.2. Сезонные тепловые нагрузки
- 2.3. Круглогодичные тепловые нагрузки

## **ТЕМА 3 ВНУТРИДОМОВЫЕ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

- 3.1. Основные требования к качеству горячей воды
- 3.2. Схемы систем ГВС
- 3.3. Конструирование систем ГВС
- 3.4. Расчет систем ГВС

## **ТЕМА 4 СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

- 4.1. Классификация и основные элементы систем централизованного теплоснабжения
- 4.2. Выбор теплоносителя и его параметров
- 4.3. Водяные системы теплоснабжения
  - 4.3.1. Одно- и многотрубные СЦТ
  - 4.3.2. Открытые и закрытые СЦТ
- 4.4. Паровые системы теплоснабжения

## **ТЕМА 5 ПРИСОЕДИНЕНИЕ МЕСТНЫХ СИСТЕМ**

### **ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ К ТЕПЛОВЫМ СЕТЯМ. ТЕПЛОВЫЕ ПУНКТЫ**

- 5.1. Центральные и индивидуальные тепловые пункты. Зависимое и независимое присоединение систем теплоснабжения к тепловым сетям

- 5.2. Присоединение систем отопления к тепловым сетям
- 5.3. Присоединение систем ГВС к тепловым сетям
- 5.4. Теплоснабжение систем вентиляции
- 5.5. Пластинчатые и спиралетрубчатые теплообменники тепловых пунктов, их расчет, регулирование теплоотдачи
- 5.6. Оборудование тепловых пунктов и его подбор
  - 5.6.1. Коммерческий учет теплопотребления
  - 5.6.2. Автоматические регуляторы
  - 5.6.3. Регуляторы отопительных систем
  - 5.6.4. Регуляторы систем ГВС
  - 5.6.5. Циркуляционные и повысительные насосы
- 5.7. Блочные тепловые пункты

## ТЕМА 6 СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО И МЕСТНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

- 6.1. Особенности проектирования автономного теплоснабжения
- 6.2. Каскадные котельные
- 6.3. Крышные котельные
- 6.4. Блочно-модульные котельные
- 6.5. Поквартирное теплоснабжение многоэтажных и индивидуальных жилых домов

## ТЕМА 1 ВВЕДЕНИЕ

### 1.1. Классификация систем теплоснабжения

Система теплоснабжения - совокупность технических устройств, агрегатов и подсистем, обеспечивающих приготовление теплоносителя, его транспортировку и распределение по отдельным потребителям.

Классификация систем теплоснабжения:

1. в зависимости от типа и мощности источника:

а) централизованное

- от тепловых и атомных электростанций (ТЭЦ и АТЭЦ) – теплофикация (за рубежом используется термин когенерация);

Под теплофикацией понимается осуществление централизованного теплоснабжения паром или горячей водой, получаемыми на ТЭЦ при комбинированной выработке тепловой и электрической энергии.

- от крупных (районных или квартальных) котельных (применяется как в больших жилых массивах, так и в отдельных жилых кварталах и поселках);

б) децентрализованное:

- местное от котельных (применяется для теплоснабжения одного или группы зданий);

- автономное от теплогенераторов, устанавливаемых непосредственно в отапливаемых зданиях (предназначено для горячего водоснабжения и (или) отопления отдельных домов и квартир).

2. по виду теплоносителя - водяные и паровые системы теплоснабжения.

3. по способу подачи воды на горячее водоснабжение водяные системы делят на закрытые и открытые.

4. по количеству трубопроводов в тепловой сети - однотрубные и многотрубные системы теплоснабжения.

### 1.2. Исторический обзор развития систем теплоснабжения

В 30-х годах 20 века в СССР в соответствии с планом ГОЭЛРО (Государственная комиссия по электрификации России) начали развиваться мощные централизованные системы электрификации, теплофикации и теплоснабжения крупных городов и поселков страны. Перед второй мировой войной СССР вышел на второе место в мире и на первое в Европе по объему производства электрической и тепловой энергии. Преимущественное развитие получили теплофикационные установки с тепловыми сетями от ТЭЦ.

После войны в стране началось массовое жилищное строительство и развитие теплофикации начало отставать от темпов жилищного строительства – у государства не хватало средств на одновременное строительство жилья и дорогих теплофикационных установок. Выход был найден в сооружении сравнительно недорогих групповых и квартальных котельных установок.

Широкого развития и высокого технического уровня достигла централизация теплоснабжения именно в СССР потому, что в стране отсутствовала частная собственность на землю. Например, на 1981 год в Москве 99% квартир обслуживались теплом от ЦТ. Это – мировой рекорд. Сейчас теплоснабжение России обеспечивают 485 ТЭЦ, около 6,5 тыс. котельных мощностью более 20 Гкал/ч, более 100 тыс. мелких котельных и около 600 тыс. автономных индивидуальных теплогенераторов.

В Беларуси начало теплофикации – 1929г, ТЭЦ на Бобруйском лесокombинате мощностью 3,5МВт. Сегодня в РБ действуют более 21 ТЭЦ мощностью от 5 до 1000 МВт, на долю ТЭЦ приходится 58% от установленной электрической мощности энергосистемы. В РБ на 2013 год всего 3583 теплоисточника – 956 на газовом топливе, 2615 на твердом топливе, 11 – на жидком.

Большого успеха в теплофикации добилась Дания. Она оказалась первой страной, где были изготовлены предварительно изолированные трубы, изобретены бесшумные, безопорные циркуляционные насосы с мокрым ротором, приборы учета тепла и эффективные системы авторегулирования тепловой нагрузки, что позволило сооружать автоматизированные индивидуальные тепловые пункты (ИТП) с автоматическим регулированием подачи и учета тепла в местах его использования.

В настоящее время весьма актуальным является создание мини-ТЭЦ (мощностью 400-3500кВт). Об эффективности этого направления говорит опыт Дании, где уже в начале 1990-х г. насчитывалось 100 мини-ТЭЦ мощностью до 1 МВт.

Одним из наиболее трудоемких и дорогостоящих элементов систем теплоснабжения являются тепловые сети. Тепловые сети в России самые дорогие в мире:

- реальные тепловые потери составляют от 20 до 50% выработки теплоты (в несколько раз больше, чем в Европе) .

- утечки теплоносителя превышают нормы, принятые в развитых странах, во много раз (18-20% при норме 0,5%);

Эффективным способом сокращения теплопотерь является применение для тепловых сетей предварительно изолированных пенополиуретаном трубопроводов. С 2002 года постановлением правительства РБ строительство новых теплосетей и реконструкция старых проводится только с приме-

нием этих труб, позволяющих снизить теплопотери в теплосетях до до 5-7%. С 2006 года каждый год в РБ меняется 600-700 км теплосетей на ПИ-трубы. Если в 2008 средний показатель теплопотерь составлял по РБ 21%, то в 2015 – 13,9%. Практически единственный недостаток ПИ-труб – их высокая стоимость, например, на 2017 год 1м трубы диаметром 219 мм она составляет более 100 рублей, (но за срок службы труб экономия от их применения превышает первоначальное удорожание в 3–6,5 раз). Проблемы с ПИ-трубами возникают только, в основном, из-за неправильных монтажа и эксплуатации.

1. В последние годы возросло использование в системах теплоснабжения нетрадиционных источников энергии, однако их доля в РБ невелика.

2. В связи с предстоящим вводом в эксплуатацию Белорусской атомной электростанции возрастает доля использования электричества для получения тепла в системах отопления и горячего водоснабжения в новом строительстве.

### **1.3. Достоинства и недостатки централизованного, местного и автономного теплоснабжения**

В настоящее время в РБ теплоснабжение около 80% городского фонда осуществляется от централизованных систем.

Недостатки систем централизованного теплоснабжения:

1. строительство новой централизованной системы теплоснабжения требует значительных единовременных капитальных вложений в теплоисточник и тепловые сети.

2. потери теплоты в тепловых сетях

**Местное теплоснабжение** предусматривают в населенных пунктах с тепловой потребностью не более 2,5 МВт, для отопления и горячего водоснабжения небольших групп жилых и производственных зданий, удаленных от города, или как временный источник теплоснабжения до ввода основного во вновь застраиваемых районах.

Достоинства по сравнению с ЦТ: небольшая стоимость источников теплоснабжения и тепловых сетей; минимальная протяженность тепловых сетей; простота монтажа и обслуживания; быстрый ввод в эксплуатацию; разнообразие типов котлов с большим диапазоном по теплопроизводительности.

**При автономном теплоснабжении** отсутствуют наружные тепловые сети, а теплогенератор (один или несколько) устанавливается непосредственно в здании или квартире.

Достоинства по сравнению с ЦТ:

1. меньшие, чем при централизованных системах, единовременные капитальные вложения;

2. полное исключение потери тепла в теплотрассах, а также расходов на их обслуживание. Тепловые сети являются самым ненадежным элементом системы централизованного теплоснабжения, на них приходится более 85% отказов по системе в целом.

3. возможность местного регулирования. Эксплуатация источника теплоты и всего комплекса вспомогательного оборудования системы теплоснабжения непрофессиональным персоналом (жильцами) не всегда дает возможность в полной мере использовать это преимущество. Также необходимо учитывать, что в любом случае требуется создание, или привлечение, ремонтно-эксплуатационной организации для обслуживания источников теплоснабжения.

4. многие автономные котлы имеют очень высокие показатели коэффициента полезного действия, санитарно-гигиенические характеристики эксплуатации, малые или вовсе отсутствующие затраты времени и труда на обслуживание.

5. в случае применения крышных котельных достигается снижение занимаемой площади территории населенного пункта

Недостатки:

1. установочная мощность источников теплоты значительно превышает необходимую суммарную мощность теплоснабжения при подключении к тепловым сетям.

2. рассредоточенный выброс продуктов сгорания в жилом районе при низкой высоте дымовых труб.

3. требуется привлечение ремонтно-эксплуатационной организации для обслуживания источников теплоты.

4. неотапливаемые чердаки и подвалы, что уменьшает срок службы зданий.

Все системы теплоснабжения характеризуются различными показателями качества, надежности работы и экономичности. Решение по выбору типа системы теплоснабжения - централизованной или децентрализованной - зависит от величины и пространственной структуры населенного пункта, плотности тепловых нагрузок и размещения абонентов, вида поставляемого топлива, а также от уровня социальных и санитарно-гигиенических требований, предъявляемых к условиям эксплуатации и функционирования системы.

Во всех случаях для окончательного выбора той или иной системы теплоснабжения (степени ее централизации) выполняют технико-экономические расчеты. [вернуться к оглавлению](#)

## ТЕМА 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ ТЕПЛОТЫ

### 2.1. Классификация потребителей теплоты и методы определения ее расходов

Потребителями теплоты систем теплоснабжения являются: системы отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения зданий, промышленные технологические установки.

Потребители теплоты по надежности теплоснабжения делятся на три категории:

I категория— потребители, нарушение теплоснабжения которых связано с опасностью для жизни людей или со значительным ущербом народному хозяйству (повреждение технологического оборудования, массовый брак продукции).

Примеры потребителей I категории: родильные дома, детские дошкольные учреждения с круглосуточным пребыванием детей, здания стационаров лечебных организаций, картинных галерей, производственные здания химической промышленности, шахты и т. п.;

II категория — потребители, допускающие снижение температуры в отапливаемых помещениях на период ликвидации аварии:

— жилых и общественных зданий — до 12°C;

— производственных зданий — до 8°C;

III категория — остальные потребители.

Примеры потребителей III категории: здания складов, гаражи, стоянки автомобилей, здания лесопилок, цеха деревообработки, ремонтно-механические мастерские, помещения канализационно-насосных станций и т. п.

По режиму потребления теплоты в течение года различают две группы потребителей:

1. сезонные потребители (системы отопления, вентиляция и кондиционирования воздуха);

2. круглогодичные потребители (системы горячего водоснабжения и промышленные технологические установки).

Потребителей, получающих теплоту от централизованной системы теплоснабжения, называют абонентами этой системы, а расходуемая абонентами теплота – тепловой нагрузкой источника теплоты.

Различают три группы абонентов: жилые здания (сезонные расходы теплоты на отопление и вентиляцию и круглогодичный расход теплоты на горячее водоснабжение), общественные здания (основное значение имеют сезонные расходы теплоты на отопление, вентиляцию и кондиционирова-

ние воздуха), промышленные здания и сооружения, а также сельскохозяйственные производственные здания и комплексы (имеются все виды теплотребления).

Потребность абонентов в теплоте не постоянна.

Для проектирования и расчета теплоснабжения используют максимальные часовые (расчетные) расходы теплоты по отдельным видам теплотребления и суммарные часовые расходы теплоты по абоненту в целом с учетом несовпадения часовых максимумов расходов теплоты по отдельным видам теплотребления.

Для определения потребности в теплоте абонентов системы теплоснабжения используют приближенные методы, в основе которых лежат укрупненные показатели.

Тепловые нагрузки на потребителей могут определяться:

- для вновь осваиваемых территорий на перспективу – по укрупненным показателям плотности застройки

Этажность застройки, этажей	Тепловые нагрузки, МВт/га
Один	0,175–0,23
Два	0,29–0,47
Три	0,47–0,64
Четыре	0,58–0,82
Пять, шесть	0,75–0,92
Семь и выше	1,00–1,70

- При наличии проектов на возводимые и реконструируемые объекты по расчетному теплотреблению (из проектов)

- Для существующих потребителей по фактическому теплотреблению, приведенному к расчетным условиям.

при отсутствии проектов— по табл. 6.1 СН 4.02.01-2019 Тепловые сети. Средние нагрузки на горячее водоснабжение отдельных зданий допускается определять по СН 4.01.03-2019 Системы внутреннего водоснабжения и канализации зданий.

Общая нагрузка на потребителя:

$$Q = Q_o^{max} + Q_{вент}^{max} + Q_{ГВС}, \text{ МВт}$$

+ $Q_{пар}$  (если промышленный потребитель)

При разработке схемы теплоснабжения необходимо учитывать снижение теплотребления существующих зданий за счет их утепления, герметизации при капитальных ремонтах, внедрение систем автоматического регулирования и учёта, проведение энергосберегающих мероприятий. С этой целью полученные договорные нагрузки корректируют с учётом фактически сложившегося теплотребления.

## 2.2. Сезонные тепловые нагрузки

Для сезонного теплового потребления характерны следующие особенности: 1) в течение года тепловые нагрузки изменяются в зависимости от температуры наружного воздуха; 2) годовые расходы теплоты имеют значительные колебания (причина - холодная или теплая зима); 3) изменения тепловой нагрузки на отопление в течение суток в основном за счет теплоустойчивости наружных ограждений зданий незначительны; 4) изменения тепловой нагрузки на вентиляцию по часам суток сильно различаются в зависимости от режимов работы предприятий.

Расходы теплоты при отсутствии проектов отопления и вентиляции определяются для жилых районов городов и других населенных пунктов по формулам:

а) максимальный расход теплоты, Вт, на отопление жилых и общественных зданий

$$Q_{\text{оmax}} = q_0 \cdot A \cdot (1 + k_1);$$

б) максимальный расход теплоты, Вт, на вентиляцию общественных зданий

$$Q_{\text{vmax}} = k_1 \cdot k_2 \cdot q_0 \cdot A;$$

где  $q_0$  — укрупненный показатель максимального расхода теплоты на отопление жилых зданий на  $1 \text{ м}^2$  общей площади, принимаемый по таблице 6.1 СН 4.02.01-2019 Тепловые сети, Вт;

$A$  — общая площадь жилых зданий,  $\text{м}^2$ ;

$k_1$  — коэффициент, учитывающий расход теплоты на отопление общественных зданий; при отсутствии данных  $k_1=0,25$ ;

$k_2$  — коэффициент, учитывающий расход теплоты на вентиляцию общественных зданий; при отсутствии данных: для общественных зданий, построенных до 1985 г.,  $k_2=0,4$ , в период с 1985 г. по 1995 г.  $k_2=0,6$ ;

**Таблица 6.1 — Укрупненные показатели максимального расхода теплоты на отопление жилых зданий на  $1 \text{ м}^2$  общей площади  $q_0$ , Вт**

Этажность жилой постройки	Характеристика зданий	Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления $t_0$ , °С					
		минус 21	минус 22	минус 23	минус 24	минус 25	минус 26

Для постройки до 1985 г.							
1–2	Без учета внедрения энергосберегающих мероприятий	192	197	202	208	213	218
3–4		113	116	119	123	126	129
5 и более		77	79	81	84	86	88
1–2	С учетом внедрения энергосберегающих мероприятий	181	186	191	196	201	206
3–4		107	110	113	116	119	122
5 и более		73	76	78	80	82	84
Для постройки в период с 1985 г. до 1995 г.							
1–2	—	156	160	164	169	173	177
3–4		86	89	92	94	97	99
5 и более		72	75	77	79	81	83
Для постройки с учетом тепловой модернизации							
1–2	—	100	103	106	109	112	115
3–4		56	57	59	61	63	65
5 и более		52	54	55	57	59	60
Для постройки после 1995 г.							
1–2	С наружными стенами из: штучных материалов	100	103	106	109	112	115
3–4	многослойных панелей штучных материалов	54	56	57	59	61	62
		56	57	59	61	63	65
5–8	многослойных панелей штучных материала-	48	50	51	53	55	56
		52	54	55	57	59	60

	ЛОВ						
9 и более	многослойных панелей	47	49	50	52	54	55
	штучных материалов	50	52	53	55	57	58

*Примечания*

1 Энергосберегающие мероприятия обеспечиваются проведением работ по утеплению зданий при реконструкции (модернизации) и капитальном ремонте, направленных на снижение тепловых потерь.

2 Укрупненные показатели зданий по новым типовым проектам приведены с учетом внедрения прогрессивных архитектурно-планировочных решений и применения строительных конструкций с улучшенными теплофизическими свойствами, обеспечивающими снижение тепловых потерь. Тепловая модернизация выполняется в соответствии с требованиями ТКП 45-2.04-43.

Средний расход теплоты, Вт, на отопление жилых районов населенных пунктов

$$Q_{om} = Q_{omax} \cdot \frac{t_B - t_{om}}{t_B - t_H}$$

— на вентиляцию при  $t_H$

$$Q_{vm} = Q_{vmax} \cdot \frac{t_B - t_{om}}{t_B - t_H}$$

где  $t_H$  — расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, °С;

$t_B$  — средняя температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, принимаемая для жилых и общественных зданий равной 18 °С, для производственных зданий — 16 °С;

$t_{om}$  — средняя температура наружного воздуха за период со среднесуточной температурой воздуха 8 °С и менее (отопительный период), °С.

Тепловое потребление сельских объектов характеризуется небольшими масштабами, рассредоточенностью и малыми единичными мощностями. При проектировании крупных сельскохозяйственных комплексов тепловое потребление следует определять по типовым проектам и ведомственным нормам.

Годовые расходы теплоты в ( $кВт \cdot ч$ ) для жилых и общественных зданий определяют по формулам:

на отопление

$$Q_{\text{год.о}} = 24 \cdot n_o \cdot Q_{\text{от}} \cdot 10^{-3}$$

на вентиляцию

$$Q_{\text{год.в}} = z \cdot n_o \cdot Q_{\text{вм}} \cdot 10^{-3}$$

где  $n_o$  – продолжительность отопительного периода, сут.;  $z$  – усредненное за отопительный период число часов работы вентиляции в течение суток (при отсутствии данных рекомендуется  $z = 16$  ч).

Продолжительность отопительного сезона для жилых и общественных зданий определяют числом дней с устойчивой температурой наружного воздуха ниже  $+8^{\circ}\text{C}$ .

### 2.3. Круглогодичные тепловые нагрузки

Тепловое потребление для целей горячего водоснабжения в течение года изменяется сравнительно мало, но отличается большой неравномерностью по часам суток и в течение недели. Летом расход теплоты в системах горячего водоснабжения жилых зданий по сравнению с зимой уменьшается, так как в летнее время температура воды в холодном водопроводе выше, чем в зимний период.

Расходы теплоты при отсутствии проектов отопления, вентиляции и горячего водоснабжения промышленных предприятий следует определять по проектам аналогичных предприятий или по укрупненным нормам развития проектирования.

Средний расход теплоты, Вт, на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий определяется по формуле:

$$Q_{hm} = q_h m$$

Максимальный расход теплоты, Вт, на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий

$$Q_{h \text{ max}} = 2,4 \cdot Q_{hm}$$

$q_h$  — укрупненный показатель среднего расхода теплоты на горячее водоснабжение на одного человека, принимаемый по таблице 6.2 СН 4.02.01-2019 Тепловые сети, Вт;

$m$  — количество жителей.

2,4 – коэффициент часовой неравномерности расхода теплоты в течение суток, по СН 4.02.01-2019 Тепловые сети.

Часовой коэффициент неравномерности потребления горячей воды в зависимости от количества жителей, потребляющих воду из данной системы ГВС, СНиП III.8-62. Горячее водоснабжение.

Таблица 2.10. Часовой коэффициент неравномерности потребления горячей воды  $K_{godz}$

Количество жителей, чел.	50	100	150	200	300	500	1000	3000	6000
Часовой коэффициент неравномерности потребления воды из центральной системы ГВС $K_{godz}$	4,5	3,5	3,0	2,9	2,7	2,5	2,3	2,1	2,0

Таблица 6.2 — Укрупненные показатели среднего расхода теплоты на горячее водоснабжение  $q_h$

Средняя за отопительный период норма расхода воды при температуре 55 °С на горячее водоснабжение на одного человека, проживающего в здании с горячим водоснабжением, л/сут	Средний расход теплоты 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

Примечание: нормы расхода воды зависят от благоустроенности жилых домов, гостиниц и приводятся в указаниях на проектирование горячего водоснабжения.

а) с централизованным горячим водоснабжением, оборудованные умывальниками, мойками и душами – 85 л/сут

б) с централизованным горячим водоснабжением, оборудованные умывальниками, мойками и сидячими ваннами, оборудованными душами – 90 л/сут

в) то же, с ваннами длиной от 1500 до 1700 мм, оборудованными душами – 105 л/сут

г) с централизованным горячим водоснабжением и повышенными требованиями к благоустройству – 115 л/сут

Средний расход теплоты, Вт, на горячее водоснабжение жилых районов населенных пунктов в неотапительный период:

$$Q_{hm}^s = Q_{hm} \cdot \frac{55 - t_c^s}{55 - t_c} \cdot \beta$$

где  $t_c^s$  — температура холодной (водопроводной) воды в неотапительный период (при отсутствии данных для поверхностных источников принимается равной 15 °С, для подземных — от 5 °С до 7 °С);

$t_c$  — температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период (при отсутствии данных принимается равной 5 °С);

$\beta$  — коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на горячее водоснабжение в неотапительный период по отношению к отопительному периоду, принимаемый при отсутствии данных для жилищно-коммунального сектора 0,8 (для курортов—от 1,2 до 1,5), для предприятий — 1,0.

Годовой расход теплоты на горячее водоснабжение:

$$Q_{год.гвс} = 24Q_{hm} \cdot n_o + 24Q_{hm}^s \cdot (350 - n_o)$$

где  $n_o$  — продолжительность отопительного периода, сут.

[вернуться к оглавлению](#)

## **ТЕМА 3 ВНУТРИДОМОВЫЕ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

### **3.1. Основные требования к качеству горячей воды**

Качество горячей воды, подаваемой на питьевые нужды, должно соответствовать требованиям Санитарных норм и правил Республики Беларусь: СанПиН 2.1.4.12-23-2006 «Санитарная охрана и гигиенические требования к качеству воды источников нецентрализованного питьевого водоснабжения населения»

СанПиН 10-124 РБ 99 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»

Качество воды, подаваемой на производственные нужды, определяется технологическими требованиями.

### **3.2. Схемы систем ГВС**

Схемы систем ГВС бывают тупиковые и циркуляционные.

Наличие в системе циркуляции гарантирует пользователю достаточно быстрое получение воды соответствующей температуры из водоразборной точки, исключая бесполезный слив недостаточно горячей воды в канализацию.

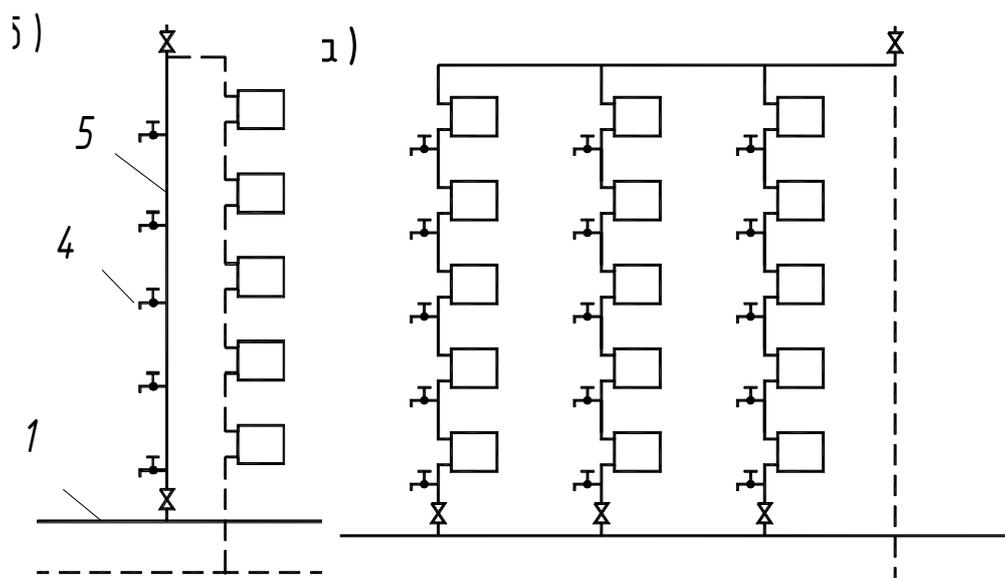
Местные (тупиковые) системы ГВС можно выполнять для систем ГВС малой протяженности, например в небольших индивидуальных домах или многоквартирных домах:

- а) с поквартирным теплоснажением от газовых котлов,
- б) с приготовлением воды для системы ГВС от емкостных электрических водонагревателей.

Существуют системы ГВС с верхней и нижней разводкой магистральных теплопроводов. Более удобна в эксплуатации, и поэтому практически всегда применяется, система с нижней разводкой.

В системе с нижней разводкой полотенцесушители могут располагаться как на водоразборном, так и на циркуляционном стояке. Эта схема характеризуется большей материалоемкостью. В целях ее снижения в секционных жилых и общественных зданиях высотой свыше четырех этажей и зданиях большой протяженности (жилые здания более пяти секций, общественные и другие здания протяженностью более 150 м) допускается присоединение к циркуляционному стояку кольцующими перемычками нескольких (от 3 до 7) водоразборных стояков.

Кольцующие перемычки можно прокладывать по теплому чердаку, по холодному чердаку с устройством теплоизоляции, под потолком верхнего этажа.



Присоединение водоразборных приборов к циркуляционным стоякам и циркуляционным трубопроводам не допускается

В зданиях высотой более 50 м (свыше 16 этажей) систему ГВС делят по вертикали на отдельные зоны с самостоятельными разводками и отдельными стояками для каждой зоны, иногда даже с устройством специальных технических этажей. Это связано с ограничением допускаемого гидростатического давления перед водоразборной и запорной арматурой до 0,6 МПа.

### 3.3. Конструирование систем ГВС

В квартирах устанавливается следующая водоразборная арматура: в ванной комнате – смеситель для ванны и смеситель для умывальника (или комбинированный); на кухне – смеситель для мойки (раковины). В целях экономии воды арматура может быть оснащена аэраторами. Кроме обычных смесителей существуют специальные, например, бесконтактные с инфракрасными датчиками или такие, которые регулируют смешение горячей и холодной воды автоматически до выбранной потребителем температуры (например, термостатические смесители фирмы ГЕРЦ Арматурен).

В настоящее время часто используются однорычажные смесители с картриджами. Они приводятся в действие рычагом, где одновременно поднятие или опускание рычага регулирует поток воды, а поворот рычага направо и налево регулирует температуру воды.

В ваннных комнатах для их отопления и просушки белья устанавливаются полотенцесушители, в зданиях массовой застройки обычно П-образной или змеевиковой формы.

Для трубопроводов систем ГВС ранее применялись стальные оцинкованные трубы, сейчас полипропиленовые, полиэтиленовые, металлополи-

мерные, редко (из-за большой стоимости) медные трубы, а также трубы из нержавеющей стали.

Горизонтальные трубопроводы прокладываются с уклоном не менее 0,002 (кроме труб в конструкции пола) для удаления воздуха и спуска воды из системы. В системах ГВС теплоизолируют подающие и циркуляционные теплопроводы, стояки (кроме подводок к водоразборным приборам). На сегодняшний день для теплоизоляции часто применяют теплоизоляционные цилиндры. Теплоизоляционные цилиндры также увеличивают долговечность и прочность системы, ограничивая воздействие внешних факторов на трубопровод; обеспечивают механическую защиту трубопровода, что особенно важно для медных и полимерных трубопроводов; обеспечивают шумоизоляцию, связанную с потоком воды в трубопроводе. Для изготовления теплоизоляционных цилиндров применяют такие материалы: вспененный полиэтилен, вспененный полиуретан, синтетический каучук, минеральная вата.

При проектировании трубопроводов предусматривают возможность компенсации температурных удлинений труб.

Выпуск воздуха может осуществляться через водоразборную арматуру верхних этажей при ее подключении в верхних точках системы, через воздушные краны или автоматические воздухоотводчики в верхней части подающих стояков. Для спуска воды из системы в нижней части трубопроводов устанавливают сливные патрубки с шаровыми кранами или шаровые краны с возможностью опорожнения.

Запорную арматуру предусматривают: на трубопроводах холодной и горячей воды у теплообменников; на ответвлениях трубопроводов от магистралей к секционным узлам водоразборных стояков; у основания подающих и циркуляционных стояков в зданиях высотой 3 этажа и более; на ответвлениях от стояков в каждую квартиру; на ответвлениях, питающих 5 и более водоразборных приборов; на вводах в здания.

Обратные клапаны устанавливают у теплообменника на циркуляционном теплопроводе и на трубопроводе холодной воды.

Для поддержания необходимого давления воды перед ответвлением к потребителю (например, на квартиру) могут устанавливаться стабилизаторы (редукторы) давления.

Стояки располагают в специальных шахтах или в штробах в капитальных стенах санузлов, то есть близко к водоразборным приборам.

Горизонтальную разводку теплопроводов от стояков к водоразборным приборам осуществляют открыто с уклоном 0,002-0,005 либо в конструкции пола в защитной гофрированной трубе «пешель». При переходе труб через стены и перекрытия трубы заключаются в стальные гильзы с заделкой зазора между трубой и гильзой уплотнительными материалами.

Для учета расхода воды применяют счетчики воды, устанавливаемые на трубопроводе холодной воды перед теплообменником и на ответвлении

ях в каждую квартиру. Расход теплоты определяется по общедомовому теплосчетчику, располагаемому в ИТП здания. На ответвлениях к отдельным потребителям (офисы, магазины и т.д.) устанавливаются отдельные счетчики воды и теплосчетчики.

В последние годы в жилых домах некоторые решения предусматривают установку счетчиков воды на квартиры в общем коридоре или лестничной клетке для удобства доступа.

ИТП рекомендуется размещать как можно ближе к середине здания, что положительно сказывается на гидравлическом режиме работы системы ГВС.

### 3.4. Расчет систем ГВС

При проектировании системы ГВС выполняются следующие расчеты:

1. Гидравлический расчет подающих теплопроводов,
2. Расчет потерь теплоты теплопроводами,
3. Определение циркуляционных расходов воды,
4. Расчет циркуляционных трубопроводов,
5. Подбор оборудования.

Задачей гидравлического расчета является определение диаметров теплопроводов, потерь напора в системе, подбор РБК и их настроек.

Расчет ведется для наиболее неблагоприятно расположенного водоразборного устройства (диктующей точки), которое расположено на верхнем этаже, наиболее удалено от ввода и требует наибольшего рабочего напора.

Гидравлический расчет систем ГВС производят на расчетный расход горячей воды с учетом циркуляционного, однако в начале расчета значения циркуляционных расходов воды неизвестны, поэтому гидравлический расчёт подающих трубопроводов производят без учёта циркуляционных расходов, а позже, определив циркуляционные расходы, выполняют, при необходимости, корректировку гидравлического расчёта систем ГВС.

Диаметр расчётного участка подбирается по таблицам для расчета трубопроводов в зависимости от расхода и скорости воды. Рекомендуемая скорость воды в системах водоснабжения 0,3–3,0 м/с [ТКП, 45-4.01-52-2007 Системы внутреннего водоснабжения зданий]. Рекомендуемая скорость движения воды в полимерных трубопроводах определяется по данным изготовителей трубопроводов.

Например, в Европе исходя из гигиенических соображений (отсутствие застойных зон), скорости воды должны быть не ниже 0,2 м/с, а из экономических соображений не выше 1 м/с. Рекомендуемая скорость воды составляет от 0,2 до 0,5 м/с.

Разность потерь напора по двум расчетным направлениям (от точки разветвления) через наиболее удаленный водоразборный стояк и ближайший водоразборный стояк здания относительно его теплового ввода не

должна превышать 10%. Увязку производят изменением диаметров труб на отдельных участках или установкой РБК.

С целью нахождения циркуляционного расхода воды определяют потери теплоты подающими теплопроводами и полотенцесушителями системы ГВС.

Циркуляционный расход воды в системе ГВС определяют при условии отсутствия водоразбора, исходя из теплотерь и остывания горячей воды в теплопроводах от теплообменника до наиболее удаленной водоразборной точки. Затем уточняют скорость движения воды на участках, которая не должна превышать рекомендуемые значения и, при необходимости, выполняют корректировку диаметров

Расчет циркуляционных трубопроводов производится аналогично расчету подающих теплопроводов. Диаметры циркуляционных теплопроводов рекомендуется принимать на 1-2 типоразмера меньше диаметров соответствующих участков подающих теплопроводов.

Разность потерь напора в циркуляционных кольцах допускается не более 10 %. При невозможности увязки потерь напора путем изменения диаметров теплопроводов на участках циркуляционной сети следует предусматривать установку регуляторов температуры или ручных балансировочных клапанов у основания циркуляционных стояков.

Далее осуществляется подбор счетчиков воды, теплообменника, арматуры и рассчитывается требуемое давление воды на вводе (требуемый напор).

$$H_{тр} = H_{г} + h_{м} + h_{сч} + \sum h + H_{св}$$

где  $H_{г}$  – геометрическая высота подъема воды (разность отметок диктующего водоразборного устройства и ввода холодного водопровода), м;

$H_{св}$  – свободный напор у диктующего водоразборного устройства, м, определяемый;

$h_{г}$  – потери напора в теплообменнике, м;

$h_{сч}$  – потери напора в счетчике воды, м;

$\sum h$  – потери напора в трубопроводах системы ГВС, м.

Полученную величину требуемого напора необходимо сравнивают с величиной гарантийного напора  $H_{гар}$ .

При  $H_{тр} < H_{гар}$  в ИТП требуется только циркуляционный насос.

При  $H_{тр} > H_{гар}$  в ИТП требуется повысительный и циркуляционный насос.

[вернуться к оглавлению](#)

## ТЕМА 4 СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

### 4.1. Классификация и основные элементы систем централизованного теплоснабжения

Состав централизованной системы теплоснабжения: источник тепловой энергии, тепловая сеть, абонентские вводы (индивидуальные тепловые пункты), местные системы потребителей теплоты.

Классификация систем ЦТ:

**По источнику приготовления теплоты:**

1. централизованное теплоснабжение на базе комбинированной выработки теплоты и электроэнергии на ТЭЦ – теплофикация;
2. централизованное теплоснабжение от районных отопительных и промышленно-отопительных котельных;

**По роду теплоносителя** - водяные и паровые системы теплоснабжения.

**По способу подачи воды** на горячее водоснабжение водяные системы делят на закрытые и открытые.

**По количеству трубопроводов** различают однетрубные и многотрубные системы теплоснабжения.

**По способу обеспечения потребителей тепловой энергией** различаются одноступенчатые (потребители теплоты присоединяют к тепловым сетям в ИТП) и многоступенчатые (потребители теплоты присоединяют к тепловым сетям через центральные тепловые пункты ЦТП) системы теплоснабжения.

### 4.2. Выбор теплоносителя и его параметров

Для упрощения приготовления теплоносителя на источнике тепла и снижения затрат на тепловые сети желательно использовать один вид теплоносителя.

При выборе теплоносителя необходимо учитывать следующие достоинства теплоносителей:

Вода:

1. Возможно качественное регулирование систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха
2. Повышенная эффективность теплофикации за счет лучшего использования низкопотенциальной теплоты на ТЭЦ, (давление пара в отборах турбин от 0,06 до 0,2 Мпа, а в паровых системах – 1-1,5Мпа, что уменьшает выработку эл. энергии)
3. Меньшие потери тепловой энергии в сетях (понижение температуры воды составляет менее 1°С на 1 км пути, а энергетический потенциал

пара – его давление – уменьшается при транспортировании более значительно – в среднем на  $0,1 \div 0,15$  МПа на 1 км пути)

4. Простота присоединения потребителей.

5. Возможный радиус действия водяной системы 30-60 км, а паровой до 6-15км.

6. Отпадает трудная задача по сбору и возврату конденсата на источник теплоснабжения

Пар:

1. Возможность поддержания неизменного давления или температуры, что важно для многих технологических процессов

2. Содержание в единице массы значительно больше тепла, чем вода (1 тонна пара с параметрами 0,5Мпа и 150<sup>0</sup>С отдает потребителя в 6 раз больше воды при той же температуре.

3. небольшая плотность пара - высокая скорости движения пара в теплопроводах, меньший расход эл.энергии на перемещение пара и конденсата.

Наиболее экономичны водяные СЦТ, однако в некоторых технологических процессах (нагрев насыпных материалов, пропарка древесины и др.) пар не может быть заменен водой. В системах с преобладающей технологической нагрузкой, для покрытия которой требуется теплоноситель со среднегодовой температурой более 110<sup>0</sup>С, допускается использовать пар в качестве общего теплоносителя.

В США и Бельгии пар принят единственным теплоносителем. В большинстве европейских стран (Швейцарии, Швеции, Италии, Дании) на долю паровых систем приходится 1 – 10% протяженности тепловых сетей, а в ФРГ и Финляндии – до 30 – 40%. В Исландии и Норвегии пар как теплоноситель вообще не используется.

### **4.3. Водяные системы теплоснабжения**

#### **4.3.1. Одно- и многотрубные СЦТ**

Наиболее экономичны однотрубные (разомкнутые) системы, но они целесообразны только тогда, когда среднечасовой расход сетевой воды, подаваемой на нужды отопления и вентиляции, совпадает со среднечасовым расходом воды, потребляемой для ГВС, что бывает весьма редко, поэтому наибольшее распространение получили двухтрубные системы теплоснабжения.

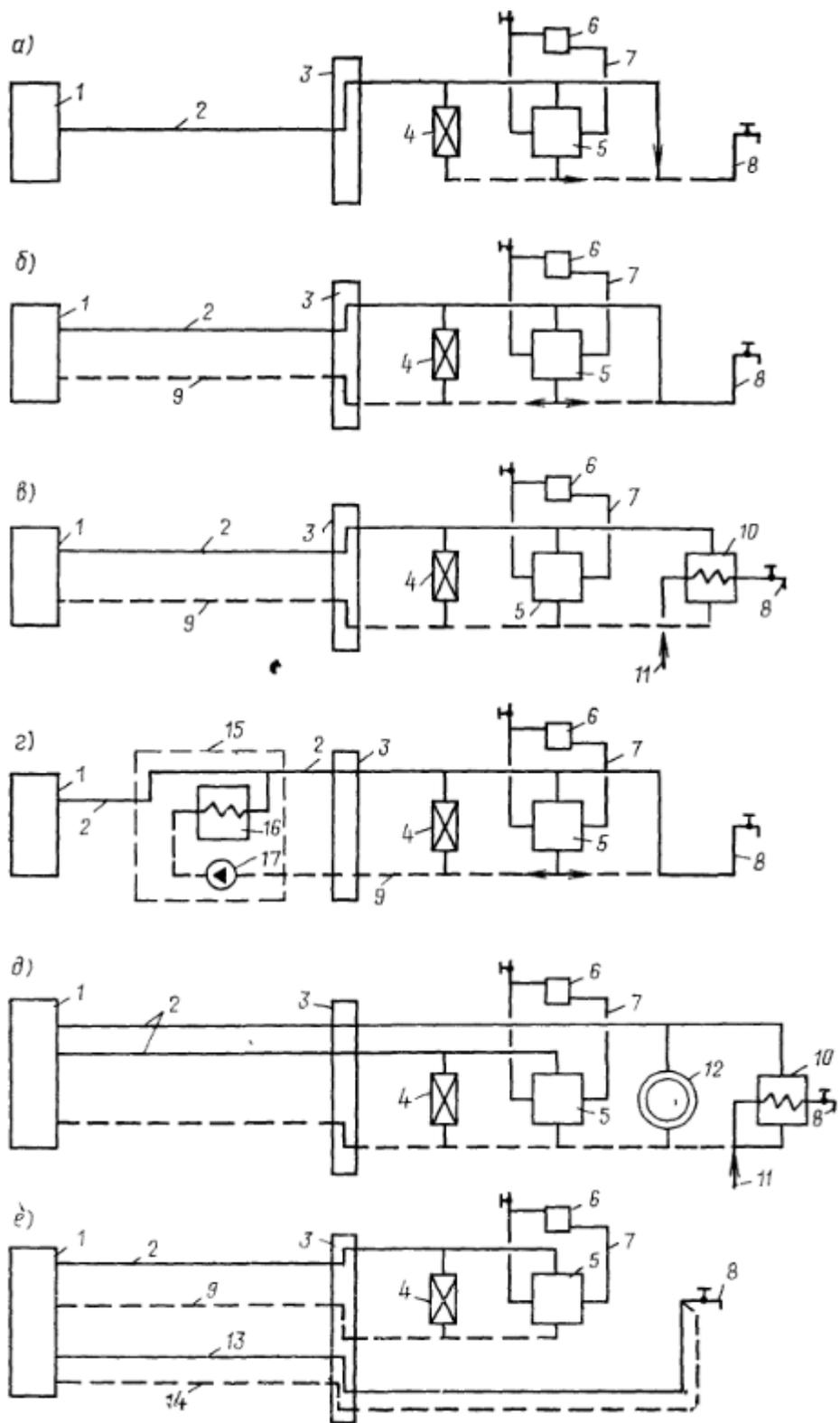
Двухтрубные системы состоят из подающего и обратного трубопроводов. По подающему трубопроводу нагретая сетевая вода транспортируется от источника тепловой энергии к потребителю. По обратному трубопроводу охлажденная сетевая вода возвращается от потребителя к источ-

нику для повторного подогрева. Двухтрубные системы проще и дешевле многотрубных.

При значительном удалении теплоисточника от теплоснабжаемого района (при «загородных» ТЭЦ) целесообразны комбинированные системы теплоснабжения, являющиеся сочетанием однотрубной и полузамкнутой двухтрубной систем. В этом случае пиковый водогрейный котел размещается непосредственно в теплоснабжаемом районе, образуя дополнительную водогрейную котельную. От ТЭЦ до котельной подается по одной трубе только такое количество высокотемпературной воды, которое необходимо для горячего водоснабжения. Внутри теплоснабжаемого района устраивается обычная полузамкнутая двухтрубная система. В котельной к воде от ТЭЦ добавляется подогретая в котле вода из обратного трубопровода двухтрубной системы, и общий поток воды с более низкой температурой, чем температура воды, поступающей от ТЭЦ, направляется в тепловую сеть района. В дальнейшем часть этой воды используется в местных системах горячего водоснабжения, а остальная часть возвращается в котельную.

В трехтрубных системы одна отводящая труба и две подающие: по одной из них вода с постоянной температурой поступает к технологическим аппаратам и к теплообменникам горячего водоснабжения, по другой вода с переменной температурой идет на нужды отопления и вентиляции. Эти системы применяются очень редко в промышленных системах теплоснабжения с постоянным расходом воды, подаваемой на технологические нужды. По сравнению с четырехтрубной системой трехтрубная не дает значительной экономии материальных затрат.

Четырехтрубные системы дороги и применяются в настоящее время редко. В этих системах по двум трубопроводам подается вода на нужды отопления и вентиляции, а по двум другим – на нужды горячего водоснабжения. Такая система может применяться на промпредприятиях, а ранее весьма часто прокладывалась от центральных тепловых пунктов ЦТП для теплоснабжения нескольких жилых зданий.



### Принципиальные схемы водяных систем теплоснабжения

*а* — однетрубной (разомкнутой), *б* — двухтрубной открытой (полузамкнутой), *в* — двухтрубной закрытой (замкнутой), *г* — комбинированной, *д* — трехтрубной, *е* — четырехтрубной, *1* — источник тепла, *2* — подающий трубопровод теплосети, *3* — абонентский ввод, *4* — calorifer вентиляции, *5* — абонентский теплообменник отопления, *6* — нагревательный прибор, *7* — трубопроводы местной системы отопления, *8* — местная система горячего водоснабжения, *9* — обратный трубопровод теплосети, *10* — теплообменник горячего водоснабжения, *11* — холодный водопровод, *12* — технологический аппарат, *13* — подающий трубопровод горячего водоснабжения, *14* — рециркуляционный трубопровод горячего водоснабжения, *15* — котельная, *16* — водогрейный котел, *17* — насос

#### 4.3.2. Открытые и закрытые СЦТ

Водяные системы, в которых местные системы горячего водоснабжения присоединяют к тепловой сети с помощью водоводяных подогревателей (теплообменников), называют закрытыми. В них вода из тепловых сетей нагревает в теплообменнике воду из холодного водопровода, которая затем поступает в местную систему горячего водоснабжения.

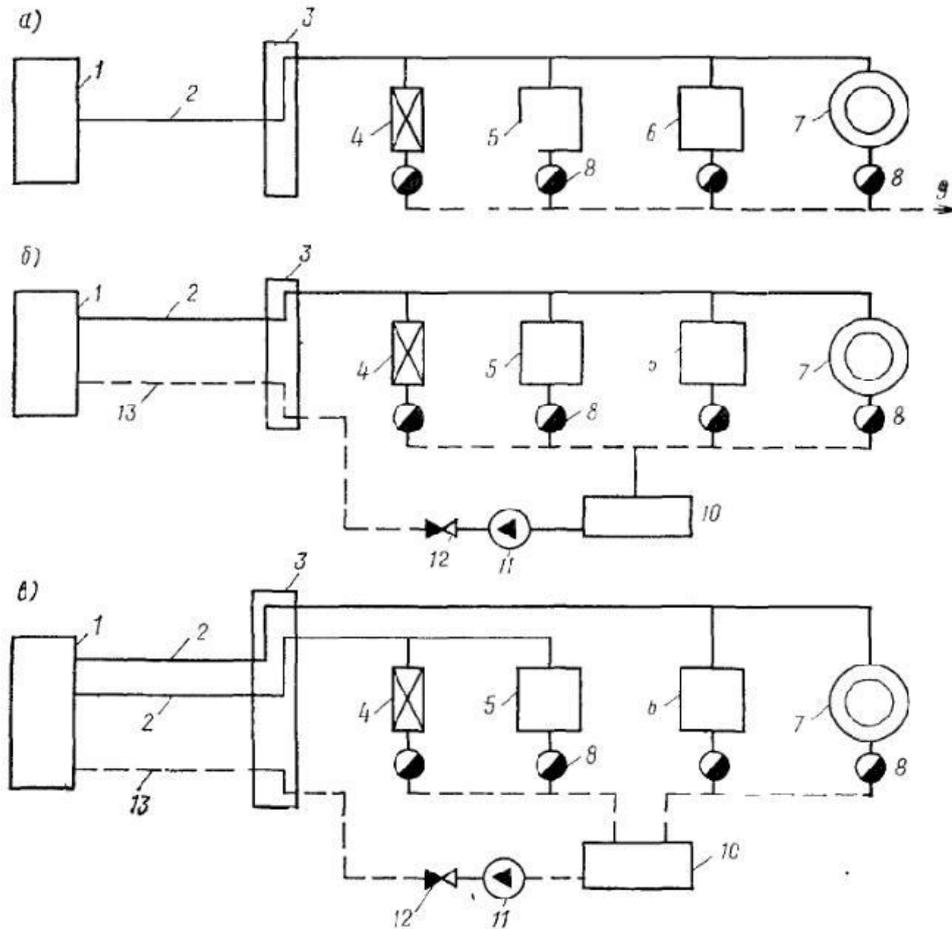
В открытых водяных системах теплоснабжения горячая вода к водоразборным приборам местной системы горячего водоснабжения поступает непосредственно из тепловых сетей.

система	достоинства	недостатки
открытая	Простые и дешевые тепловые пункты высокая эффективность теплофикации благодаря максимальному использованию низкопотенциальных источников теплоты на ТЭЦ для нагревания большого количества подпиточной воды Уменьшение стоимости теплосетей за счет снижения циркулирующей в них воды Целесообразно применять при очень жестких водах	качество сетевой воды не всегда отвечает санитарным нормам Ухудшение качества воды при прохождении воды через системы отопления Сложность нахождения утечек, так как количество подпиточной воды не характеризует величину утечки, как в закрытых для подготовки подпиточной воды требуется более мощное оборудование химводоочистки и деаэрации высокая нестабильность гидравлических режимов (нужны баки-аккумуляторы)
закрытая	Качество воды не ухудшается и соответствует требованиям СанПиН 10-124 РБ 99 Питьевая вода	Дороже открытой При очень жестких водах необходимо применять установку обработки воды на каждом абонентском вводе

В закрытых системах подпитка сетей не превышает 0,5% от объема сетевой воды, содержащейся в системе, поэтому возможности утилизации теплоты сбросной воды и продувки на ТЭЦ значительно ниже открытых систем.

#### 4.4. Паровые системы теплоснабжения

Паровые системы теплоснабжения бывают однотрубными, двухтрубными и многотрубными.



Принципиальные схемы паровых систем теплоснабжения

а – однотрубной без возврата конденсата; б – двухтрубной с возвратом конденсата; в – трехтрубной с возвратом конденсата; 1 – источник теплоты; 2 – паропровод; 3 – абонентский ввод; 4 – калорифер вентиляции; 5 – теплообменник местной системы отопления; 6 – теплообменник местной системы горячего водоснабжения; 7 – технологический аппарат; 8 – конденсатоотводчик; 9 – дренаж; 10 – бак сбора конденсата; 11 – конденсатный насос; 12 – обратный клапан; 13 – конденсатопровод

В однотрубной системе конденсат пара не возвращается от потребителей теплоты к источнику, а используется на горячее водоснабжение и технологические нужды или выбрасывается в дренаж. Такие системы мало экономичны и применяются при небольших расходах пара.

Наибольшее распространение получили двухтрубные паровые системы с возвратом конденсата к источнику теплоты. Конденсат от отдельных местных систем теплоснабжения собирается в общий бак, расположенный в тепловом пункте, а затем насосом перекачивается к источнику теплоты. Конденсат пара является ценным продуктом: он не содержит солей

жесткости и растворенных агрессивных газов и позволяет сохранить до 15 % содержащейся в паре теплоты. Приготовление новых порций питательной воды для паровых котлов обычно требует значительных затрат, превышающих затраты на возврат конденсата.

Многотрубные паровые системы применяются на промышленных объектах при получении пара от ТЭЦ и в случае, если технология производства требует пара разных давлений. Затраты на сооружение отдельных паропроводов для пара разных давлений оказываются меньше, чем стоимость перерасхода топлива на ТЭЦ при отпуске пара только одного, наиболее высокого давления и последующего редуцирования его у абонентов, нуждающихся в паре более низкого давления. Возврат конденсата в трехтрубных системах производится по одному общему конденсатопроводу. Иногда двойные паропроводы прокладываются и при одинаковом давлении в них пара в целях надежного и бесперебойного снабжения паром потребителей.

На абонентских вводах систем кроме устройств, обеспечивающих передачу теплоты в местные системы теплоснабжения, большое значение имеет также система сбора конденсата и возврата его к источнику теплоты. Поступающий на абонентский ввод пар обычно попадает в распределительную гребенку, откуда непосредственно или через редуцирующий клапан (автомат давления «после себя») направляется к пользующим аппаратам.

Схемы сбора конденсата бывают открытыми и закрытыми. Наиболее простая - открытая. По этой схеме конденсат от теплоиспользующего аппарата проходит конденсатоотводчик (прибор, пропускающий жидкость и не пропускающий пар), и попадает в бак сбора конденсата, который через трубу сообщается с атмосферой. Из бака конденсат насосом перекачивается к источнику теплоты или в случае однотрубной системы направляется на использование потребителем. Недостатки открытой схемы: опасность поглощения конденсатом кислорода воздуха, что вызывает коррозию конденсатопроводов; потери в атмосферу пара вторичного вскипания и уходящей с паром теплоты.

При давлении пара в теплоиспользующем аппарате 0,5 МПа (температура конденсата 151,11°C) потери конденсата составляют 9,7%, а потери теплоты достигают 40,7%. В связи с этим открытые схемы сбора конденсата применяются редко – лишь при количестве конденсата менее 103 кг/ч и расстоянии до источника менее 500 м.

Наибольшее распространение на практике имеют закрытые схемы сбора конденсата, в которых конденсат от теплоиспользующего аппарата, пройдя конденсатоотводчик, попадает в закрытый бак сбора конденсата, в котором поддерживается избыточное (по отношению к атмосфере) давление, за счет него конденсат вскипает и образует вторичный пар, который может быть использован для разных целей, в том числе и для пригото-

ния воды систем горячего водоснабжения. Существует также закрытая схема с предварительным охлаждением конденсата водой, идущей на цели горячего водоснабжения. Недостатком закрытых схем является их сложность.

Паровые системы отопления промышленных зданий и калориферы вентиляции присоединяются к паровым сетям или непосредственно, если давление в сети не превышает допустимого для этих систем, или через редуктор. Водяные системы отопления и горячего водоснабжения присоединяются к паровым тепловым сетям через теплообменник.

[вернуться к оглавлению](#)

## **ТЕМА 5 ПРИСОЕДИНЕНИЕ МЕСТНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ К ТЕПЛОВЫМ СЕТЯМ. ТЕПЛОВЫЕ ПУНКТЫ**

### **5.1. Центральные и индивидуальные тепловые пункты.**

#### **Зависимое и независимое присоединение систем теплопотребления к тепловым сетям**

Тепловой пункт (ТП) – это комплекс трубопроводов, запорной арматуры, оборудования и приборов, обеспечивающий присоединение систем теплопотребления к тепловым сетям

ТП делятся на индивидуальные тепловые пункты ИТП, предназначенные для присоединения систем теплопотребления одного здания или его части к сетям централизованного теплоснабжения, и центральные тепловые пункты ЦТП для присоединения индивидуальных тепловых пунктов двух и более зданий.

Ранее, в советское время, часто проектировались ЦТП, после которых отдельные здания снабжались по самостоятельным трубопроводам горячей водой на отопление и на бытовые нужды водопроводной водой, нагретой в теплообменниках, установленных в ЦТП.

В настоящее время при новом строительстве, реконструкции, модернизации и капитальном ремонте тепловых сетей и систем теплоснабжения предусматривают оснащение объектов ИТП в соответствии с ТКП 45-4.02-183-2009 ТЕПЛОВЫЕ ПУНКТЫ. Допускают устройство ЦТП для присоединения систем теплопотребления одного здания, если для этого здания требуется устройство нескольких ИТП.

Переход к ИТП позволяет отказаться от распределительных сетей горячего водоснабжения, снизив потери тепла при транспортировке и расход электроэнергии на перекачку бытовой горячей воды.

Причем это целесообразно делать не только в новом строительстве, но и при реконструкции существующих зданий. Такой опыт есть в Восточных землях Германии, где так же, как и у нас сооружались ЦТП, но сейчас их оставляют только как насосные водопроводные подкачивающие станции (при необходимости), а теплообменное оборудование вместе с циркуляционными насосами, узлами регулирования и учета переносят в ИТП зданий. Внутриквартальные сети не прокладывают, трубопроводы горячего водоснабжения оставляют в земле, а трубопроводы отопления, как более долговечные, используют для подачи перегретой воды в здания.

Расчеты, выполненные еще 25 лет назад, подтвердили, что решение системы теплоснабжения с ИТП эффективней системы с ЦТП как по капиталовложениям, так и по эксплуатационным затратам, но отсутствие необходимого оборудования (компактных теплообменников, малошумных циркуляционных насосов, приборов авторегулирования и учета тепла) и

монополизм некоторых служб оставили это решение нереализованным, за исключением нескольких демонстрационных объектов.

В тепловых пунктах осуществляется: преобразование, регулирование расхода и контроль параметров теплоносителя, распределение его по системам потребления теплоты; отключение систем потребления теплоты; защита местных систем от аварийного повышения параметров теплоносителя; заполнение и подпитка систем потребления теплоты; учет тепла; водоподготовка для систем горячего водоснабжения.

В состав оборудования ТП входят: узел смешения или теплообменник, узел учета количества теплоты, циркуляционные и повысительные насосы, автоматические регуляторы расхода, температуры, давления и вспомогательное оборудование (грязевик, расширительный бак, термометры жидкостные, манометры), запорная арматура.

Тепловые пункты по размещению на плане делят на отдельно стоящие, пристроенные к зданиям и сооружениям и встроенные в них. ИТП, как правило, должны быть встроенными и размещаться в отдельных помещениях на первом этаже или в подвалах (технических подпольях) у наружных стен здания. ЦТП следует, как правило, предусматривать отдельно стоящими.

Системы теплоснабжения могут подсоединяться к тепловым сетям по зависимой (вода из тепловой сети подается непосредственно в систему) и независимой (вода из тепловой сети подается в теплообменник) схемам.

Зависимая схема дешевле, независимая надежнее и качество теплоносителя в системе теплоснабжения при этой схеме будет выше.

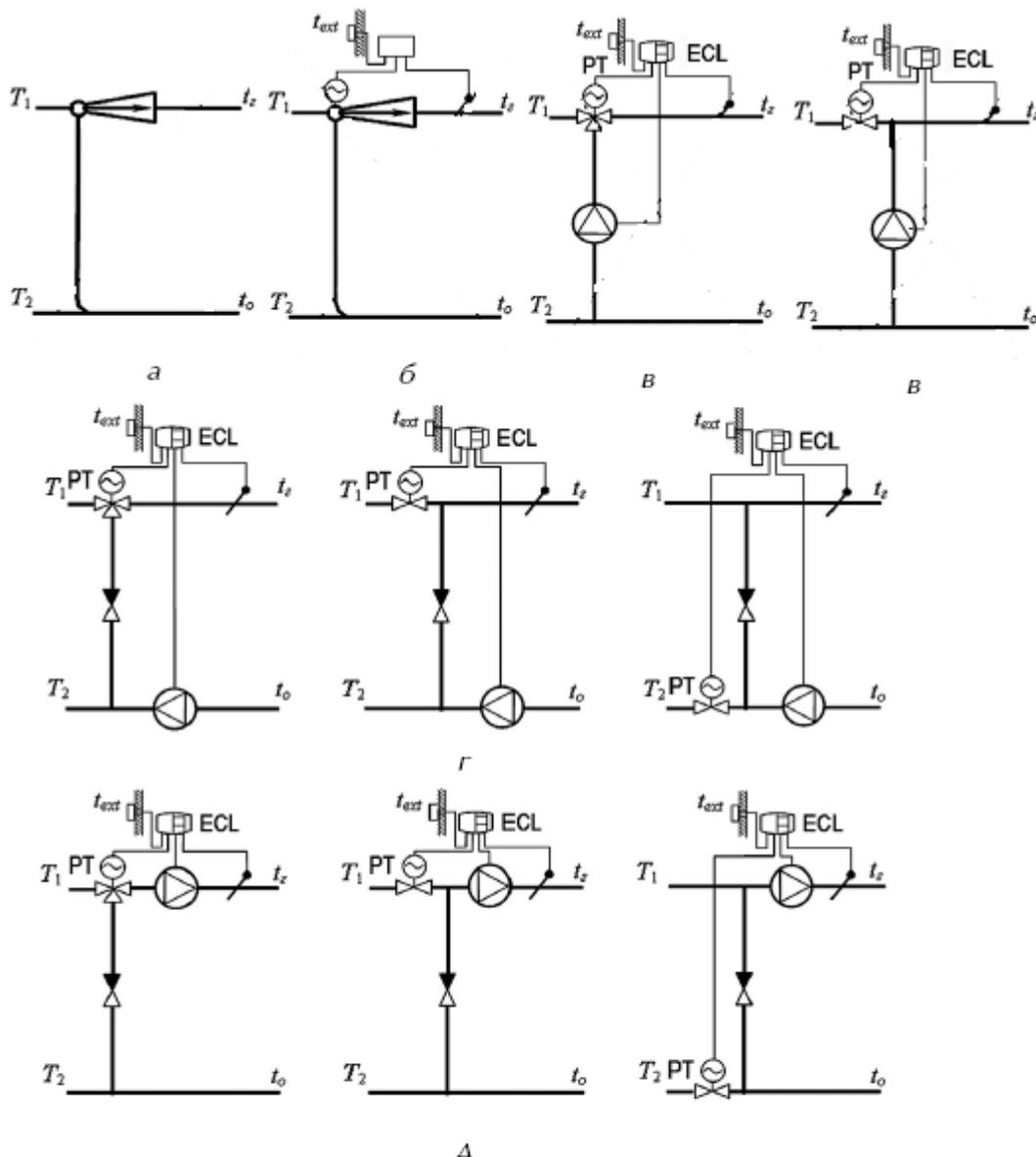
Зависимые схемы бывают с непосредственным подключением и подключением с узлом смешения. Первые наиболее просты и применяются в системах теплоснабжения от групповой котельной установки, предназначенной для зданий промпредприятия либо небольшого населенного пункта при совпадении температур теплоносителя в системе отопления  $t_r$  и в системе теплоснабжения  $T_1$ , не более 95...105 °С; узел смешения применяется при температурах в тепловой сети выше необходимой для системы теплоснабжения. Узлы смешения бывают со смесительным насосом; с циркуляционным насосом; с гидравлическим разделителем; с гидроэлеватором.

## **5.2. Присоединение систем отопления к тепловым сетям**

подавляющее большинство зданий в РБ присоединены по зависимой схеме со смешением.

Ранее для смешения воды устанавливали дешевые, простые и надежные нерегулируемые и регулируемые гидроэлеваторы, но они несовместимы с современной системой отопления, так как работают при постоянном коэффициенте смешивания, то есть исключается возможность местного количественного регулирования СВО автоматическими терморегуляторами у отопительных приборов. Нерегулируемый гидроэлеватор при колеба-

нии расхода в системе отопления создает противоположный энергосбережению эффект: в то время, когда закрываются терморегуляторы и уменьшается расход теплоносителя, начинает возрастать температура теплоносителя на выходе из него.



Смешение теплоносителя в тепловом пункте при зависимом присоединении абонента:

*а – нерегулируемым гидроэлеватором; б – регулируемым гидроэлеватором; в – регулятором теплового потока и насосом на перемычке; г – насосом на обратной магистрали и регулятором теплового потока с трехходовым либо двухходовым клапаном; д – насосом на подающей магистрали и регулятором теплового потока с трехходовым либо двухходовым клапаном*

В гидроэлеваторе с автоматически регулируемым диаметром сопла эта проблема решена, однако при закрывании терморегуляторов у него также наблюдается нестабильное регулирование, вызванное возрастанием сопротивления системы из-за несбалансированности обводных либо замы-

кающих участков узлов обвязки отопительных приборов. К тому же для работы гидроэлеватора необходим перед ним перепад давления не менее 150 кПа, а создаваемое им циркуляционное давление составляет не более 16 кПа, то есть низкий КПД.

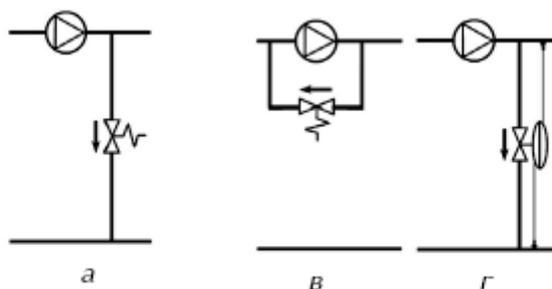
Насос в схеме со смешением позволяет применить наиболее энерго-сберегающие автоматизированные решения по регулированию систем абонента, учитывая погодные факторы по датчику температуры наружного воздуха, появляется возможность не только качественного, но и качественно-количественного регулирования системы отопления практически в любом диапазоне.

Необходимая температура теплоносителя в СВО устанавливается электронным регулятором ECL по заданному температурному графику путем воздействия на трехходовой либо двухходовой клапан регулятора теплового потока (РТ). При высокой температуре теплоносителя в подающем трубопроводе перед клапаном предпочтительным размещением клапана является обратный трубопровод.

Двухходовой клапан лучше обеспечивает требуемый расход теплоносителя в системе отопления с необходимой температурой, трехходовой имеет больший диапазон коэффициента смешения. Трехходовой смешивающий клапан выбирают по большему значению пропускной способности - по расходу в СВО. Результатом такого выбора смесительного трехходового клапана является неудовлетворительная их работа по стороне теплосети - могут образовываться значительные отклонения от требуемого расхода, ухудшающие линейность регулирования температуры теплоносителя.

Схема с насосом на перемычке считается наиболее экономичной, так как через перемычку проходит меньший расход воды, чем в подающем либо обратном трубопроводе. Следовательно, применяется меньший насос и меньше потребляется электроэнергия. Однако расход на перемычке изменяется в зависимости от работы регулятора теплового потока, что требует применение насоса с регулируемой частотой вращения.

Наиболее целесообразным подходом для современных систем отопления с переменным гидравлическим режимом с терморегуляторами является применение автоматически регулируемых насосов. В противном случае, следует делать перемычки от подающего к обратному трубопроводу либо байпасы вокруг насоса с перепускным клапаном, которые обеспечивают работоспособность насоса и источника теплоты при нулевом расходе системы отопления (терморегуляторы на радиаторах закрыты). Они не нужны, если система отопления имеет постоянный гидравлический режим.



Обеспечение работоспособности насосов и источников теплоты

Общим подходом для всех клапанов при их выборе является необходимость завышения давления настройки примерно на 10 % в точке присоединения переключки (байпаса) к подающему трубопроводу.

Схему а) с автоматическим перепускным клапаном применяют для небольших СВО с терморегуляторами. Клапан приоткрывается по мере закрывания терморегуляторов, обеспечивая примерно постоянный расход теплоносителя через насос и теплообменник либо котел. Однако при зависимом подключении абонента происходит переток горячего теплоносителя в обратный трубопровод, что недопустимо для теплосети, т. к. ухудшается выработка электроэнергии на ТЭЦ и увеличиваются теплопотери в обратном трубопроводе. В индивидуальном теплоснабжении с конденсационными котлами ухудшается к.п.д.

Схему в) применяют также для небольших систем. Она обеспечивает примерно постоянный расход теплоносителя через насос и не допускает перетекание теплоносителя из подающего трубопровода в обратный.

Схема г) с перепускным клапаном мембранного типа предназначены для систем отопления любой степени сложности. Они стабильно поддерживают заданный перепад давления на уровне рабочей точки насоса, (т. е. почти горизонтально срезают его характеристику. Авторитеты терморегуляторов при таких схемах определяют относительно автоматически поддерживаемого перепада давления в точках присоединения переключки) и в любом эксплуатационном режиме системы он будет ниже границы бесшумной работы терморегуляторов. В схемах а) и б) необходимо проверять терморегуляторы на бесшумность при их закрытии.

Приведенные схемы можно не применять, если использованы насосы с автоматическим регулированием частоты вращения. Однако следует иметь ввиду то, что частотное регулирование не реализуется при оборотах рабочего колеса насоса ниже 60 %.

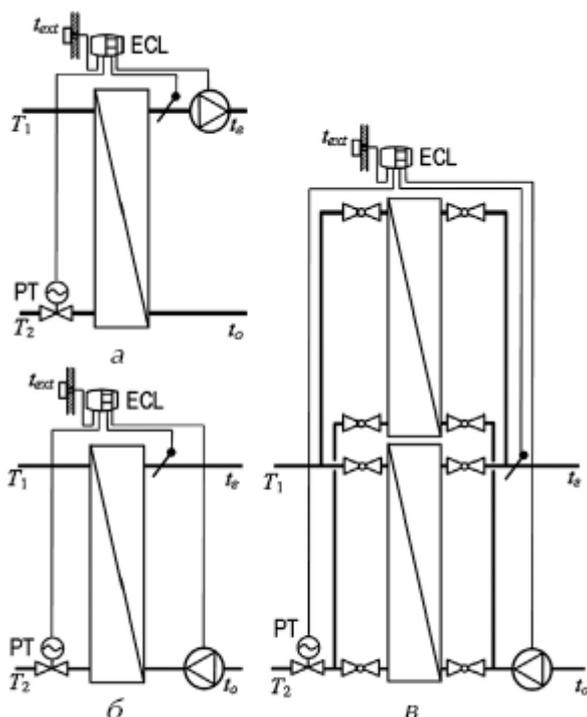
Независимое присоединение системы отопления применяют для создания местного теплогидравлического режима. Гидравлическое разделение теплосети от системы отопления осуществляют при помощи теплообменника. Принимают такое решение при превышении давления в теплосети над допустимым давлением для системы отопления либо наоборот – когда статическое давление системы превышает допустимый предел для теплосети. Кроме того, в обосновании выбора независимого присоединения

все чаще становятся эксплуатационные требования работоспособности современных систем отопления. Условия эксплуатации насосов, поквартирных расходомеров, автоматических регуляторов теплогидравлических параметров теплоносителя, терморегуляторов, штампованных стальных радиаторов в большинстве своем требуют применения качественного теплоносителя. Обеспечить такие условия возможно лишь при независимом подключении к теплосети.

Преимуществом независимого подключения является то, что СВО в значительно меньшей мере подвержена влиянию изменения гидравлического режима теплосети со временем и меньше сама влияет на теплосеть. Независимое подключение способствует уменьшению объема теплоносителя в теплосети, а значит снижению затрат на водоподготовку. Особо важным является уменьшение инерционности теплосети, что в итоге приводит к улучшению качества предоставляемой услуги по отоплению зданий за счет своевременного реагирования центрального качественного регулирования на изменение погодных условий. Поэтому независимое подключение является предпочтительным и перспективным техническим решением.

Взаимное расположение насоса и теплообменника не имеет особого значения. Современные насосы способны эффективно работать как на подающем, так и на обратном трубопроводе. Насос на обратном трубопроводе имеет несколько больший кавитационный запас и лучший теплоотвод от двигателя с мокрым ротором. В то же время он перекачивает теплоноситель с большей плотностью, увеличивая потребляемую мощность на валу двигателя и, соответственно, энергопотребление по сравнению с насосом на подающем трубопроводе.

Два параллельно включенных теплообменника (рис в) устанавливают на абонентских вводах зданий, не допускающих перерывов в подаче теплоты. Каждый теплообменник рассчитывают на 100 % теплопотерь здания (п 7.1.7 ТКП 45-4.02-183-2009).



Независимое присоединение системы отопления

### 5.3. Присоединение систем ГВС к тепловым сетям

В открытых СЦТ подключают систему ГВС через смеситель (рис. а). Для предотвращения перетекания воды из подающего трубопровода в обратный через смесительный клапан при отсутствии водоразбора устанавливают обратный клапан на ответвлении к обратной магистрали. В этом случае необходимо устанавливать два расходомера: на подающем трубопроводе теплосети перед ответвлением трубопровода ГВС и на обратном трубопроводе теплосети.

В закрытых СЦТ следует присоединять водоподогреватели ГВС исходя из соотношения максимальных тепловых потоков на ГВС  $Q_{hmax}$  и на отопление  $Q_{omax}$ : при  $Q_{hmax}/Q_{omax} = 0,2...1,0$  по двухступенчатой схеме ( $\leq 0,6$  – по двухступенчатой последовательной схеме;  $> 0,6$  – двухступенчатой смешанной); при остальных соотношениях – по одноступенчатой параллельной.

В параллельной одноступенчатой схеме (рис. в) работа системы ГВС не влияет на систему отопления. Сетевая вода поступает в теплообменник системы горячего водоснабжения и возвращается в обратный трубопровод теплосети. Расход сетевой воды зависит от ее температуры и изменяется при работе клапана РТ.

В двухступенчатой смешанной схеме (рис. г) первый теплообменник подключен последовательно к системе отопления, а второй – параллельно. Вода из водопровода В1 поступает в теплообменник первой ступени, где подогревается за счет остаточной теплоты воды в обратном трубопроводе теплообменника второй ступени и в обратном трубопроводе Т2 системы

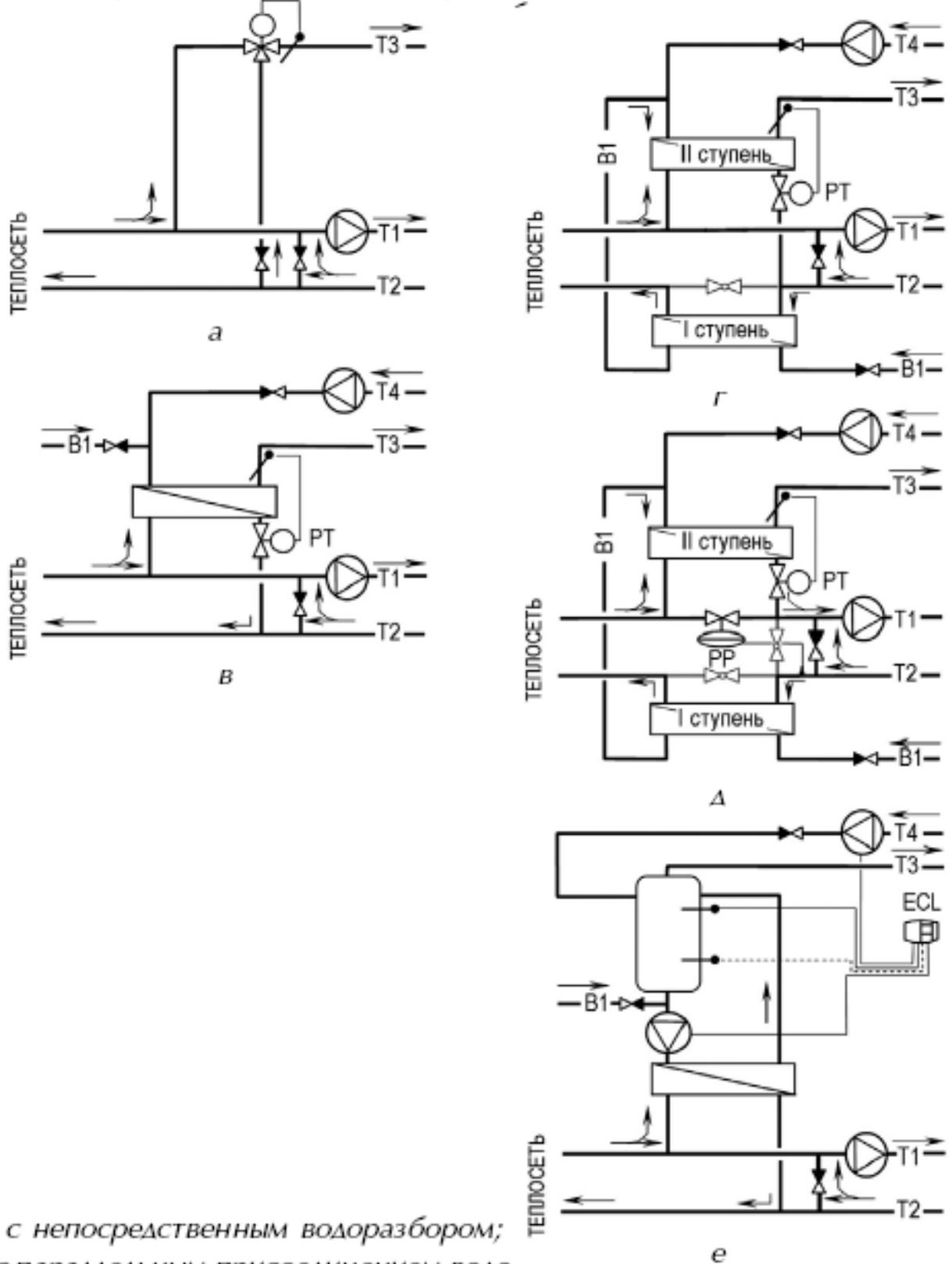
отопления. Затем вода поступает в теплообменник второй ступени, где догревается до требуемой температуры за счет теплоты сетевой воды и направляется в трубопровод ТЗ системы горячего водоснабжения. Летом система отопления отключена и в первую ступень поступает теплоноситель только со второй ступени подогрева. Циркуляционный трубопровод системы ГВС подключают между первой и второй ступенями нагрева.

Отличие двухступенчатого последовательного присоединения теплообменников (рис.д) от смешанного (рис. 2.21,г) состоит в следующем. Сетевая вода, поступающая из теплосети, проходит через теплообменник 2 ступени, а затем несколько охлажденной поступает в смесительный узел системы отопления. Задвижка на перемычке (на рис. выделена серым цветом) перекрыта. Клапан РР (регулятор расхода), установленный на перемычке теплообменника, получая командный импульс от измерительной диафрагмы открывается обратнопропорционально закрытию клапана РТ (регулятор температуры) и компенсирует недостающий расход теплоносителя для системы отопления. При этом гидравлический режим системы отопления, в отличие от теплого, остается постоянным.

Двухступенчатая последовательная схема позволяет выравнивать суточный расход воды и теплоты на горячее водоснабжение за счет заимствования от системы отопления, а также покрывать среднюю нагрузку горячего водоснабжения за счет повышения температуры сетевой воды. Это способствует снижению стоимости наружных тепловых сетей. Однако осуществлять наладку и корректировку этой схемы значительно сложнее, чем при параллельной и смешанной.

Одноступенчатые схемы подключения систем горячего водоснабжения имеют преимущество в системе теплоснабжения небольшого радиуса действия, подключенной к районной котельной. Принято считать, что при увеличении мощности и радиуса действия системы теплоснабжения двухступенчатые схемы становятся более экономичными, способствуя уменьшению диаметров трубопроводов теплосети. Однако параллельная одноступенчатая схема обеспечивает меньшие гидравлические потери, меньшие теплопотери и она гораздо проще. Двухступенчатые схемы, с использованием теплоты из обратного трубопровода системы отопления, обеспечивают работу в примерно расчетном режиме очень короткий промежуток времени (до 10 %), тогда как в остальное время требуют значительных затрат на перекачку теплоносителя.

Присоединение систем горячего водоснабжения по схеме:



*a – с непосредственным водоразбором;  
 в – с параллельным присоединением водоподогревателя; г – с двухступенчатым смешанным присоединением водоподогревателей I и II ступени; д – с двухступенчатым последовательным присоединением водоподогревателей I и II ступени; e – с параллельным присоединением водоподогревателя и баком-аккумулятором*

Схема узла присоединения к тепловой сети системы горячего водоснабжения с нижним баком-аккумулятором показана на рис.е). Аккумуляция теплоты осуществляется следующим образом: при отсутствии водоразбора в системе горячего водоснабжения или при водоразборе, не превышающем расчетного значения, вода циркулирует по аккумуляционному контуру: из теплообменника в бак-аккумулятор и обратно в теплообменник. С достижением заданной температуры воды на датчике температуры в баке-аккумуляторе и отсутствии водоразбора циркуляция прекращается. При остывании воды в баке-аккумуляторе циркуляция возобновляется. При водоразборе, превышающем расчетный расход, одна часть воды из водопровода В1 направляется насосом аккумуляционного контура в теплообменник, а вторая, из-за низкой подачи насоса, поступает в нижнюю часть бака-аккумулятора и вытесняет горячую воду из его верхней части в трубопровод Т3 водоразборного контура. При уменьшении водоразбора ниже расчетного значения процедура зарядки бака-аккумулятора возобновляется. Такой подход позволяет уменьшить теплообменник и в момент максимального водоразбора не заимствовать недостающую теплоту у системы отопления.

#### **5.4. Теплоснабжение систем вентиляции**

Теплоснабжение калориферов систем вентиляции осуществляют по зависимым или независимым схемам с постоянным или переменным гидравлическим режимом. Преимущество отдают схеме с постоянным гидравлическим режимом, при этом уменьшается опасность замораживания калорифера, а также создаются лучшие условия контроля температуры воздуха. Система с переменным гидравлическим режимом применяется для снижения затрат на электроэнергию, потребляемую насосами, она имеет риск замораживания калорифера при отсутствии циркуляции теплоносителя, т. е. при закрытом клапане регулятора теплового потока (поэтому такие системы применяют в системах воздушного отопления с полной либо частичной рециркуляцией внутреннего воздуха).

При необходимости перед калорифером снижают температуру теплоносителя:

- для предотвращения разрушения калорифера, если его рабочая температура ниже температуры теплоносителя в теплосети;
- для уменьшения погрешности регулирования температуры воздуха вследствие неравномерности прогрева калорифера.

Снижают температуру теплоносителя регулятором теплового потока, воспринимающим температуру от датчиков температуры воздуха за калорифером, а также внутри помещения и воздействующим на двухходовой или трехходовой клапан. Линейное управление процессами смесеобразования - идеальный закон регулирования систем теплоснабжения. Для обеспечения линейности регулирования тепловым потоком калорифера (чтобы

тепловой поток изменялся пропорционально ходу штока клапана регулятора теплового потока) используют насос, регулятор перепада давления или регулятор расхода.

## **5.5. Пластинчатые и спиралетрубчатые теплообменники тепловых пунктов, их расчет, регулирование теплоотдачи**

Теплообменник – это устройство, в котором теплота от одной среды передается в другую. Конструктивно различают теплообменники рекуперативные, регенеративные и смешительные.

В регенеративных теплообменниках теплота от одной среды в другую передается через промежуточное тело. Примером такого теплообменника являются вращающиеся регенераторы приточных вентустановок. В системах отопления и горячего водоснабжения регенеративные теплообменники не применяются. Регенераторы теплоты систем отопления СРТ являются регенеративными (восстанавливающими температуру теплоносителя) только по своей функции, однако по конструкции они рекуперативные.

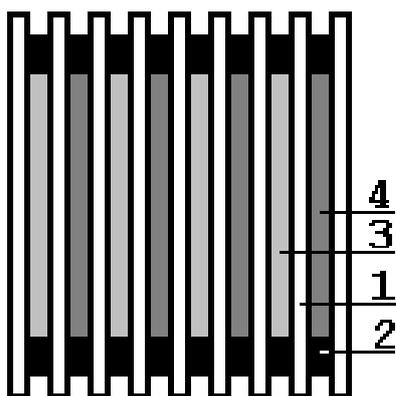
В смешительных теплообменниках среды, обменивающиеся теплотой, смешиваются. Смешительный теплообмен происходит в смешителях системы горячего водоснабжения, в смешительных трехходовых регулирующих клапанах систем теплоснабжения, а также в водоподогревателях открытых систем теплоснабжения. Это простые устройства, которые обычно не рассчитываются, а их эффективность обеспечивается работой ручного или автоматического регулирования. Примером более сложного смешительного теплообменника является элеватор.

Основным типом теплообменника, применяющегося в системах отопления и горячего водоснабжения, является рекуперативный теплообменник.

В рекуперативных теплообменниках теплопередача от греющего теплоносителя к нагреваемому происходит через разделяющую их твердую стенку. В зависимости от взаимного направления движения теплоносителей теплообменники этого типа подразделяются на противоточные (теплоносители движутся в противоположных направлениях), прямоточные (в одном направлении) и перекрестные.

Пластинчатый теплообменник — это устройство, предназначенное для передачи теплоты через разделяющие стенки (рекуперативный способ передачи тепла). Поверхностью теплообмена является пакет штампованных тонких гофрированных пластин.

Рабочие среды в теплообменнике движутся в щелевых каналах между соседними пластинами в режиме противотока. Каналы для греющего и нагреваемого теплоносителя чередуются между собой.



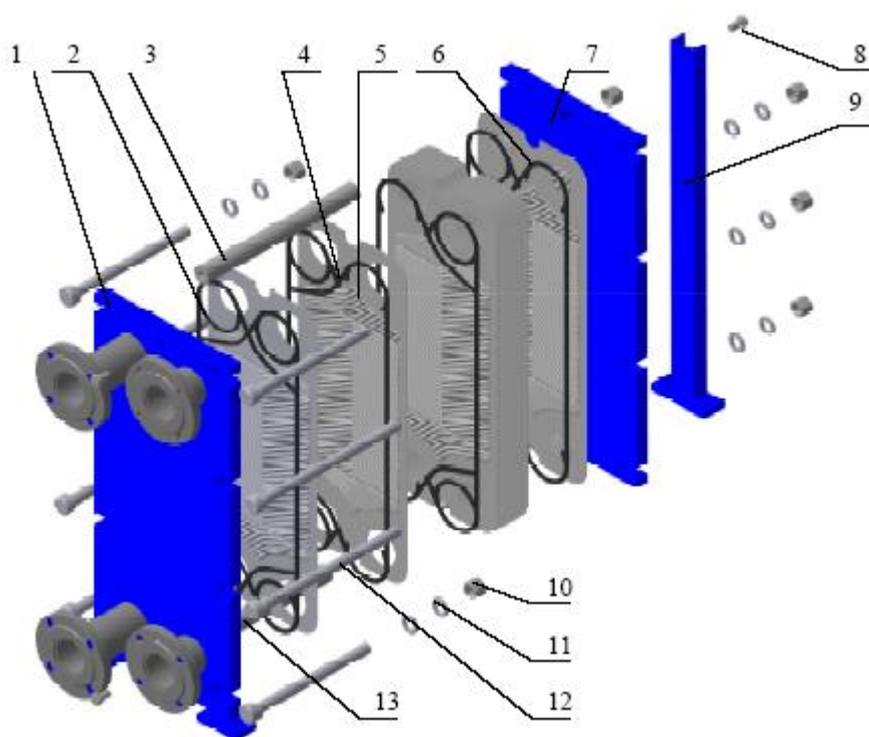
#### Схема устройства пластинчатого теплообменника

1 – пластина, 2 – прокладка, 3,4 – полости, в которых движутся обменивающиеся теплом среды

В рабочем положении пластины плотно прижаты друг к другу. Каждая пластина на лицевой стороне имеет резиновую контурную прокладку, ограничивающую канал для потока рабочей среды и охватывающую два угловых отверстия по одной стороне пластины, через которые входит поток рабочей среды в межпластинный канал и выходит из него, а через два других отверстия, изолированные дополнительно кольцевыми прокладками, вторая рабочая среда проходит в соседний межпластинный канал. Усиленная турбулизация и тонкий слой жидкости дают возможность значительно интенсифицировать теплоотдачу при сравнительно малых гидравлических сопротивлениях. При этом резко уменьшается скорость образования накипи на пластинах. Основным элементом теплообменника является теплопередающая пластина. Пластины изготавливаются из коррозионно-стойких сталей методом холодной штамповки. Уплотнительные прокладки крепятся к пластинам таким образом, что после сборки пластин в пакет и сжатия в аппарате образуются две системы герметичных каналов: одна для греющей среды, а вторая для нагреваемой. Обе системы межпластинных каналов соединены со своими коллекторами и далее патрубками с фланцами для входа и выхода рабочих сред. Присоединительные фланцы для односторонних теплообменников выполняются только на неподвижной плите, многосторонних – как на неподвижной 1, так и на нажимной 7 плитах. При сборке пластин в пакет, на смежных пластинах наклон гофра направлен в противоположные стороны. Это обеспечивается тем, что каждая последующая пластина при сборке поворачивается в своей плоскости на  $180^\circ$  относительно смежных, что создает равномерную сетку пересечения взаимных точек опор вершин гофра и обеспечивает жесткость пакета пластин. Пакет пластин размещается на раме теплообменника.

Теплообменник может компоноваться четырьмя типами пластин (Н, G, L, К), отличающихся друг от друга как рельефом (широкие и узкие каналы), так и углом наклона шеврона ( $120^\circ$  и  $60^\circ$ ). За счет комбинирования

данных пластин возможно создание до девяти различных каналов (НН, НG, НL, НК, LL, LK, GH, КН, КL) как с симметричным, так и асимметричным расположением. Преимущество асимметричных каналов в том, что одна из сред, участвующих в процессе теплообмена, протекает в большем объеме (на 30%) при меньших потерях давления. От угла наклона шеврона зависят теплопередающие свойства пластин. При угле наклона  $120^\circ$  (Н, G) теплопередача будет высокой, но и потери давления будут велики. При наклоне  $60^\circ$  (L, K) теплопередача будет низкой по сравнению с пластинами Н и G, но и уменьшатся потери давления. Сочетанием пластин с тупым и острым углом можно получить оптимальную теплопередачу при заданных потерях давления. Расположение пластин в пакете рассчитывается при использовании как асимметричных, так и симметричных каналов при помощи компьютерной расчетной программы.



Теплообменник пластинчатый разборный TOR

- 1 – плита неподвижная, 2 – прокладка первая, 3 – направляющая верхняя, 4 – прокладка промежуточная, 5 – пластина промежуточная, 6 – пластина концевая, 7 – плита нажимная, 8 – болт крепления направляющей, 9 – стойка, 10 – гайка стяжной шпильки, 11 – втулка, 12 – шпилька стяжная, 13 – направляющая нижняя.

Теплообменник в соответствии с рисунком 6 представляет собой аппарат, состоящий из пакета рифленых теплообменных пластин 5 и 6 с резиновыми прокладками 2 и 4, установленных между двумя направляющими: верхней 3 и нижней 13. Концы верхней и нижней направляющих за-

креплены болтами 8 к неподвижной плите 1 и стойке 9. Пластины с прокладками, при помощи стяжных шпилек 12, равномерно стянуты в пакет между неподвижной 1 и нажимной 7 плитами, длина которого зависит от количества пластин.

По способу соединения пластин в пластинчатом теплообменнике они бывают разборные, полуразборные (состоит из секций попарно сваренных пластин) и неразборные (все пластины сварены между собой) теплообменники;

#### Спиралетрубчатый теплообменник

Пример: спиралетрубчатые нержавеющие стальные теплообменники «Буг» (производятся в г.Бресте)

#### Достоинства:

1. Компактность - монтаж теплообменников в вертикальном положении позволяет сократить до минимума требуемую площадь для их установки.
2. Высокая эффективность - коэффициент теплопередачи выше, чем в стандартных кожухотрубных и пластинчатых теплообменниках.
3. Низкий вес - вес теплообменников (одинаковых тепловых характеристик) ниже стандартных пластинчатых.
4. Условия работы - широкий диапазон давлений, расходов, температур и сред. Допускают высокую разницу давлений греющей и нагреваемой сред.
5. Низкие затраты на эксплуатацию - высокая стойкость от накипеобразований, простота очистки.

Недостаток теплообменника – невозможность его разборки для очистки труб змеевика.

У теплообменников типа БУГ - змеевик выполнен из гладких труб, а у типа БУГ П - из профилированных. Греющая среда подается в змеевик. Теплоноситель подается через верхний торцевой патрубок в трубки, а обогреваемая среда через нижний боковой патрубок – в межтрубное пространство. Теплообменники могут использоваться при максимальной температуре греющей среды до 165 °С и максимальном давлении 1,6 МПа. Рабочая среда: пар, вода, гликоль и др.

Регулирование теплоотдачи в ИТП осуществляется при помощи регуляторов теплового потока.

Принцип работы регулятора для контура отопления заключается в следующем. Блок управления с помощью датчиков температуры определяет температуру теплоносителя, поступающего в систему отопления, и температуру наружного воздуха. На основании выбранного графика зависимости температуры теплоносителя, поступающего в систему отопления, от

температуры наружного воздуха блок управления определяет требуемое значение теплоносителя, поступающего в систему отопления.

Блок управления дает сигнал на открытие регулирующего клапана, когда значение температуры теплоносителя, поступающего в систему отопления, ниже требуемого значения и наоборот, дает сигнал на закрытие клапана, когда температура выше заданной. Блок управления имеет возможность чередовать режимы поддержания комфортной и пониженной температуры теплоносителя в системе отопления по заранее установленной недельной программе.

Принцип работы регулятора для контура горячего водоснабжения заключается в следующем. Блок управления с помощью датчика температуры определяет температуру горячей воды на входе из теплообменника и сравнивает ее с заданным значением. Блок управления формирует управляющий сигнал на открытие регулирующего клапана, когда значение температуры горячей воды ниже требуемого, и, наоборот, на закрытие регулирующего клапана, когда значение температуры горячей воды выше требуемого. Блок управления имеет возможность чередовать режимы поддержания комфортной и пониженной температуры теплоносителя в системе горячего водоснабжения также по заранее установленной недельной программе.

Аналогично работает регулятор и для системы вентиляции, когда определяется температура воздуха в помещении при воздуховоде.

### **Тепловой и гидравлический расчет теплообменников**

Тепловые расчеты теплообменников разделяются на проектные и поверочные. Проектные (конструктивные) тепловые расчеты выполняются при проектировании новых аппаратов для определения необходимой поверхности нагрева. Поверочные тепловые расчеты выполняют в том случае, если известна поверхность нагрева теплообменника и требуется определить количество переданной теплоты и конечные температуры теплоносителей.

Расчет поверхности теплообмена теплообменников для систем отопления и горячего водоснабжения производится при наиболее низкой температуре воды в подающем трубопроводе тепловой сети, а именно в точке излома температурного графика, а для систем отопления – также и при температуре воды в тепловой сети, соответствующей расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления.

Расчет теплообменников для отопления производится по средней тепловой нагрузке отопления  $Q_{от}$ , для ГВС – по максимальному расходу теплоты.

### Основы теплового расчета рекуперативных теплообменников

Поверхность нагрева определяют по формуле:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}}$$

где  $Q$  - мощность теплового потока, переданного от греющего теплоносителя к нагреваемому, Вт;

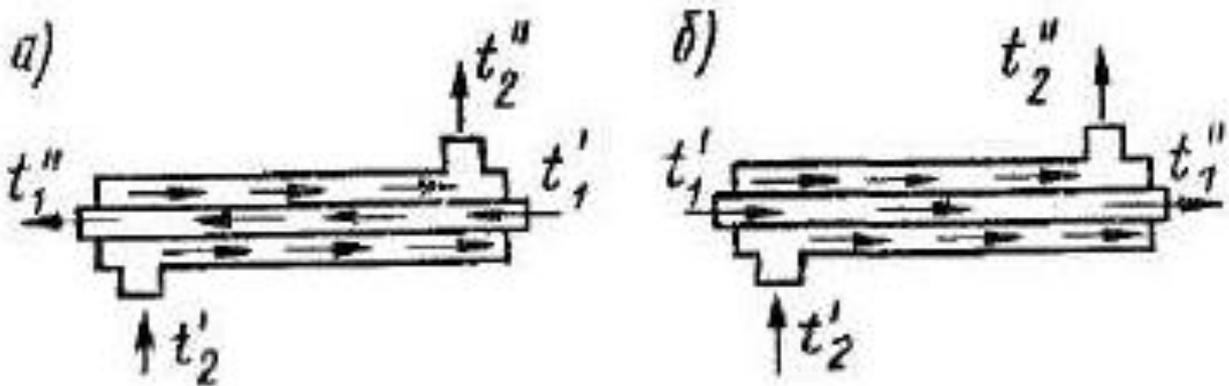
$k$  - коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$\Delta t_{cp}$  - средний температурный напор по всей поверхности нагрева, °С.

Средний температурный напор :

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}}$$

где  $\Delta t_{max}$  и  $\Delta t_{min}$  - максимальная и минимальная разности температур теплоносителей



Схемы движения теплоносителей в теплообменниках

для прямотока:

$$\Delta t_{cp} = \frac{(t_1' - t_2') - (t_1'' - t_2'')}{\ln \frac{t_1' - t_2'}{t_1'' - t_2''}}$$

для противотока:

$$\Delta t_{cp} = \frac{(t_1' - t_2'') - (t_1'' - t_2')}{\ln \frac{t_1' - t_2''}{t_1'' - t_2'}}$$

Уравнение теплового баланса имеет вид:

$$Q = G \cdot c \cdot (t_2'' - t_2')$$

где  $Q$  - мощность теплового потока, переданного от греющего теплоносителя к нагреваемому, Вт;

$G$  - расход нагреваемого теплоносителя, кг/с;

$c$  - средняя теплоемкость нагреваемого теплоносителя, Дж/(кг·К) (для воды  $c=4,19$  кДж/(кг·°C)).

При расчете пластинчатых теплообменников оптимальная скорость принимается исходя из получения потерь давления в установке по нагреваемой воде теплообменника – 100-150 кПа, что соответствует скорости воды в канале 0,4м/с.

Методика теплового и гидравлического расчета пластинчатых теплообменников приведена в книге «Пластинчатые теплообменники в системах централизованного теплоснабжения» авторов В.М.Копко, М.Г.Пшоник, Минск 2005

На практике расчет теплообменников часто выполняют с использованием компьютерных программ подбора

## **5.6. Оборудование тепловых пунктов и его подбор**

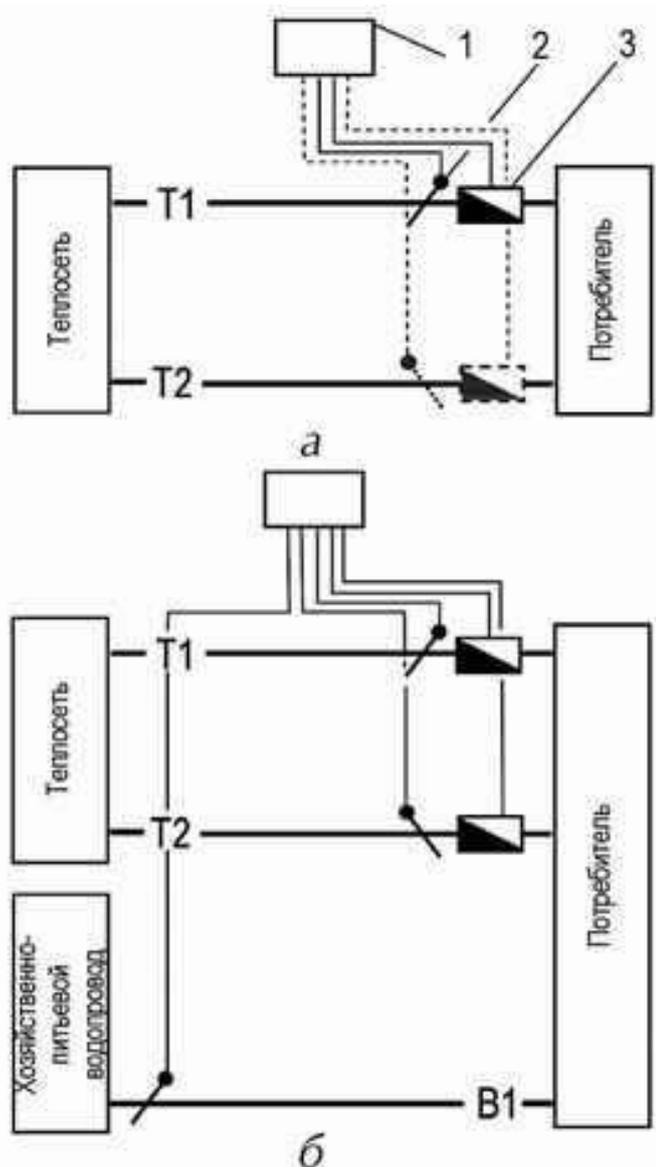
### **5.6.1. Коммерческий учет теплоснабжения**

На абонентских вводах тепловых потребителей централизованного теплоснабжения устанавливаются устройства коммерческого учета теплоснабжения, который предполагает возможность по показаниям приборов учета производить оплату за использованную потребителем тепловую энергию.

Должен быть, как правило, один узел коммерческого учета в здании. Если тепловой пункт обслуживает несколько организаций, для них нужно предусматривать приборы некоммерческого учета для возможности взаиморасчетов. При обосновании и по согласованию с теплоснабжающей организацией допускается устройство в одном тепловом пункте двух или нескольких узлов коммерческого учета теплоснабжения.

Поквартирный учет тепла в СВО предполагает независимый учет в платеже величины прямо или опосредствовано зафиксированного квартирным прибором (приборами) количества потребленного тепла с оплатой нерегулируемых расходов на отопление мест общего пользования. Теплота на отопление, определенная приборами учета, которые размещены на тепловом вводе системы отопления дома, в общем случае расходуются жилыми квартирами, нежилыми помещениями и местами общего пользования дома.

Схемы узлов коммерческого учета тепловой энергии абонентов с потребляемой тепловой мощностью: а - до 2,5 МВт; б - более 2,5 МВт



- 1 - тепловычислитель;  
 2 - датчик температуры;  
 3 – расходомер (счетчик воды).

Для тепловых пунктов на рис.а установка расходомера на обратной магистрали строго не обусловлена, поэтому на схеме он выделен пунктирной линией. Однако большинство теплоснабжающих организаций требуют его установки, мотивируя необходимостью учета утечек теплоносителя.

В узлах учета теплоснабжения абонентов с расчетной тепловой нагрузкой 2,5 МВт и более (рис.1,б) по согласованию с теплоснабжающей организацией допускается не устанавливать датчик температуры на водопроводе, если это невозможно осуществить по техническим причинам, например, значительном удалении водопровода от теплового пункта.

В тепловых пунктах с теплообменниками горячего водоснабжения часть измеренного теплосчетчиком общего теплоснабжения, относящаяся к системе ГВС, вычисляется с учетом показаний

водосчетчика, установленного на водопроводе холодной воды перед водоподогревателем.

В ИТП зданий без водоподогревателей ГВС, получающих горячую воду от ЦТП, на вводе внутриквартальной тепловой сети в здание устанавливают водосчетчики на подающем и циркуляционном трубопроводах. При необходимости организации коммерческого учета теплоснабжения системой горячего водоснабжения на вводе сети ГВС в здание по согласованию с теплоснабжающей организацией устанавливают теплосчетчик с расходомерами и термометрами сопротивления на подающем и циркуляционном трубопроводах.

На рынке РФ представлен большой выбор теплосчетчиков отечественного и импортного производства. Кроме регламентированных нормами требований об измерении количества тепловой энергии, времени работы и простоя теплосчетчика, объема теплоносителя, прошедшего через расходомеры и текущих температур теплоносителя, многие из применяющихся приборов учета способны фиксировать также мгновенные значения тепловой мощности, давления воды и другие параметры, а, кроме того, накапливать почасовую и посуточную информацию об этих параметрах и хранить ее в архиве в течение продолжительного периода с возможностью распечатки на принтере.

Чаще всего применяются теплосчетчики с ультразвуковыми, электромагнитными и тахометрическими преобразователями расхода (счетчиками воды).

Теплосчетчики измеряют расход теплоты по выражению:

$$Q = 0.28 \cdot G \cdot c_v \cdot (t_g - t_o), \text{ кВт}$$

где  $G$  - расход воды из тепловой сети, проходящей через систему отопления,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$c_v$  - теплоемкость воды ( $c_v = 4,19 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$ );

$t_g$  - температура горячей воды на входе в систему,  $^{\circ}\text{C}$

$t_o$  - температура обратной воды на выходе из системы,  $^{\circ}\text{C}$

### 5.6.2. Автоматические регуляторы

Автоматический регулятор – устройство, которое реагирует на изменение параметра, характеризующего объект регулирования, и автоматически управляет процессом для поддержания этого параметра в заданных пределах или изменения его по определенному закону. Автоматический регулятор состоит из: измерительного, управляющего, исполнительного и регулирующего элемента. Регуляторы прямого действия относят к автоматическим регуляторам, у которых при изменении значения регулируемого параметра перемещение регулирующего элемента происходит только за счет усилий, возникающих в измерительном (чувствительном) элементе.

Автоматические регуляторы перепада давления – устройства, стабилизирующие располагаемое давление регулируемого участка на заданном уровне.

Регуляторы перепада давления имеют многообразное конструктивное исполнение, позволяющее применять их для любых проектных решений по стабилизации давления теплоносителя.

Каковы бы ни были конструктивные отличия регуляторов перепада давления все они основаны на одном принципе работы – начальном уравновешивании давления пружины настройки и давления теплоносителя, передаваемого через гибкую диафрагму (мембрану). Диафрагма – измерительный элемент. Она воспринимает импульсы давления с обеих сторон и сопоставляет их разницу с заданной величиной, устанавливаемой посредством соответствующего сжатия пружины рукояткой настройки. Импульс давления попадает в подмембранное и надмембранное пространство, образуемое крышками, через перепускное отверстие и штуцер.

Отличительной особенностью регулятора давления "после себя" либо "до себя" является то, что по обе стороны мембраны воздействуют не два импульса давления теплоносителя, как у регулятора перепада давления, а один. Со второй стороны мембраны действует атмосферное давление.

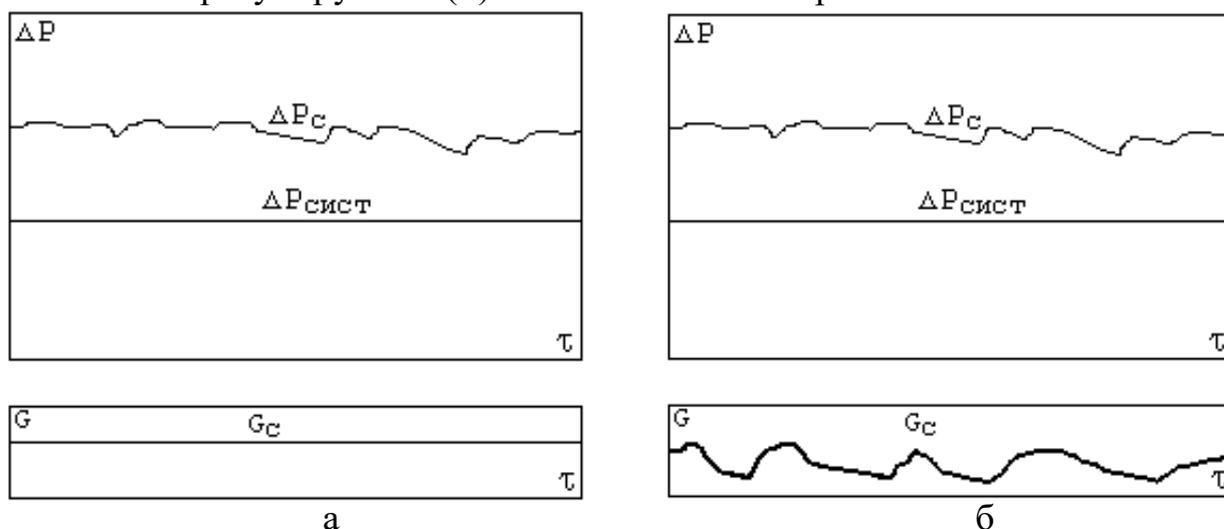
Импульс давления теплоносителя регулятора давления "после себя" отбирается на выходе из клапана по направлению движения теплоносителя, поддерживая заданное давление на постоянном уровне в точке отбора этого импульса. При увеличении давления теплоносителя на входе такого регулятора он прикрывается, защищая систему от избыточного давления, но не от опорожнения.

Импульс давления теплоносителя регулятора давления "до себя" отбирается на входе клапана, стабилизируя в этой точке давление. При уменьшении давления теплоносителя на входе такого регулятора он прикрывается, защищая систему от опорожнения.

Выбор регулятора осуществляют по его максимальной пропускной способности. Требуемый автоматически поддерживаемый перепад давления, либо автоматически поддерживаемое давление регулятором должно находиться примерно в середине регулируемого им диапазона

Основным устройством для регулирования гидравлического режима систем теплоснабжения является клапан перепада давления. Хотя этот клапан применяют как в регулируемых, так и в нерегулируемых системах отопления, его роль в этих системах совершенно различна.

Назначение клапана перепада давления в нерегулируемой (а) и в регулируемой (б) системах теплоснабжения



$\Delta P_C$  – перепад давлений на вводе тепловой сети,  $\Delta P_{\text{сист}}$  – перепад давлений в системе отопления,  $G_C$  – расход сетевой воды

Клапан перепада давления, устанавливаемый прежде на типовых абонентских вводах зданий при отсутствии каких-либо прочих регуляторов, должен был обеспечить в любое время  $\tau$  постоянство перепада давления  $\Delta P_{\text{сист}}$  в системе отопления и расхода сетевой воды  $G_C$  при колебаниях давления  $\Delta P_C$  в тепловой сети. Клапан устанавливался в интересах тепловой сети и имел целью не допустить перерасходов сетевой воды при колеблющихся давлениях.

Клапан перепада давления, устанавливаемый в тепловых пунктах современных зданий при наличии регуляторов температуры, должен обеспечить в любое время  $\tau$  постоянство перепада давления  $\Delta P_{\text{сист}}$  в системе отопления при непрерывно изменяющихся в результате регулирования расходах сетевой воды  $G_C$ . Клапан устанавливается исключительно в интересах потребителя и имеет целью оптимизировать условия работы регуляторов температуры с целью более эффективного энергосбережения.

Автоматические регуляторы расхода применяют для стабилизации расхода теплоносителя. Принципиальным отличием регулятора расхода от регулятора перепада давления является то, что он дополнительно содержит встроенный регулируемый дроссель, на котором автоматически поддерживается фиксированный перепад давления. Дроссель является единственным элементом регулируемого участка, т. е. регулятор расхода регулирует перепад давления на собственном дросселе, поддерживая постоянный расход через него.

Перепускные клапаны в тепловых пунктах централизованных систем теплоснабжения обеспечивают работоспособность насосов при закрытых терморегуляторах. Конструктивное устройство перепускного клапана

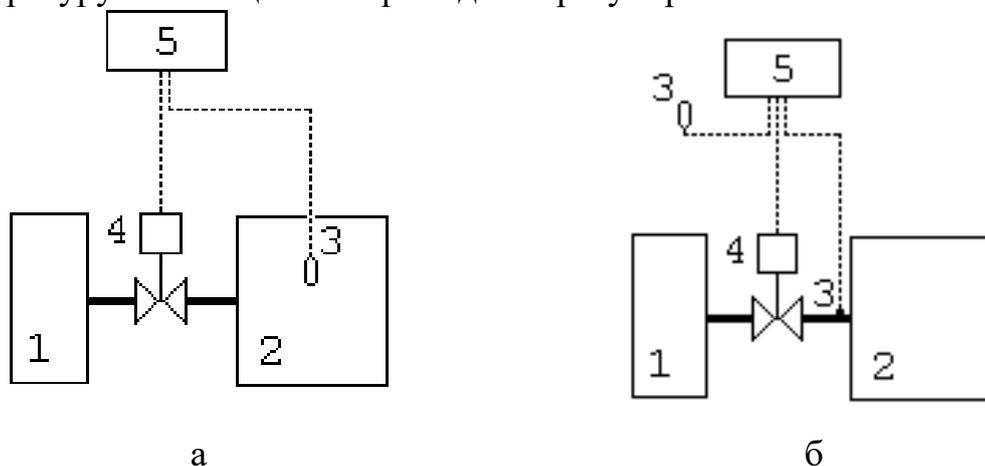
мембранного типа и принцип его работы аналогичны регулятору перепада давления. Он открывается либо закрывается в зависимости от соотношения усилий мембраны, воспринимающей разность перепада давления в точках отбора импульса, и пружины.

### 5.6.3. Регуляторы отопительных систем

Системы отопления могут регулироваться «по отклонению» или «по возмущению»

При регулировании «по отклонению» требуемая температура в отапливаемом помещении контролируется непосредственно, и датчик температуры управляет регулирующим органом, который включается в работу тотчас же после того, как температура в помещении отклоняется от заданного уровня. «По отклонению» регулируются местные отопительные приборы, оборудованные радиаторными термостатическими клапанами, а также центральные системы отопления, обогревающие помещения большой площади.

В зданиях с многокомнатной планировкой центральное регулирование «по отклонению» обычно не применяется, потому что регулировать теплотребление здания по одной или нескольким контрольным комнатам, в которых можно установить датчики температуры, было бы неточно, какими бы представительными эти комнаты ни представлялись. В таких зданиях температуру в помещениях приходится регулировать косвенно.



Принципиальные схемы регулирования «по отклонению» (а) и «по возмущению» (б)

1 – источник тепла, 2 – отапливаемое помещение, 3 - датчики, 4 – регулирующий орган, 5 – регулятор (контроллер).

Регулирование «по возмущению» не способно реагировать на внутренние тепловыделения в помещениях. Ни на солнечное излучение, ни на поступление тепла от работающих компьютеров, ни на бытовые теплоисточники регулятор не среагирует. Наиболее

отчетливо регулятор среагирует на изменение погодных условий, и поэтому такое регулирование часто называют «погодным».

Для эффективной работы отопительных систем центральное регулирование «по возмущению» должно дополняться регулированием местным «по отклонению». Поэтому системы отопления с радиаторными термостатическими клапанами проектируются с устройствами, обеспечивающими погодное регулирование.

Рассмотрим как обеспечивается центральное регулирование «по возмущению».

В качестве управляющего прибора центрального регулирования отопительной системы служит электронный регулятор (контроллер). Это компактный микропроцессор, способный воспринимать информацию от датчиков температуры и от встроенного таймера и преобразовывать ее в команды для электрических исполнительных механизмов, воздействующих на тепловые потоки.

Регуляторы систем отопления должны выполнять погодное и программное регулирование.

Погодное регулирование обеспечивается температурным графиком, который задается величиной тангенса угла наклона линии изменения температуры в координатах  $t = f(t_n)$ , где  $t$  – температура теплоносителя в подающем или обратном трубопроводах, а  $t_n$  – текущая температура наружного воздуха.

Большая часть регуляторов настраивается на поддержание заданной температурным графиком температуры в подающем трубопроводе, хотя поддержание в обратном трубопроводе нужной температуры позволило бы хотя бы косвенно учитывать внутренние тепловыделения в отапливаемых помещениях. Такая возможность почти во всех регуляторах имеется, но практически редко используется.

Программное регулирование позволяет в нужное время перевести систему отопления на пониженный температурный график. Это особенно важно для общественных зданий с фиксированными по времени рабочими часами и выходными днями.

Во многих случаях производителем предлагаются регуляторы многофункциональные, способные работать не только в системе централизованного теплоснабжения, но и с котлом, управляя работой горелки. Эти регуляторы имеют набор специальных карт, вставляя которые можно решать различные прикладные задачи.

Необходимыми элементами системы регулирования являются датчики температуры и регулирующие клапаны.

Для погодного регулирования нужен датчик температуры наружного воздуха, который должен устанавливаться на северной стене здания или в искусственно затененном месте вдали от окон и других возможных источников теплоты.

Температура теплоносителя фиксируется датчиками погружного или накладного типов. Погружные датчики точнее, а накладные удобнее применять при реконструкции действующих систем отопления.

Регулирующие клапаны могут выполнять позиционное или пропорциональное регулирование.

Заданная температура воды в подающем трубопроводе системы отопления может поддерживаться только средствами пропорционального регулирования. Регулирующие клапаны подбираются по приведенным в каталогах величинам  $K_{VS}$ , исходя из возможной потери давления  $\Delta P$ , бар, в клапане при расчетном расходе теплоносителя  $G$ , м<sup>3</sup>/ч.

$$K_{VS} = G \cdot \Delta P^{-0.5}$$

Пропорциональный регулирующий клапан работает тем эффективнее, чем больше создаваемое им гидравлическое сопротивление. Поэтому он устанавливается обычно на суженном участке трубопровода, диаметр условного прохода которого соответствует условному проходу клапана.

Если в полностью открытом клапане можно потерять, например, не более 0,8 бара располагаемого давления, то при расчетном расходе теплоносителя, например, 10 м<sup>3</sup>/ч пропускная способность  $K_{VS}$  регулирующего клапана должна быть не меньше величины

$$K_{VS} = 10 \cdot (0,8)^{-0.5} = 11,2 \text{ м}^3/\text{ч},$$

и осталось теперь лишь выбрать по каталогу клапан, характеризующийся величиной  $K_{VS}$ , ближайшей к 11,2 и превышающей это значение. Если выбран клапан с  $K_{VS} = 12$ , то его гидравлическое сопротивление при расчетном расходе и при полностью открытом клапане рассчитывается по формуле:

$$\Delta P = (G/K_{VS})^2 = (10/12)^2 = 0,69 \text{ бар}$$

Неправильно подобранные регулирующие клапаны, имеющие небольшое гидравлическое сопротивление, работают с зауженной зоной пропорциональности, и потому малоэффективны. С другой стороны, клапаны, создающие высокое гидравлическое сопротивление, шумят. Считается, что регулирующий клапан шумит на допустимом для встроенных тепловых пунктов зданий уровне, если скорость потока в сечении его условного прохода не превышает 3 м/с. Если исходить из этого условия, то максимальные расходы теплоносителя через регулирующие клапаны условным проходом 15...80 мм не должны превышать величин, указанных в таблице.

Максимальные расходы теплоносителя через регулирующие клапаны

из условия относительно бесшумной их работы

Dy, мм	1 5	2 0	2 5	3 2	4 0	5 0	6 5	8 0
G <sub>МА</sub> х, м <sup>3</sup> /ч	1 ,9	3 ,4	5 ,3	8 ,7	1 3,6	2 1,2	3 5,8	5 4,3

Важным элементом пропорционального регулирующего клапана является электропривод. Его мощность должна отвечать необходимым для перемещения штока клапана усилиям, которым противодействует давление теплоносителя. Неправильно подобранный электропривод не способен управлять клапаном. Выбирать электропривод нужно по данным каталога, а, если он не содержит необходимой для этого информации, нужно обратиться к компетентным представителям производителя.

#### 5.6.4. Регуляторы систем ГВС

Водоподогреватели горячего водоснабжения должны быть оборудованы устройствами для поддержания на заданном уровне температуры подогретой воды. Для этой цели могут использоваться электронные регуляторы температуры и регуляторы температуры прямого действия.

Электронные регуляторы управляют работой регулирующих клапанов с электроприводами подобно тому, как это происходит при центральном регулировании систем отопления. При размещении в одном теплопункте узлов приготовления теплоносителя систем отопления и водоподогревателей часто используют один электронный регулятор (контроллер), способный управлять работой регулирующих клапанов систем отопления и горячего водоснабжения. Электронные регуляторы могут программно уменьшать температуру горячей воды или полностью отключать подачу теплоносителя на водоподогреватель в общественных зданиях в часы нерабочего времени.

Регуляторы температуры прямого действия воздействуют на регулирующий клапан водоподогревателя посредством замкнутой манометрической системы, управляющее давление в которой создается датчиком температуры, погруженным в подогретую воду. Эти регуляторы работают без использования электроэнергии, однако при необходимости программно уменьшать температуру горячей воды или полностью отключать подачу теплоносителя в нужное время приходится прибегать к услугам персонала.

#### 5.6.5. Циркуляционные и повысительные насосы

В системах отопления и ГВС применяются циркуляционные насосы с «сухим» или «мокрым ротором» с постоянной скоростью вращения рабочего колеса, имеющие 2-3 ступени скоростей, либо с насосы с регулируемым количеством оборотов рабочего колеса.

Также используются спаренные насосы, представляющие собою два рабочих колеса с электродвигателями, установленные в едином корпусе. В спаренных насосах вмонтирован перекидной клапан, исключающий перетекание перекачиваемой воды из работающего насоса в неработающий.

### **5.7. Блочные тепловые пункты**

Для упрощения процесса проектирования, комплектации и монтажа ИТП могут изготавливаться в заводских условиях и поставляться на объект строительства в виде готовых блоков. Такие ИТП называются блочными - БТП. БТП представляет собой собранные на раме в общую конструкцию отдельные функциональные узлы, как правило, в комплекте с приборами и устройствами контроля, автоматического регулирования и управления. Компоновку БТП выполняют индивидуально, с учетом размеров помещения теплового пункта. Изготавливают БТП под любые тепловые нагрузки.

В общем случае БТП состоит из комбинации следующих составляющих:

- узла учета тепловой энергии и регулирования расхода теплоносителя в соответствии с заданным графиком температуры;

- узла отопления;
- узла горячего водоснабжения;
- узла вентиляции.

Применение БТП позволяет сократить по сравнению с традиционными решениями:

- сроки комплектации и изготовления теплового пункта в 2-3 раза;
- сроки монтажа теплового пункта в 6-8 раз;
- стоимость теплового пункта на 15-20 %.

[вернуться к оглавлению](#)

## ТЕМА 6 СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО И МЕСТНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

### 6.1. Особенности проектирования автономного теплоснабжения

Вопросы проектирования автономного теплоснабжения приведены в пособии П1-03 к СНиП II-35-76 «Котельные установки» «Проектирование автономных и крышных котельных»

Котельные по размещению подразделяются на:

- отдельно стоящие,
- пристроенные к зданиям другого назначения,
- встроенные в здания другого назначения независимо от этажа размещения,
- крышные.

Тепловая мощность проектируемой котельной не должна превышать потребности в теплоте того здания, для теплоснабжения которого она предназначена.

Не допускается встраивать котельные в жилые многоквартирные здания. Для жилых зданий допускается устройство пристроенных и крышных котельных.

Устройство автоматизированных пристроенных и крышных котельных допускается для зданий высотой не более 26,5 м (от уровня проезжей части ближайшего к дому проезда до отметки пола верхнего этажа, не считая технического).

Расчетная производительность котельной равна сумме максимальных тепловых нагрузок на отопление и вентиляцию, средних - на горячее водоснабжение и на технологические цели. При определении расчетной производительности котельной должны учитываться также расходы тепла на собственные нужды котельной, включая отопление в котельной.

Современные котлы должны удовлетворять следующим требованиям:

- высокий К.П.Д. не менее:

— при газовом топливе — 91;

— при жидком топливе — 90;

— при твердом топливе (уголь) — 80;

— на древесных отходах — 78.

- надежность в работе (у газовых и жидкотопливных это связано, прежде

всего, с качеством горелочных устройств; номинальный срок службы должен составлять не менее 20 лет);

- высокий уровень системы автоматизации работы отопительного комплекса (современные системы автоматического регулирования работы отопительных котлов позволяют не только исключить необходимость их постоянного обслуживания, но и осуществлять регулирование по дол-

современным программам, в зависимости от погодных условий и требований потребителя, в сочетании с регулированием систем горячего водоснабжения и т. п.);

- экономичность и экологичность;
- объем инвестиций, эксплуатационные расходы и рентабельность;
- материал котла: сталь или чугун.

Чугунные водогрейные котлы имеют небольшую мощность, мало подвергаются коррозии и применяются в системах водяного отопления отдельных жилых и общественных зданий. Котлы большой мощности обычно изготавливают из стали: чугунный котел из-за своего веса окажется малотранспортабельным и дорогим.

Стальные котлы выходят из строя в результате коррозии хвостовой поверхности нагрева со стороны дымовых газов. Коррозийная активность дымовых газов определяется наличием в них водяных паров  $H_2O$ , двуокиси углерода ( $CO_2$ ) сернистого ангидрида ( $SO_3$ ). Во избежание конденсации водяных паров из дымовых газов необходимо, чтобы котлы работали по повышенному графику, т.е. нужно повысить температуру воды в обратной магистрали путем подачи воды из подающей магистрали с более высокой температурой. Для снижения температуры воды в подающей магистрали, соответствующей отопительному графику, подмешивают воду из обратной.

С целью максимального использования теплотворной способности топлива наряду с традиционными отопительными котлами в настоящее время используются «конденсационные» котлы, использующие высшую теплоту сгорания топлива, т.е. с учетом теплоты конденсации водяных паров, содержащихся в дымовых газах.

Водно-химический режим работы автономной котельной должен обеспечить работу котлов, теплоиспользующего оборудования и трубопроводов без коррозионных повреждений и отложений накипи и шлама на внутренних поверхностях. В качестве источника водоснабжения для автономных котельных используют хозяйственно-питьевой водопровод.

На первом этапе водоподготовки происходит удаление механических примесей. Очищенная от механических примесей вода умягчается методом ионообменной фильтрации на  $Na$ -катионитах или путем добавления в нее соответствующих химических реагентов. В состав систем водоподготовки многих котельных входят магнитные антинакипные устройства. Суть их работы в следующем: при протекании потока воды через магнитное поле растворенные соли магния и кальция преобразуются в кристаллические пластинки, не способные осаждаться в виде накипи на поверхностях труб, нагревательных элементах и пр., а выпадают в виде мягкого осадка (шлама), удаляемый посредством регулярных продувок.

## 6.2. Каскадные котельные

Практика показывает, что 80% времени отопительного сезона производительность котла используется лишь на 50%. Это значит, что в течение всего года в среднем расходуется лишь 30% мощности котла. Такая слабая нагрузка на газовый котел часто ведет к низкой эффективности его использования. Поэтому популярным решением становится использование нескольких котлов на одну систему отопления -каскадной системы котлов. Она обеспечивает потребителя таким количеством тепла, которое требуется в данный момент, постепенно подключая одним за другим несколько малых котлов. Такое решение оправдано при тепловой нагрузке, уже начиная от 40 кВт.

Достоинства по сравнению с одним котлом:

1. Простота монтажа. Несколько котлов небольшой мощности проще транспортировать и установить, чем один мощный крупногабаритный котел. Особенно актуально это при монтаже крышных котельных.

2. Значительно повышается надежность системы. При вынужденной остановке одного из котлов система продолжит работу, обеспечивая, по крайней мере, 50% мощности (при установке двух котлов).

3. Экономный расход энергии за счет меньшей потери эффективности при работе на неполной мощности.

4. Повышение общего ресурса котлов. В теплое время года можно задействовать лишь часть котлов, отключив остальные вручную или с помощью встроенной автоматики.

5. Обслуживание облегчается благодаря меньшему размеру каждого котла. Обслуживание каждого котла можно осуществлять без остановки всей системы.

При работе каскада один из котлов выступает в роли «ведущего» и начинает работу в первую очередь, а остальные котлы включаются по мере необходимости.

Весь процесс контролируется автоматикой управления, которая может передавать роль основного котла, а так же регулировать порядок и необходимость подключения второстепенных котлов для поддержания заданного режима. В системе каскадов каждый котел представляет собой определенную «ступень» производительности тепла. Система управления поддерживает необходимый уровень температуры, подключая или отключая отдельные ступени. В случае неисправности одного котла, автоматика распределяет нагрузку на остальную систему. Если же в тепле нет необходимости, автоматика выключает все котлы, восстанавливая работу по требованию.

Ступенчатая система каскадного подключения позволяет с большой эффективностью восполнять нагрузки отопительной системы. Для гидравлического баланса котлового и отопительного контуров необходима установка гидравлического разделителя между контурами.

Типы каскадов принято различать по типу использования в них горелочных устройств:

«Простой» каскад включает котлы с одноступенчатыми или двухступенчатыми горелками.

Каскад «смешанного» типа объединяет котлы, один из которых оснащен модулируемой горелкой. Именно на этот котел устанавливается система управления, которая регулирует температуру котловой воды.

«Модулирующий» каскад включает котлы с модулируемыми горелками. В отличие от «простого» и «смешанного» каскадов, данная система способна изменять объем подачи топлива в плавном режиме и регулировать теплопроизводительность в широком диапазоне.

### 6.3. Крышные котельные

Крышная котельная обеспечивает теплом и горячей водой системы отопления, горячего водоснабжения, вентиляции и при этом не имеет наружных тепловых сетей.

Достоинства:

- сокращение капитальных вложений (в 2-3 раза) и затрат на эксплуатацию за счет исключения тепловых сетей;

- экономию топлива (не менее 30% от годового расхода);

- отпадает необходимость установки высокой дымовой трубы

При проектировании крышных котельных существуют следующие ограничения :

- не допускается использование твердого или жидкого топлива;

- общая тепловая мощность не должна превышать 5 МВт для производственных зданий и 3 МВт для жилых;

- температура воды на выходе из водогрейных котлов должна быть не более 115°C;

В крышных котельных обычно устанавливается каскад котлов.

Возможны две основные принципиальные схемы соединения между собой теплогенераторов: параллельная и последовательная.

С целью снижения затрат на средства управления работой теплогенераторов при переменной тепловой мощности котельной целесообразно принять режим ее работы, обеспечивающий отпуск тепла при постоянной температуре воды на выходе равной расчетной температуре теплоносителя.

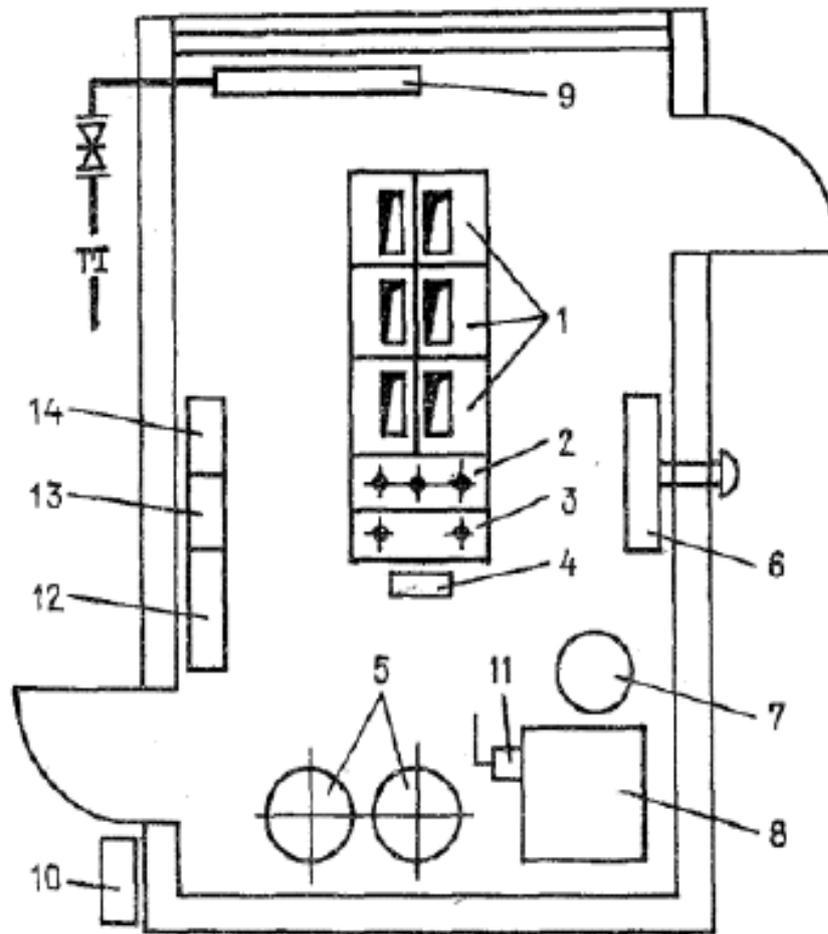
Расчетная тепловая мощность котельной:

$$Q_{рас} = Q_o + Q_{вк} + Q_{гв}$$

где  $Q_o$  - расчетный (максимальный) расход тепла на отопление здания, кВт;

$Q_{вк}$  - расчетный (максимальный) расход тепла на вентиляцию и кондиционирование воздуха, кВт;

$Q_{26}$  - среднечасовой расход тепла за сутки с наибольшим водопотреблением на ГВС с учетом теплотерь на циркуляцию, кВт.



Крышная котельная на природном газе:

1 - теплогенератор; 2 - блок горячего водоснабжения; 3 - блок регулирования системы отопления; 4 - комплект вспомогательных устройств; 5 - компенсатор объема; 6 - газовый конвектор; 7 - водоумягчительная установка; 8 - бак запаса умягченной воды; 9 - узел учета расхода газа; 10 - электрощит; 11 - ручной насос; 12 - сборно-распределительная гребенка отопления; 13 - щит автоматики отопления; 14 - щиты управления насосами отопления и ГВС.

Определение расчетной тепловой мощности котельной по формуле, в которой учитывается среднечасовой расход тепла на ГВС, а не максимальный часовой расход, позволяет существенно сократить установленную тепловую мощность теплогенераторов.

Для обеспечения требуемых параметров воздуха в отапливаемых помещениях при пиках нагрузки ГВС отпуск тепла от теплогенераторов должен осуществляться с использованием приоритета ГВС при помощи аккумулирующей способности ограждающих конструкций зданий или с при-

менением бака-аккумулятора горячей воды. Режим регулирования реализуется с помощью устройства ограничения расхода.

#### **6.4. Блочно-модульные котельные**

В отличие от стационарных котельных, блочно-модульные котельные (БМК) собирают в заводских условиях. Затем их доставляют на объект, устанавливают и подключают к системе теплоснабжения. Блочно-модульные котельные доставляют на объект либо в одном контейнере, а при значительных габаритах и весе – в виде нескольких блоков полной заводской готовности, монтаж которых выполняют на объекте.

БМК по назначению, как и стационарные, делятся на отопительные (отопление и ГВС), производственные и отопительно-производственные.

Как правило, мощность водогрейных котельных находится в диапазоне от 100кВт до 30МВт. Основной температурный режим – 90/70°С.

Блочно-модульные котельные работают практически на всех видах топлива: природном и сжиженном газе, дизельном топливе, мазуте, нефти, угле, древесных отходах. Большинство котельных работает на природном газе и жидком топливе.

Помещение блочно-модульной котельной представляет собой металлический каркас с закрепленными на нем сэндвич-панелями с толщиной изоляции от 80 до 150мм. По размещению БМК могут быть отдельно стоящими, встроенными в здания другого назначения или пристроенные к нему, крышными.

Встроенные БМК представляют собой открытую платформу (или раму) на которой установлено основное оборудование. Платформу размещают в помещении объекта и подключают к инженерным сетям.

БМК могут работать как с постоянным присутствием обслуживающего персонала, так и без.

Достоинства БМК:

- низкая стоимость проектирования,
- быстрота ввода в строй,
- сборка узлов в заводских условиях,
- экономия территории из-за небольших габаритов.

Недостатки БМК:

- ограничения по площади при размещении оборудования,
- низкая единичная мощность теплогенератора в блоке.

Транспортабельные (передвижные) БМК полностью собирают на заводе, монтируют на автомобильный прицеп и доставляют на объект, который необходимо теплофицировать. Такие БМК нередко применяют при авариях на стационарных котельных, а также для временного теплоснабжения вахтовых поселков истроек.

В основном транспортабельные котельные работают на жидком топливе и их мощность не превышает 2,5-3МВт.

Передвижные БМК имеют ряд преимуществ перед другими котельными с аналогичными мощностями:

- полное отсутствие капитальных затрат на постройку котельной,
- практически полная готовность БМК к немедленной транспортировке,
- практически полная готовность БМК к пуску тепла после доставки на место.

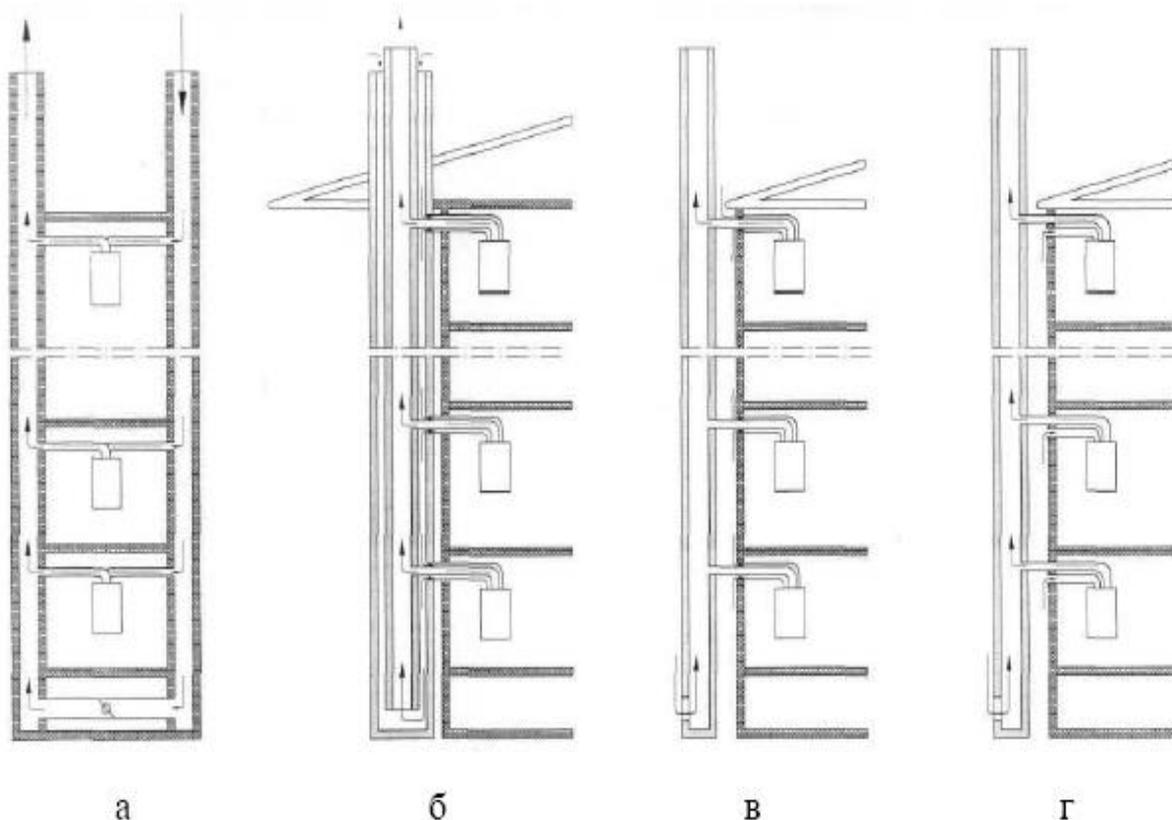
### **6.5. Поквартирное теплоснабжение многоэтажных и индивидуальных жилых домов**

При поквартирном теплоснабжении в каждой квартире устанавливается настенный газовый двухконтурный котел, обеспечивающий и отопление, и горячее водоснабжение. Для этой цели используют котлы мощностью 24 кВт с открытой (воздух для поддержания процесса горения поступает из помещения, в котором расположен котел) или закрытой камерой сгорания (подвод воздуха для горения и отвод продуктов сгорания осуществляется газоплотными воздухопроводами, сообщающимися с атмосферой и не связанными с воздушным пространством квартиры).

Поквартирное отопление широко развито в Европе. Опыт эксплуатации показал, что индивидуальное теплоснабжение квартиры с семьей из 4-х человек, по сравнению с централизованной системой теплоснабжения, обходится в 4 раза дешевле.

Отвод продуктов сгорания в атмосферу от дымоотводов котлов предусматривают:

- по обособленным вертикальным дымоходам;
- по общему вертикальному дымоходу с присоединением к нему с каждого этажа не более одного котла с закрытой камерой сгорания



Примеры конструктивных решений систем подачи воздуха и дымоудаления.

а - коллективная система дымоудаления и забора воздуха (дымоход выполнен внутри здания), б - коллективная система дымоудаления и забора воздуха (с использованием приставного дымохода), в - коллективная система дымоудаления (с использованием приставного дымохода), местный забор воздуха (с использованием коаксиальной трубы), г - коллективная система дымоудаления (с использованием приставного дымохода), местный забор воздуха (с использованием отдельных труб).

Отвод продуктов сгорания в атмосферу и забор воздуха на горение для котлов с закрытой камерой сгорания допускается предусматривать через наружные конструкции здания коаксиальной трубой.

Недостатки поквартирного теплоснабжения квартир:

- неотапливаемые чердаки и подвалы, что уменьшает срок службы зданий,
- проблема промерзания стен при отсутствии хозяев и отключении отопления в 2 - 3 соседних квартирах,
- проблема обеспечения 3-кратного воздухообмена без учета воздуха, используемого на сгорание топлива

В индивидуальных жилых домах возможно применение одноконтурных (котлы для отопления) или двухконтурных (котлы для отопления и

горячего водоснабжения) как настенных, так и напольных теплогенераторов на газовом, жидком и твердом топливе. Учитывая стоимость и удобство пользования чаще всего применяют газовые котлы. Настенный котел оборудован регуляторами, циркуляционным насосом, предохранительным клапаном, расширительным баком, воздухоотводчиком; в напольном котле этого оборудования нет.

По способу приготовления воды для горячего водоснабжения газовые котлы бывают одноконтурные с бойлером и двухконтурные проточные с битермическим или пластинчатым теплообменником.

### **Котлы с проточным теплообменником**

Применение настенного двухконтурного котла с проточным теплообменником является самым простым и дешевым решением для теплоснабжения частного дома.

Недостатки:

- низкий комфорт во время потребления горячей воды в связи с более длительным временем ожидания (обычно в таком котле не применяется циркуляция в системе ГВС);

- снижение КПД во время эксплуатации и, следовательно, снижение температуры горячей воды, связанное с относительно быстрым отложением накипи в теплообменнике ГВС, особенно в случае, когда подогреваемая холодная вода является жесткой;

- относительно низкая долговечность узла подогрева горячей воды.

Достоинства:

- относительно небольшая стоимость источника теплоты и системы ГВС;

- более низкие эксплуатационные затраты.

Для обеспечения потребителя горячей водой используется работа системы центрального отопления и схемы приготовления горячей воды с приоритетом подготовки горячей воды.

В котлах с проточным теплообменником он может быть реализован следующим образом:

- а) путем перекрытия расхода в контуре отопления с помощью переключающего трехходового клапана;

- б) путем отключения насоса отопления во время работы узла приготовления горячей воды.

Целесообразно применять котлы с проточным теплообменником, когда котел расположен центрально по отношению к водоразборным точкам горячей воды и на относительно небольшом расстоянии от них.

При более значительной потребности в горячей воде, например, при одновременном использовании двух душевых кабин и двух умывальников или большом удалении водоразборных точек от котла, где необходима

циркуляция системы ГВС, следует применять емкостные водоподогреватели (бойлеры).

### Котлы с бойлером косвенного нагрева горячей воды

Недостатки:

- более высокая стоимость источника теплоты и самой системы ГВС;
- более высокие эксплуатационные затраты.

Достоинства:

- значительный комфорт в использовании горячей воды в связи с коротким временем ожидания воды с соответствующей температурой;
- возможность одновременного использования нескольких водоразборных точек.

Для обеспечения потребителя горячей водой используется приоритет подготовки горячей воды при помощи трехходового клапана, перекрывающего магистраль системы отопления, в то время, когда в бойлере опускается температура воды ниже допустимой из-за большого разбора воды, т.о. теплоноситель циркулирует только через бойлер.

В случае применения высокоэффективного конденсационного котла, использующего тепло конденсации дымовых газов, следует учитывать, что система отопления должна быть запроектирована с низкими параметрами теплоносителя (например, радиаторная: 55/45 °С, напольная: 40/35 °С), а узел подогрева горячей воды работал, позволяя происходить конденсации в котле.

### Гидравлические схемы котельных с настенными котлами

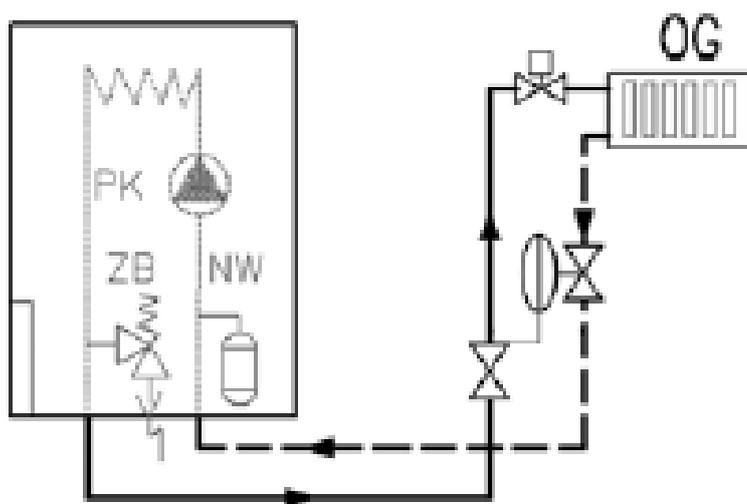
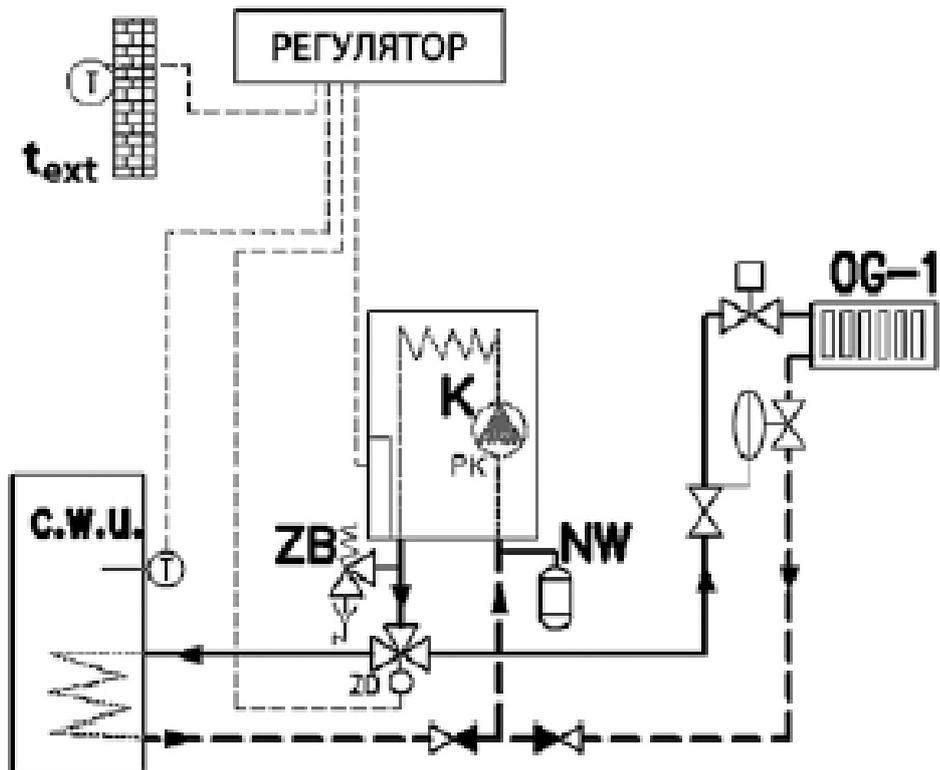
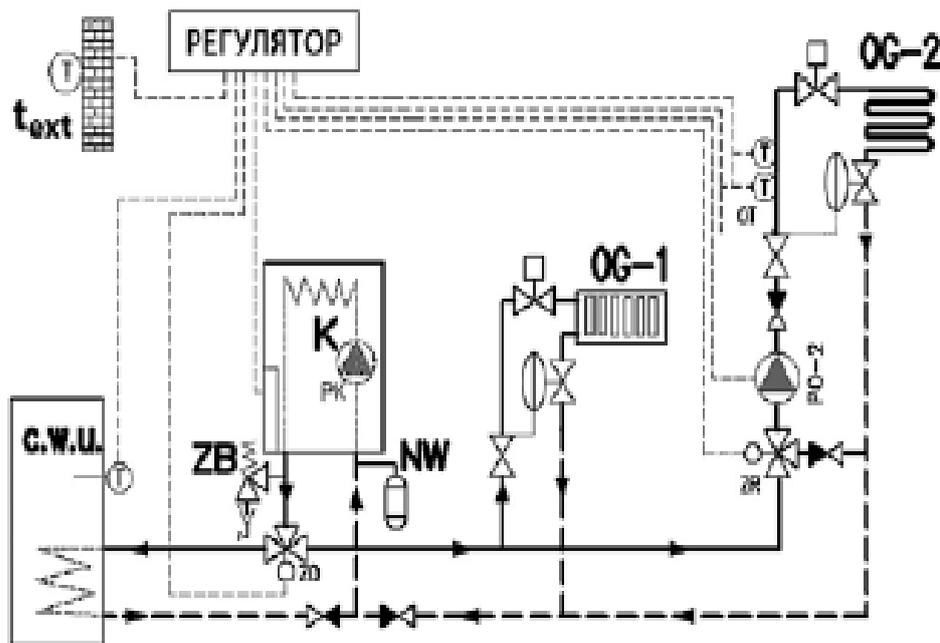


Схема с прямым контуром системы отопления



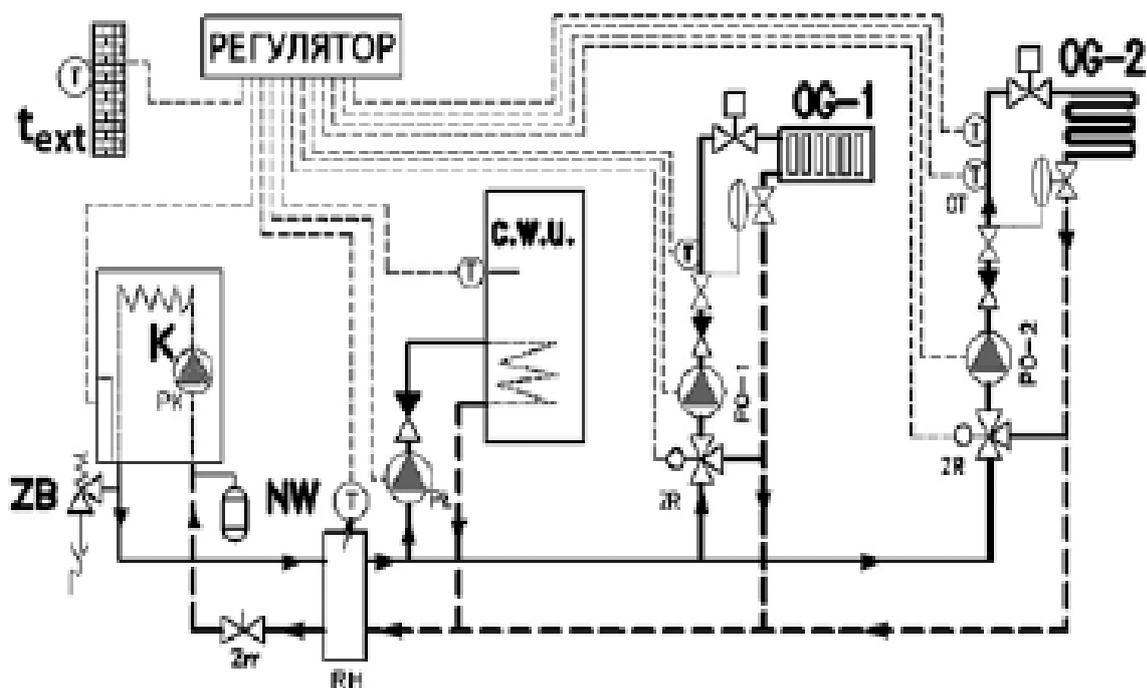
Общая схема наиболее простой котельной с емкостным водоподогревателем горячей воды (с. в. у.)

Встроенные насос PK, расширительный бак NW и предохранительный клапан ZB.



Принципиальная схема котельной с узлом смешения для напольного отопления

Схема, в которой параметры теплоносителя, поступающего в систему напольного отопления, отличаются от параметров радиаторного отопления. В связи с этим следует запроектировать дополнительный насос PO-2 в контуре напольного отопления. Обратный клапан, расположенный на смешительном трехходовом клапане в контуре напольного отопления, предохраняет от несоответствующего потока теплоносителя через этот клапан, например, при включенном напольном отоплении и одновременной работе радиаторного отопления.



Принципиальная схема котельной с гидравлической стрелкой

Схема котельной, в которой объемный расход воды больше максимального, который является результатом характеристики насоса, установленного в котле. В связи с этим было осуществлено гидравлическое отделение контура котла от отопительных контуров с помощью гидравлического разделителя по стояку RH. Насос, расположенный в котле, является насосом котлового контура. В каждом контуре системы установлен циркуляционный насос. Если напольное отопление запроектировано в нескольких помещениях и в каждом из них установлен термостатический клапан, то в контуре напольного отопления следует установить спускной кран.

[вернуться к оглавлению](#)

## II ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Лабораторная работа №1

Лабораторная работа №2

Лабораторная работа №3

Лабораторная работа №4

Лабораторная работа №5

Лабораторная работа №6

Лабораторная работа №7

Лабораторная работа №8

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ» НА ТЕМУ «ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ ЖИЛОГО ДОМА»

1. Исходные данные и состав курсовой работы
2. Выбор системы ГВС и ее конструирование
3. Определение расчётных расходов воды и теплоты
4. Гидравлический расчет подающих теплопроводов
5. Определение потерь теплоты теплопроводами
6. Определение циркуляционных расходов воды
7. Корректировка гидравлического расчёта подающих теплопроводов
8. Гидравлический расчёт циркуляционных теплопроводов
9. Пример расчета системы ГВС с полотенцесушителями на циркуляционных стояках
10. Пример расчета системы ГВС с посекционно закольцованными стояками с дополнительным циркуляционным стояком
11. Монтажная схема системы ГВС квартиры

Приложения

# ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

## Лабораторная работа №1

### Исследование работы перепускного клапана

**Цель работы:** определение эффективности работы перепускного клапана.

#### 1. Общие сведения

Устройство Hydrolux фирмы HEIMEIER - это пропорционально действующий (с регулируемым диапазоном настройки) перепускной предохранительный клапан, характеризующийся высокой точностью настройки.

Корпус изготовлен из коррозионно-устойчивой бронзы

#### Конструкция



## Функционирование

Перепад давления на клапане устанавливается исходя из полной нагрузки отопительной системы

При уменьшении расхода и роста перепада давления клапан открывается, приводя к сохранению постоянного в пределах относительного диапазона напора циркуляционного насоса, что необходимо для эффективного контроля.

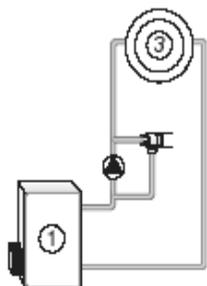
## Применение

Клапаны Hydrolux фирмы HEIMEIER используется в насосных отопительных системах с подачей теплой воды. Расход циркуляционного насоса изменяется в соответствии с тепловой нагрузкой и рабочими условиями отопительной системы. В зависимости от параметров насоса уменьшение расхода приводит к увеличению напора.

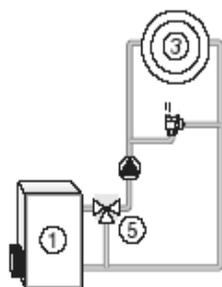
В дополнение к этому, в трубопроводе уменьшаются потери давления, что может вызывать избыточный перепад давления на клапанах и возникновению шумов. Перепускной клапан Hydrolux предотвращает возможность увеличения напора и обеспечивает постоянство расхода.

В случае настенных газовых отопительных систем обеспечивается минимальный уровень циркуляции воды. Особенно рекомендуется использовать перепускной клапан в тех случаях, когда максимальный напор существенно превышает давление настройки.

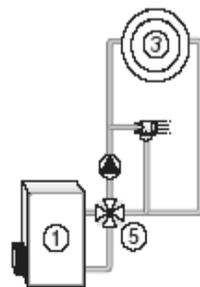
## Пример применения



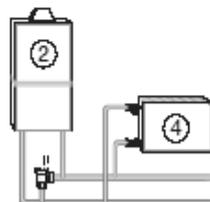
Система без подмеса. Устанавливается между участками нагнетания и всасывания циркуляционного насоса.



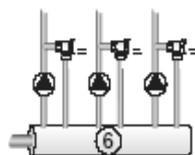
Система с 3-х ходовым клапаном. Устанавливается между подводящей и обратной трубой.



Отопительная система с 4-х ходовым клапаном. Устанавливается между подводящей и обратной трубой.



Отопительная система с газовым настенным нагревателем. Устанавливается между подводящей и обратной трубой (минимальный уровень циркуляции воды).



Система с несколькими нагревательными контурами. Устанавливается между подводящей трубой и коллектором.

- 1 Газо-мазутный котел
- 2 Газовый настенный нагреватель
- 3 Нагревательный контур
- 4 Радиатор
- 5 3-/4- х ходовой клапан
- 6 Коллектор

## Настройка

Перепускной клапан Hydrolux регулируется на рабочей стороне и предварительно устанавливается для значения давления при открытии равное 200 мбар (2 m H<sub>2</sub>O).  
Доказано, что в большинстве случаев данное значение является наиболее эффективным.

Тем не менее, в случае необходимости изменения предварительной настройки в первую очередь ослабьте крепежный винт. Затем давление при открытии может быть постепенно изменено в пределах от 50 мбар до 500 мбар. Одновременно с этим, требуемое значение непосредственно отображается на шкале маховика.

Необходимости в использовании установочных графиков нет. Выбранная позиция защищена крепежным винтом от возможности ее несанкционированного изменения.

## 2. Обработка экспериментальных данных

Таблица опытных данных

№ опыта	Режим работы насоса	Давление на входе в систему отопления P <sub>н</sub> , кПа	Расход воды в системе отопления G, л/мин	Положение перепускного клапана
1	2	3	4	5

[вернуться к оглавлению](#)

## Лабораторная работа №2

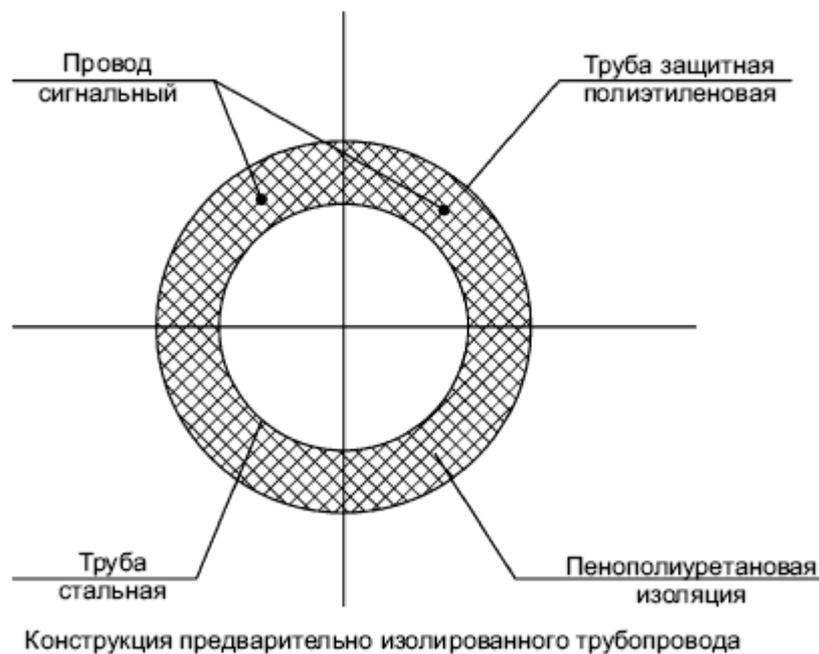
Определение тепловых потерь трубопроводов с тепловой изоляцией различных видов.

**Цель работы:** определение тепловые потери трубопровода без изоляции, предварительно изолированной трубы и жидкой теплоизоляция «Корунд» и оценить эффективность применяемой изоляции.

### 1. Общие сведения

#### ПИ трубы

Предварительно изолированные пенополиуретаном трубы представляют собой трехслойную систему в которой внутренняя стальная труба, расположенная центрированно в оболочке воспринимает давление и температуру транспортируемого теплоносителя. Полиэтиленовая или стальная оцинкованная оболочка соединена пенополиуретановой изоляцией с проводящей трубой. Такая предварительно изолированная труба является единой монолитной системой.

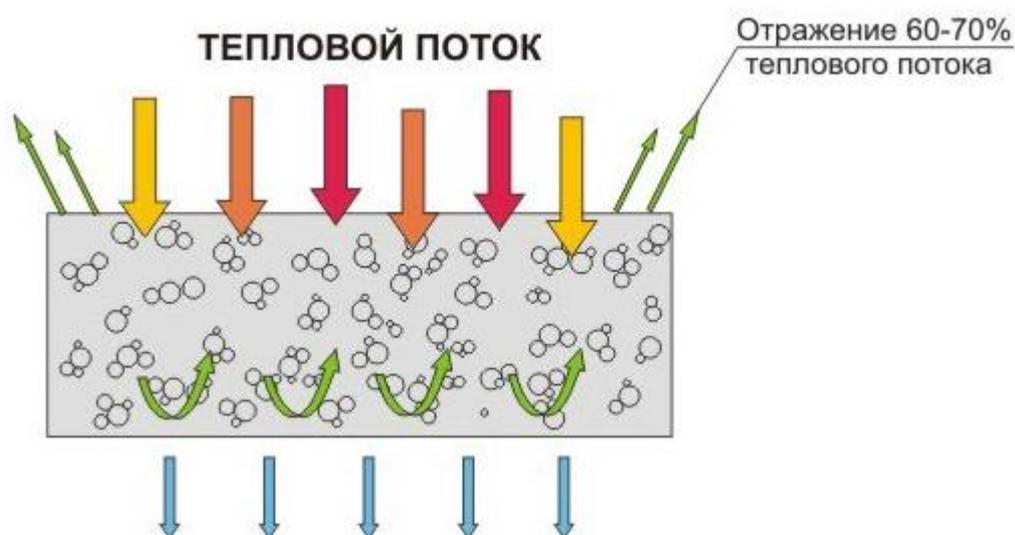


В качестве теплоизолирующего материала для температуры теплоносителя до 130°C (кратковременные воздействия до 150 °C) используется жесткий пенополиуретан плотностью не менее 60кг/м<sup>3</sup>, с коэффициентом теплопроводности не более 0,033Вт/(м·°C). Пенополиуретановый теплоизоляционный слой изготавливается на основе двух химических озоноразрушающих компонентов полиола и изоцианата смешанных в определенной пропорции. В результате реакции образуется однородный материал с закрытыми порами. При теплоизоляции сварных стыков труб используются те же компоненты что и в заводских условиях. В качестве защитной трубы оболочки ПИ труб предназначенных для подземной прокладки теп-

ловых сетей применяется труба из полиэтилена низкого давления плотностью не менее  $944\text{кг/м}^3$ , с коэффициентом теплопроводности  $0,43\text{Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$ . при наземной прокладке ПИ трубы выпускают в оболочке из оцинкованной стали толщиной  $0,55\text{-}1\text{мм}$ .

### **Теплоизоляция «КОРУНД»**

Принципом действия этой теплоизоляции является «эффект теплового зеркала». В полностью полимеризованном покрытии концентрация вакуумизированных пустот (микрогранулы пеностекла) составляет около 80%. Теплоизоляция позволяет, как отражать тепловой поток, так и задерживать его внутри себя. Материя сливается с защищаемой поверхностью, заполняя все микропоры, и полностью устраняет контакт поверхности с окружающей средой.



«КОРУНД» наносится послойно. Метод нанесения теплоизоляции – окраска. Расход при однослойном покрытии  $0,4\text{-}0,5\text{ мм}$ : 1 литр на  $2\text{м}^2$ . По данным изготовителя теплоизоляции «КОРУНД» теплопроводность ее составляет  $0,0011\text{-}0,0015\text{Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$ .

Сферы применения теплоизоляции «КОРУНД»:

- Объекты, требующие теплоизоляции и подверженные коррозии (технологическое оборудование: цистерны, баки, емкости для хранения воды, сжиженных газов, нефти и нефтепродуктов)
- Объекты, на которых возможна конденсация (воздуховоды, системы кондиционирования воздуха)
- Труднодоступные для обычной теплоизоляции объекты
- Производство и эксплуатация энергосберегающего оборудования
- Холодильные камеры и оборудование, кондиционеры
- Теплообменники
- Нефте-, газо-, водо-, паро-, и прочие трубопроводы
- Теплоизоляция крыш, наружных стен зданий.

## **2. Описание стенда. Порядок проведения работы и оформления отчета**

Экспериментальный стенд состоит из трех трубопроводов одинакового диаметра и длины: ПИ-труба, труба с нанесенной теплоизоляцией «КО-РУНД», труба без теплоизоляции. Температуры измеряются при помощи термометров.

Порядок проведения работ следующий:

- Изучить общие сведения.
- Залить трубопроводы стендов горячей водой (выполняется только лаборантом). После установления постоянных температур произвести замеры температуры воды в каждом трубопроводе, после чего засечь время. Произвести 10 замеров температур через каждые 5 минут. После окончания замеров слить воду из стендов (выполняется только лаборантом).
- Полученные результаты занести в таблицу опытных данных
- Построить графики зависимости  $Q(\tau)$  для всех трубопроводов.
- Определить тепловые потери всех трубопроводов.
- Проанализировать полученные результаты и записать выводы.

### 3. Обработка экспериментальных данных

Потеря теплоты трубопровода  $Q$ , Вт:

$$Q = \frac{m \cdot c \cdot (t_n - t_k)}{\tau}$$

где  $m$  – масса воды в модели, кг;

$t_n$  и  $t_k$  – начальная и конечная температура воды в трубопроводе, °С;

$\tau$  – время проведения опыта, с;

$c = 4190$  - удельная теплоемкость воды, Дж/кг·град.

Масса воды  $m$ , кг в модели:

$$m = \rho \cdot V$$

где  $\rho$  – плотность воды при температуре  $t_{cp}$ , кг/м<sup>3</sup> (см. приложение 1);

$V$  – объем воды в трубопроводе (для всех труб равен 2,3л=0,0023м<sup>3</sup>);

Средняя температура  $t_{cp}$ , °С:

$$t_{cp} = \frac{t_n + t_k}{2}$$

Таблица опытных и расчетных данных

№ опыта	Время ,мин	Температура воды, °С		
		ПИ-трубы	Корунд	Без изоляции
1	2	3	4	5

## Приложение 1

ПЛОТНОСТЬ ВОДЫ  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>, ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ВОДЫ  
40–90 °С

°С	40	50	60	70	80	90
0	992,24	988,07	983,24	977,81	971,83	965,34
1	991,86	987,62	982,72	977,23	971,21	964,67
2	991,47	987,15	982,2	976,66	970,57	963,99
3	991,07	986,69	981,67	976,07	969,94	963,3
4	990,66	986,21	981,13	975,48	969,3	962,61
5	990,25	985,73	980,59	974,79	968,65	961,92
6	989,82	985,25	980,05	974,29	968	961,22
7	989,4	984,75	979,5	973,68	967,34	960,51
8	988,96	984,25	978,94	973,07	966,68	959,81
9	988,52	983,76	978,38	972,45	966,01	959,09

[вернуться к оглавлению](#)

## Лабораторная работа №3

Исследование режимов работы скоростного водо-водяного водоподогревателя на примере спиралетрубчатого теплообменника «Буг».

**Цель работы:** определение эффективности работы скоростного спиралетрубчатого теплообменника «Буг» при прямоточном и противоточном движении теплоносителей.

### 1. Общие сведения

Теплообменными аппаратами (теплообменниками) называются устройства, предназначенные для передачи теплоты от одного теплоносителя к другому. В качестве теплоносителей в них используют пар, горячую воду, дымовые газы и другие тела. По принципу действия и конструктивному оформлению теплообменники разделяются на рекуперативные, регенеративные и смешительные.

В рекуперативных теплообменниках теплопередача от греющего теплоносителя к нагреваемому происходит через разделяющую их твердую стенку, например стенку трубы. Процесс теплообмена в них протекает обычно при стационарном режиме.

В зависимости от взаимного направления движения теплоносителей теплообменники этого типа подразделяются на противоточные, прямоточные и перекрестные.

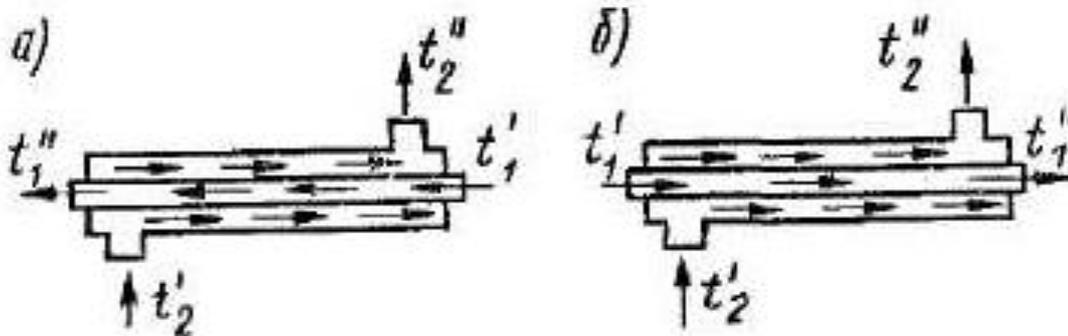


Рис. 1 Схемы движения теплоносителей в теплообменниках

Если теплоносители движутся в противоположном направлении (рис. 1а), теплообменники называются противоточными; при движении теплоносителей в одном направлении (рис. 1б) - прямоточными.

### Спиралетрубчатый теплообменник

#### Достоинства:

1. Компактность - монтаж теплообменников в вертикальном положении позволяет сократить до минимума требуемую площадь для их установки .

2. Высокая эффективность - коэффициент теплопередачи выше, чем в стандартных кожухотрубных и пластинчатых теплообменниках.

3. Низкий вес - вес теплообменников (одинаковых тепловых характеристик) ниже стандартных пластинчатых.

4. Условия работы - широкий диапазон давлений, расходов, температур и сред. Допускают высокую разницу давлений греющей и нагреваемой сред.

5. Низкие затраты на эксплуатацию - высокая стойкость от накипеобразований, простота очистки.



Теплообменник БУГ – проточное, противоточное оборудование, в котором обогревающая вода протекает по трубкам, а обогреваемая – в межтрубном пространстве кожуха. Поверхность теплообмена составляют геликоидальные соосные змеевики из противоходосвитых труб 0,8x0,6 мм. Пакет змеевика закончен двумя ситовидными стенками, размещенными в кожухе теплообменника. В случае обнаружения негерметичности трубки можно исключить её из работы, заглушив с двух сторон. Допускается заглушка 5% количества трубок. Теплообменник является неразборной сварной конструкцией и выполнен из высоколегированной аустенитной стали.

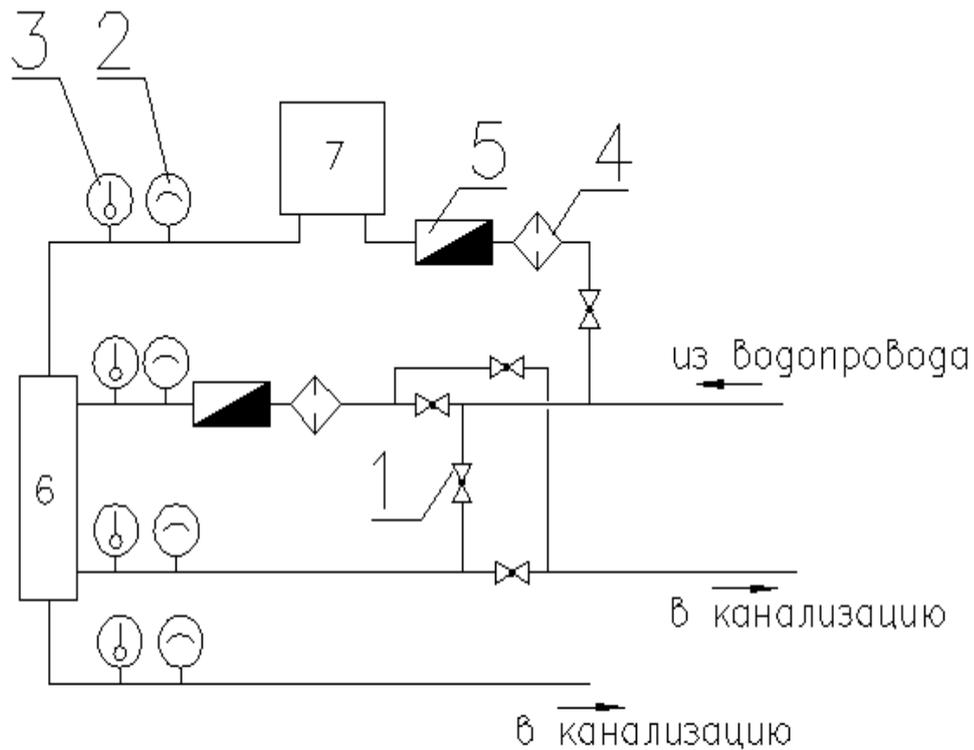
Срок службы теплообменника составляет 25 лет.

Теплообменники следует монтировать в вертикальном положении таким образом, чтобы исключить возможность переноса на их патрубки сил и изгибающих моментов с оборудования. Перед теплообменниками со стороны теплоносителя следует смонтировать устройство, отделяющее примеси.

## 2. Описание стенда

Схема измерительного стенда показана на рис. 2.

Вода в измерительном стенде подогревается в скоростном электронагревателе. Под давлением водопровода вода подается в теплообменник. Расход воды, циркулирующей в стенде, определяется при помощи счетчиков воды. Температуры воды на входе и выходе из отопительных приборов определяются термометрами.



- |                  |                                   |
|------------------|-----------------------------------|
| 1 – шаровой кран | 5 – счетчик воды                  |
| 2 – манометр     | 6 – теплообменник                 |
| 3 – термометр    | 7 – эл. водонагреватель проточный |
| 4 – фильтр       |                                   |

Рис. 2 Схема стенда

### 3. Порядок проведения опытов

Собрать необходимую схему на стенде при помощи шаровых кранов, открыть вентиль на холодном водопроводе и подать воду в стенд, включить проточный электрический водонагреватель на необходимый режим нагрева. Произвести замеры расходов греющей и нагреваемой воды. После установления постоянных температур произвести замеры температуры греющей и нагреваемой воды на входе и выходе из теплообменника. После окончания замеров выключить проточный электрический водонагреватель и отключить подачу воды в стенд.

### 4. Обработка экспериментальных данных

Коэффициент теплопередачи теплообменника определяется по формуле:

$$K = \frac{Q}{F \cdot \Delta t_{cp}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

где  $Q$  – мощность теплового потока, переданного от греющего теплоносителя к нагреваемому, Вт;

$F$  - поверхность нагрева теплообменника (по паспортным данным),  $\text{м}^2$ ;

$\Delta t_{cp}$  - средний температурный напор по всей поверхности нагрева,  $^{\circ}\text{C}$

$$\text{Средний температурный напор } \Delta t_{cp}: \Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}}$$

где  $\Delta t_{\max}$  и  $\Delta t_{\min}$  - максимальная и минимальная разности температур теплоносителей

для прямотока (см. рис. 1):

$$\Delta t_{cp} = \frac{(t'_1 - t'_2) - (t''_1 - t''_2)}{\ln \frac{t'_1 - t'_2}{t''_1 - t''_2}}$$

для противотока (см. рис. 1):

$$\Delta t_{cp} = \frac{(t'_1 - t''_2) - (t''_1 - t'_2)}{\ln \frac{t'_1 - t''_2}{t''_1 - t'_2}}$$

Мощность теплового потока, переданного от греющего теплоносителя к нагреваемому:

$$Q = 1,16 \cdot G \cdot (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}), \text{ Вт};$$

$t_{\text{вх}}$  - температура нагреваемой воды на входе в теплообменник,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{вых}}$  - температура нагреваемой воды на выходе из теплообменника,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$G$  - расход нагреваемой воды, кг/ч.

Таблица опытных и расчетных данных

№ опыта	Режим	Параметры греющей воды			Параметры нагреваемой воды			Средний температурный напор $\Delta t_{cp}$ , $^{\circ}\text{C}$	Мощность теплового потока $Q$ , Вт	Площадь поверхности нагрева $F$ , $\text{м}^2$	Коэффициент теплопередачи $K$ , Вт/( $\text{м}^2 \cdot \text{K}$ )
		Расход воды, л/мин (кг/ч)	Температура воды на входе, $^{\circ}\text{C}$	Температура воды на выходе, $^{\circ}\text{C}$	Расход воды, л/мин (кг/ч)	Температура воды на входе, $^{\circ}\text{C}$	Температура воды на выходе, $^{\circ}\text{C}$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	прямоток										
	противоток										

[вернуться к оглавлению](#)

## Лабораторная работа №4

Изучение предварительно термоизолированных пенополиуретаном стальных труб, фасонных изделий, комплектующих (Предварительно изолированные трубопроводы для систем централизованного тепло-снабжения)

**Цель работы:** Ознакомиться с конструкцией предварительно изолированных трубопроводов и материалами, из которых они изготовлены. Определить вид ПИ-труб и наименование фасонных изделий по каталогу.

### 1. Общие сведения

Трубы, предварительно изолированные в заводских условиях (ПИ-трубы), применяются при строительстве новых либо капитальном ремонте существующих трубопроводов систем отопления, горячего и холодного водоснабжения. ПИ-трубы представляют собой трехслойную систему "труба в трубе": внутренняя труба для теплоносителя, изготовленная из металла (чаще всего стали) либо других материалов, например, стеклопластика; теплоизоляционное покрытие из пенополиуретана; и внешняя защитная оболочка - полиэтиленовая (для подземной бесканальной прокладки) либо из оцинкованной жести (для надземной прокладки).

В качестве **внутренней трубы** могут использоваться (в зависимости от типа и температуры теплоносителя) как металлические трубы, так и трубы, изготовленные из термопластичных материалов - полипропилена, полиэтилена или стеклопластика.

**Теплоизоляционный слой** в ПИ-трубах с температурой теплоносителя до 130-150°C выполняется из жесткого пенополиуретана (ППУ). При более высоких температурах теплоносителя (до 1000°C) используются минераловатные утеплители либо комбинированный тип изоляции - полуминеральные цилиндры из минеральной ваты и ППУ.

Основные свойства ППУ отвечают требованиям Европейского стандарта и отечественных строительных норм:

- коэффициент теплопроводности - не более 0,033 Вт/м°К (самая низкая из современных теплоизоляторов), общая плотность - 80 кг/м<sup>3</sup>
- механические свойства слоя из ППУ: сопротивление на сжатие - не менее 0,30 МПа, сопротивление на срез - 0,13-0,40 МПа
- устойчивость ППУ к воздействию влаги
- высокая адгезия ППУ с поверхностью трубы
- высокая механическая прочность ППУ
- инертность ППУ к щелочным и кислотным средам
- нетоксичность
- срок службы изоляционного слоя, выполненного из жесткого ППУ, составляет не менее 30 лет.

Для бесканальной прокладки трубопроводов в грунте **внешняя защитная оболочка** ПИ-труб изготавливается из полиэтилена высокой

плотности (950 кг/м), имеющего высокую прочность при растяжении и коэффициент теплопроводности не более 0,43 Вт/м°К. Полиэтиленовые трубы выполняются без шва, устойчивы к механическим повреждениям и коррозии, действию ультрафиолетовых лучей. В случае надземной (воздушной) прокладки трубопровода оболочка изготавливается из оцинкованной стали толщиной 0,6-1,0 мм со спиральнозавальцованным замком.

Одно из неоспоримых преимуществ трубопроводов из ПИ-труб - возможность оборудования их системой обнаружения разрывов и аварий на трассах. **Система оперативного дистанционного контроля (СОДК)** представляет собой два медных провода, вмонтированные в слой изоляции из ППУ в процессе производства ПИ-трубы, которые подключаются к контрольным приборам. СОДК обеспечивает постоянный контроль уровня влажности изоляции в тепловых сетях: при его повышении на контрольные приборы, а затем на центральный пост подается соответствующий сигнал, что позволяет быстро и безошибочно определить место аварии и оперативно ее устранить.

Любая теплотрасса, а тем более смонтированная с применением ПИ-труб, представляет собой достаточно сложную систему, включающую в себя множество **фасонных элементов** - отводы, тройники, шаровые краны, компенсаторы. Эти элементы также могут быть каналом потерь тепла и поэтому, как и трубы, требуют изоляции.

Преимущества применения **термоусаживаемых муфт** при монтаже стыковых соединений ПИ-трубопроводов:

- Муфты изготавливаются по уникальной технологии на основе высокопрочного модифицированного полиэтилена, стойкого к воздействию ультрафиолетового излучения, что исключает самопроизвольную усадку муфт под воздействием солнечных лучей прямо на объекте. Муфты зарубежных производителей, хоть и имеют защитную оболочку, но она часто повреждается в процессе строительства и происходит самопроизвольная усадка муфты, что существенно затрудняет дальнейшую работу.

- Модифицированный полиэтилен, из которого изготавливаются муфты, в процессе производства расширяется с фиксацией нового размера, а при последующем нагреве в процессе монтажа муфты усаживается до первоначального состояния, что обеспечивает большее усилие обжима муфты на соединяемые полиэтиленовые оболочки ПИ-труб, по сравнению с обычными муфтами. Что обеспечивает максимальную герметизацию стыков ПИ-трубопроводов.

**Преимущества применения** предварительно изолированных пенополиуретаном труб обеспечивает:

- Снижение потерь тепла на трассе до 5 %
- Увеличение срока службы трассы до 30 лет
- Уменьшение затрат на текущие ремонты теплотрассы в 3 раза
- Сокращение эксплуатационных расходов в 9 раз

## 2. Порядок выполнения работы и оформление отчета

- изучить общие сведения
- определить вид ПИ-труб и наименование фасонных изделий по каталогу
- заполнить таблицу

Таблица 1

№ элемента на стенде	№ элемента в каталоге	Название элемента	Технические характеристики
1	2	3	4

[вернуться к оглавлению](#)

## Лабораторная работа №5

### Изучение устройства и принципа работы СОДК ПИ-труб

**Цель работы:** Изучение конструктивных элементов системы оперативного дистанционного контроля за состоянием тепловой изоляции ПИ-труб. Определение состояния тепловой изоляции при помощи переносного детектора повреждений для различных вариантов состояния ПИ-труб тепловой сети.

#### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Система контроля основана на применении датчика увлажнения изоляции, распределенного по всей длине трубопровода. Сигнальные медные проводники, находящиеся в теплоизоляционном слое каждого элемента трубопровода, соединяются по всей длине разветвленной сети трубопровода в двухпроводную линию, объединенную на концевых элементах в единую петлю. Эта петля из медных сигнальных проводников, стальная труба всех элементов трубопровода и теплоизоляционный слой из жесткого пенополиуретана между ними и образуют датчик увлажнения изоляции.

СОДК позволяет обнаружить участки с повышенной влажностью теплоизоляции. Принцип действия - измерение электрического сопротивления теплоизоляционного слоя между стальной трубой и проводами системы контроля. При контроле состояния влажности применяется принцип измерения электрической проводимости теплоизоляционного слоя. С увеличением влажности увеличивается электропроводимость теплоизоляции и уменьшается сопротивление изоляции. Увеличение влажности теплоизоляционного слоя может быть вызвано утечкой теплоносителя из стального трубопровода или проникновением влаги через внешнюю оболочку трубопровода.

СОДК включает:

1. медные сигнальные проводники в теплоизоляционном слое трубопровода, проходящий по всей длине ПИ-труб (основной и транзитный проводники). Основной – прерывистый, располагаемый справа по ходу движения теплоносителя; транзитный – сплошной, располагаемый слева. Все ответвления подключаются только в разрыв сигнального правого провода, левый транзитный провод не проходит через ответвления

2. коробки с вводами соединительного кабеля, с клеммной колодкой и разъемами (терминалы) для подключения приборов и соединения сигнальных проводников в точках контроля.

3. кабели для соединения сигнальных проводников с терминалами в точках контроля, а также на участках трубопровода без изоляции.

4. стационарный или переносной детектор повреждений.

Во всех концевых точках теплосети должны предусматриваться концевые измерительные терминалы. Максимальная длина кабеля от трубопровода до терминала не должна превышать 10м. Установка терминала в промежуточных и концевых точках контроля предусматривают только в надземных и настенных коверах (ящиках).

## 2. ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ И ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА

1. Изучить общие сведения. Изучить устройство элементов с выводом кабеля и терминалов СОДК.

2. Изучить принцип работы переносного детектора повреждений. Выполнить измерение сопротивления теплоизоляции поочередно на левом и правом концевых терминалах стенда. Выполнить для левой и правой части стенда поочередно измерения на промежуточном терминале. Сымитировать режимы «намокание» и «обрыв кабеля» и выполнить измерения сопротивления аналогично вышеуказанным. Полученные данные занести в таблицу 1.

Состояние объекта	Значения контрольных параметров	Световой сигнал
Трубопровод в исправном состоянии (только для модели «ДПП – АМ»)	Риз. > 1 МОм	«норма 1»
	500 кОм < Риз. < 1 МОм	«норма 2»
	100 кОм < Риз. < 500 кОм	«норма 3»
	50 кОм < Риз. < 100 кОм	«норма 4»
	5 кОм < Риз. < 50 кОм	«норма 5»
Трубопровод в исправном состоянии (только для модели «ДПП – А»)	Риз. > 5 кОм	"норма "
Обрыв сигнальных проводов	Rпр. > 200 Ом	"обрыв"
Намокание изоляции (или контакт провода с металлической трубой)	Риз. < 5 кОм	"намокание"
Намокание изоляции + обрыв сигнальных проводов	Риз. < 5 кОм + Rпр. > 200 Ом	"намокание" + "обрыв"

Таблица 1

№ опыта	Терминал	Сопротивление теплоизоляции	Примечание

3. Проанализировать результаты и сделать выводы.

[вернуться к оглавлению](#)

## Лабораторная работа №6

### Изучение современной системы горячего водоснабжения

**Цель работы:** Изучение элементов и режимов работы современной системы ГВС, изучения современного насосного оборудования для малых систем ГВС фирмы ГРУНДФОСС.

#### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Схемы систем ГВС бывают тупиковые и циркуляционные. Наличие в системе циркуляции гарантирует пользователю достаточно быстрое получение воды соответствующей температуры из водоразборной точки, исключая бесполезный слив недостаточно горячей воды в канализацию.

В РБ применяются две основных схемы систем ГВС: с циркуляционными стояками к каждому водоразборному и с дополнительным циркуляционным стояком.

#### 2. ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ И ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА

1. Определить тип системы ГВС. Вычертить схему стенда, пронумеровать элементы, самостоятельно идентифицировать их и подписать под рисунком их названия.

2. Заполнить систему ГВС водой из холодного водопровода.

3. Изучить циркуляционный насос. Записать марку насоса, расшифровать ее с помощью каталога производителя. Изучить режимы управления, в которых может работать насос. Включить насос и установить на нем постоянный режим 100%.

4. Изучить гидравлические режимы работы системы ГВС. Результаты занести в таблицу данных.

5. Изучить работу термостатического циркуляционного клапана системы ГВС на примере клапана марки 4010 ГЕРЦ Арматурен. Изучить устройство клапана. Подключить электрический водонагреватель. Выполнить прогрев циркулирующей в системе ГВС воды до температуры примерно 52<sup>0</sup>С. Полученные значения расходов записать в таблицу данных.

Таблица данных

№ опыта	Режим работы системы ГВС	Циркуляционный расход воды, л/ч		
		общий	в стояке 1	в стояке 2
1	только циркуляция			
2	маленький водоразбор			
3	очень большой водоразбор			
4	при температуре 52 <sup>0</sup> С			

6. Вычислить водоемкость системы ГВС. Проверить водоемкость системы ГВС опытным путем.

7. Проанализировать результаты и сделать выводы.

[вернуться к оглавлению](#)

## Лабораторная работа №7

### Изучение устройства тепловых пунктов

**Цель работы:** ознакомление с устройством индивидуального блочного теплового пункта ГК «Теплосила»; экскурсия на действующий центральный тепловой пункт для изучения его устройства.

#### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Тепловой пункт (ТП) – это комплекс трубопроводов, запорной арматуры, оборудования и приборов, обеспечивающий присоединение систем теплоснабжения к тепловым сетям

ТП делятся на индивидуальные тепловые пункты (ИТП), предназначенные для присоединения систем теплоснабжения одного здания или его части к сетям централизованного теплоснабжения, и центральные тепловые пункты (ЦТП) для присоединения индивидуальных тепловых пунктов двух и более зданий.

В настоящее время при новом строительстве, реконструкции, модернизации и капитальном ремонте тепловых сетей и систем теплоснабжения предусматривают оснащение объектов ИТП. Допускают устройство ЦТП для присоединения систем теплоснабжения одного здания, если для этого здания требуется устройство нескольких ИТП.

В тепловых пунктах осуществляется: преобразование, регулирование расхода и контроль параметров теплоносителя, распределение его по системам потребления теплоты; отключение систем потребления теплоты; защита местных систем от аварийного повышения параметров теплоносителя; заполнение и подпитка систем потребления теплоты; учет тепла; водоподготовка для систем горячего водоснабжения.

В состав оборудования ИТП входят: узел смешения или теплообменник, узел ввода и учета количества теплоты, циркуляционные и повысительные насосы, автоматические регуляторы расхода, температуры, давления и вспомогательное оборудование (грязевик, расширительный бак, термометры жидкостные, манометры), запорная арматура.

Системы теплоснабжения могут подсоединяться к тепловым сетям по зависимой (вода из тепловой сети подается непосредственно в систему) и независимой (вода из тепловой сети подается в теплообменник) схемам.

Зависимая схема дешевле, независимая надежнее и качество теплоносителя в системе теплоснабжения при этой схеме будет выше.

Зависимые схемы бывают с непосредственным подключением и подключением с узлом смешения. Первые наиболее просты и применяются в системах теплоснабжения от групповой котельной установки, предназначенной для зданий промпредприятия либо небольшого населенного пункта при совпадении температур теплоносителя в системе отопления  $t_r$  и в системе тепло-

снабжения  $T_1$ , не более 95...105 °С; узел смешения применяется при температурах в тепловой сети выше необходимой для системы теплоснабжения. Узлы смешения бывают со смесительным насосом; с циркуляционным насосом; с гидравлическим разделителем; с гидроэлеватором.

В системах централизованного теплоснабжения присоединяют теплообменники ГВС исходя из соотношения максимальных тепловых потоков на ГВС  $Q_{hmax}$  и на отопление  $Q_{omax}$ : при  $Q_{hmax}/Q_{omax} = 0,2...1,0$  по двухступенчатой схеме ( $\leq 0,6$  – по двухступенчатой последовательной схеме;  $> 0,6$  – двухступенчатой смешанной); при остальных соотношениях – по одноступенчатой параллельной. В параллельной одноступенчатой схеме работа системы ГВС не влияет на систему отопления. Сетевая вода поступает в теплообменник системы горячего водоснабжения и возвращается в обратный трубопровод теплосети.

## 2. ОПИСАНИЕ СТЕНДА

Схема экспериментального стенда «Блочный тепловой пункт ГК «Теплосила»» показана на рисунке 1. Вода в экспериментальном стенде подогревается в емкостном электронагревателе 1, имитирующем центральный источник теплоты. На стенде предполагается имитация трех вариантов ИТП: присоединение системы отопления к тепловой сети по независимой схеме (рисунок 1), присоединение системы отопления к тепловой сети по зависимой схеме (рисунок 2), одноступенчатая параллельная схема присоединения системы горячего водоснабжения (рисунок 3).

## 3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ И ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА

- Изучить схемы ИТП при присоединении систем отопления с независимым и зависимым присоединением к тепловой сети (рисунки 1 и 2), а также одноступенчатую параллельную схему присоединения системы горячего водоснабжения (рисунок 3). На схемах зачеркнуть элементы, не входящие в рассматриваемую схему.
- Изучить элементы ИТП, найти их на стенде для каждой схемы в соответствии с таблицами данных и кратко записать в таблицах их назначение.
- С использованием данных ГК «Теплосила» расшифровать маркировки оборудования, имеющегося в таблицах.
- Посетить на экскурсии действующий ЦТП.
- Записать выводы. В выводах дать ответ на вопросы:
  - а) какая схема подключения теплообменников ГВС применена в ЦТП, который вы посетили на экскурсии?
  - б) почему при новом строительстве, реконструкции, модернизации и капитальном ремонте тепловых сетей и систем теплоснабжения предусматривают оснащение объектов ИТП, а не ЦТП?

[вернуться к оглавлению](#)

## Лабораторная работа №8

Изучение работы индивидуальных тепловых пунктов при различных схемах присоединения к тепловым сетям

**Цель работы:** исследовать работу ИТП при независимой и зависимой схемах присоединения к тепловым сетям..

### 1. Порядок выполнения работы и оформления отчета

**Задание 1.** Используя знания, полученные в предыдущих лабораторных работах, выполнить независимое присоединение к тепловой сети. Подключить тепловую сеть при помощи насоса, имитирующего сетевой насос, установив его на 75% от максимальной производительности.

Осуществить пуск системы отопления. Избыточное статическое давление (при отсутствии циркуляции) в системе отопления создать в размере 0,18Мпа. Циркуляционный насос системы отопления установить на вторую скорость. Оборудование теплового пункта настроить на подпитку системы отопления при падении давления в системе отопления ниже 0,1Мпа. После пуска системы отопления убедиться в прогреве отопительного прибора, имитирующего внутреннюю систему водяного отопления здания.

**Задание 2.** Используя знания, полученные в предыдущих лабораторных работах, выполнить зависимое присоединение к тепловой сети. Смесительно-циркуляционный насос установить на вторую скорость и запустить насос.

Определить количество воды, поступающей в систему отопления из тепловой сети, при среднем положении штока регулирующего клапана, а также расходы в крайних положениях штока клапана.

Подключить ноутбук к контроллеру TTR-01A и при помощи программы **«Пользователь TTR-01»** установить на контроллере температурный график систем отопления зданий, подключенных от теплоисточников филиала Брестские тепловые сети» РУП «Брестэнерго» на 2020-2021 годы. Определить температуру воздуха на улице; температуру теплоносителя, поступающего из тепловой сети; заданную температуру теплоносителя, поступающего в систему отопления, а также фактическую температуру теплоносителя, поступающего в систему отопления.

[вернуться к оглавлению](#)

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ КУРСОВОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ» НА ТЕМУ «ГОРЯЧЕЕ  
ВОДОСНАБЖЕНИЕ ЖИЛОГО ДОМА»**

для студентов специальности 70 04 02 "Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна" для всех форм обучения, слушателей ИП-КиП специальности 1-70 04 71 "Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна"

**1. Исходные данные и состав курсовой работы**

В курсовой работе требуется разработать закрытую систему горячего водоснабжения (далее ГВС) жилого дома. Нагрев воды для системы осуществляется в индивидуальном тепловом пункте (ИТП) с использованием теплоносителя тепловых сетей.

Исходными данными в задании на курсовую работу являются: план типового этажа, этажность здания, высота этажа, гарантийный напор холодной водопроводной воды на вводе в ИТП.

В состав курсовой работы входит пояснительная записка (20-25 страниц) и графическая часть (1 лист формата А1). Пояснительная записка включает следующие разделы:

Титульный лист, задание с исходными данными, реферат, содержание, введение;

1. Выбор системы ГВС и ее конструирование;
2. Определение расчетных расходов воды и теплоты;
3. Гидравлический расчет подающих теплопроводов системы ГВС;
4. Определение потерь теплоты теплопроводами;
5. Определение циркуляционных расходов воды;
6. Гидравлический расчет циркуляционных теплопроводов;

Заключение;

Список использованной литературы.

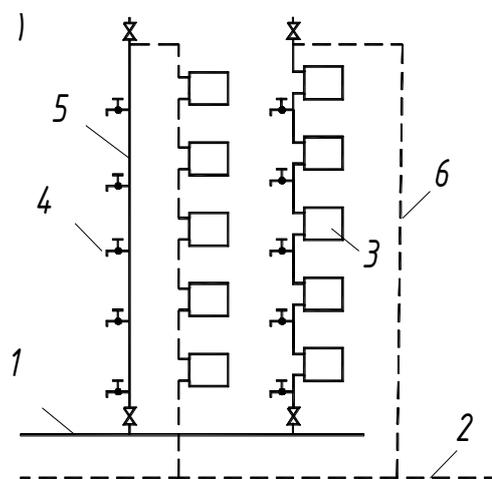
Графическая часть содержит:

1. планы типового этажа здания, подвала, чердака, с нанесением элементов системы ГВС в масштабе 1:100;
2. аксонометрическая схема теплопроводов системы ГВС с указанием номеров расчетных участков, их длины и диаметров, расходов воды и уклонов, с установкой запорной и водоразборной арматуры, устройств для выпуска воздуха и воды;
3. монтажная схема системы ГВС квартиры.

## 2. Выбор системы ГВС и ее конструирование

В курсовой работе необходимо обосновать выбор схемы внутридомовой системы ГВС исходя из конструктивных особенностей здания, планировочных решений помещений кухни, ванной и санузла, их взаимного расположения. Принципиальные схемы систем горячего водоснабжения представлены на рисунках 2.1, 2.2.

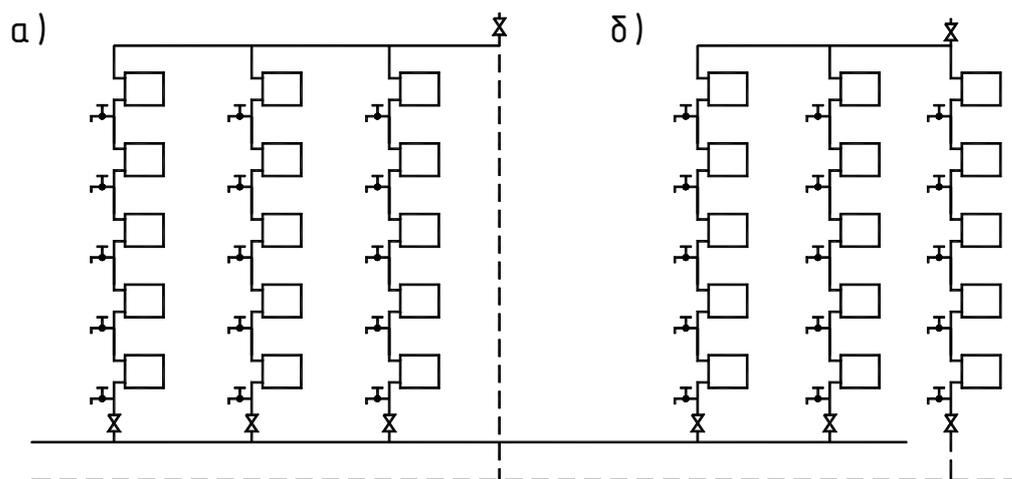
В соответствии с требованиями [1, п.9.4] при проектировании систем централизованного внутреннего горячего водоснабжения необходимо предусматривать циркуляцию горячей воды в водоразборных (подающих) трубопроводах.



1 –подающая магистраль; 2 –циркуляционная магистраль; 3 – полотенцесушитель; 4 – водоразборный кран; 5 – водоразборный стояк; 6 – циркуляционный стояк.

**Рисунок 2.1.– Схема системы горячего водоснабжения с нижней разводкой**

В системе с нижней разводкой, представленной на рисунке 2.1, полотенцесушители могут располагаться как на водоразборном, так и на циркуляционном стояке. Эта схема характеризуется большей металлоемкостью. В целях снижения металлоёмкости в жилых зданиях высотой свыше четырех этажей и зданиях большой протяженности (жилые здания более пяти секций) к циркуляционному стояку присоединяют несколько (от 3 до 7) подающих [1, п.9.22] стояков, как показано на рисунке 2.2, а. Также возможна схема с водоразборно-циркуляционным стояком (рисунок 2.2,б).



**Рисунок.2.2.–Посекционно закольцованные стояки: с дополнительным циркуляционным стояком (а); с водоразборно-циркуляционным стояком (б).**

Допускается не закольцовывать водоразборные стояки при протяженности кольцующей перемычки, превышающей суммарную протяженность циркуляционных стояков.

С целью удаления воздуха и спуска воды из системы ГВС горизонтальные теплопроводы прокладываются с уклоном не менее 0,002, при этом циркуляционный теплопровод располагают параллельно подающему.

ИТП рекомендуется размещать как можно ближе к середине здания, это положительно сказывается на увязке отдельных ветвей системы ГВС при гидравлическом расчете теплопроводов и на гидравлическом режиме системы в целом.

Стояки располагают в специальных нишах санитарно-технических блоков или в штрабах в капитальных стенах санузлов. Горизонтальную разводку теплопроводов от стояков к водоразборным приборам осуществляют на высоте 200 мм от пола открытым способом с уклоном 0,002-0,005.

В квартирах в зависимости от планировки устанавливается следующая водоразборная арматура: в ванной комнате – смеситель для ванны (высота установки от уровня чистого пола должна составлять 0,8м [2, п.6.2.9]) и смеситель для умывальника; на кухне – смеситель для мойки (раковины). В ванных комнатах устанавливаются полотенцесушители. Высота установки полотенцесушителей от уровня чистого пола должна составлять 1,2-1,3м [2, п.6.2.9].

Для уменьшения потерь теплоты предусматривается изоляция подающих и циркуляционных теплопроводов, а также стояков, кроме подводов к водоразборным приборам[1, п.9.8]. Выпуск воздуха из системы с нижней разводкой осуществляется через водоразборные приборы верхних этажей или через воздушные краны в верхней части подающих стояков. При верхней разводке теплопроводов выпуск воздуха ведут из верхних точек системы с помощью автоматических воздухоотводчиков. Для спуска воды из

системы в нижней части трубопроводов устанавливают сливные патрубки с запорной арматурой [1, п.9.6].

Установку запорной арматуры в системах горячего водоснабжения следует предусматривать на трубопроводах холодной и горячей воды у водоподогревателей (теплообменников); на ответвлениях трубопроводов к секционным узлам водоразборных стояков; у основания подающих и циркуляционных стояков в зданиях высотой 3 этажа и более, на ответвлениях от стояков в каждую квартиру, на вводах в здания. Обратные клапаны устанавливают у водоподогревателя (теплообменника) на циркуляционном теплопроводе и на трубопроводе холодной воды [1, п.9.13].

Для учета расхода воды применяют счетчики расхода воды:

- общедомовой, который устанавливают в закрытых системах теплоснабжения на трубопроводе холодной воды перед водоподогревателем (теплообменником) [1, п.11];
- квартирные, устанавливаемые на ответвлении от стояка в квартиру, на высоте 0,9÷1,5м от уровня чистого пола до оси счетчика [2, п.6.2.13].

Для трубопроводов системы ГВС применяются полимерные (полипропиленовые и полиэтиленовые) и металлополимерные трубы, стальные трубы с внутренним и наружным защитным покрытием от коррозии (оцинкованные).

### 3. Определение расчётных расходов воды и теплоты

Вероятность действия санитарно-технических приборов системы ГВС определяется по формуле:

$$P^h = \frac{q_{hr,u}^h \cdot U}{q_0^h \cdot N \cdot 3600}, \quad (3.1)$$

где  $q_{hr,u}^h$  – норма расхода горячей воды потребителем в час наибольшего водопотребления, л/ч, принимаемая по табл. 3.1;

$q_0^h$  – расход горячей воды водоразборным прибором, л/с, принимаемый по табл. 3.1;

$U$  – общее число потребителей горячей воды в жилом доме, чел, определяемое из условия, что в однокомнатной квартире живут 2 человека, в 2-х комнатной – 3, в 3-х комнатной – 4 и т. д.;

$N$  – количество водоразборных приборов в жилом доме, шт.

Вероятность использования санитарно-технических приборов для системы в целом определяется по формуле:

$$P_{hr}^h = \frac{3600P^h \cdot q_0^h}{q_{0,hr}^h}, \quad (3.2)$$

где  $q_{0,hr}^h$  – расход горячей воды санитарно-техническим прибором, л/ч, принимаемый по табл. 3.1.

Максимальный часовой расход воды  $q_{hr}^h$ , м<sup>3</sup>/ч, определяется по формуле:

$$q_{hr}^h = 0,005 \cdot q_{0,hr}^h \cdot \alpha_{hr}, \quad (3.3)$$

где  $\alpha_{hr}$  – коэффициент, определяемый по прил. В [1] (прил. 1 методических указаний), в зависимости от произведения общего числа приборов  $N$  и вероятности их использования  $P_{hr}^h$ .

Средний часовой расход воды, м<sup>3</sup>/ч, за сутки максимального водопотребления определяется по формуле:

$$q_T^h = \frac{q_u^h \cdot U}{1000 \cdot T}, \quad (3.4)$$

где  $q_u^h$  – норма расхода горячей воды потребителем в сутки наибольшего водопотребления, л/сут, принимаемая по таблице 3.1;

$T = 24$  ч – расчётное время потребления воды.

Тепловой поток за сутки максимального водопотребления на нужды горячего водоснабжения (с учетом теплопотерь) в кВт:

а) в течение среднего часа

$$Q_T^h = 1,16 \cdot q_T^h (55 - t^c)(1 + K^t) \quad (3.5)$$

б) в течение часа максимального потребления

$$Q_{hr}^h = 1,16 \cdot (q_{hr}^h + q_T^h \cdot K^t)(55 - t^c) \quad (3.6)$$

где  $t^c$  – температура холодной воды, °С, в сети холодного водопровода; при отсутствии данных ее следует принимать 5°С;

$K^t$  – коэффициент, учитывающий потери теплоты трубами, принимаемый по таблице 3.2

Таблица 3.1– Нормы расхода горячей воды одним жителем [1,табл.А.2]

Водопотребители	в сред- ние сут- ки $q_{u,t}^h$ , л/сут	в сутки наибольшего водопотреб- ления $q_u^h$ , л/сут	в час наибольшего водопотреб- ления $q_{hr,u}^h$ , л/ч	расход воды прибором $q_0^h$ ( $q_{0,hr}^h$ ), л/с (л/ч)
Жилые дома квартирно- го типа с ваннами дли- ной от 1500 до 1700 мм, оборудованными душа- ми	105	120	10	0,2 (200)

Таблица 3.2 – Значения  $K^t$  в зависимости от типа системы горячего водоснабжения (ГВС) и степени изоляции стояков

Тип системы горячего водоснабжения	Значения $K^t$	
	При наличии наруж- ных распределитель- ных сетей ГВС от ЦТП	Без наружных распределитель- ных сетей ГВС
Без полотенцесушителей с изо- лированными стояками	0,15	0,1
С полотенцесушителями и изо- лированными стояками	0,25	0,2
С полотенцесушителями и не- изолированными стояками	0,35	0,3

#### 4. Гидравлический расчет подающих теплопроводов

Задачей гидравлического расчета является определение диаметров теплопроводов и потерь напора в системе. К гидравлическому расчету приступают после вычерчивания аксонометрической схемы подающих теплопроводов системы ГВС.

Гидравлический расчет систем ГВС следует производить на расчетный расход горячей воды с учетом циркуляционного расхода  $q^{h,cir}$ , л/с, [1]. На данном этапе проектирования значения циркуляционных расходов воды неизвестны, поэтому гидравлический расчет подающих трубопроводов внутридомовой системы производят без учёта циркуляционных расходов. Впоследствии, определив циркуляционные расходы, выполняют корректировку гидравлического расчёта систем горячего водоснабжения.

Расчет теплопроводов производят последовательно, в направлении от самого удаленного и требующего наибольшего рабочего напора водоразборного прибора (диктующего) до водоподогревателя (теплообменника), по этому же принципу нумеруют расчетные участки. Расчетным участком называют отрезок теплопровода между двумя ответвлениями, на протяжении которого не изменяется расход воды и диаметр.

При присоединении к водоразборному стояку полотенцесушителей по проточной схеме, без короткозамыкающих участков, в расчетную длину участка стояка при гидравлическом расчете включают длину трубопроводов полотенцесушителей.

Максимальный расчетный расход горячей воды на участке сети  $q^h$ , л/с, определяют по формуле:

$$q^h = 5q_0^h \cdot \alpha, \quad (4.1)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, определяемый в зависимости от общего числа приборов  $N$  и вероятности их действия  $P^h$  по приложению 1 методических указаний.

Значение  $q_0^h$  для участка, который обеспечивает горячей водой однотипные приборы, определяют по таблице 4.1. В случае если расчетный участок обеспечивает горячей водой различные приборы – по таблице 3.1.

Таблица 4.1– Расход горячей воды санитарными приборами [1, прил. А]

Санитарные приборы	Секундный расход воды $q_0^h$ , л/с	Часовой расход воды $q_{0,hr}^h$ , л/ч
Умывальник со смесителем	0,09	40
Мойка со смесителем	0,09	60
Ванна со смесителем	0,18	200

Условный диаметр расчётного участка подбирается по таблицам для расчета трубопроводов холодной воды в зависимости от расхода и скорости воды с учетом зарастания труб накипью (зарастание учитывается только для закрытых систем ГВС из стальных труб) и, вследствие этого, уменьшения диаметров. Скорость движения горячей воды в трубопроводах системы горячего водоснабжения не должна превышать 1,5 м/с [1, п. 10.2.8]. Наиболее экономичны пределы скоростей 0,7 ÷ 1,5 м/с (для полимерных трубопроводов экономичные пределы скоростей могут отличаться от приведенных и должны приниматься по рекомендациям производителей).

Потери напора, м, на участках трубопроводов систем горячего водоснабжения следует определять по формуле:

$$H = R \cdot l \cdot (1 + k_l), \quad (4.2)$$

где  $R$  – удельные потери напора, м/м, принимаемые по данным производителей трубопроводов (прил. 2 методических указаний для стальных труб и прил. 3 – 5 методических указаний для полимерных труб);

$l$  – длина участка трубы, м;

$k_l$  – коэффициент, учитывающий потери напора в местных сопротивлениях, значения которого следует принимать: 0,2 – для подающих и циркуляционных распределительных трубопроводов; 0,5 – для трубопроводов в пределах тепловых пунктов, а также для трубопроводов водоразборных и циркуляционных стояков с полотенцесушителями; 0,1 – для трубопроводов водоразборных и циркуляционных стояков без полотенцесушителей [1].

Гидравлический расчет сводят в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Гидравлический расчёт подающих трубопроводов

№ расчётного участка	Общее число приборов на расчётном участке $N$ , шт	вероятность действия $P^h$	$NP^h$	Коэффициент $\alpha$	Расчётный расход $q^h$ , л/с	Диаметр трубопровода $D$ , мм	Скорость воды $v$ , м/с	Длина участка $l$ , м	Удельные потери напора $R$ , м/м	коэффициент $k_1$	Потери напора на участке $H$ , м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Разность потерь напора по двум расчетным направлениям (от точки разветвления) через наиболее удаленный водоразборный стояк и ближайший водоразборный стояк здания относительно его теплового ввода не должна превышать 10% [1, п.10.2.7]. Увязку производят изменением диаметров труб на отдельных участках.

### 5. Определение потерь теплоты теплопроводами

Потери теплоты теплопроводами и полотенцесушителями системы горячего водоснабжения определяют с целью нахождения циркуляционного расхода воды, который предназначен для восполнения этих потерь.

Удельные теплотери неизолированными полимерными теплопроводами  $q^{ht}$ , Вт/м, принимают по данным производителей трубопроводов в зависимости от наружного диаметра теплопровода  $d_H$ , разницы средней температуры воды в системе горячего водоснабжения  $t_m^h$  и температуры окружающей среды  $t_0$  (прил. 6, 7 методических указаний).

Средняя температура воды в системе горячего водоснабжения, °С:

$$t_m^h = 0,5 \cdot (t_H^h + t_K^h) \quad (5.1)$$

где  $t_H^h$  и  $t_K^h$  – соответственно температуры горячей воды на выходе из водоподогревателя и у самого удаленного водоразборного прибора, °С, принимаемые равными 60 и 50°С [1, п.5.4].

Температуру окружающей среды  $t_0$  принимают в зависимости от места прокладки теплопровода: в подвале +5°С; на чердаке +10°С; в кухнях, туалетах +21°С; в ванных комнатах +25°С; в каналах, шахтах +23°С, [3, с.289].

Удельные теплотери стальными теплопроводами, Вт/м, определяют по формуле:

$$q^{ht} = 3,14 \cdot d_n \cdot k \cdot (t_m^h - t_0), \quad (5.2)$$

где  $d_n$  – наружный диаметр теплопровода, м, (для стальных трубопроводов по таблице прил. 2 методических указаний);

$k=11,6$  Вт/(м<sup>2</sup>°С) – коэффициент теплопередачи неизолированного стального теплопровода, [3, с.289].

Потери теплоты, Вт, на расчетном участке:

$$Q^{ht} = q^{ht} \cdot l \cdot (1 - \eta), \quad (5.3)$$

где  $l$  – длина расчетного участка, м;

$\eta = 0,6 - 0,8$  – КПД тепловой изоляции.

По результатам расчёта определяют суммарные потери теплоты трубопроводами и полотенцесушителями жилого здания  $Q^{ht}$ .

Расчет потерь теплоты сводят в таблице 5.1.

Таблица 5.1– Определение потерь теплоты теплопроводами

№ участка	Наружный диаметр трубопровода $d_n$ , мм	Длина участка $l$ , м	Температура окружающей среды $t_0$ , °С	$t_m^h - t_0$ , °С	Удельные теплотопотери $q^{ht}$ , Вт/м	$1 - \eta$	Потери теплоты стояков $Q^{ht}$ , Вт	Потери теплоты полотенцесушителями $Q_n$ , Вт	Суммарные теплотопотери стояков и полотенцесушителей $\Sigma Q^{ht}$ , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

## 6. Определение циркуляционных расходов воды

Циркуляционный расход воды в системе ГВС определяют при условии отсутствия водоразбора, исходя из теплопотерь и остывания горячей воды в теплопроводах от водоподогревателя (теплообменника) до наиболее удаленной водоразборной точки.

Циркуляционный расход горячей воды, л/с, в системе:

$$q^{cir} = \beta \cdot \frac{\Sigma Q^{ht}}{4,2 \cdot 10^3 \cdot \Delta t}, \quad (6.1)$$

где  $\beta = 1$  – коэффициент разрегулировки циркуляции;

$\Sigma Q^{ht}$  – суммарные теплопотери всеми теплопроводами системы, включая все полотенцесушители, Вт;

$\Delta t$  – разность температур в подающих теплопроводах системы от водоподогревателя до наиболее удаленной водоразборной точки.

Распределение циркуляционного расхода воды по отдельным участкам и стоякам системы проводят пропорционально потерям теплоты в них методом экстраполяции [1, п.10.2.5].

## 7. Корректировка гидравлического расчёта подающих теплопроводов

Определив циркуляционные расходы воды  $q^{cir}$  на отдельных участках сети ГВС, уточняют расчётные значения расходов горячей воды с учетом циркуляционного  $q^{h,cir}$  на участках подающих трубопроводов внутридомовой системы до первого водоразборного стояка (по ходу движения воды) по формуле:

$$q^{h,cir} = q^h \cdot (1 + k_{cir}), \quad (7.1)$$

где  $k_{cir}$  – коэффициент, принимаемый для начальных участков систем до первого водоразборного стояка по табл. 7.1.

Затем, исходя из  $q^{h,cir}$ , уточняют удельные потери давления и скорость движения воды на участках, которая не должна превышать 3 м/с. Если скорость движения воды превышает допустимое значение, то увеличивают диаметр участка. Корректировку гидравлического расчета для остальных участков не производят [3, с. 297].

Таблица 7.1– Значения коэффициента  $k_{cir}$  для систем ГВС

$\frac{q^h}{q^{cir}}$	$k_{cir}$	$\frac{q^h}{q^{cir}}$	$k_{cir}$
1,2	0,57	1,7	0,36
1,3	0,48	1,8	0,33
1,4	0,43	1,9	0,25
1,5	0,40	2,0	0,12
1,6	0,38	2,1 и более	0,00

## 8. Гидравлический расчёт циркуляционных теплопроводов

Задачей гидравлического расчета является определение диаметров циркуляционных теплопроводов, потерь давления в них и в циркуляционных кольцах. Гидравлический расчет циркуляционных колец производится при условии отсутствия водоразбора и пропуска только циркуляционных расходов воды, при этом диаметры подающих теплопроводов уже определены в п. 4 и не изменяются, а определяются только диаметры циркуляционных теплопроводов.

Расчет производится аналогично расчету подающих теплопроводов. В проекте производят увязку потерь напора циркуляционных колец (начиная от точек разветвления) через наиболее удаленный и ближайший стояки здания относительно ИТП. Разность потерь напора в циркуляционных кольцах допускается не более 10 %[1, п.10.2.7]. При невозможности увязки потерь напора путем изменения диаметров теплопроводов на участках циркуляционной сети следует предусматривать установку балансировочной арматуры у основания циркуляционных стояков [1, п. 10.2.5].

Расчет сводят в таблицу 8.1

Таблица 8.1– Гидравлический расчет циркуляционных теплопроводов

№ участка	Длина участка $l$ , м	Циркуляционный расход воды $q^{cir}$ , л/с	Диаметр трубопровода $D$ , мм	Скорость движения воды $v$ , м/с	Удельные потери напора $R$ , м/м	Коэффициент $k_l$	Потери напора $H^{cir}$ , м	Применчение
1	2	3	4	5	6	7	8	9

## 9. Пример расчета системы ГВС с полотенцесушителями на циркуляционных стояках

**ПРИМЕР.** Запроектировать закрытую систему ГВС жилого 2-секционного 5-этажного дома (рис 9.1). Материал стояков и внутриквартирных теплопроводов – полипропилен; материал магистральных теплопроводов - сталь. Мощность полотенцесушителя 100Вт, размеры полотенцесушителя в осях 500×500мм

### РЕШЕНИЕ.

#### Определение расчетных расходов воды и теплоты

Вероятность действия санитарно-технических приборов системы горячего водоснабжения:

$$P^h = \frac{q_{hr,u}^h \cdot U}{q_0^h \cdot N \cdot 3600} = \frac{10 \cdot 90}{0,2 \cdot 120 \cdot 3600} = 0,01$$

Вероятность использования санитарно-технических приборов для системы в целом определяется по формуле:

$$P_{hr}^h = \frac{3600 P^h \cdot q_0^h}{q_{0,hr}^h} = \frac{3600 \cdot 0,01 \cdot 0,2}{200} = 0,036$$

По значению  $N \cdot P_{hr}^h = 120 \cdot 0,036 = 4,32$  находим безразмерный коэффициент  $\alpha_{hr} = 2,32$  (прил. 1 методических указаний).

Средний часовой расход воды за сутки максимального водопотребления:

$$q_T^h = \frac{q_u^h \cdot U}{1000 \cdot T} = \frac{120 \cdot 90}{1000 \cdot 24} = 0,45 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Максимальный часовой расход воды  $q_{hr}^h$  определяется по формуле:

$$q_{hr}^h = 0,005 \cdot q_{0,hr}^h \cdot \alpha_{hr} = 0,005 \cdot 200 \cdot 2,32 = 2,32 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Тепловой поток за сутки максимального водопотребления на нужды горячего водоснабжения (с учетом теплопотерь) в кВт:

а) в течение среднего часа

$$Q_T^h = 1,16 \cdot q_T^h (55 - t^c) (1 + K^t) = 1,16 \cdot 0,45 \cdot (55 - 5) \cdot (1 + 0,2) = 31,3 \text{ кВт}$$

б) в течение часа максимального потребления

$$Q_{hr}^h = 1,16 \cdot (q_{hr}^h + q_T^h \cdot K^t) (55 - t^c) = 1,16 \cdot (2,32 + 0,45 \cdot 0,2) \cdot (55 - 5) = 139,8 \text{ кВт}$$

## Гидравлический расчет подающих теплопроводов

Принимаем к проектированию систему с нижней разводкой по схеме, показанной на рисунке 2.2а с дополнительным циркуляционным стояком. Расстановка стояков, магистралей показана на планах этажа и подвала (рисунки 9.1,9.2).

Вычерчиваем аксонометрическую схему внутреннего водопровода (рисунок 9.3) и приступаем к определению расчетных расходов. Для этого выбираем расчетное направление водопровода от диктующего водоразборного устройства – смесителя для ванной на 5 этаже стояка СтТЗ-1, которое разбиваем на расчетные участки. Расчет подающих теплопроводов сводим в таблицу 9.1. (Расчет произведен для полипропиленовых трубопроводов по таблице прил. 3 методических указаний, для стальных труб по таблице прил.2 методических указаний).

Расчет сводим в таблицу 9.1.

Разность потерь напора по двум расчетным направлениям (от точки разветвления) через наиболее удаленный водоразборный стояк ( $4,91-0,75-0,4=3,76\text{м}$ ) и ближайший водоразборный стояк здания ( $2,79\text{м}$ ) относительно его теплового ввода не должна превышать 10% —  $100 \cdot (3,76-2,79)/3,76=25,8\%$ . Для гидравлической увязки в основании стояка СтТЗ-4 устанавливаем ручной балансировочный клапан (РБК) фирмы ТА марки STAD диаметром 20мм (условный диаметр участка 32-10). Определяем требуемое сопротивление РБК  $\Delta P = 3,76-2,79=0,97\text{м} = 9,7\text{кПа}$ . По требуемому сопротивлению и расходу воды на участке 32-10 по данным каталога изготовителя определяем настройку РБК. В данном случае принимаем настройку «3,5». Перепад давления на РБК при настройке «3,5» составляет  $9,14\text{кПа} = 0,914\text{м}$ . Разность потерь напора по двум расчетным направлениям после установки РБК составит  $100 \cdot (3,76-(2,79+0,914))/3,76=1,5\% < 10\%$ .

Таблица 9.1– Гидравлический расчёт подающих трубопроводов

№ расчётного участка	Общее число приборов на расчётном участке $N$ , шт	вероятность действия $P^h$	$NP^h$	Коэффициент $\alpha$	Расчётный расход $q^h$ , л/с	Диаметр трубопровода $D$ , мм	Скорость воды $v$ , м/с	Длина участка $l$ , м	Удельные потери напора $R$ , м/м	коэффициент $k_1$	Потери напора на участке $H_m$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
СтТ3-1											
1-2	1	0,01	0,01	0,2	0,18	20x3,4	1,3	1	0,1679	0,5	0,25
2-3	2	0,01	0,02	0,215	0,215	25x4,2	0,975	0,8	0,07743	0,5	0,09
3-4	3	0,01	0,03	0,237	0,237	25x4,2	1,085	5,5	0,09331	0,5	0,77
4-5	6	0,01	0,06	0,289	0,289	25x4,2	1,345	3	0,13086	0,1	0,43
5-6	9	0,01	0,09	0,331	0,331	25x4,2	1,524	3	0,16856	0,1	0,56
6-7	12	0,01	0,12	0,367	0,367	32x5,4	1,001	3	0,06153	0,1	0,20
7-8	15	0,01	0,15	0,399	0,399	32x5,4	1,097	7	0,07071	0,2	0,59
8-9	30	0,01	0,3	0,534	0,534	25	1,27	1	0,2589	0,2	0,31
9-10	45	0,01	0,45	0,645	0,645	32	0,82	7	0,0638	0,2	0,54
10-11	60	0,01	0,6	0,742	0,742	32	0,94	4	0,0843	0,2	0,40
11-12	120	0,01	1,2	1,071	1,071	32	1,36	3,5	0,1796	0,2	0,75
									Сумма		4,91
СтТ3-2 (СтТ3-3)											
12-13	1	0,01	0,01	0,2	0,18	20x3,4	1,3	1	1,679	0,5	0,25
13-14	2	0,01	0,02	0,215	0,215	25x4,2	0,975	0,8	0,7743	0,5	0,09
14-15	3	0,01	0,03	0,237	0,237	25x4,2	1,085	5,5	0,9331	0,5	0,77
15-16	6	0,01	0,06	0,289	0,289	25x4,2	1,345	3	1,3086	0,1	0,43
16-17	9	0,01	0,09	0,331	0,331	25x4,2	1,524	3	1,6856	0,1	0,56
17-18	12	0,01	0,12	0,367	0,367	32x5,4	1,001	3	0,6153	0,1	0,20
18-8	15	0,01	0,15	0,399	0,399	32x5,4	1,097	4,5	0,7071	0,2	0,38
									Сумма		2,69
СтТ3-4											
26-27	1	0,01	0,01	0,2	0,18	20x3,4	1,3	1,8	1,679	0,5	0,45
27-28	2	0,01	0,02	0,215	0,215	25x4,2	0,975	0,2	0,7743	0,5	0,02
28-29	3	0,01	0,03	0,237	0,237	25x4,2	1,085	5,3	0,9331	0,5	0,74
29-30	6	0,01	0,06	0,289	0,289	25x4,2	1,345	3	1,3086	0,1	0,43
30-31	9	0,01	0,09	0,331	0,331	25x4,2	1,524	3	1,6856	0,1	0,56
31-32	12	0,01	0,12	0,367	0,367	32x5,4	1,001	3	0,6153	0,1	0,20
32-10	15	0,01	0,15	0,399	0,399	32x5,4	1,097	4,5	0,7071	0,2	0,38
									Сумма		2,79

## Определение потерь теплоты теплопроводами

Расчет потерь теплоты подающими теплопроводами сводим в таблицу 9.2.

Таблица 9.2 – Определение потерь теплоты подающими теплопроводами

№ участка	Наружный диаметр трубопровода $d_n$ , мм	Длина участка $l$ , м	Температура окружающей среды $t_0$ , °C	$t_m^h - t_0$ , °C	Удельные теплопотери $q^h$ , Вт/м	$1 - \eta$	Потери теплоты стояков $Q^h$ , Вт	Потери теплоты полотенцесушителями $Q_n$ , Вт	Суммарные теплопотери стояков и полотенцесушителей $\Sigma Q^h$ , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>СтТ3-1</b>									
1-4 В	25	3	23	32	20,7	0,2	12	0	12
4-5 В	25	3	23	32	20,7	0,2	12	0	12
5-6 В	25	3	23	32	20,7	0,2	12	0	12
6-7 В	32	3	23	32	25,1	0,2	15	0	15
7-8 В	32	3,5	23	32	25,1	0,2	18	0	18
Г	32	3,5	5	50	51,8	0,2	36	0	36
1-2 В	16	12	23	32	17,1	0,2	41	500	541
Г	16	5	23	32	21,1	0,2	21	0	21
Г	16	4	5	50	36,3	0,2	29	0	29
								$\Sigma=$	696
8-9	33,5	1	5	50	61,0	0,2	12	0	12
9-10	42,3	7	5	50	77,0	0,2	108	0	108
10-11	42,3	4	5	50	77,0	0,2	46	0	62
11-12	42,3	3,5	5	50	77,0	0,2	54	0	54
								$\Sigma=$	236
<b>СтТ3-2 (СтТ3-3)</b>									
7-15 В	25	3	23	32	20,7	0,2	12	0	12
15-16 В	25	3	23	32	20,7	0,2	12	0	12
16-17 В	25	3	23	32	20,7	0,2	12	0	12
17-18 В	32	3	23	32	25,1	0,2	15	0	15
18-8 В	32	3,5	23	32	25,1	0,2	18	0	18
Г	32	1	5	50	51,8	0,2	10	0	10
7-2 В	16	12	23	32	17,1	0,2	41	500	541

Продолжение таблицы 9.2

Г	16	5	23	32	21,1	0,2	21	0	21
Г	16	1,5	5	50	36,3	0,2	11	0	11
								Σ=	652
СтТЗ-4									
9-29 В	25	3	23	32	20,7	0,2	12	0	12
29-30 В	25	3	23	32	20,7	0,2	12	0	12
30-31 В	25	3	23	32	20,7	0,2	12	0	12
31-32 В	32	3	23	32	25,1	0,2	15	0	15
32-10 В	32	3,5	23	32	25,1	0,2	18	0	18
Г	32	1	5	50	51,8	0,2	10	0	10
9-4 В	16	12	23	32	17,1	0,2	41	500	541
Г	16	5	23	32	21,1	0,2	21	0	21
Г	16	1,5	5	50	36,3	0,2	11	0	11
								Σ=	652

### Определение циркуляционных расходов воды

Циркуляционный расход горячей воды, л/с, в системе

$$q^{cir} = \beta \frac{\Sigma Q^{ht}}{4,2 \cdot 10^3 \cdot \Delta t} = 1 \cdot \frac{(696 + 652 + 652 + 652 + 12 + 108 + 62) \cdot 2 + 54}{4,2 \cdot 1000 \cdot 10} = 0,136 \text{ л/с} = 0,49 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Циркуляционный расход воды в стояке 1:  $q_1^{cir} = 0,136 \cdot \frac{696}{5722} = 0,0165 \text{ л/с}$

Циркуляционный расход воды в стояках 2,3,4:

$$q_{2,3,4}^{cir} = 0,136 \cdot \frac{652}{5722} = 0,0155 \text{ л/с}$$

Циркуляционный расход на участке 8-9:  $q_{8-9}^{cir} = 0,136 \cdot \frac{12}{5722} = 0,0003 \text{ л/с}$

Циркуляционный расход на участке 9-10:  $q_{9-10}^{cir} = 0,136 \cdot \frac{108}{5722} = 0,0026 \text{ л/с}$

Циркуляционный расход на участке 10-11:  $q_{10-11}^{cir} = 0,136 \cdot \frac{62}{5722} = 0,0015 \text{ л/с}$

Циркуляционный расход на участке 11-12:  $q_{11-12}^{cir} = 0,136 \cdot \frac{54}{5722} = 0,0012 \text{ л/с}$

Проверка:  $(0,0165 + 0,0155 \cdot 3 + 0,0003 + 0,0026 + 0,0015) \cdot 2 + 0,0012 = 0,136 \text{ л/с}$  – невязка 0 % (допустимо до 1%).

## Корректировка гидравлического расчёта подающих теплопроводов

Уточняем расчётные значения расходов горячей воды с учетом циркуляционного  $q^{h,cir}$  на участках подающих трубопроводов внутридомовой системы до первого водоразборного стояка (по ходу движения воды).

Значение коэффициента  $k_{cir}$  для систем горячего водоснабжения по таблице 7.1:  $\frac{q^h}{q^{cir}} = \frac{1,071}{0,136} = 7,88 > 2,1$   $k_{cir} = 0$

Таким образом,  $q^{h,cir} = q^h = 1,071 \text{ л/с}$  - расчетный расход воды на участках 11-12 и 10-11 не изменяется, корректировка гидравлического расчета не требуется.

### Гидравлический расчет циркуляционных теплопроводов

Гидравлический расчет циркуляционных теплопроводов сводим в таблицу 9.3.

Для гидравлической увязки в основании стояка СтТ4-4 устанавливаем ручной балансировочный клапан (РБК) фирмы ТА марки STAD диаметром 10мм (условный диаметр участка 9-4). Определяем требуемое сопротивление РБК  $\Delta P = 1,601 - 1,176 = 0,425 \text{ м} = 4,25 \text{ кПа}$ . По требуемому сопротивлению и расходу воды на участке 9-4 по данным каталога изготовителя определяем настройку РБК. В данном случае принимаем настройку «2,2». Перепад давления на РБК при настройке «2,2» составляет  $3,28 \text{ кПа} = 0,328 \text{ м}$ . Разность потерь напора по двум расчетным направлениям после установки РБК составит  $100 \cdot (1,601 - (1,176 + 0,328)) / 1,601 = 6\% < 10\%$ .

Таблица 9.3 – Гидравлический расчет циркуляционных теплопроводов

№ участка	Длина участка $l$ , м	Циркуляционный расход воды $q^{cir}$ , л/с	Диаметр трубопровода $D$ , мм	Скорость движения воды $v$ , м/с	Удельные потери напора $R$ , м/м	Коэффициент $k_f$	Потери напора $H^{cir}$ , м	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9
11-12	3,5	0,136	32	0,173	0,0029	0,2	0,0121	подающий трубопровод
10-11	4	0,068	32	0,088	0,0010	0,2	0,0049	
9-10	7	0,0504	32	0,066	0,0008	0,2	0,0064	
8-9	1	0,0323	25	0,078	0,0027	0,2	0,0033	
7-8	7	0,0165	32x5,4	0,1	0,0004	0,2	0,0034	
6-7	3	0,0165	32x5,4	0,1	0,0004	0,1	0,0013	
5-6	3	0,0165	25x4,2	0,1	0,0011	0,1	0,0036	
4-5	3	0,0165	25x4,2	0,1	0,0011	0,1	0,0036	
1-4	3	0,0165	25x4,2	0,1	0,0011	0,1	0,0036	
1-2	21	0,0165	16x2,7	0,165	0,0072	0,5	0,2274	циркуляционный трубопровод
2-3	1,5	0,0323	16x2,7	0,323	0,0219	0,2	0,0394	
3-4	6,5	0,0504	16x2,7	0,604	0,0473	0,2	0,3692	
4-5	4,5	0,068	16x2,7	0,78	0,0843	0,2	0,4553	
5-6	4	0,136	20x3,4	0,980	0,0973	0,2	0,4672	
						$\Sigma=$	1,601	
11-12	3,5	0,136	32	0,173	0,0029	0,2	0,0122	подающий трубопровод
10-11	4	0,068	32	0,088	0,0010	0,2	0,0048	
32-10	4,5	0,0176	32x5,4	0,1	0,0004	0,2	0,0022	
31-32	3	0,0176	32x5,4	0,1	0,0004	0,1	0,0013	
30-31	3	0,0176	25x4,2	0,1	0,0011	0,1	0,0036	
29-30	3	0,0176	25x4,2	0,1	0,0011	0,1	0,0036	
9-29	3	0,0176	25x4,2	0,1	0,0011	0,1	0,0036	
9-4	18,5	0,0176	16x2,7	0,176	0,008	0,5	0,222	циркуляционный трубопровод
4-5	4,5	0,068	16x2,7	0,780	0,0843	0,2	0,4552	
5-6	4	0,136	20x3,4	0,980	0,0973	0,2	0,4670	
						$\Sigma=$	1,176	
Невязка: $(1,601-1,176)/1,601 \cdot 100=26,5 \% > 10\%$								

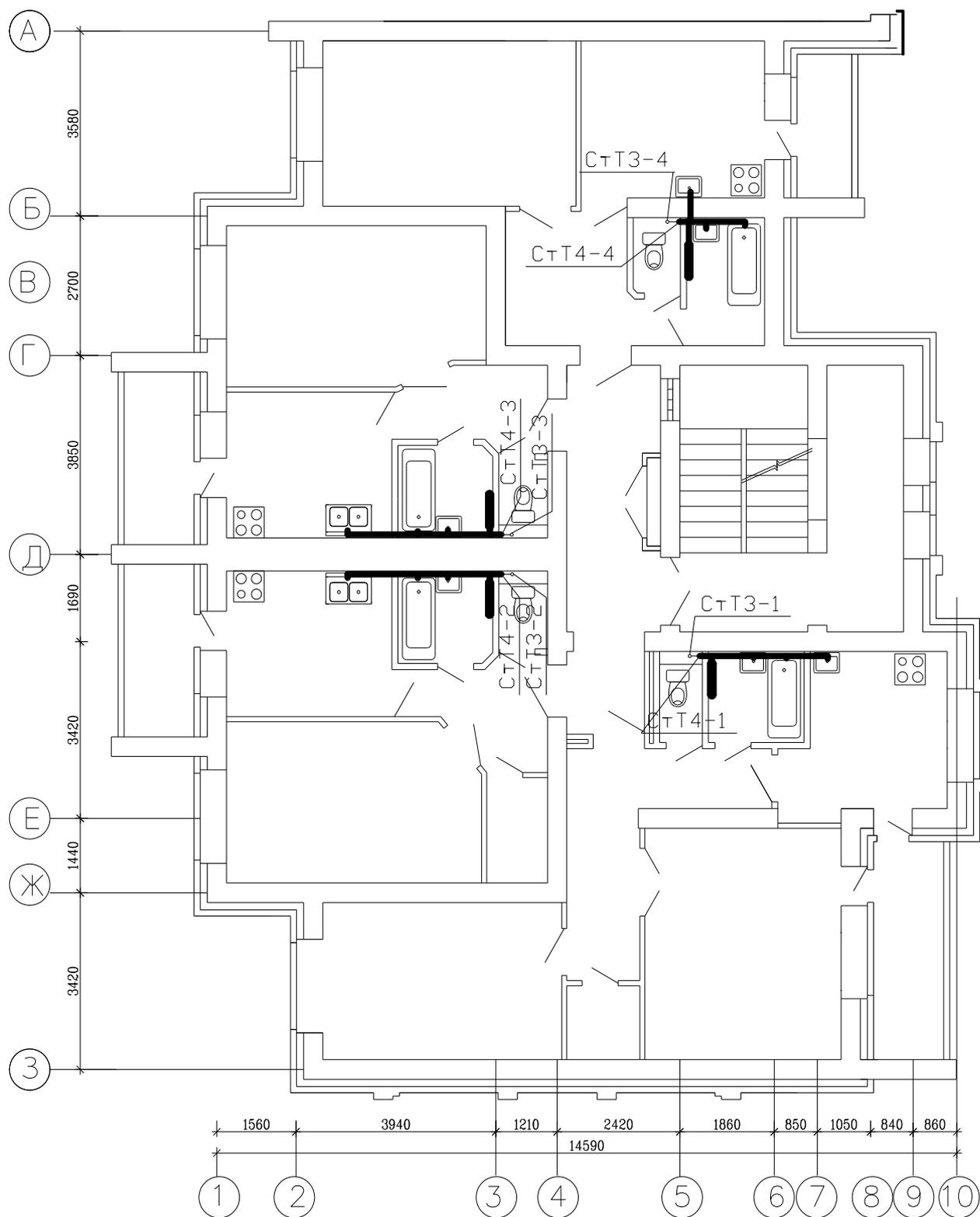


Рисунок 9.1– План типового этажа с элементами ГВС

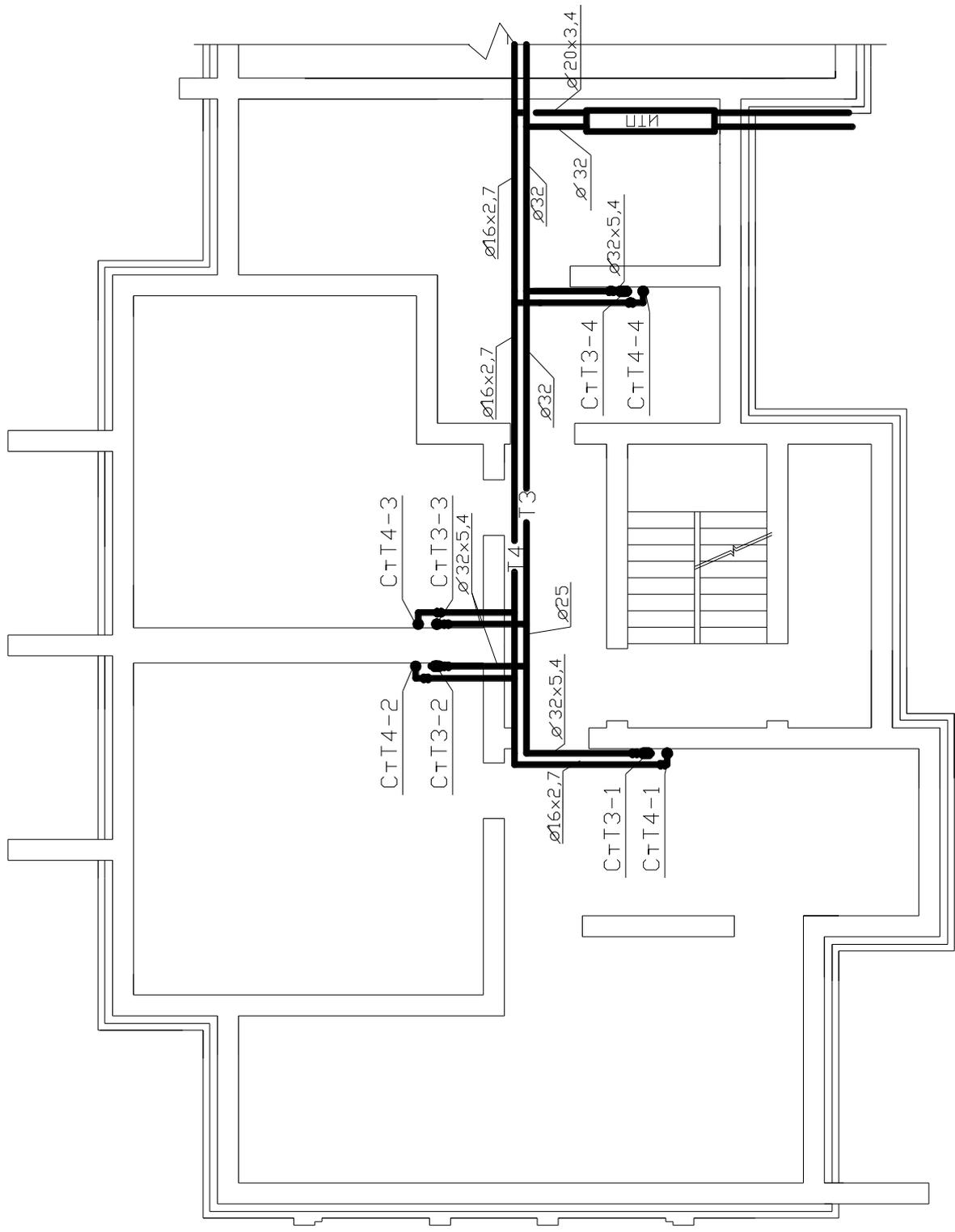


Рисунок 9.2 – План подвала с элементами ГВС

## 10. Пример расчета системы ГВС с посекционно закольцованными стояками с дополнительным циркуляционным стояком

**ПРИМЕР.** Запроектировать закрытую систему ГВС жилого 2-секционного 5-этажного дома (рисунок 10.1). Материал стояков и внутриквартирных теплопроводов – полипропилен; материал магистральных теплопроводов – сталь. Мощность полотенцесушителя 100Вт, размеры полотенцесушителя в осях 500×500мм

### РЕШЕНИЕ.

#### Определение расчетных расходов воды и теплоты

Вероятность действия санитарно-технических приборов системы горячего водоснабжения:

$$P^h = \frac{q_{hr,u}^h \cdot U}{q_0^h \cdot N \cdot 3600} = \frac{10 \cdot 90}{0,2 \cdot 120 \cdot 3600} = 0,01$$

Вероятность использования санитарно-технических приборов для системы в целом определяется по формуле:

$$P_{hr}^h = \frac{3600 P^h \cdot q_0^h}{q_{0,hr}^h} = \frac{3600 \cdot 0,01 \cdot 0,2}{200} = 0,036$$

По значению  $N \cdot P_{hr}^h = 120 \cdot 0,036 = 4,32$  находим безразмерный коэффициент  $\alpha_{hr} = 2,32$  (прил. 1 методических указаний).

Средний часовой расход воды за сутки максимального водопотребления:

$$q_T^h = \frac{q_u^h \cdot U}{1000 \cdot T} = \frac{120 \cdot 90}{1000 \cdot 24} = 0,45 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Максимальный часовой расход воды  $q_{hr}^h$  определяется по формуле:

$$q_{hr}^h = 0,005 \cdot q_{0,hr}^h \cdot \alpha_{hr} = 0,005 \cdot 200 \cdot 2,32 = 2,32 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Тепловой поток за сутки максимального водопотребления на нужды горячего водоснабжения (с учетом теплопотерь) в кВт:

а) в течение среднего часа

$$Q_T^h = 1,16 \cdot q_T^h (55 - t^c) (1 + K^t) = 1,16 \cdot 0,45 \cdot (55 - 5) \cdot (1 + 0,2) = 31,3 \text{ кВт}$$

б) в течение часа максимального потребления

$$Q_{hr}^h = 1,16 \cdot (q_{hr}^h + q_T^h \cdot K^t) (55 - t^c) = 1,16 \cdot (2,32 + 0,45 \cdot 0,2) \cdot (55 - 5) = 139,8 \text{ кВт}$$

## Гидравлический расчет подающих теплопроводов

Принимаем к проектированию систему с нижней разводкой по схеме, показанной на рисунке 2.2а с дополнительным циркуляционным стояком. Расстановка стояков, магистралей показана на планах этажа, подвала и чердака (рисунки 10.1-10.3).

Вычерчиваем аксонометрическую схему внутреннего водопровода (рисунок 10.4) и приступаем к определению расчетных расходов. Для этого выбираем расчетное направление водопровода от диктующего водоразборного устройства – смесителя для ванной на 5 этаже стояка СтТЗ-1, которое разбиваем на расчетные участки. Расчет подающих теплопроводов сводим в таблицу 10.1. (Расчет произведен для полипропиленовых трубопроводов по таблице прил. 3 методических указаний, для стальных труб по таблице прил.2 методических указаний).

Расчет сводим в таблицу 10.1

Разность потерь напора по двум расчетным направлениям (от точки разветвления) через наиболее удаленный водоразборный стояк ( $7,06 - 0,75 - 0,4 = 5,91\text{м}$ ) и ближайший водоразборный стояк здания ( $4,89\text{м}$ ) относительно его теплового ввода не должна превышать 10% —  $100 \cdot (5,91 - 4,89) / 5,91 = 17,3\%$ . Для гидравлической увязки в основании стояка СтТЗ-4 устанавливаем ручной балансировочный клапан (РБК) фирмы ТА марки STAD диаметром 20мм (условный диаметр участка 32-10). Определяем требуемое сопротивление РБК  $\Delta P = 5,91 - 4,89 = 1,02\text{м} = 10,2\text{кПа}$ . По требуемому сопротивлению и расходу воды на участке 32-10 по данным каталога изготовителя определяем настройку РБК. В данном случае принимаем настройку «3,5». Перепад давления на РБК при настройке «3,5» составляет  $9,14\text{кПа} = 0,914\text{м}$ . Разность потерь напора по двум расчетным направлениям после установки РБК составит  $100 \cdot (5,91 - (4,89 + 0,914)) / 5,91 = 1,8\% < 10\%$ .

Таблица 10.1– Гидравлический расчёт подающих трубопроводов

№ расчётного участка	Общее число приборов на расчётном участке $N$ , шт	вероятность действия $P^h$	$NP^h$	Коэффициент $\alpha$	Расчётный расход $q^h$ , л/с	Диаметр трубопровода $D$ , мм	Скорость воды $v$ , м/с	Длина участка $L$ , м	Удельные потери напора $R$ , м/м	коэффициент $k_1$	Потери напора на участке $H_m$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
СтТ3-1											
1-2	1	0,01	0,01	0,2	0,18	20x3,4	1,3	1	0,1679	0,5	0,25
2-3	2	0,01	0,02	0,215	0,215	25x4,2	0,975	0,8	0,07743	0,5	0,09
3-4	3	0,01	0,03	0,237	0,237	25x4,2	1,085	7,5	0,09331	0,5	1,05
4-5	6	0,01	0,06	0,289	0,289	25x4,2	1,345	5	0,13086	0,5	0,98
5-6	9	0,01	0,09	0,331	0,331	25x4,2	1,524	5	0,16856	0,5	1,26
6-7	12	0,01	0,12	0,367	0,367	32x5,4	1,001	5	0,06153	0,5	0,46
7-8	15	0,01	0,15	0,399	0,399	32x5,4	1,097	9	0,07071	0,5	0,95
8-9	30	0,01	0,3	0,534	0,534	25	1,27	1	0,2589	0,2	0,31
9-10	45	0,01	0,45	0,645	0,645	32	0,82	7	0,0638	0,2	0,54
10-11	60	0,01	0,6	0,742	0,742	32	0,94	4	0,0843	0,2	0,40
11-12	120	0,01	1,2	1,071	1,071	32	1,36	3,5	0,1796	0,2	0,75
									Сумма		7,06
СтТ3-2 (СтТ3-3)											
12-13	1	0,01	0,01	0,2	0,18	20x3,4	1,3	1	1,679	0,5	0,25
13-14	2	0,01	0,02	0,215	0,215	25x4,2	0,975	0,8	0,7743	0,5	0,09
14-15	3	0,01	0,03	0,237	0,237	25x4,2	1,085	7,5	0,9331	0,5	1,05
15-16	6	0,01	0,06	0,289	0,289	25x4,2	1,345	5	1,3086	0,5	0,98
16-17	9	0,01	0,09	0,331	0,331	25x4,2	1,524	5	1,6856	0,5	1,26
17-18	12	0,01	0,12	0,367	0,367	32x5,4	1,001	5	0,6153	0,5	0,46
18-8	15	0,01	0,15	0,399	0,399	32x5,4	1,097	6,5	0,7071	0,5	0,69
									Сумма		4,79
СтТ3-4											
26-27	1	0,01	0,01	0,2	0,18	20x3,4	1,3	1,8	1,679	0,5	0,45
27-28	2	0,01	0,02	0,215	0,215	25x4,2	0,975	0,2	0,7743	0,5	0,02
28-29	3	0,01	0,03	0,237	0,237	25x4,2	1,085	7,3	0,9331	0,5	1,02
29-30	6	0,01	0,06	0,289	0,289	25x4,2	1,345	5	1,3086	0,5	0,98
30-31	9	0,01	0,09	0,331	0,331	25x4,2	1,524	5	1,6856	0,5	1,26
31-32	12	0,01	0,12	0,367	0,367	32x5,4	1,001	5	0,6153	0,5	0,46
32-10	15	0,01	0,15	0,399	0,399	32x5,4	1,097	6,5	0,7071	0,5	0,69
									Сумма		4,89

## Определение потерь теплоты теплопроводами

Расчет потерь теплоты подающими теплопроводами сводим в таблицу 10.2.

Таблица 10.2 – Определение потерь теплоты подающими теплопроводами

№ участка	Наружный диаметр трубопровода $d_n$ , мм	Длина участка $l$ , м	Температура окружающей среды $t_0$ , °C	$t_m^h - t_0$ , °C	Удельные теплопотери $q^h$ , Вт/м	$1 - \eta$	Потери теплоты стояков $Q^h$ , Вт	Потери теплоты полонцесушителями $Q_n$ , Вт	Суммарные теплопотери стояков и полонцесушителей $\Sigma Q^h$ , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
СтТ3-1									
1-4 В	25	2,5	23	32	20,7	0,2	10	100	110
Г	25	1	23	32	25,2	0,2	5	0	5
4-5 В	25	2,5	23	32	20,7	0,2	10	100	110
Г	25	1	23	32	25,2	0,2	5	0	5
5-6 В	25	2,5	23	32	20,7	0,2	10	100	110
Г	25	1	23	32	25,2	0,2	5	0	5
6-7 В	32	2,5	23	32	25,1	0,2	13	100	113
Г	32	1	23	32	30,4	0,2	6	0	6
7-8 В	32	3	23	32	25,1	0,2	15	100	115
Г	32	4,5	5	50	51,8	0,2	47	0	47
								Σ=	626
8-9	33,5	1	5	50	61,0	0,2	12	0	12
9-10	42,3	7	5	50	77,0	0,2	108	0	108
10-11	42,3	4	5	50	77,0	0,2	62	0	62
11-12	42,3	3,5	5	50	77,0	0,2	54	0	54
								Σ=	236
СтТ3-2 (СтТ3-3)									
8-15 В	25	2,5	23	32	20,7	0,2	10	100	110
Г	25	1	23	32	25,2	0,2	5	0	5
15-16 В	25	2,5	23	32	20,7	0,2	10	100	110
Г	25	1	23	32	25,2	0,2	5	0	5
16-17 В	25	2,5	23	32	20,7	0,2	10	100	110

Г	25	1	23	32	25,2	0,2	5	0	5
Продолжение таблицы 10.2									
17-18 В	32	2,5	23	32	25,1	0,2	13	100	113
Г	32	1	23	32	30,4	0,2	6	0	6
18-8 В	32	3	23	32	25,1	0,2	15	100	115
Г	32	2	5	50	51,8	0,2	21	0	21
								Σ=	601
СтТЗ-4									
7-29 В	25	2,5	23	32	20,7	0,2	10	100	110
Г	25	1	23	32	25,2	0,2	5	0	5
29-30 В	25	2,5	23	32	20,7	0,2	10	100	110
Г	25	1	23	32	25,2	0,2	5	0	5
30-31 В	25	2,5	23	32	20,7	0,2	10	100	110
Г	25	1	23	32	25,2	0,2	5	0	5
31-32 В	32	2,5	23	32	25,1	0,2	13	100	113
Г	32	1	23	32	30,4	0,2	6	0	6
32-10 В	32	3	23	32	25,1	0,2	15	100	115
Г	32	2	5	50	51,8	0,2	21	0	21
								Σ=	601

## Определение циркуляционных расходов воды

Циркуляционный расход горячей воды, л/с, в системе

$$q^{cir} = \beta \frac{\Sigma Q^{ht}}{4,2 \cdot 10^3 \cdot \Delta t} = 1 \cdot \frac{(626 + 601 + 601 + 601 + 12 + 108 + 62) \cdot 2 + 54}{4,2 \cdot 1000 \cdot 10} = 0,126 \text{ л/с} = 0,454 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Циркуляционный расход воды в стояке 1:  $q_1^{cir} = 0,126 \cdot \frac{626}{5276} = 0,0149 \text{ л/с}$

Циркуляционный расход воды в стояках 2,3,4:

$$q_{2,3,4}^{cir} = 0,126 \cdot \frac{601}{5276} = 0,0143 \text{ л/с}$$

Циркуляционный расход на участке 8-9:  $q_{8-9}^{cir} = 0,126 \cdot \frac{12}{5276} = 0,0003 \text{ л/с}$

Циркуляционный расход на участке 9-10:  $q_{9-10}^{cir} = 0,126 \cdot \frac{108}{5276} = 0,0026 \text{ л/с}$

Циркуляционный расход на участке 10-11:  $q_{10-11}^{cir} = 0,126 \cdot \frac{62}{5276} = 0,0016 \text{ л/с}$

Циркуляционный расход на участке 11-12:  $q_{11-12}^{cir} = 0,126 \cdot \frac{54}{5276} = 0,0014 \text{ л/с}$

Проверка:  $(0,0149 + 0,0143 \cdot 3 + 0,0003 + 0,0026 + 0,0016) \cdot 2 + 0,0014 = 0,126 \text{ л/с}$  – невязка 0% (допустимо до 1%).

## Корректировка гидравлического расчёта подающих теплопроводов

Уточняем расчётные значения расходов горячей воды с учетом циркуляционного  $q^{h,cir}$  на участках подающих трубопроводов внутридомовой системы до первого водоразборного стояка (по ходу движения воды).

Значение коэффициента  $k_{cir}$  для систем горячего водоснабжения по таблице 7.1:  $\frac{q^h}{q^{cir}} = \frac{1,071}{0,126} = 8,5 > 2,1$   $k_{cir} = 0$

Таким образом,  $q^{h,cir} = q^h = 1,071 \text{ л/с}$  - расчетный расход воды на участках 11-12 и 10-11 не изменяется, корректировка гидравлического расчета не требуется.

## Гидравлический расчет циркуляционных теплопроводов

Гидравлический расчет циркуляционных теплопроводов сводим в таблицу 10.3.

Таблица 10.3 – Гидравлический расчет циркуляционных теплопроводов

№ участка	Длина участка $l$ , м	Циркуляционный расход воды $q^{cir}$ , л/с	Диаметр трубопровода $D$ , мм	Скорость движения воды $v$ , м/с	Удельные потери $r$	напора $R$ , м/м	Коэффициент $k_l$	Потери напора $H^{h}_{cir}$ , м	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
11-12	3,5	0,126	32	0,161	0,0025	0,2	0,0105	подающий трубопровод	
10-11	4	0,063	32	0,082	0,0009	0,2	0,0045		
9-10	7	0,0464	32	0,060	0,0007	0,2	0,0058		
8-9	1	0,0295	25	0,071	0,0025	0,2	0,0030		
7-8	9	0,0149	32x5,4	0,1	0,0004	0,5	0,0054		
6-7	5	0,0149	32x5,4	0,1	0,0004	0,5	0,0030		
5-6	5	0,0149	25x4,2	0,1	0,0011	0,5	0,0083		
4-5	5	0,0149	25x4,2	0,1	0,0011	0,5	0,0083		
1-4	5	0,0149	25x4,2	0,1	0,0011	0,5	0,0083		
1-2	6,5	0,0149	16x2,7	0,149	0,0061	0,2	0,0478	циркуляционный трубопровод	
2-3	1	0,0295	16x2,7	0,295	0,0191	0,2	0,0229		
3-4	0,7	0,0464	16x2,7	0,564	0,0415	0,2	0,0349		
4-5	26,3	0,063	16x2,7	0,730	0,0736	0,2	2,3234		
5-6	4	0,126	20x3,4	0,930	0,0744	0,2	0,3573		
						$\Sigma=$	2,843		
11-12	3,5	0,126	32	0,161	0,0025	0,2	0,0105	подающий трубопровод	
10-11	4	0,063	32	0,082	0,0009	0,2	0,0045		
32-10	6,5	0,0166	32x5,4	0,1	0,0004	0,5	0,0039		
31-32	5	0,0166	32x5,4	0,1	0,0004	0,5	0,0030		
30-31	5	0,0166	25x4,2	0,1	0,0011	0,5	0,0083		
29-30	5	0,0166	25x4,2	0,1	0,0011	0,5	0,0083		
7-29	5	0,0166	25x4,2	0,1	0,0011	0,5	0,0083		
7-4	11	0,0166	16x2,7	0,166	0,0073	0,2	0,0964	циркуляционный трубопровод	
4-5	26,3	0,063	16x2,7	0,730	0,0736	0,2	2,3234		
5-6	4	0,126	20x3,4	0,930	0,0744	0,2	0,3573		
						$\Sigma=$	2,824		
Невязка: $(2,843-2,824)/2,843 \cdot 100=0,7 \% < 10\%$									

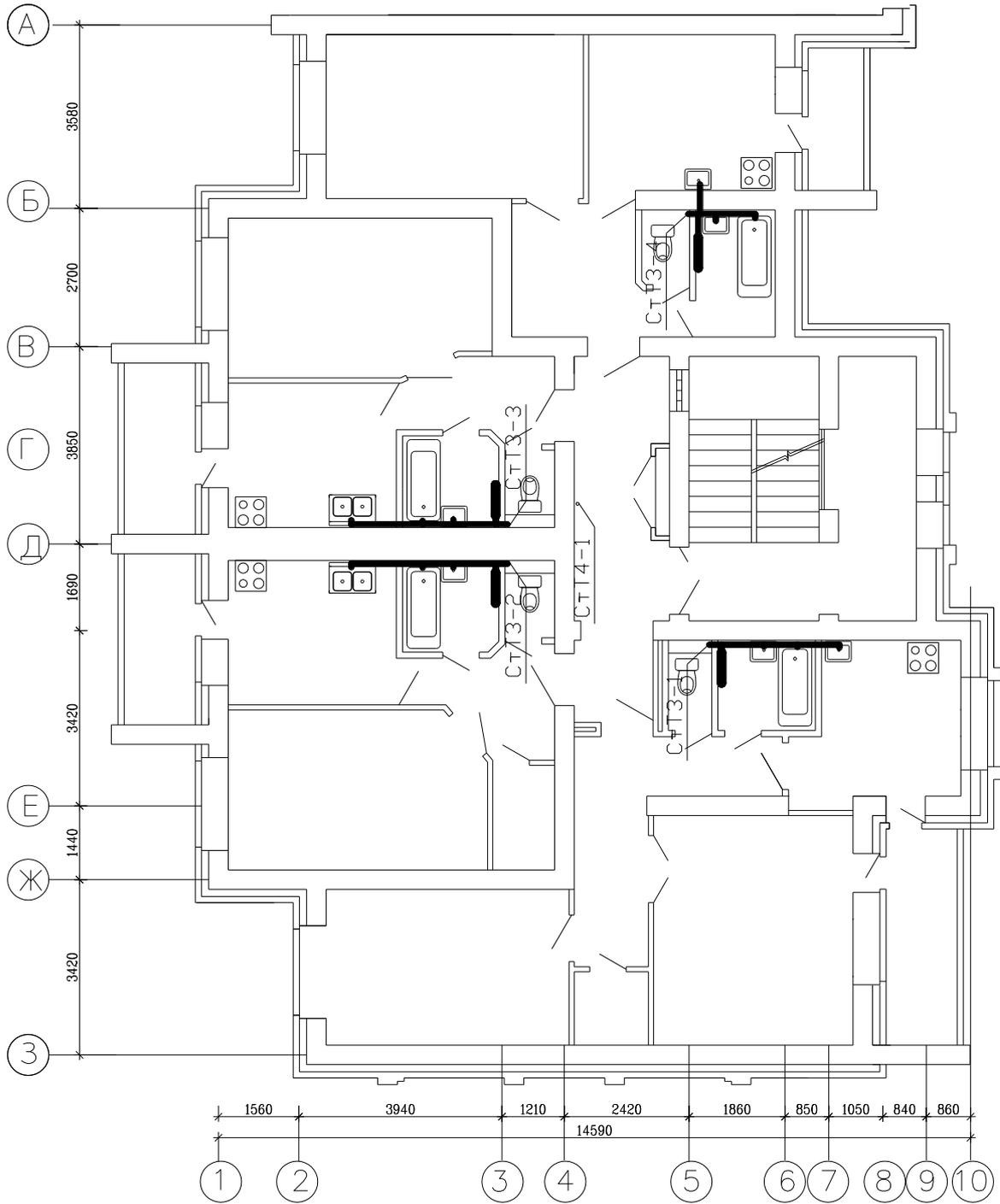


Рисунок 10.1– План типового этажа с элементами ГВС

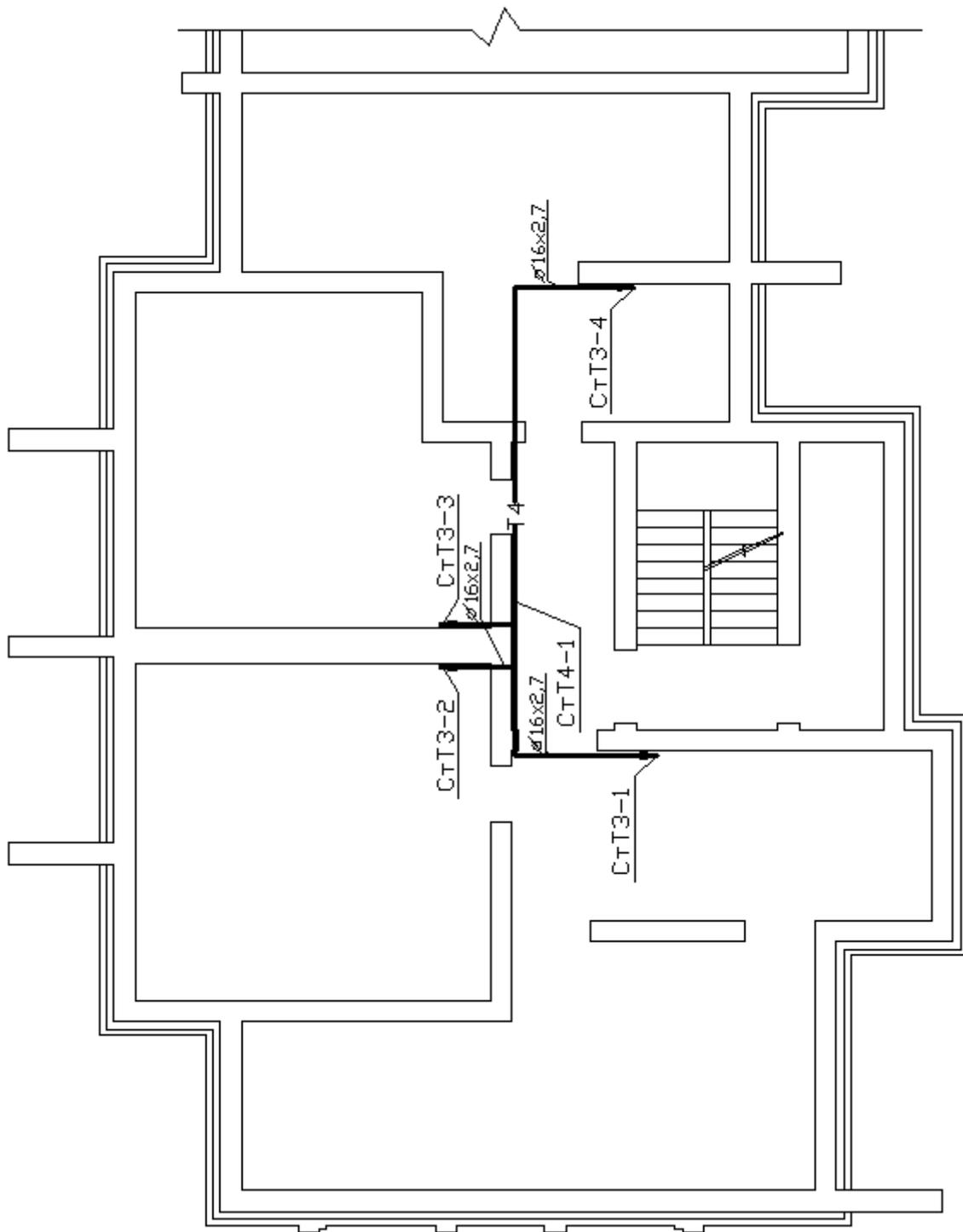


Рисунок 10.2 – План чердака с элементами ГВС

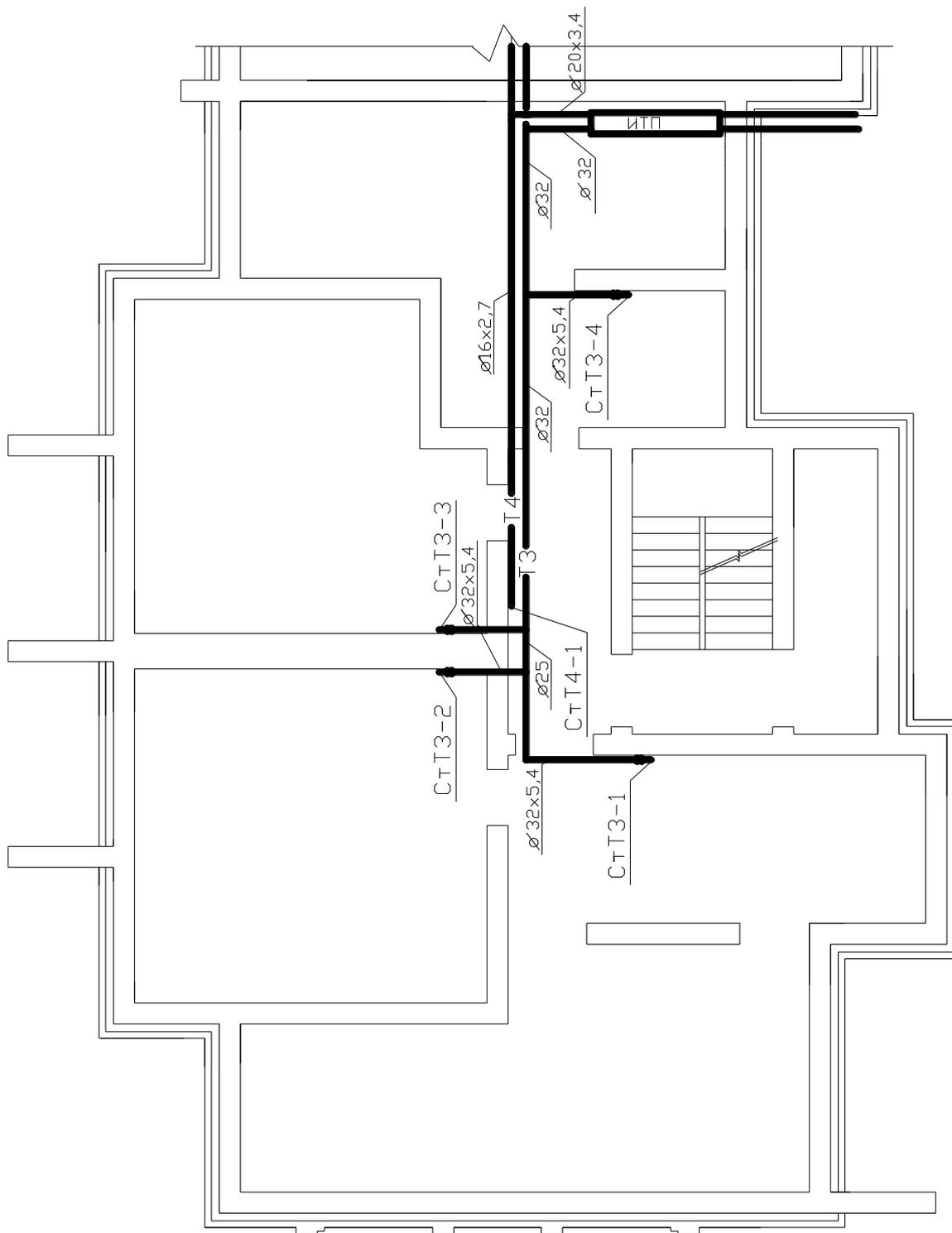


Рисунок 10.3 – План подвала с элементами ГВС

## 11. Монтажная схема системы ГВС квартиры

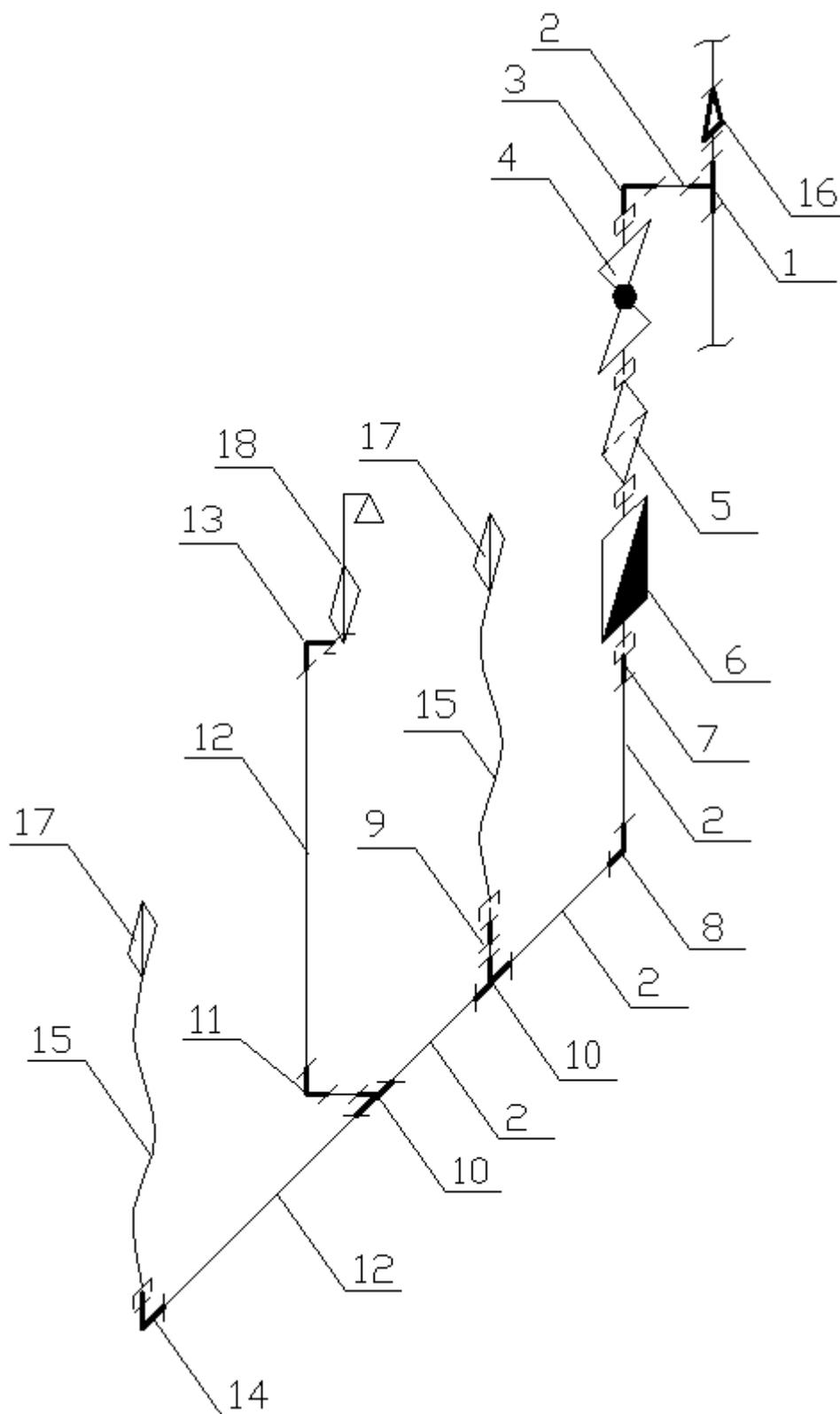


Рисунок 11.1 – Монтажная схема системы ГВС квартиры

ПОЗИЦИЯ	НАИМЕНОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА	ТИП, МАРКА ОБЪЕДИНЕНИЕ, ДОКУМЕНТА, ОПРОСНОГО ЛИСТА	КОД ОБОРУДОВАНИЯ, КАТЕГОРИЯ, МАТЕРИАЛ	ЗАВОД-ПОСТАВЩИТЕЛЬ	ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ	КОЛИЧЕСТВО
1	2	3	4	5	6	7
	<u>ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ</u>					
	<u>ОБОРУДОВАНИЕ</u>					
6	СЧЕТЧИК ВОДЫ	ЕТ-Н		БЕЛЕНЕР	шт.	1
17	СМЕСИТЕЛЬ			LEONE	шт.	2
18	СМЕСИТЕЛЬ С ДВУХВОРОТНИКОМ			LEONE	шт.	1
	<u>АРМАТУРА</u>					
4	КРАН ЦАРКОМ $\varnothing 15$	KE-250	40061	SLOWARM	шт.	1
5	ФАЙП $\varnothing 15$	K-508	40030	SLOWARM	шт.	1
	<u>ТРУБОПРОВОДЫ</u>					
12	ТРУБА ПОЛИПРОПИЛЕНОВАЯ $\varnothing 20 \times 3,4$	PNB0	04100320	KAN-term	м	3
2	ТРУБА ПОЛИПРОПИЛЕНОВАЯ $\varnothing 25 \times 4,2$	PNB0	04100325	KAN-term	м	8
2	ТРУБА ПОЛИПРОПИЛЕНОВАЯ $\varnothing 32 \times 5,4$	PNB0	04100332	KAN-term	м	0,1
	<u>ФИТИНГ</u>					
1	ТРОУНИК РЕДУЦИОННЫЙ $\varnothing 32/\varnothing 25$		04105034	KAN-term	шт.	1
3	ОТВОД $\varnothing 25$ С РЕЗЬБОМ ВНЕШНЕМ $1/2"$		04104625	KAN-term	шт.	1
7	МАРТА $\varnothing 25$ С РЕЗЬБОМ ВНУТРЕННЕМ $1/2"$		04103225	KAN-term	шт.	1
8	ОТВОД $\varnothing 25$		04104625	KAN-term	шт.	1
9	МАРТА $\varnothing 20$ С РЕЗЬБОМ НАРУЖНОМ $1/2"$		04103220	KAN-term	шт.	1
10	ТРОУНИК РЕДУЦИОННЫЙ $\varnothing 25/\varnothing 20$		04105025	KAN-term	шт.	2
11	ОТВОД $\varnothing 20$		04104620	KAN-term	шт.	1
13	ОТВОД ФИКСИРОВАННЫЙ С УШКАМИ С РЕЗЬБОМ ВНУТР. (ПРЕЗДО ДЛЯ КРАНА) $\varnothing 20$		04104420	KAN-term	шт.	1
14	ОТВОД $\varnothing 20$ С РЕЗЬБОМ НАРУЖНОМ $1/2"$		04104520	KAN-term	шт.	1
16	ПЕРЕХОДНИК $\varnothing 32/\varnothing 25$		04108033	KAN-term	шт.	1
15	ПЬЕЗИМ ШАНГ				м	2

Рисунок 11.2 – Спецификация оборудования

## Литература

1. СН 4.01.03-2019 Системы внутреннего водоснабжения и канализации зданий. – Минск, 2020.
2. СП 1.03.02-2020 Монтаж внутренних инженерных систем зданий и сооружений. – Минск, 2020.
3. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование. / Под ред. проф. Б. М. Хрусталева. – М.: АСВ, 2007. – 784 с.

## Приложения

Приложение 1 [1, прил. В. табл. В.2]

Значения коэффициентов  $\alpha$  ( $\alpha_{hr}$ ) при  $P(P_{hr}) \leq 0,1$  и любом числе  $N$ ,

а также при  $P(P_{hr}) > 0,1$  и числе  $N > 200$

$NP$	$\alpha$	$NP$	$\alpha$	$NP$	$\alpha$	$NP$	$\alpha$	$NP$	$\alpha$
$\leq 0,015$ ( $NP_{hr}$ )	0,200	0,068 ( $NP_{hr}$ )	0,301	0,29 ( $NP_{hr}$ )	0,526	0,98 ( $NP_{hr}$ )	0,959	4,4 ( $NP_{hr}$ )	2,352
0,015	0,202	0,070	0,304	0,30	0,534	1,00	0,969	4,5	2,386
0,016	0,205	0,072	0,307	0,31	0,542	1,05	0,995	4,6	2,421
0,017	0,207	0,074	0,309	0,32	0,550	1,10	1,021	4,7	2,456
0,018	0,210	0,076	0,312	0,33	0,558	1,15	1,046	4,8	2,490
0,019	0,212	0,078	0,315	0,34	0,565	1,20	1,071	4,9	2,524
0,020	0,215	0,080	0,318	0,35	0,573	1,25	1,096	5,0	2,558
0,021	0,217	0,082	0,320	0,36	0,580	1,30	1,120	5,1	2,592
0,022	0,219	0,084	0,323	0,37	0,588	1,35	1,144	5,2	2,626
0,023	0,222	0,086	0,326	0,38	0,595	1,40	1,168	5,3	2,660
0,024	0,224	0,088	0,328	0,39	0,602	1,45	1,191	5,4	2,693
0,025	0,226	0,090	0,331	0,40	0,610	1,50	1,215	5,5	2,726
0,026	0,228	0,092	0,333	0,41	0,617	1,55	1,238	5,6	2,760
0,027	0,230	0,094	0,336	0,42	0,624	1,60	1,261	5,7	2,793
0,028	0,233	0,096	0,338	0,43	0,631	1,65	1,283	5,8	2,826
0,029	0,235	0,098	0,341	0,44	0,638	1,70	1,306	5,9	2,858
0,030	0,237	0,100	0,343	0,45	0,645	1,75	1,328	6,0	2,891
0,031	0,239	0,105	0,349	0,46	0,652	1,80	1,350	6,1	2,924
0,032	0,241	0,110	0,355	0,47	0,658	1,85	1,372	6,2	2,956
0,033	0,243	0,115	0,361	0,48	0,665	1,90	1,394	6,3	2,989
0,034	0,245	0,120	0,367	0,49	0,672	1,95	1,416	6,4	3,021
0,035	0,247	0,125	0,373	0,50	0,678	2,00	1,437	6,5	3,053
0,036	0,249	0,130	0,378	0,52	0,692	2,1	1,479	6,6	3,085
0,037	0,250	0,135	0,384	0,54	0,704	2,2	1,521	6,7	3,117
0,038	0,252	0,140	0,389	0,56	0,717	2,3	1,563	6,8	3,149
0,039	0,254	0,145	0,394	0,58	0,730	2,4	1,604	6,9	3,181
0,040	0,256	0,150	0,399	0,60	0,742	2,5	1,644	7,0	3,212
0,041	0,258	0,155	0,405	0,62	0,755	2,6	1,684	7,1	3,244
0,042	0,259	0,160	0,410	0,64	0,767	2,7	1,724	7,2	3,275
0,043	0,261	0,165	0,415	0,66	0,779	2,8	1,763	7,3	3,307
0,044	0,263	0,170	0,420	0,68	0,791	2,9	1,802	7,4	3,338
0,045	0,265	0,175	0,425	0,70	0,803	3,0	1,840	7,5	3,369
0,046	0,266	0,180	0,430	0,72	0,815	3,1	1,879	7,6	3,400
0,047	0,268	0,185	0,435	0,74	0,826	3,2	1,917	7,7	3,431
0,048	0,270	0,190	0,439	0,76	0,838	3,3	1,954	7,8	3,462
0,049	0,271	0,195	0,444	0,78	0,849	3,4	1,991	7,9	3,493
0,050	0,273	0,20	0,449	0,80	0,860	3,5	2,029	8,0	3,524
0,052	0,276	0,21	0,458	0,82	0,872	3,6	2,065	8,1	3,555
0,054	0,280	0,22	0,467	0,84	0,883	3,7	2,102	8,2	3,585
0,056	0,283	0,23	0,476	0,86	0,894	3,8	2,138	8,3	3,616
0,058	0,286	0,24	0,485	0,88	0,905	3,9	2,174	8,4	3,646
0,060	0,289	0,25	0,493	0,90	0,916	4,0	2,210	8,5	3,677
0,062	0,292	0,26	0,502	0,92	0,927	4,1	2,246	8,6	3,707
0,064	0,295	0,27	0,510	0,94	0,937	4,2	2,281	8,7	3,738
0,065	0,298	0,28	0,518	0,96	0,948	4,3	2,317	8,8	3,768

Продолжение прил. 1

NP	$\alpha$	NP	$\alpha$	NP	$\alpha$	NP	$\alpha$	NP	$\alpha$
8,9 (NP <sub>hr</sub> )	3,798 ( $\alpha_{hr}$ )	17,6 (NP <sub>hr</sub> )	6,254 ( $\alpha_{hr}$ )	38,5 (NP <sub>hr</sub> )	11,56 ( $\alpha_{hr}$ )	76 (NP <sub>hr</sub> )	20,41 ( $\alpha_{hr}$ )	150 (NP <sub>hr</sub> )	37,21 ( $\alpha_{hr}$ )
9,0	3,828	17,8	6,308	39,0	11,68	77	20,64	152	37,66
9,1	3,858	18,0	6,362	39,5	11,80	78	20,87	154	38,11
9,2	3,888	18,2	6,415	40,0	11,92	79	21,10	156	38,56
9,3	3,918	18,4	6,469	40,5	12,04	80	21,33	158	39,01
9,4	3,948	18,6	6,522	41,0	12,16	81	21,56	160	39,46
9,5	3,978	18,8	6,575	41,5	12,28	82	21,69	162	39,91
9,6	4,008	19,0	6,629	42,0	12,41	83	22,02	164	40,35
9,7	4,037	19,2	6,682	42,5	12,53	84	22,25	166	40,80
9,8	4,067	19,4	6,734	43,0	12,65	85	22,48	168	41,25
9,9	4,097	19,6	6,788	43,5	12,77	86	22,71	170	41,70
10,0	4,126	19,8	6,840	44,0	12,89	87	22,94	172	42,15
10,2	4,185	20,0	6,893	44,5	13,01	88	23,17	174	42,60
10,4	4,244	20,5	7,025	45,0	13,13	89	23,39	176	43,05
10,6	4,302	21,0	7,156	45,5	13,25	90	23,62	178	43,50
10,8	4,361	21,5	7,287	46,0	13,37	91	23,85	180	43,95
11,0	4,419	22,0	7,417	46,5	13,49	92	24,08	182	44,40
11,2	4,477	22,5	7,547	47,0	13,61	93	24,31	184	44,84
11,4	4,534	23,0	7,677	47,5	13,73	94	24,54	186	45,29
11,6	4,592	23,5	7,806	48,0	13,85	95	24,77	188	45,74
11,8	4,649	24,0	7,935	48,5	13,97	96	24,99	190	46,19
12,0	4,707	24,5	8,064	49,0	14,09	97	25,22	192	46,64
12,2	4,764	25,0	8,192	49,5	14,20	98	25,45	194	47,09
12,4	4,820	25,5	8,320	50	14,32	99	25,68	196	47,54
12,6	4,877	26,0	8,447	51	14,56	100	25,91	198	47,99
12,8	4,934	26,5	8,575	52	14,80	102	26,36	200	48,43
13,0	4,990	27,0	8,701	53	15,04	104	26,82	205	49,49
13,2	5,047	27,5	8,828	54	15,27	106	27,27	210	50,59
13,4	5,103	28,0	8,955	55	15,51	108	27,72	215	51,70
13,6	5,159	28,5	9,081	56	15,74	110	28,18	220	52,80
13,8	5,215	29,0	9,207	57	15,98	112	28,63	225	53,90
14,0	5,270	29,5	9,332	58	16,22	114	29,09	230	55,00
14,2	5,326	30,0	9,457	59	16,45	116	29,54	235	56,10
14,4	5,382	30,5	9,583	60	16,69	118	29,89	240	57,19
14,6	5,437	31,0	9,707	61	16,92	120	30,44	245	58,29
14,8	5,492	31,5	9,832	62	17,15	122	30,90	250	59,38
15,0	5,547	32,0	9,957	63	17,39	124	31,35	255	60,48
15,2	5,602	32,5	10,08	64	17,62	126	31,80	260	61,57
15,4	5,657	33,0	10,20	65	17,85	128	32,25	265	62,66
15,6	5,712	33,5	10,33	66	18,09	130	32,70	270	63,75
15,8	5,767	34,0	10,45	67	18,32	132	33,15	275	64,85
16,0	5,821	34,5	10,58	68	18,55	134	33,60	280	65,94
16,2	5,876	35,0	10,70	69	18,79	136	34,06	285	67,03
16,4	5,930	35,5	10,82	70	19,02	138	34,51	290	68,12
16,6	5,984	36,0	10,94	71	19,25	140	34,96	295	69,20
16,8	6,039	36,5	11,07	72	19,48	142	35,41	300	70,29
17,0	6,093	37,0	11,19	73	19,71	144	35,86	305	71,38
17,2	6,147	37,5	11,31	74	19,94	146	36,31	310	72,46
17,4	6,201	38,0	11,43	75	20,18	148	36,76	315	73,55

## Приложение 2

Скорости движения воды  $v$ , м/с, (числитель) и удельные потери напора в трубах  $R$ , мм/м, (знаменатель) с учетом зарастания

Расход воды, л/с	Условный диаметр, мм										
	Наружный диаметр *, мм										
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
	21,3	26,8	33,5	42,3	48,0	60,0	76,0	89,0	108,0	133,0	159,0
0,1	0,87 294,8	0,42 38,1	0,24 8,5	0,13 1,5	—	—	—	—	—	—	—
0,15	1,31 663,2	0,63 87,2	0,36 20,25	0,19 3,43	0,14 1,56	—	—	—	—	—	—
0,2	1,74 1179,1	0,84 154,9	0,48 36	0,25 6,1	0,19 2,76	0,11 0,61	—	—	—	—	—
0,25	2,18 1842,3	1,05 242,1	0,6 56,25	0,32 9,5	0,24 4,31	0,14 0,96	—	—	—	—	—
0,3	—	1,26 338,7	0,72 81	0,38 13,1	0,28 6,21	0,16 1,38	—	—	—	—	—
0,4	—	1,68 619,9	0,96 144	0,51 22,4	0,38 11,04	0,22 2,45	—	—	—	—	—
0,5	—	2,1 968,6	1,19 225	0,63 38,1	0,47 17,25	0,27 3,8	—	—	—	—	—
0,6	—	2,52 1443,1	1,43 324	0,76 54,9	0,57 24,85	0,32 5,52	—	—	—	—	—
0,7	—	—	1,67 417,2	0,89 74,7	0,66 33,82	0,38 7,51	0,23 1,94	0,16 0,69	—	—	—
0,8	—	—	1,91 545	1,01 97,6	0,76 44,17	0,43 9,81	0,26 2,53	0,18 0,9	0,1 0,2	—	—
0,9	—	—	2,14 689,7	1,14 123,5	0,85 55,91	0,49 12,42	0,29 3,4	0,2 1,14	0,114 0,26	—	—
1	—	—	2,39 851,5	1,27 152,5	0,95 69,02	0,54 15,33	0,33 3,96	0,22 1,4	0,13 0,32	—	—
1,5	—	—	—	1,9 343,2	1,42 155,29	0,81 34,5	0,49 8,9	0,33 3,16	0,19 0,71	—	—
2	—	—	—	—	1,89 276,01	1,08 61,32	0,65 15,82	0,45 5,62	0,254 1,27	—	—
2,5	—	—	—	—	2,4 431,4	1,35 95,81	0,82 24,73	0,56 8,78	0,32 1,98	0,2 0,58	0,14 0,22
3	—	—	—	—	—	1,62 137,97	0,98 35,6	0,67 12,64	0,38 2,85	0,24 0,83	0,17 0,32
3,5	—	—	—	—	—	1,88 187,79	1,15 48,46	0,78 17,2	0,45 3,88	0,28 1,14	0,2 0,44
4	—	—	—	—	—	2,17 245,28	1,31 63,3	0,89 22,46	0,51 5,07	0,32 1,49	0,22 0,57
5	—	—	—	—	—	—	1,64 98	1,11 35,1	0,64 7,93	0,4 2,33	0,28 0,89
7	—	—	—	—	—	—	2,29 193,8	1,56 68,8	0,89 15,5	0,56 4,57	0,39 1,75

\* стальные водогазопроводные условным диаметром 10-50 мм; электросварные условным диаметром 65-500 мм.

Приложение 3

Таблица для гидравлического расчета полипропиленовых труб PN20  
фирмы Wavin

Q л/с	температура воды = 50°C													
	16x2,7 мм		20x3,4 мм		25x4,2 мм		32x5,4 мм		40x6,7 мм		50x8,3 мм			
	R кПа/м	V м/с	R кПа/м	V м/с	R кПа/м	V м/с	R кПа/м	V м/с	R кПа/м	V м/с	R кПа/м	V м/с	R кПа/м	V м/с
0,01	0,028	0,1	0,010	0,1										
0,02	0,096	0,2	0,034	0,1	0,011	0,1	0,004	0,1						
0,03	0,196	0,3	0,069	0,2	0,023	0,1	0,007	0,1	0,002	0,1				
0,04	0,326	0,5	0,114	0,3	0,038	0,2	0,012	0,1	0,004	0,1				
0,05	0,465	0,6	0,169	0,4	0,067	0,2	0,018	0,1	0,006	0,1	0,002	0,1		
0,06	0,672	0,7	0,234	0,4	0,078	0,3	0,024	0,2	0,008	0,1	0,003	0,1		
0,07	0,886	0,8	0,306	0,5	0,102	0,3	0,032	0,2	0,011	0,1	0,004	0,1		
0,08	1,126	0,9	0,390	0,6	0,130	0,4	0,040	0,2	0,014	0,1	0,005	0,1		
0,09	1,392	1,0	0,482	0,7	0,160	0,4	0,050	0,3	0,017	0,2	0,006	0,1		
0,10	1,684	1,1	0,582	0,7	0,193	0,5	0,060	0,3	0,020	0,2	0,007	0,1		
0,12	2,344	1,4	0,607	0,9	0,267	0,6	0,082	0,3	0,028	0,2	0,010	0,1		
0,14	3,104	1,6	1,065	1,0	0,351	0,6	0,106	0,4	0,037	0,3	0,013	0,2		
0,16	3,962	1,8	1,356	1,2	0,446	0,7	0,137	0,5	0,046	0,3	0,016	0,2		
0,18	4,918	2,0	1,679	1,3	0,551	0,8	0,169	0,5	0,057	0,3	0,020	0,2		
0,20	5,972	2,3	2,033	1,5	0,666	0,9	0,204	0,6	0,068	0,4	0,024	0,2		
0,30	12,68	3,4	4,273	2,2	1,388	1,4	0,423	0,8	0,141	0,5	0,049	0,3		
0,40			7,281	2,9	2,348	1,8	0,710	1,1	0,236	0,7	0,061	0,5		
0,50					3,541	2,3	1,065	1,4	0,353	0,9	0,121	0,6		
0,60					4,964	2,8	1,486	1,7	0,491	1,1	0,168	0,7		
0,70					6,615	3,2	1,972	2,0	0,649	1,3	0,221	0,8		
0,80							2,523	2,3	0,828	1,4	0,281	0,9		
0,90							3,138	2,5	1,027	1,6	0,348	1,0		
1,00							3,816	2,8	1,245	1,8	0,421	1,2		
1,20							5,384	3,4	1,742	2,2	0,587	1,4		
1,40									2,317	2,5	0,778	1,6		
1,60									2,971	2,9	0,994	1,8		
1,80									3,702	3,2	1,235	2,1		
2,00											1,501	2,3		
2,20											1,791	2,5		
2,40											2,106	2,8		
2,60											2,445	3,0		
2,80											2,809	3,2		
3,00											3,197	3,5		

Приложение 4

Таблица для гидравлического расчета полиэтиленовых труб РЕХ-а  
фирмы Уропор

Q л/с	температура воды = 60°C													
	16x2,2 мм		20x2,8 мм		25x3,5мм		32x4,4 мм		40x5,5мм		50x6,9мм		63x8,7мм	
	R даПа/м	V м/с	R даПа/м	V м/с	R даПа/м	V м/с	R даПа/м	V м/с	R даПа/м	V м/с	R даПа/м	V м/с	R даПа/м	V м/с
0,050	30,6	0,47	10,2	0,31	3,5	0,20								
0,055	35,7	0,52	11,9	0,34	4,1	0,22								
0,060	41,8	0,57	13,9	0,37	4,8	0,24								
0,065	49,0	0,62	16,3	0,40	5,6	0,26								
0,07	54,1	0,66	18,0	0,43	6,2	0,28								
0,08	71,4	0,76	23,8	0,49	8,2	0,31								
0,09	86,7	0,85	28,9	0,55	10,0	0,35	2,7	0,21						
0,10	102,0	0,95	34,0	0,61	11,7	0,39	3,3	0,24						
0,11	129,5	1,04	43,2	0,68	14,9	0,43	3,3	0,26						
0,12	147,9	1,14	49,3	0,74	17,0	0,47	4,4	0,28						
0,13	170,3	1,23	56,8	0,80	19,6	0,51	5,1	0,31						
0,14	188,7	1,33	62,9	0,86	21,7	0,55	5,9	0,33	2,1	0,21				
0,15	229,5	1,42	76,5	0,92	26,4	0,59	6,9	0,36	2,4	0,23				
0,16	255,0	1,51	85,0	0,98	29,3	0,63	7,8	0,38	2,7	0,24				
0,17	275,4	1,61	91,8	1,04	31,7	0,67	8,5	0,40	3,0	0,26				
0,18	306,0	1,70	102,0	1,11	35,2	0,71	9,5	0,43	3,3	0,27				
0,19	326,4	1,80	108,8	1,17	37,5	0,75	10,2	0,45	3,6	0,29				
0,20	377,4	1,89	125,8	1,23	43,4	0,79	11,3	0,47	4,0	0,30				
0,25	520,2	2,37	173,4	1,54	59,8	0,98	17,3	0,59	6,1	0,38	2,1	0,24		
0,30	744,6	2,84	248,2	1,84	85,6	1,18	23,5	0,71	8,2	0,45	2,9	0,29		
0,35	1020,0	3,31	340,1	2,15	117,3	1,38	32,1	0,83	11,2	0,53	3,9	0,34		
0,40	1224,0	3,79	408,1	2,46	140,8	1,57	40,3	0,95	14,1	0,61	4,9	0,39		
0,45	1836,0	4,26	612,1	2,76	211,1	1,77	51,0	1,07	17,9	0,68	6,2	0,44	2,1	0,28
0,50	1938,0	4,73	646,1	3,07	222,9	1,97	60,7	1,18	21,2	0,76	7,4	0,49	2,5	0,31
0,6	2550,0	5,68	850,2	3,69	293,3	2,36	79,6	1,42	27,8	0,91	9,7	0,58	3,3	0,37
0,7	3366,0	6,63	1122,2	4,30	387,1	2,75	107,1	1,66	37,5	1,06	13,1	0,68	4,4	0,43
0,8			1428,3	4,91	492,7	3,15	131,6	1,89	46,1	1,21	16,1	0,78	5,5	0,49
0,9			1836,4	5,53	633,4	3,54	163,2	2,13	57,1	1,36	20,0	0,87	6,8	0,55
1,0					703,8	3,93	204,0	2,37	71,4	1,51	25,0	0,97	8,5	0,61
1,2					904,4	4,72	262,1	2,84	91,7	1,82	32,1	1,17	10,9	0,74
1,4					1231,6	5,50	357,0	3,31	125,0	2,12	43,7	1,36	14,8	0,86
1,6							469,2	3,79	164,2	2,42	57,5	1,56	19,5	0,98
1,8							612,0	4,26	214,2	2,73	75,0	1,75	25,4	1,10
2,0							714,0	4,73	249,9	3,03	87,5	1,94	29,6	1,23
2,5							1054,0	5,92	368,9	3,79	129,1	2,43	43,7	1,53
3,0									476,0	4,54	166,6	2,92	56,4	1,84

Приложение 5

Таблица для гидравлического расчета металлополимерных труб (PE-RT/AL/PE-RT) фирмы Уропог

V м/с	температура воды = 60°C									
	14x2 мм		16x2мм		18x2 мм		20x2.5мм		25x2.5мм	
	Q л/с	R гПа/м	Q л/с	R гПа/м	Q л/с	R гПа/м	Q л/с	R гПа/м	Q л/с	R гПа/м
0,10	0,01	0,24	0,01	0,19	0,02	0,15	0,02	0,13	0,03	0,10
0,15	0,01	0,47	0,02	0,37	0,02	0,31	0,03	0,27	0,05	0,19
0,20	0,02	0,77	0,02	0,61	0,03	0,50	0,04	0,44	0,06	0,32
0,25	0,02	1,14	0,03	0,90	0,04	0,74	0,05	0,65	0,08	0,47
0,30	0,02	1,55	0,03	1,23	0,05	1,01	0,06	0,89	0,09	0,64
0,35	0,03	20,3	0,04	1,61	0,05	1,32	0,07	1,16	0,11	0,84
0,40	0,03	2,55	0,05	2,02	0,06	1,67	0,08	1,47	0,13	1,06
0,45	0,04	3,13	0,05	2,48	0,07	2,05	0,08	1,80	0,14	1,31
0,50	0,04	3,76	0,06	2,98	0,08	2,46	0,09	2,16	0,16	1,58
0,55	0,04	4,43	0,06	3,52	0,08	2,91	0,10	2,56	0,17	1,86
0,60	0,05	5,16	0,07	4,10	0,09	3,38	0,11	2,98	0,19	2,17
0,65	0,05	5,93	0,07	4,72	0,10	3,89	0,12	3,43	0,20	2,50
0,70	0,05	6,75	0,08	5,38	0,11	4,44	0,13	3,91	0,22	2,85
0,75	0,06	7,62	0,08	6,07	0,12	5,01	0,14	4,41	0,24	3,22
0,80	0,06	8,53	0,09	6,80	0,12	5,61	0,15	4,94	0,25	3,61
0,85	0,07	9,49	0,10	7,56	0,13	6,24	0,16	5,50	0,27	4,02
0,90	0,07	10,49	0,10	8,36	0,14	6,90	0,17	6,09	0,28	4,45
0,95	0,07	11,53	0,11	9,19	0,15	7,60	0,18	6,70	0,30	4,89
1,00	0,08	12,62	0,11	10,06	0,15	8,32	0,19	7,33	0,31	5,36
1,10	0,09	14,93	0,12	11,91	0,17	9,84	0,21	8,68	0,35	6,35
1,20	0,09	17,40	0,14	13,89	0,18	11,48	0,23	10,13	0,38	7,41
1,30	0,10	20,04	0,15	16,00	0,20	13,23	0,25	11,68	0,41	8,55
1,40	0,11	22,85	0,16	18,24	0,22	15,09	0,26	13,32	0,44	9,75
1,50	0,12	25,81	0,17	20,62	0,23	17,06	0,28	15,06	0,47	11,03
1,60	0,13	28,94	0,18	23,12	0,25	19,13	0,30	16,89	0,50	12,38
1,70	0,13	32,22	0,19	25,75	0,26	21,31	0,32	18,82	0,53	13,79
1,80	0,14	35,66	0,20	28,50	0,28	23,60	0,34	20,84	0,57	15,28
1,90	0,15	39,25	0,21	31,38	0,29	25,99	0,36	22,95	0,60	16,83
2,00	0,16	43,00	0,23	34,38	0,31	28,48	0,38	25,15	0,63	18,45
2,10	0,16	46,89	0,24	37,51	0,32	31,07	0,40	27,45	0,66	20,14
2,20	0,17	50,94	0,25	40,75	0,34	33,76	0,42	29,83	0,69	21,89
2,30	0,18	55,14	0,26	44,12	0,35	36,55	0,43	32,30	0,72	23,71
2,40	0,19	59,48	0,27	47,60	0,37	39,45	0,45	34,85	0,75	25,59
2,50	0,20	63,97	0,28	51,20	0,38	42,44	0,47	37,50	0,79	27,54
2,60	0,20	68,61	0,29	54,92	0,40	45,52	0,49	40,23	0,82	29,55
2,70	0,21	73,39	0,31	58,75	0,42	48,71	0,51	43,05	0,85	31,62
2,80	0,22	78,32	0,32	62,71	0,43	51,99	0,53	45,95	0,88	33,76
2,90	0,23	83,38	0,33	66,77	0,45	55,37	0,55	48,94	0,91	35,96
3,00	0,24	88,59	0,34	70,95	0,46	58,84	0,57	52,01	0,94	38,23

Приложение 5

Таблица для гидравлического расчета металлополимерных труб (PE-RT/AL/PE-RT) фирмы Уропог - продолжение

V м/с	температура воды = 60°C							
	32x3 мм		40x4мм		50x4,5 мм		63x6мм	
	Q л/с	R гПа/м	Q л/с	R гПа/м	Q л/с	R гПа/м	Q л/с	R гПа/м
0,10	0,05	0,07	0,08	0,05	0,13	0,04	0,20	0,03
0,15	0,08	0,14	0,12	0,11	0,20	0,08	0,31	0,06
0,20	0,11	0,23	0,16	0,18	0,26	0,13	0,41	0,10
0,25	0,13	0,34	0,20	0,26	0,33	0,19	0,51	0,15
0,30	0,16	0,46	0,24	0,36	0,40	0,26	0,61	0,20
0,35	0,19	0,61	0,28	0,47	0,46	0,35	0,71	0,26
0,40	0,21	0,77	0,32	0,59	0,53	0,44	0,82	0,33
0,45	0,24	0,94	0,36	0,73	0,59	0,54	0,92	0,41
0,50	0,27	1,14	0,40	0,88	0,66	0,65	1,02	0,50
0,55	0,29	1,35	0,44	1,04	0,73	0,77	1,12	0,59
0,60	0,32	1,57	0,48	1,22	0,79	0,90	1,23	0,69
0,65	0,35	1,81	0,52	1,40	0,86	1,03	1,33	0,79
0,70	0,37	2,06	0,56	1,60	0,92	1,18	1,43	0,91
0,75	0,40	2,33	0,60	1,81	0,99	1,34	1,53	1,02
0,80	0,42	2,61	0,64	2,03	1,06	1,50	1,63	1,15
0,85	0,45	2,91	0,68	2,26	1,12	1,67	1,74	1,28
0,90	0,48	3,22	0,72	2,50	1,19	1,85	1,84	1,42
0,95	0,50	3,55	0,76	2,75	1,25	2,04	1,94	1,56
1,00	0,53	3,89	0,80	3,02	1,32	2,23	2,04	1,71
1,10	0,58	4,61	0,88	3,58	1,45	2,65	2,25	2,03
1,20	0,64	5,38	0,97	4,18	1,58	3,10	2,45	2,38
1,30	0,69	6,21	1,05	4,82	1,72	3,57	2,66	2,75
1,40	0,74	7,09	1,13	5,51	1,85	4,08	2,86	3,14
1,50	0,80	8,02	1,21	6,23	1,98	4,62	3,06	3,55
1,60	0,85	9,00	1,29	7,00	2,11	5,19	3,27	3,99
1,70	0,90	10,03	1,37	7,80	2,24	5,79	3,47	4,46
1,80	0,96	11,11	1,45	8,65	2,38	6,42	3,68	4,94
1,90	1,01	12,25	1,53	9,53	2,51	7,08	3,88	5,45
2,00	1,06	13,43	1,61	10,45	2,64	7,76	4,09	5,98
2,10	1,11	14,66	1,69	11,41	2,77	8,48	4,29	6,53
2,20	1,17	15,94	1,77	12,41	2,90	9,22	4,49	7,10
2,30	1,22	17,27	1,85	13,45	3,04	9,99	4,70	7,70
2,40	1,27	18,64	1,93	14,52	3,17	10,79	4,90	8,31
2,50	1,33	20,06	2,01	15,63	3,30	11,62	5,11	8,95
2,60	1,38	21,53	2,09	16,78	3,43	12,47	5,31	9,61
2,70	1,43	23,05	2,17	17,96	3,56	13,35	5,52	10,29
2,80	1,49	24,61	2,25	19,18	3,70	14,26	5,72	11,00
2,90	1,54	26,22	2,33	20,44	3,83	15,20	5,92	11,72
3,00	1,59	27,88	2,41	21,73	3,96	16,16	6,13	12,46

Приложение 6

Потери тепла неизолрованными полипропиленовыми трубами (фирмы Valtec), Вт/м

Размер	Разница между температурой теплоносителя и воздуха, °С							Расположение
	20	30	40	50	60	70	80	
20x3,4	12,1	19,5	27,5	36,3	45,8	55,9	66,7	Гориз.
	10,5	15,7	22,7	30,5	36,5	45,5	51,9	Вертик.
20x2,8	12,7	20,3	28,7	38,0	48,0	58,7	70,3	Гориз.
	10,8	16,2	23,5	31,6	37,9	47,3	54,1	Вертик.
25x4,2	14,6	23,3	32,9	43,3	54,5	66,4	79,1	Гориз.
	12,7	19,0	27,3	36,6	43,9	54,5	62,3	Вертик.
25x3,5	15,3	24,4	34,5	45,5	57,4	70,1	83,6	Гориз.
	13,1	19,7	28,4	38,2	45,8	57,0	65,1	Вертик.
32x5,4	17,7	28,1	39,5	51,8	64,9	78,9	93,6	Гориз.
	15,4	23,1	33,1	44,2	53,1	65,6	80,0	Вертик.
32x4,4	18,7	29,9	42,1	55,4	69,7	84,9	100,9	Гориз.
	16,2	24,3	40,0	46,8	56,1	69,7	79,6	Вертик.
40x6,7	20,9	33,0	46,3	60,5	75,6	91,6	108,4	Гориз.
	18,3	27,5	39,2	52,1	62,6	77,1	88,1	Вертик.
40x5,5	22,2	35,4	49,7	65,2	81,8	99,4	117,9	Гориз.
	19,4	29,1	41,7	55,6	66,7	82,5	94,3	Вертик.
50x8,3	24,4	38,5	53,7	69,9	87,2	105,3	124,2	Гориз.
	21,6	32,4	46,0	60,9	73,1	89,8	102,6	Вертик.
50x6,9	26,1	41,4	58,0	75,9	94,9	114,9	136,0	Гориз.
	22,9	34,4	49,2	63,4	78,4	96,7	110,5	Вертик.
63x10,5	28,2	44,2	61,5	79,9	99,2	119,4	140,4	Гориз.
	25,2	37,8	53,4	70,4	84,5	103,2	118,0	Вертик.
63x8,6	30,8	48,5	67,8	88,3	110,1	132,9	156,8	Гориз.
	27,2	40,8	58,1	76,9	92,2	113,3	129,4	Вертик.
75x12,5	31,5	49,4	68,5	88,6	109,8	131,9	154,8	Гориз.
	28,3	42,5	60,0	78,8	94,5	115,2	113,7	Вертик.
90x15	34,2	53,4	73,7	95,1	117,1	140,6	164,5	Гориз.
	31,2	46,8	65,7	86,0	103,2	125,3	143,1	Вертик.

Приложение 7

Потери тепла неизолированными металлополимерными трубами (фирмы Valtec), Вт/м

$D_{\text{н}}$	$\Delta T = T_{\text{теп}} - T_{\text{возд}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Положение
16	20	9,38	9,86	10,33	10,8	11,27	11,74	12,21	12,68	13,14	13,61	Вертик.
		11,12	11,67	12,23	12,79	13,35	13,90	14,46	15,01	15,57	16,13	Гориз.
	30	14,08	14,55	15,02	15,49	15,96	16,43	16,90	17,37	17,84	18,31	Вертик.
		17,96	18,55	19,15	19,75	20,34	20,94	21,54	22,14	22,74	23,34	Гориз.
	40	20,52	21,03	21,55	22,06	22,57	23,09	23,09	24,11	24,63	25,14	Вертик.
		25,62	26,25	26,90	27,54	28,17	28,82	29,46	30,10	30,74	31,38	Гориз.
	50	27,8	28,36	28,91	29,47	30,03	30,58	31,13	31,69	32,25	32,81	Вертик.
		34,09	34,77	35,45	36,14	36,82	37,50	38,18	38,86	39,55	40,23	Гориз.
	60	33,36	33,92	34,47	35,03	35,59	35,59	36,70	37,26	37,81	38,37	Вертик.
		43,36	44,08	44,81	45,52	46,25	46,97	46,97	48,42	49,14	49,86	Гориз.
	70	41,90	42,49	43,09	43,69	44,29	44,89	45,49	46,09	46,68	47,28	Вертик.
		53,41	54,17	54,94	55,70	56,45	57,23	57,99	58,75	59,52	60,28	Гориз.
20	20	11,75	12,34	12,93	13,52	14,10	14,69	15,28	15,87	16,45	17,04	Вертик.
		13,93	14,62	15,32	16,02	16,71	17,41	18,10	18,80	19,50	20,19	Гориз.
	30	17,63	18,22	18,80	19,39	19,98	20,57	21,16	21,74	22,33	22,92	Вертик.
		22,48	23,23	23,99	24,74	25,49	26,24	26,99	27,73	28,48	29,23	Гориз.
	40	25,68	26,33	26,97	27,62	28,26	28,91	29,55	30,19	30,83	31,47	Вертик.
		32,08	32,89	33,69	34,49	35,30	36,10	36,90	37,70	38,50	39,31	Гориз.
	50	34,81	35,51	36,20	36,90	37,60	38,29	39,00	39,69	40,39	41,08	Вертик.
		42,71	43,56	44,41	45,27	46,12	46,97	47,83	48,69	49,54	50,39	Гориз.
	60	41,77	42,47	43,17	43,86	44,56	45,26	45,95	46,65	47,35	48,05	Вертик.
		54,33	55,23	56,14	57,04	57,95	58,85	59,76	60,66	61,57	62,47	Гориз.
	70	52,47	53,22	53,97	54,72	55,47	56,22	56,97	57,72	58,47	59,22	Вертик.
		66,93	67,88	68,84	69,80	70,76	71,71	72,66	73,62	74,58	75,53	Гориз.
26	20	14,89	15,64	16,38	17,13	17,87	18,62	19,36	20,11	20,85	21,60	Вертик.
		17,57	18,45	19,33	20,21	21,08	21,96	22,84	23,72	24,60	25,48	Гориз.
	30	22,35	23,09	23,84	24,58	25,33	26,07	26,82	27,56	28,31	29,05	Вертик.
		28,31	29,25	30,19	31,13	32,08	33,02	33,96	34,91	35,86	36,80	Гориз.
	40	32,49	33,30	34,11	34,92	35,74	36,55	37,36	38,17	38,99	39,80	Вертик.
		40,30	41,31	42,32	43,32	44,33	45,34	46,34	47,35	48,36	49,37	Гориз.
	50	43,92	44,810	45,68	46,56	47,44	48,32	49,20	50,07	50,95	51,83	Вертик.
		50,37	51,38	52,39	53,40	54,40	55,41	56,42	57,43	58,44	59,45	Гориз.
	60	52,71	53,58	54,47	55,34	56,22	57,10	57,98	58,85	59,73	60,61	Вертик.
		67,90	69,10	70,20	71,30	72,50	73,60	74,70	75,90	77,00	78,13	Гориз.
	70	66,05	66,99	67,94	68,88	69,82	70,77	71,71	72,65	73,60	74,54	Вертик.
		83,5	84,7	85,91	87,10	88,30	89,49	90,68	91,87	93,07	94,20	Гориз.

Приложение 7

Потери тепла неизолрованными металлополимерными трубами (фирмы Valtec), Вт/м - продолжение

$D_{\text{н}}$	$\Delta T = T_{\text{теп}} - T_{\text{возд}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Положение	
32	20	18,37	19,29	20,20	21,13	22,04	22,96	23,88	24,80	25,71	26,62	Вертик.	
		21,67	22,75	23,84	24,92	26,00	27,10	28,17	29,25	30,34	31,42	Гориз.	
	30	27,55	28,47	29,39	30,31	31,23	32,14	33,07	33,99	34,90	35,80	Вертик.	
		34,92	36,08	37,25	38,42	39,57	40,74	41,91	43,07	44,24	45,40	Гориз.	
	40	40,07	41,07	42,07	43,07	44,07	45,08	46,08	47,08	48,08	49,09	Вертик.	
		49,73	50,97	52,22	53,46	54,70	55,95	57,19	58,43	59,67	60,91	Гориз.	
	50	54,18	55,26	56,35	57,43	58,51	59,60	60,68	61,77	62,85	63,93	Вертик.	
		66,06	67,37	68,69	70,01	71,33	72,65	73,98	75,30	76,62	77,94	Гориз.	
	60	65,01	66,10	67,18	68,26	69,35	70,43	71,51	72,60	73,68	74,67	Вертик.	
		83,85	85,25	86,65	88,05	89,44	90,85	92,24	93,64	95,04	96,44	Гориз.	
	70	81,48	82,65	83,81	84,97	86,14	87,31	88,47	89,63	90,8	91,96	Вертик.	
		103,1	104,6	106,1	107,5	109,0	110,4	111,9	113,4	114,8	116,4	Гориз.	
	40	20	22,71	23,84	24,98	26,12	27,25	28,39	29,52	30,66	31,79	32,93	Вертик.
			26,73	28,07	29,41	30,75	32,09	33,43	34,76	36,10	37,43	38,77	Гориз.
30		34,06	35,20	36,33	37,47	38,61	39,74	40,87	42,01	43,14	44,28	Вертик.	
		43,04	44,48	45,91	47,34	48,78	50,22	51,65	53,08	54,52	56,00	Гориз.	
40		49,48	50,72	51,96	53,19	54,43	55,67	56,91	58,15	59,38	60,62	Вертик.	
		61,23	62,76	64,29	65,82	67,36	68,89	70,42	71,95	73,98	75,00	Гориз.	
50		66,84	68,18	69,50	70,86	72,19	73,53	74,86	76,20	77,54	78,87	Вертик.	
		81,26	82,88	84,51	86,14	87,76	89,39	91,01	92,63	94,26	95,89	Гориз.	
60		80,21	81,55	82,88	84,23	85,56	86,90	88,23	89,57	90,91	92,24	Вертик.	
		103,0	104,7	106,5	108,2	109,9	111,7	113,3	115,0	116,8	118,5	Гориз.	
70		100,4	101,8	103,3	104,7	106,2	107,6	109,0	110,5	111,9	113,3	Вертик.	
		126,6	128,4	130,2	132,0	133,8	135,6	137,5	139,3	141,1	142,9	Гориз.	

[вернуться к оглавлению](#)

### III РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

#### ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Классификация систем теплоснабжения. Централизованное, местное и автономное теплоснабжение.
2. Классификация потребителей теплоты и методы определения ее расходов. Сезонные тепловые нагрузки. Круглогодичные тепловые нагрузки.
3. Свойства горячей воды и требования к ее качеству. Схемы систем ГВС.
4. Конструирование систем ГВС.
5. Присоединение систем ГВС к тепловым сетям: параллельная схема, описание ее работы.
6. Присоединение систем ГВС к тепловым сетям: двухступенчатая смешанная схема, описание ее работы.
7. Присоединение систем ГВС к тепловым сетям: двухступенчатая последовательная схема, описание ее работы.
8. Центральные и индивидуальные тепловые пункты. Зависимое и независимое присоединение систем теплоснабжения к тепловым сетям. Блочные тепловые пункты
9. Присоединение систем отопления к тепловым сетям.
10. Теплоснабжение систем вентиляции.
11. Оборудование тепловых пунктов. Пластинчатые и спиралетрубчатые теплообменники тепловых пунктов, регулирование теплоотдачи.
12. Назначение регулирования отпуска теплоты, его виды
13. Регулирование отпуска теплоты в закрытых системах теплоснабжения
14. Классификация тепловых сетей. Элементы тепловой сети.
15. Предварительно изолированные трубопроводы, фасонные части, арматура
16. Компенсаторы. Подвижные и неподвижные опоры.
17. Конструкции тепловых сетей при различных способах их прокладки
18. Конструктивные элементы тепловых сетей. ПИ-трубопроводы. Виды фасонных элементов.
19. Устройство стыков ПИ-труб. Последовательность монтажа
20. Компенсационный метод прокладки ПИ-труб. Принципы расчета компенсационных устройств.
21. Устройство неподвижных опор для тепловых сетей из ПИ-труб.
22. Устройство ответвлений на тепловых сетях из ПИ-труб
23. Трасса и способы прокладки тепловых сетей
24. Система операционного дистанционного контроля ПИ-труб
25. Дренажные устройства на тепловой сети из ПИ-труб. Коверы.

26. Водяные системы теплоснабжения: однотрубная и многотрубные, открытые и закрытые.
27. Паровые системы теплоснабжения.
28. Пьезометрический график. Статический и динамический режим.
29. Особенности проектирования автономного теплоснабжения. Каскадные котельные. Крышные котельные.
30. Поквартирное теплоснабжение многоэтажных и индивидуальных жилых домов.
31. Тепловые сети из гибких предварительно изолированных трубопроводов. Достоинства, недостатки.

## **ЗАДАЧИ К ЭКЗАМЕНУ**

### **Задача 1**

Запроектировать циркуляционную систему горячего водоснабжения здания с посекционно закольцованными стояками с дополнительным циркуляционным стояком с нижней разводкой подающих магистралей и вычертить ее аксонометрическую схему (план здания прилагается). Тепловой пункт показать условно. В здании 4 этажа. Расставить расчетные участки на схеме для главного расчетного направления, показать диктующее водоразборное устройство.

### **Задача 2**

Запроектировать циркуляционную систему горячего водоснабжения здания с полотенцесушителями на циркуляционных стояках с нижней разводкой подающих магистралей и вычертить ее аксонометрическую схему (план здания прилагается). Тепловой пункт показать условно. В здании 4 этажа. Расставить расчетные участки на схеме для главного расчетного направления, показать диктующее водоразборное устройство.

[вернуться к оглавлению](#)

## **IV ВСПОМАГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ**

Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Первый проректор БрГТУ

\_\_\_\_\_

А.М.Омельянюк

«    » \_\_\_\_\_ 2019 г.

Регистрационный № УД- \_\_\_\_\_

/уч.

## **Теплоснабжение**

**Учебная программа для специальности:**

1-70 04 02 Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного  
бассейна

2019 г.

Учебная программа составлена на основе типовой учебной программы  
(название образовательного стандарта)

ТД-Ж.129/тип., утв. 07.07.2014

СОСТАВИТЕЛЬ:

В.Г.Новосельцев, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиля-  
ции, к.т.н., доцент

(И.О.Фамилия, должность, степень, звание)

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой ТГВ  
(название кафедры-разработчика программы)

(протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_);

Методической  
комиссией факультета инженерных систем и экологии  
(название факультета)

(протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_);

Председатель Ан.А.Волчек  
(ФИО, подпись)

Советом Брестского государственного технического университета  
(протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_)

## I. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Теплоснабжение» является основой профессиональной подготовки специалистов по специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна». Основной задачей изучения дисциплины является обучение студентов методам проектирования надежных и оптимальных систем теплоснабжения, тепловых сетей и сооружений на них, теплового и насосного оборудования, тепловых пунктов; обоснованному выбору источников теплоты, оптимизации параметров и режимов систем централизованного теплоснабжения; обоснованию и расчету оптимальных режимов отпуска теплоты с использованием автоматического регулирования; использованию современных математических методов и вычислительной техники в расчетах, а также при решении оптимизационных задач; автоматизировать системы теплоснабжения, тепловые пункты и осуществлять автоматическое управление технологическими процессами теплоснабжения.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

– теоретические основы построения и функционирования системы теплоснабжения и их основных частей: отопления, горячего водоснабжения, тепловых сетей и источников теплоты;

– основные вопросы теории и практики регулирования теплоснабжения-теплопотребления;

– конструкции систем теплоснабжения, их элементы, устройство, принципы работы всех элементов системы и их взаимодействие, основы эксплуатации систем теплоснабжения;

уметь:

– запроектировать систему теплоснабжения и ее элементы – тепловую сеть и систему горячего водоснабжения;

– проводить гидравлические, теплотехнические и механические расчеты систем теплоснабжения и их элементов;

– разрабатывать гидравлические режимы тепловых сетей;

– подбирать современное оборудование систем горячего водоснабжения, тепловых сетей, тепловых пунктов и источников теплоты.

Перечень дисциплин, необходимых для изучения дисциплины «Теплоснабжение»: математика; механика жидкости и газа; отопление.

Для закрепления теоретического материала, овладения методикой проектирования и расчета предусмотрено проведение лабораторных и практических занятий по всем ключевым темам, а также выполнение курсового проекта и курсовой работы.

В соответствии с учебными планами на изучение учебной дисциплины «Теплоснабжение» отводится:

Курс	Се- местр	Общее ко- личество часов по плану (з.е.)	Аудиторных часов			Само- стоя- тель- ная работа	Форма те- кущей атте- стации
			Лек- ции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные занятия		
<i>Дневная форма получения образования</i>							
4	7	169 (4 з.е.)	48	16	16	89	экзамен
4	7	40 (1 з.е.)				40	Курсовая работа
4	8	191 (4,5 з.е.)	32	32	8	119	экзамен
4	8	60 (1,5 з.е.)				60	Курсовой проект
<i>Заочная форма получения образования</i>							
4	7	175 (4 з.е.)	10	8	4	147	экзамен
4	7	40 (1 з.е.)				40	Курсовая работа
4	8	185 (4,5 з.е.)	8	6	4	173	экзамен
4	8	60 (1,5 з.е.)				60	Курсовой проект
<i>Заочная сокращенная форма получения образования</i>							
3	5	175 (4 з.е.)	4	8	4	159	экзамен
3	5	40 (1 з.е.)				40	Курсовая работа
3	6	185 (4,5 з.е.)	6	10	2	167	экзамен
3	6	60 (1,5 з.е.)				60	Курсовой проект

## 2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### 2.1. ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

#### 7 семестр

**Введение.** Исторический обзор развития систем теплоснабжения. Классификация систем теплоснабжения. Централизованное теплоснабжение: теплофикация и теплоснабжение от котельных, достоинства и недостатки. Автономное теплоснабжение, достоинства и недостатки.

**Определение расходов теплоты.** Классификация потребителей теплоты и методы определения ее расходов. Сезонные тепловые нагрузки. Круглогодичные тепловые нагрузки.

**Внутридомовые системы горячего водоснабжения** Основные требования к качеству горячей воды. Схемы системы ГВС. Прямоточные и циркуляционные системы ГВС. Конструирование систем горячего водоснабжения. Определение расходов воды и теплоты в системах ГВС. Гид-

равлический расчёт подающих трубопроводов систем ГВС. Расчёт потерь теплоты подающими теплопроводами. Определение циркуляционных расходов воды. Гидравлический расчёт циркуляционных трубопроводов. Подбор счетчика воды, насосов в системах ГВС.

**Системы централизованного теплоснабжения.** Классификация и основные элементы систем централизованного теплоснабжения. Вода и пар как теплоносители, их достоинства и недостатки. Водяные системы теплоснабжения. Однотрубные и многотрубные системы теплоснабжения. Открытые и закрытые системы теплоснабжения. Паровые системы теплоснабжения.

**Присоединение местных систем теплопотребления к тепловым сетям. Тепловые пункты.** Зависимое и независимое присоединение систем теплопотребления к тепловым сетям. Центральные и индивидуальные тепловые пункты. Присоединение систем отопления к тепловым сетям. Присоединение систем ГВС к тепловым сетям. Теплоснабжение систем вентиляции. Пластинчатые и спиралетрубчатые теплообменники тепловых пунктов, их расчет, регулирование теплоотдачи. Оборудование тепловых пунктов и его подбор (циркуляционные и повысительные насосы, теплосчётчики, регуляторы расхода, температуры, давления, вспомогательное оборудование. Блочные тепловые пункты. Выбор схемы присоединения систем потребления теплоты к тепловым сетям.

**Системы автономного и местного теплоснабжения.** Особенности проектирования автономного теплоснабжения. Крышные котельные. Поквартирное теплоснабжение многоэтажных и индивидуальных жилых домов. Теплогенераторы для автономного и местного теплоснабжения. Блочные котельные, каскадные котельные.

**Разработка схем теплоснабжения населенных пунктов.** Основные определения. Действующие нормативно-технические правовые акты. Правила разработки схем теплоснабжения населенных пунктов. Расчеты фактических тепловых нагрузок и годовых расходов тепловой энергии по видам теплопотребления. Технико-экономическое обоснование выбора схем теплоснабжения.

## 8 семестр

**Регулирование тепловых нагрузок.** Назначение регулирования и его виды. Регулирование отпуска теплоты в закрытых системах теплоснабжения. Регулирование отпуска теплоты в открытых системах теплоснабжения. Регулирование отпуска теплоты в паровых системах.

**Устройство, конструкции тепловых сетей и их оборудование.** Элементы тепловой сети: трубы, предварительно изолированные трубопроводы, запорная арматура. Теплоизоляционные материалы тепловых сетей. Компенсаторы. Расчет компенсаторов. Подвижные и неподвижные опоры, расчет нагрузок. Конструкции тепловых сетей при различных способах их прокладки. Компенсационный метод прокладки предизолированных тру-

бопроводов. Методика расчетов температурных деформаций. Условия продольной механической устойчивости тепловой сети, методика проверки. Трассировка и профиль тепловых сетей. Система операционного дистанционного контроля предизолированных трубопроводов. Сооружения на тепловых сетях.

**Гидравлический и тепловой расчет тепловых сетей.** Гидравлический расчет тепловых сетей. Гидравлический расчет теплопроводов. Гидравлический расчет паропроводов и конденсаторов. Тепловой расчет. Расчет теплопотерь теплопроводами при надземной прокладке. Расчет теплопотерь теплопроводами при подземной прокладке.

**Гидравлический режим тепловых сетей.** Основные требования к гидравлическому режиму. Пьезометрические графики. Статические и динамические режимы. Выбор схем присоединения систем отопления зданий при сложном рельефе местности. Разработка пьезометрического графика при сложном рельефе местности и протяженных тепловых сетях. Переменные гидравлические режимы. Гидравлическая устойчивость.

**Водоподготовка в системах центрального теплоснабжения.** Показатели качества воды. Борьба с коррозией и накипеобразованием. Водоподготовка для тепловых сетей и систем ГВС.

**Основные сведения об источниках теплоты.** Теплофикация. Схемы современных ТЭЦ. Районные котельные. Схемы котельных.

**Монтаж и эксплуатация тепловых сетей.** Хранение и транспортировка элементов предизолированных трубопроводов. Монтаж тепловых сетей. Требования безопасности и охрана окружающей среды при монтаже. Эксплуатация тепловых сетей.

## **2.2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ**

Выбор систем ГВС. Проектирование систем ГВС.

Определение расчетных расходов горячей воды и теплоты.

Гидравлический расчёт подающих трубопроводов систем ГВС из стальных и полимерных трубопроводов.

Расчёт потерь теплоты подающими теплопроводами.

Определение циркуляционных расходов воды.

Гидравлический расчёт циркуляционных трубопроводов.

Проектирование теплового пункта.

Подбор оборудования теплового пункта (теплообменника, счетчика воды, насосов, регуляторов и т.д.).

Подбор теплогенераторов для автономного и местного теплоснабжения индивидуальных жилых домов и поквартирного теплоснабжения многоэтажных жилых домов.

Определение расчетных расходов тепла на отопление, вентиляцию, ГВС.

Построение отопительно-бытового графика и определение точки его

излома.

Выбор трассы и способа прокладки тепловой сети.

Гидравлический расчет тепловой сети.

Построение продольного профиля тепловой сети.

Расчет температурных удлинений компенсационных зон.

Расчет компенсационных устройств.

Составление монтажной схемы тепловой сети.

Разработка системы операционного дистанционного контроля тепловой сети.

### **2.3. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ**

Изучение работы действующего теплового пункта по зависимой или независимой схеме присоединения к тепловой сети и закрытой системе ГВС (в существующем здании, работа проводится в отопительный период).

Исследование работы ИТП при зависимой схеме подключения абонента к тепловым сетям.

Исследование работы ИТП при независимой схеме подключения абонента к тепловым сетям.

Исследование режимов работы скоростного водо-водяного водоподогревателя на примере спиралетрубчатого теплообменника «Буг».

Определение тепловых потерь и эффективности различных видов тепловой изоляции (предызолированная труба, жидкая теплоизоляция «Корунд»).

Изучение схем теплоснабжения индивидуальных жилых домов.

### **2.4. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

В рамках изучения дисциплины программой предусмотрено выполнение курсового проекта на тему «Теплоснабжение квартала застройки». Количество часов по учебному плану – 60 (1,5 з.е.).

Курсовой проект состоит из пояснительной записки (35-40 стр.) и графического материала (2 листа формата А1).

В курсовой проект входят следующие разделы: определение расчетных расходов тепла на отопление, вентиляцию, ГВС; выбор трассы и способа прокладки тепловой сети; гидравлический расчет тепловой сети; построение продольного профиля тепловой сети; расчет температурных удлинений компенсационных зон; расчет компенсационных устройств; составление монтажной схемы тепловой сети; разработка системы операционного дистанционного контроля тепловой сети.

Графическая часть проекта состоит из чертежа, на котором изображаются план организации рельефа; схема расположения ПИ-трубопроводов в

траншее; монтажная схема трассы тепловых сетей; продольный профиль трассы тепловых сетей; схема расположения матов компенсационных; схема системы ОДК; условные обозначения.

## 2.5. КУРСОВАЯ РАБОТА

В рамках изучения дисциплины программой предусмотрено выполнение курсовой работы на тему «Горячее водоснабжение жилого дома». Количество часов по учебному плану – 40 (1 з.е.)

Курсовая работа состоит из пояснительной записки (20-25 стр.) и графического материала (1 лист формата А1).

В курсовую работу входят следующие разделы: выбор системы ГВС и ее конструирование; определение расчетных расходов воды и теплоты; гидравлический расчет подающих теплопроводов системы ГВС; определение потерь теплоты теплопроводами; определение циркуляционных расходов воды; гидравлический расчет циркуляционных теплопроводов; подбор оборудования (циркуляционного (при необходимости и повысительного) насоса, счетчика воды, теплообменника).

Графическая часть проекта состоит из чертежа, на котором изображаются планы типового этажа здания, подвала, чердака, с нанесением элементов системы ГВС; аксонометрическая схема теплопроводов системы ГВС с указанием номеров расчетных участков, их длины и диаметров, расходов воды и уклонов, с установкой запорной и водоразборной арматуры, устройств для выпуска воздуха и воды; условные обозначения.

## 2.6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

*Дневная форма получения образования*

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСП	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Семинарские занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>7 семестр</b>								
1	Введение.	2						экзамен
2	Определение расходов теплоты.	4						экзамен Курсовая работа
3	Внутридомовые системы горячего водоснабжения	12	8	6				экзамен Курсовая работа

4	Системы централизованного теплоснабжения	10						экзамен
5	Присоединение местных систем теплоснабжения к тепловым сетям. Тепловые пункты	10	6	8				экзамен Курсовая работа
6	Системы автономного и местного теплоснабжения	8	2	2				экзамен Курсовой проект
7	Разработка схем теплоснабжения населенных пунктов.	2						экзамен
<b>8 семестр</b>								
8	Регулирование тепловых нагрузок	4	2					экзамен
9	Устройство, конструкции тепловых сетей и их оборудование.	14	16	6				экзамен Курсовой проект
10	Гидравлический и тепловой расчет тепловых сетей.	4	12					экзамен Курсовой проект
11	Гидравлический режим тепловых сетей	4	2	2				экзамен Курсовой проект
12	Водоподготовка в системах центрального теплоснабжения	2						экзамен
13	Основные сведения об источниках теплоты	2						экзамен
14	Монтаж и эксплуатация тепловых сетей	2						экзамен
<b>Итого</b>		80	48	24				

*Заочная форма получения образования*

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСП	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Семинарские занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>7 семестр</b>								
1	Введение. Определение рас-	2	2					экзамен

	ходов теплоты							
2	Внутридомовые системы горячего водоснабжения	2	4	2				экзамен Курсовая работа
3	Системы централизованного теплоснабжения. Системы автономного и местного теплоснабжения.	2						экзамен
4	Присоединение местных систем теплоснабжения к тепловым сетям. Тепловые пункты	2	2	2				экзамен
5	Регулирование тепловых нагрузок	2						экзамен
<b>8 семестр</b>								
6	Устройство, конструкции тепловых сетей и их оборудование. Гидравлический и тепловой расчет тепловых сетей	6	6	4				экзамен Курсовой проект
7	Основные сведения об источниках теплоты. Монтаж и эксплуатация тепловых сетей	2						экзамен
<b>Итого</b>		18	14	8				

*Заочная сокращенная форма получения образования*

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Семинарские занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>5 семестр</b>								
1	Определение расходов теплоты. Внутридомовые системы горячего водоснабжения Системы централизованного теплоснабжения Системы автономного и местного теплоснабжения	2	4	2				экзамен Курсовая работа
2	Присоединение местных систем теплоснабжения к	2	4	2				экзамен Курсовая

	тепловым сетям. Тепловые пункты							работа
	<b>6 семестр</b>							
3	Регулирование тепловых нагрузок Устройство, конструкции тепловых сетей и их оборудование.	2	2	2				экзамен
4	Гидравлический и тепловой расчет тепловых сетей. Гидравлический режим тепловых сетей	2	6					экзамен Курсовой проект
5	Водоподготовка в системах центрального теплоснабжения Основные сведения об источниках теплоты Монтаж и эксплуатация тепловых сетей	2	2					экзамен Курсовой проект
	<b>Итого</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>6</b>				

### **3. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

#### **3.1. ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Копко В.М. Теплоснабжение. – М.: изд-во АСВ, 2017. – 340 с.
2. ТКП 45-4.02-322-2018 Тепловые сети. – Минск, 2018.
3. Покотиллов В.В. Регулирующие клапаны автоматизированных систем тепло- и холодоснабжения. – Вена, 2017. – 228 с.
4. ТКП 45-4.02-184-2009 Тепловые сети бесканальной прокладки из полимерных труб, предварительно термоизолированных пенополиуретаном в полиэтиленовой оболочке. - Минск, 2010.

#### **3.2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. ТКП 45-4.02-183-2009 Тепловые пункты. - Минск, 2010.
2. Технический каталог продукции компаний ГРУППЫ КОМПАНИЙ «ТЕПЛОСИЛА», 2019
3. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. – Киев, 2007. – 252 с.
4. Полонский В.М., Титов Г.И., Полонский А.В. Автономное теплоснабжение. – М.: изд-во АСВ, 2007. – 152 с.
5. ТКП 45-4.01-52-2007 Системы внутреннего водоснабжения зданий. - Минск, 2008.
6. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование. / Под ред. проф. Б. М. Хрусталева. – М.: АСВ, 2007. – 784 с.
7. Шафлик В. Современные системы горячего водоснабжения. – Киев, изд. «Такі справи», 2010. – 316 с.

8. Копко В.М. Пластинчатые теплообменники в системах централизованного теплоснабжения. – Минск, БНТУ, 2005. – 199 с.

9. Яковлев Б.В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения. – Минск, «Адукацыя і выхаванне», 2002. – 448 с.

10. Варфоломеев Ю.М. Отопление и тепловые сети: учебник/ Ю.М. Варфоломеев, О.Я. Кокорин. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 480 с.

[вернуться к оглавлению](#)