


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  
«ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ, ПЕРСПЕКТИВНЫЕ И НЕТРАДИЦИОННЫЕ  
СИСТЕМЫ ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ»**

для специальности:

1-70 80 01 Строительство зданий и сооружений

Профилизация: Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна

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

Рассмотрено и утверждено на заседании Научно-методического Совета  
протокол № 3 от 29 .12 .2022г .

рег. УМК 22/23 - 103

## Пояснительная записка

### Актуальность изучения дисциплины

Учебная дисциплина «Энергосберегающие, перспективные и нетрадиционные системы теплогазоснабжения и вентиляции» профилизации «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» относится к модулю «Технологии» компонента учреждения высшего образования учебного плана магистратуры.

Цель преподавания учебной дисциплины:

Целью освоения учебной дисциплины «Энергосберегающие, перспективные и нетрадиционные системы теплогазоснабжения и вентиляции» профилизации «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» является формирование у магистрантов системы знаний, навыков, умения, видения перспектив развития базы систем теплогазоснабжения и вентиляции Республики Беларусь.

Задачи учебной дисциплины:

Формирование у магистрантов стремления постоянного совершенствования технических основ по своей специальности, эффективного использования оборудования на практике, включая проектирование, изготовление, монтаж, эксплуатацию, проведение технологических испытаний и реконструкций в целях максимальной экономии топливно-энергетических ресурсов, использовании вторичных энергоресурсов, уменьшение вредного воздействия на окружающую среду.

В результате изучения дисциплины магистрант должен:

знать основы и предпосылки создания нового высокоэффективного оборудования и систем ТГВ, тенденции развития энергетики Республики Беларусь и других государств.

уметь ориентироваться в тенденции развития современных систем ТГВ и энергетики Республики Беларусь и других государств.

владеть навыками постоянного совершенствования технических основ по своей специальности.

ЭУМК разработан на основании Образовательного стандарта для специальности 1-70 80 01 «Строительство зданий и сооружений» (профилизации «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна»), и предназначен для реализации требований учебной программы по учебной дисциплине «Энергосберегающие, перспективные и нетрадиционные системы теплогазоснабжения и вентиляции» для специальности 1-70 80 01 «Строительство зданий и сооружений» (профилизации «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна»). ЭУМК разработан в полном соответствии с утвержденной учебной программой по учебной дисциплине компонента учреждения высшего образования «Энергосберегающие, перспективные и нетрадиционные системы теплогазоснабжения и вентиляции».

**Цели ЭУМК:**

- обеспечение качественного методического сопровождения процесса обучения;

- организация эффективной самостоятельной работы студентов.

Содержание и объем ЭУМК полностью соответствуют образовательным стандартам высшего образования специальности 1-70 80 01 «Строительство зданий и сооружений» (профилизации «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 «Энергосберегающие, перспективные и нетрадиционные системы теплогазоснабжения и вентиляции»:**

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

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

- Методические указания для курсового проектирования на тему «Горячее водоснабжение жилого дома»

- Методические указания для курсового проектирования «Система водяного отопления жилого дома с поквартирной разводкой»

**Раздел контроля знаний ЭУМК** содержит материалы для зачета, 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 «Энергосберегающие, перспективные и нетрадиционные системы теплогазоснабжения и вентиляции», список основной и дополнительной литературы.

Рекомендации по организации работы с УМК:

- лекции проводятся с использованием персонального компьютера и мультимедийного проектора;
- при подготовке к зачету, выполнению и защите курсовых работ используется конспект лекций, техническая основная и вспомогательная литература;
- лабораторные занятия проводятся с использованием представленных в ЭУМК методических указаний;
- зачет проводится в письменном виде, вопросы для зачета приведены в разделе контроля знаний.

## ПЕРЕЧЕНЬ МАТЕРИАЛОВ В КОМПЛЕКСЕ

### I ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Тема 1 Основные термины и определения

Тема 2 Энергия. Энергоресурсы

Тема 3 Тепловые насосы (ТН)

Тема 4 Перспективные направления развития котельной техники

Тема 5 Солнечное теплоснабжение

Тема 6 Методы получения тепловой и электрической энергии

Тема 7 Перспективные системы горячего водоснабжения

Тема 8 Перспективные тепловые сети

### II ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

#### ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Методические указания для курсового проектирования на тему "Горячее водоснабжение жилого дома"

Методические указания для курсового проектирования на тему "Система водяного отопления жилого дома с поквартирной разводкой"

### III РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Вопросы к зачету

### IV ВСПОМАГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

# **I ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

ТЕМА 1 ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

ТЕМА 2 ЭНЕРГИЯ. ЭНЕРГОРЕСУРСЫ

ТЕМА 3 ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ (ТН)

3.1. Устройство тепловых насосов

3.2. Эффективность различных источников энергии

ТЕМА 4 ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ КОТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

ТЕМА 5 СОЛНЕЧНОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

ТЕМА 6 МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

6.1. Метод сжигания органического топлива

6.2. Метод расщепления ядерного топлива

6.3. Использование солнечной энергии и энергии геотермальных вод

6.4. Использование сельскохозяйственных и городских отходов

6.5. Ветроэнергетика и гидроэнергетика

6.6. Другие энергетические установки

6.7. Экономическое сравнение электростанций разного типа

ТЕМА 7 ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

ТЕМА 8 ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ

## ТЕМА 1 ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Приведенная ниже терминология принята МИРЭК (Мировая энергетическая конференция).

Энергосбережение – комплекс мер для обеспечения эффективного использования энергоресурсов.

Экономия энергии – результаты мер по снижению непроизводительных потерь. Меры могут быть пассивные (например, теплоизоляция), активные (утилизация теплоты) или организационные (замена технологий).

Рациональное использование энергии – расходование энергии наиболее целесообразным путем.

Энергоемкость – количество энергии, потребленной для производства продукции.

Удельные затраты на экономию энергии – затраты для реализации мер по экономии единицы энергии в год без ухудшения качества и количества продукции.

Теплоизоляция – защита от нежелательного теплообмена с окружающей средой.

Энергоэкономичное здание – сооружение, в котором энергетические потребности удовлетворяются при минимальном использовании покупной энергии.

Регенерация энергии – использование сбросной энергии в том же процессе.

Теплообменник – устройство для передачи теплоты от одной среды к другой.

Отходы – материал, не используемый в данный момент, оставшийся после конкретного технологического процесса.

Энергетический ресурс – запасы энергии, которые могут быть использованы существующей техникой.

Первичный энергоресурс – энергоресурс, который не был подвергнут переработке.

Энергоноситель – ресурс, непосредственно используемый на стадии конечного потребления, предварительно переработанный, облагороженный, а так же природный энергетический ресурс, потребляемый на этой стадии.

Полезная энергия – часть подведенной к потребителю энергии, которая выполнила определенную работу.

Источники энергии – источники, из которых может быть получен полезная энергия непосредственно или путем преобразований.

Потери энергии у потребителя – разность между подведенной и полезной энергией.

[вернуться к оглавлению](#)

## ТЕМА 2 ЭНЕРГИЯ. ЭНЕРГОРЕСУРСЫ

### *Классификация энергоресурсов*

Энергия – способность производить работу или какое-то другое действие, меняющее состояние действующего субъекта. В широком смысле это – общая мера различных форм движения материи.

Для современного общества наиболее актуальны такие виды энергии, как электрическая и тепловая. Другие разновидности – механическая, химическая, атомная и т. д. – можно считать промежуточными или вспомогательными относительно упомянутых вначале, т. к. чаще всего именно электричество и теплота являются товаром, потребляемым человеком.

Тепловая энергия (тепло, теплота) – энергия хаотического движения микрочастиц – является первичной энергией цепи преобразования энергии, ею же эта цепь и заканчивается.

Тепловая энергия используется человеком для обеспечения необходимых условий его существования, для развития и совершенствования общества, для получения электрической энергии на тепловых электростанциях, для технологических нужд производства, для отопления и горячего водоснабжения жилых и общественных зданий. Источниками энергии могут служить вещества и системы, энергетический потенциал которых достаточен для последующего преобразования их энергии в другие ее виды с целью последующего целенаправленного использования. Энергетический потенциал является параметром, оценивающим возможность использования источника энергии. выражается в единицах энергии – Джоулях или киловатт-часах.

Энергетические ресурсы – это носители энергии. Природные энергоресурсы, образовавшиеся в результате геологического развития земли или проявляющиеся через комические связи (излучение солнца), которые используются или могут быть использованы человеком, делятся на невозобновляющиеся (ископаемое топливо органическое и ядерное, геотермальная энергия) и возобновляющиеся (гидроэнергия рек, солнечная радиация, приливная энергия морей и океанов, ветер, биотопливо).

Вторичные (побочные) энергоресурсы – ВЭР – это носители энергии, образующиеся в ходе производства, которые могут быть повторно использованы для получения энергии вне основного технологического процесса.

Энергетический потенциал в ЭДж ( $10^{18}$  Дж, эксаджоули) энергоресурсов Земли оценивается следующими величинами [2]:

• ядерная энергия деления	$1,97 \cdot 10^6$
• химэнергия органического топлива	$5,21 \cdot 10^5$
• термоядерная энергия	$3,6 \cdot 10^5$
• геотермальная энергия	$2,94 \cdot 10^6$
• энергия солнца на уровне Земли, за 1 год	$2,4 \cdot 10^6$
• энергия приливов, за 1 год	$2,52 \cdot 10^5$
• энергия ветра, за 1 год	$6,12 \cdot 10^3$
• энергия рек, за 1 год	$1,19 \cdot 10^2$
• биоэнергия лесов, за 1 год	$1,46 \cdot 10^3$

[вернуться к оглавлению](#)

## ТЕМА 3 ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ (ТН)

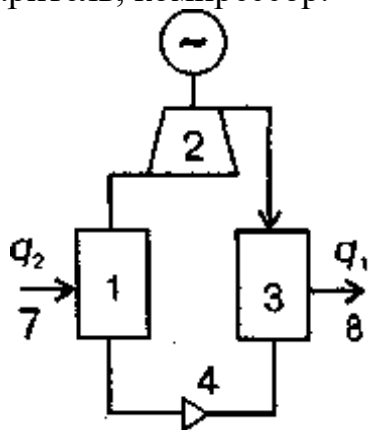
### 3.1. Устройство тепловых насосов

Тепловые насосы - один из самых перспективных классов экологически чистого энергосберегающего отопительного оборудования. Тепловые насосы – это устройства, отбирающие тепловую энергию от среды с низкой температурой и передающие ее среде с более высокой. Тепловые насосы принципиально аналогичны холодильным установкам, но конструктивно несколько отличаются от них. Размеры обычного ТН не превышают размеров бытового холодильника.

Тепловой насос – это установка, которая сама не производит энергию, но позволяет использовать низкопотенциальное тепло от грунта, подземных вод, воздуха и прочих источников для нагрева высокопотенциальных теплоносителей (максимум до 55-60<sup>0</sup>С).

В некоторых странах тепловые насосы применяются давно — и в быту, и в промышленности. В Японии, например, эксплуатируется около 3 миллионов установок, в Швеции около 500 000 домов обогревается тепловыми насосами различных типов.

Основными элементами установки является конденсатор, дроссель, испаритель, компрессор.



устройство ТН

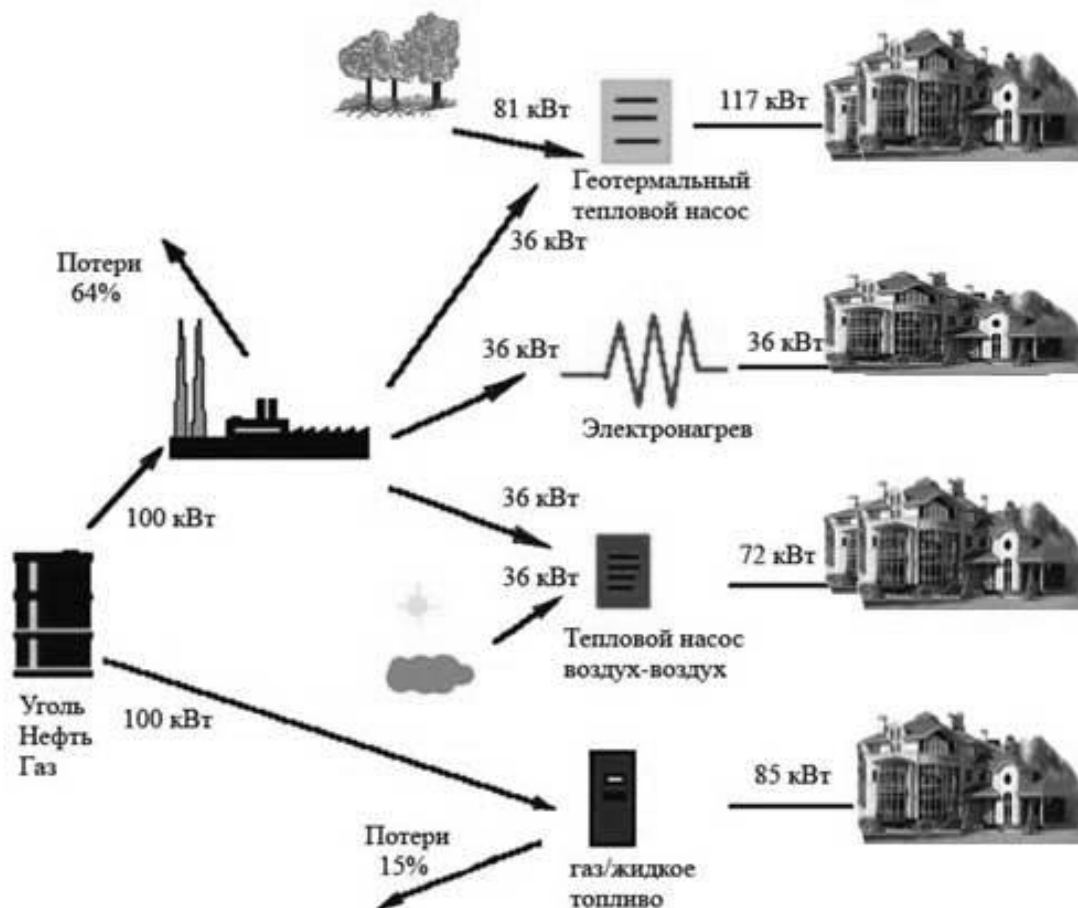
В теплообменнике-испарителе 1 при низком давлении и, следовательно, при низкой температуре происходит испарение (кипение) фреона за счет тепла низкопотенциального источника тепловой энергии 7, от которого при этом отбирается количество тепла  $q_2$ . Пары фреона отсасываются и сжимаются компрессором 2, при этом рабочему телу (фреону) сообщается энергия, затрачиваемая компрессором. Пары затем поступают в теплообменник-конденсатор 3, где фреон конденсируется при более высоком давлении, создаваемым компрессором, а следовательно, при более высокой температуре. При конденсации отбирается тепло от рабочего тела, это производится теплоносителем в системе отопления или ГВС 8 (он холоднее конденсирующегося фреона), этот теплоноситель отбирает от фреона количество тепла  $q_1$ . Жидкий фреон затем поступает в дроссель 4 (это тонкое отверстие), давление резко снижается. В испаритель фреон поступает с низким давлением, и цикл повторяется.

Эта схема может выполнять две задачи: охлаждать или нагревать объект.



Устройства, предназначенные для отбора тепла от тел с низкой температурой, называются холодильниками (кондиционерами); устройства, передающие тепло телам с более высокой температурой, называются тепловыми насосами, т.е. название агрегата зависит от функции.

### 3.2. Эффективность различных источников энергии



К преимуществам тепловых насосов, в первую очередь, следует отнести экономичность: для передачи в систему отопления 1 кВт·ч тепловой энергии установке необходимо затратить всего 0,2-0,35 кВт·ч электроэнергии.

Тепловые насосы характеризуются коэффициентом преобразования, или отопительным коэффициентом - это отношение теплоты, полученной в результате преобразования и переданной тепловому телу, к количеству затраченной энергии.

Обычно он колеблется в различных системах от 2,5 до 5, т. е. на затраченный 1 кВт электрической энергии насос производит от 2,5 до 5 кВт тепловой. При этом экономия электроэнергии может достигать 70%.

Отопительный коэффициент во многом зависит от системы отопления, для которой поставляет тепло тепловой насос: чем меньше расчетная температура теплоносителя, тем больше эффективность теплового насоса. Низкотемпературное отопление (теплый пол, теплые стены) и тепловой насос - это наиболее эффективное сочетание.

Источником низкопотенциальной энергии может быть грунт, открытый водоем, воздух, сточные воды и др. Внешний контур, собирающий тепло окружаю-

щей среды, представляет собой полиэтиленовый трубопровод (ПНД) обычно диаметром около 40 мм, уложенный в землю или в воду. Теплоноситель – часто 30% раствор этиленгликоля (либо этилового спирта).

#### Земляной контур

При использовании в качестве источника тепла участка земли трубопровод зарывается в землю на глубину промерзания грунта. Минимальное расстояние между соседними трубопроводами - 0,8 -1,2 м. Специальной подготовки почвы, засыпок и т.п. не требуется.

Ориентировочное значение тепловой мощности, приходящейся на 1 метр трубопровода, 20 - 30 Вт.

Таким образом, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходим земляной контур площадью около 400-600 кв. метров. При правильном расчете контур, уложенный в землю, не оказывает влияния на садовые насаждения, и участок может использоваться для выращивания культур.

Земляной контур можно выполнить в виде скважины, в которую опущены трубы контура. Не обязательно использовать одну глубокую скважину, можно пробурить несколько не глубоких, более дешевых скважин, главное получить общую расчетную глубину. На 1 метр скважины приходится 50-60 Вт тепловой энергии. Таким образом, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходима скважина глубиной 170-200 метров.

#### Вода открытых водоемов

При использовании в качестве источника тепла воды ближайшего водоема, реки контур укладывается на дно. Этот вариант является идеальным с любой точки зрения: короткий внешний контур, «высокая» температура окружающей среды (температура воды в водоеме зимой всегда положительная), высокий коэффициент преобразования энергии тепловым насосом. Главное условие - водоем должен быть проточным и достаточным по размерам. Ориентировочное значение тепловой мощности, приходящейся на 1 метр трубопровода, 30 Вт. Таким образом, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходимо уложить в озеро контур длиной 333 метра. Для того чтобы трубопровод не всплывал, на 1 погонный метр трубопровода устанавливается около 5 кг груза.

#### Воздух

ТН с воздушным контуром при снижении температуры наружного воздуха имеет эффективность все ниже и ниже и, начиная с температуры наружного воздуха 0<sup>0</sup>С, ступенями подключает электрические ТЭНы, так как отопительный коэффициент сильно снижается. Таким образом, это наименее эффективный ТН.

ТН может работать и на охлаждение в 2 режимах.

#### Пассивное охлаждение

При пассивном охлаждении компрессор теплового насоса не работает, и теплоноситель просто циркулирует между скважиной и фанкойлами. Таким образом, холод из скважины напрямую поступает в систему кондиционирования.

#### Активное охлаждение

Если пассивного охлаждения не достаточно, в системе кондиционирования используется холод, производимый тепловым насосом. При этом автоматически

включается компрессор теплового насоса, и теплоноситель из скважины дополнительно охлаждается тепловым насосом.

Возможны следующие виды применения ТН:

- Моновалентный (только тепловой насос). Тепловой насос является единственным генератором тепла, и покрывает 100% потребности тепла. Пригодны для рабочих температур до макс. 55°C.
- Бивалентный (тепловой насос и котел) или моноэнергетический (тепловой насос и электрический контактный нагреватель).

В настоящее время в основном используются парокомпрессионные насосы, однако применяются также абсорбционные, электрохимические и термоэлектрические.

Размеры обычного ТН не превышают размеров бытового холодильника.

Достоинства ТН:

1. значительная экономия за счет использования тепловой энергии низкопотенциального источника теплоты.
2. возможность переключения с режима отопления зимой на режим кондиционирования летом: вместо радиаторов к внешнему коллектору подключаются фанкойлы или системы «холодный потолок».

Недостатки: высокая стоимость оборудования.

Стоимость ТН и монтажа системы составляет \$300-1200 на 1 кВт необходимой мощности отопления. Время окупаемости тепловых насосов составляет 4-9 лет, при сроке службы 15-20 лет до капитального ремонта.

[вернуться к оглавлению](#)

## ТЕМА 4 ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ КОТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Современная котельная техника малой и средней тепловой мощности развивается в следующих направлениях:

- повышение энергетической эффективности путем всемерного снижения тепловых потерь и наиболее полного использования энергетического потенциала топлива;
- уменьшение габаритов котельного агрегата за счет интенсификации процесса сжигания топлива и теплообмена в топочной камере и на поверхностях нагрева;
- снижение загрязняющих атмосферу газообразных выбросов (СО, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>);
- повышение надежности работы котельного агрегата.

Новая технология сжигания реализуется, например, в котлах с пульсирующим горением. Топочная камера такого котла представляет собой акустическую систему с высокой степенью турбулизации дымовых газов. В топочной камере котлов с пульсирующим горением отсутствуют горелки, а следовательно, и факел. Подача газа и воздуха осуществляется прерывисто с частотой примерно 50 раз в секунду через специальные пульсирующие клапаны, и процесс горения порций газа происходит во всем топочном объеме. При сжигании в топке повышается давление, увеличивается скорость продуктов горения, что приводит к существенной интенсификации процесса теплообмена, дает возможность уменьшить габариты и массу котла, организовать процесс сжигания без использования громоздких и дорогих дымовых труб.

Работа таких котлов отличается низкими выбросами СО и NO<sub>x</sub> КПД таких котлов достигает 96 %.

Энергетическая эффективность котельных агрегатов оценивается уровнем КПД. При работе на газообразном и жидком топливах КПД зависит в основном от потери теплоты с уходящими газами  $q_{у.г}$ . При полном сжигании топлива потери теплоты от химической неполноты сгорания  $q_{х.н}$  равны нулю, а потери теплоты через наружные ограждения в окружающую среду  $q_{н.о}$  для современных котлов сведены к минимуму и составляют доли процента. При снижении температуры уходящих газов до такой степени, при которой происходит конденсация водяных паров продуктов горения, достигается двойной эффект, когда, с одной стороны, выделяемая скрытая теплота конденсации водяных паров существенно повышает используемый энергетический потенциал топлива (он усваивается хвостовыми поверхностями нагрева котла), а с другой стороны, уменьшаются потери теплоты с уходящими газами.

Подобные котлы получили название низкотемпературных (при отсутствии конденсации водяных паров продуктов сгорания) и конденсационных (при наличии конденсации водяных паров). Такие котлы выпускают фирмы Viessmann (Германия), Buderus (Германия), CTC (Швеция) и др.

В настоящее время для умягчения и обессоливания подпиточной воды используются весьма сложные установки, зачастую требующие для своей работы

дорогостоящие компоненты. Кроме того, необходимо платить и за сбросы солевого концентрата, который оказывает губительное влияние на окружающую среду.

Вакуумный водогрейный котел японской фирмы Takutna — это герметичная емкость, наполненная определенным количеством хорошо очищенной воды. Топочная камера котла представляет собой жаровую трубу, находящуюся ниже уровня жидкости. Выше уровня воды в паровом пространстве установлены два теплообменника, один из них включен в отопительный контур, другой работает в системе горячего водоснабжения.

Благодаря небольшому вакууму, автоматически поддерживаемому внутри котла, вода закипает в нем при температуре ниже 100 °С (температуры кипения при атмосферном давлении). Испаряясь, вода конденсируется на теплообменниках и поступает обратно в жидкую фазу. Очищенная вода не выводится из агрегата, и обеспечить необходимое ее количество несложно. Таким образом снимается проблема химической подготовки котловой воды, качество которой является непременным условием надежной и длительной работы котельного агрегата.

Отопительные котлы американской фирмы Teledyne Laars — это водотрубные установки с горизонтальным теплообменником из оребренных медных труб. Особенностью таких котлов, получивших название «гидронные», является возможность использования для них неподготовленной сетевой воды. В этих котлах предусматривается обеспечение высокой скорости (более 2 м/с) протекания воды через теплообменник. Таким образом, если вода и вызывает коррозию оборудования, то образующийся осадок будет образовываться, но не в теплообменнике котла. В случае использования жесткой воды быстрый поток снизит или предотвратит образование накипи. Использование принципа высокой скорости воды привело разработчиков к решению максимального уменьшенного объема водяной части котла, так как в противном случае необходим слишком мощный циркуляционный насос, потребляющий большое количество электроэнергии.

В последнее время на российском рынке котельную технику наряду с российскими производителями предлагают многочисленные зарубежные фирмы, появились и совместные разработки с участием как иностранных, так и российских предприятий.

Современные водогрейные и паровые котлы малой и средней мощности часто выполняются жаротрубными или жарогазотрубными. Эти котлы отличаются высоким КПД, низкими выбросами газообразных отходов, компактностью, высокой степенью автоматизации, простотой эксплуатации и надежностью.

На рисунке приведен комбинированный жарогазотрубный водогрейный котел Unimat международной компании LOOS. Котел имеет топочную камеру, выполненную в виде жаровой трубы 7, омываемую с боковых сторон водой. В переднем торце жаровой трубы расположена откидывающаяся дверца 2 с двухслойной тепловой изоляцией 4, в которой установлена горелка 1. Продукты горения из жаровой трубы поступают в конвективную газотрубную поверхность 5, в которой совершают двухходовое движение, а затем по газоходу 10 покидают котел.

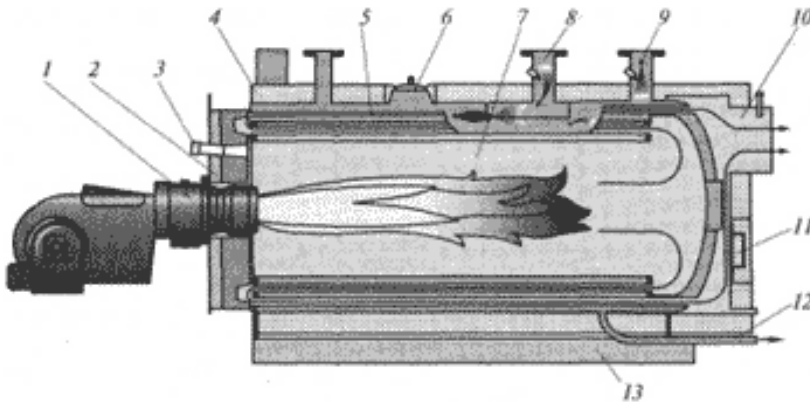


Рисунок: Водогрейный котел Unimat международной компании LOOS:

1-горелка; 2-дверца; 3-гляделка; 4-тепловая изоляция; 5-газотрубная поверхность нагрева; 6-лючок в водяное пространство котла; 7-жаровая труба (топочная камера); 8-патрубок подвода воды в котел; 9-патрубок для отвода горячей воды; 10 — газоход отходящих продуктов горения; 11-смотровое окно; 12-дренажный трубопровод; 13-опорная рама.

Подвод воды в котел осуществляется через патрубок 8, а для отвода горячей воды служит патрубок 9. Наружные поверхности котла имеют тепловую изоляцию 4. Наблюдение за факелом возможно через гляделку 3 в дверце котла. Осмотр состояния наружной части газотрубной поверхности может быть проведен через лючок 6, а торцевой части корпуса — через смотровое окно 11. Для слива воды из котла предусмотрен дренажный трубопровод 12. Котел устанавливается на опорную раму 13.

Относительно большой объем топки и, как следствие, невысокая плотность тепловыделения в топке (0,4...0,6 МВт/м<sup>3</sup>) обеспечивают полное сгорание топлива. Трехходовое движение дымовых газов обеспечивает высокую эффективность радиационного теплообмена в жаровой трубе и конвективного теплообмена в газотрубной части котла.

Тепловая мощность котлов от 0,1 до 19,2 МВт, КПД котла в стандартном исполнении 95,9 %.

[вернуться к оглавлению](#)

## ТЕМА 5 СОЛНЕЧНОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

Известно два направления использования солнечной энергии. Наиболее реальным является преобразование солнечной энергии в тепловую и использование в нагревательных системах. Второе направление – системы непрямого и прямого преобразования в электрическую энергию.

Преобразование солнечной энергии в тепловую обеспечивается системами солнечного отопления, которые подразделяют на пассивные и активные. Пассивными называются системы, в которых элементом, воспринимающим солнечное излучение является само здание или его отдельные элементы.

Недостатки пассивной системы солнечного отопления:

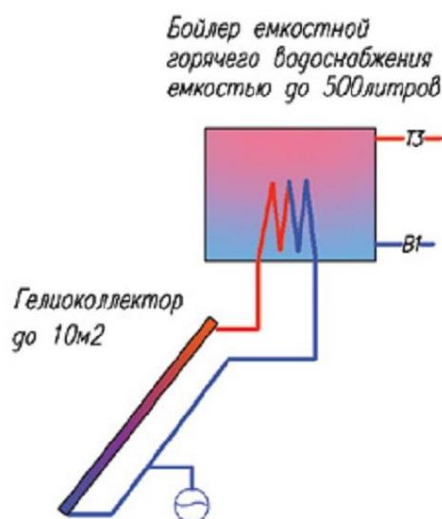
1. неравномерное распределение тепла, отказ от солнечной энергии днем.
2. Жарко днем, прохладно ночью.

Активными называются системы солнечного отопления, в которых гелиоприемник (гелиоколлектор) является самостоятельным отдельным устройством.

Наиболее применяемые гелиоколлекторы – плоские и трубчатые вакуумные.

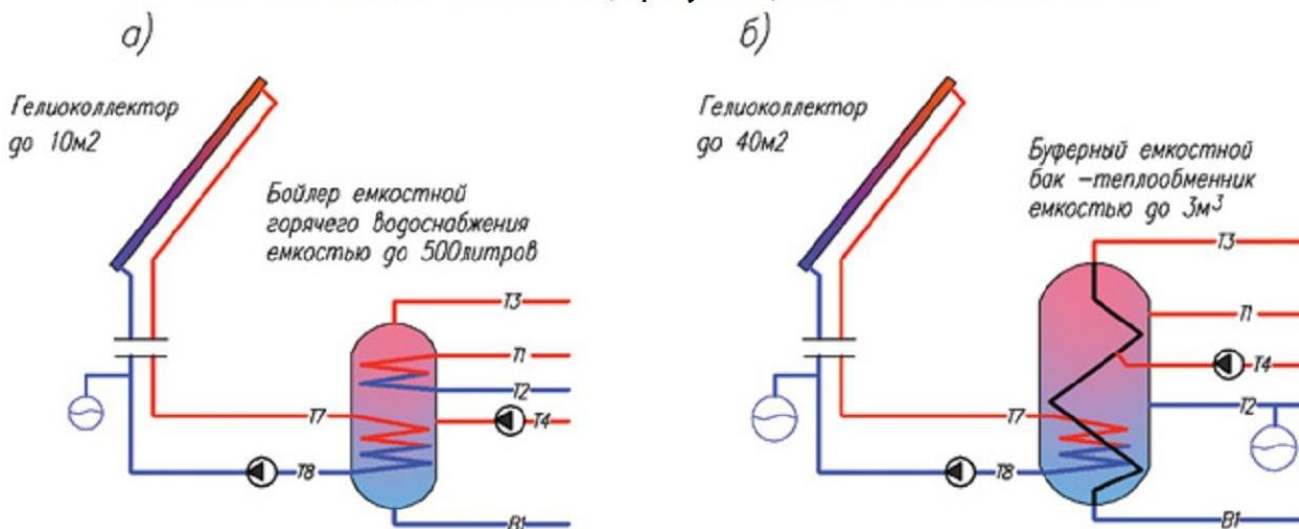
Рассмотрим схемы солнечных систем отопления и ГВС зданий.

Самая простая схема – с естественной циркуляцией.



Для климата с отрицательными температурами такая схема неприемлема.

## упрощённые схемы небольших и средних гелиосистем с насосной циркуляцией теплоносителя.



Конструкция небольшой (а) и средней (б) гелиосистем

Небольшие гелиосистемы с гелиоколлектором до 10м<sup>2</sup> и с аккумулирующим бойлером ёмкостью до 500 литров (рис. а) являются наиболее распространёнными для индивидуального пользования.

Для средних гелиосистем с гелиоколлектором общей площадью до 40м<sup>2</sup> требуются аккумуляторы ёмкостью более 500 литров. В этом случае применяют в качестве аккумуляторов так называемые буферные баки ёмкостью до 3 м<sup>3</sup>, заполненные теплоаккумулирующей деаэрированной водой, от которой теплота передаётся к воде систем ГВС или отопления через трубчатый змеевик-теплообменник, расположенный по всей высоте бака (рис. б). Вода в баке может дополнительно нагреваться теплообменным змеевиком контура гелиоколлектора, а также традиционным источником теплоты – водогрейным котлом или от тепловых сетей.

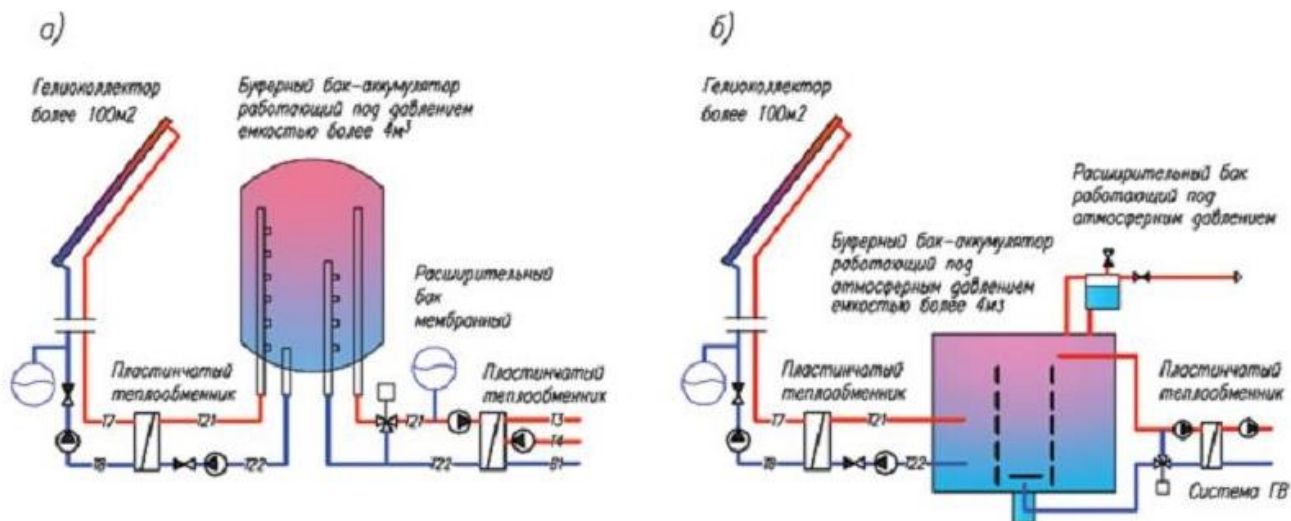
Эти системы широко востребованы фермерскими хозяйствами, гостиницами, применяются для систем горячего водоснабжения небольших предприятий, для офисных зданий и др.

К крупным гелиосистемам относят гелиосистемы с гелиоколлектором общей площадью более 100...200м<sup>2</sup>. Они принципиально отличаются от средних гелиосистем конструкцией тепловых аккумуляторов, системами автоматического управления и технологией проектирования.

Крупные гелиосистемы применяют для отопления и горячего водоснабжения многоквартирных жилых домов, для систем централизованного теплоснабжения небольшого посёлка, для теплоснабжения промпредприятий.

В РФ такие системы практически не применяются.





Варианты крупной гелиосистемы:

- а) с буферным баком-аккумулятором, работающим под давлением;
- б) с буферным баком-аккумулятором, работающим под атмосферным давлением, и с расширительным баком, работающим под атмосферным давлением.

Для крупных гелиосистем применяют скоростные пластинчатые теплообменники, отделяющие контур гелиоколлектора от контура горячего водоснабжения с помощью промежуточного между ними контура с буферным баком-аккумулятором ёмкостью более  $4\text{ м}^3$ . Крупные гелиосистемы применяют также в сочетании другими возобновляемыми источниками тепловой энергии, что позволяет значительно повысить энергоэффективность систем здания в течение всего года.

Крупная гелиосистема, в зависимости от конкретных обстоятельств, может иметь два и более буферных бака-аккумулятора. Гелиосистемы с применением одного буферного бака являются экономически оптимальными и более простыми в проектировании и эксплуатации. На рис. приведены в упрощённом виде некоторые варианты крупных гелиосистем с одним буферным баком-аккумулятором.

Существуют также солнечная система, которая не боится закипания и не нуждается в утилизации излишков тепла, если в период максимальной солнечной активности нет потребности в тепле. Состоит из специальных солнечных коллекторов, специальной ёмкости для слива теплоносителя, насосной группы и ёмкостного водонагревателя со встроенным змеевиком. Гелиосистема заполняется теплоносителем не полностью, а по определённый уровень, ниже основания самого нижнего коллектора. На этом уровне устанавливается под крышей специальная промежуточная ёмкость (Drain Box, Drain Master, Sol Box), а в солнечных коллекторах в спокойном состоянии находится воздух. В отличие от пропиленгликоля, он не боится высоких температур. Если автоматика получает запрос по теплу, то она включает циркуляционный насос, он заполняет коллекторы теплоносителем, и начинает перенос тепла из солнечных коллекторов в ёмкостный водонагреватель. В этот момент теплоноситель для заполнения коллекторов выкачивается из промежуточной ёмкости и на его место поступает заполнявший коллекторы воздух. После окончания съёма тепла циркуляционный насос останавливается, и теплоноситель из коллекторов стекает обратно в промежуточную ёмкость, а его ме-

сто занимает воздух. Система "Drain Back" - это идеальное решение для приготовления горячей воды в дачных домах, частных коттеджах и прочих объектах, где отсутствует системное потребление горячей воды.

Литература в РБ по солнечным системам:

В.В.Покотилов, М.А.Рутковский – Использование солнечной энергии для повышения энергоэффективности жилых зданий, справочное пособие, Минск, 2015, 64с.

[вернуться к оглавлению](#)

## ТЕМА 6 МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

### 6.1. Метод сжигания органического топлива

Применительно к энергетике речь идет о котле (по современной технической терминологии – парогенератор). Котел состоит (см. рис) из двух основных частей – топки и "хвоста". Топка предназначена для экономичного сжигания топлива, в ней расположен факел. Топливо измельчается в мельнице 1 (могут быть и другие схемы) и потоком воздуха выносится в топку. Температура в топке 1500 ... 2000 °С; в топке расположены экраны – это слой труб 2 на стенах топки. В трубах находится вода, которая превращается в пар. Пароводяная смесь поднимается в барабан 3, где пар отделяется от воды и поступает в пароперегреватель 4, а вода возвращается через внешние трубы и нижние коллекторы снова в экранные трубы. Пар из пароперегревателя с параметрами 10 МПа и 500°С направляется в паровую турбину. Газообразные продукты сгорания омывают трубы водяного экономайзера 5 и воздухоподогревателя 6, расположенных в "хвосте" котла, и затем, пройдя систему очистки 7, дымососом 8 удаляются в дымовую трубу. Подогретая вода из экономайзера 5 подается в барабан, воздух дутьевым вентилятором 9 после воздухоподогревателя 6 подается в топку для горения топлива. Жидкое или газообразное топливо подаются в топку горелкой 10. Экономайзер и воздухоподогреватель служат для охлаждения продуктов сгорания с целью повышения КПД котла и улучшения процесса горения. КПД котла обусловлен потерями тепла с уходящими газами (после воздухоподогревателя), недожогами топлива, охлаждением горячих частей котла. КПД современных энергетических котлов выше 90%.

Котел, предназначенный только для подогрева воды (без кипения), подаваемой, например, в системы отопления, называется водогрейным котлом, и в принципе идентичен описанному (в нем нет барабана и пароперегревателя).

Энергетические котлы устанавливаются на тепловых электрических станциях – ТЭС, водогрейные – в котельных.

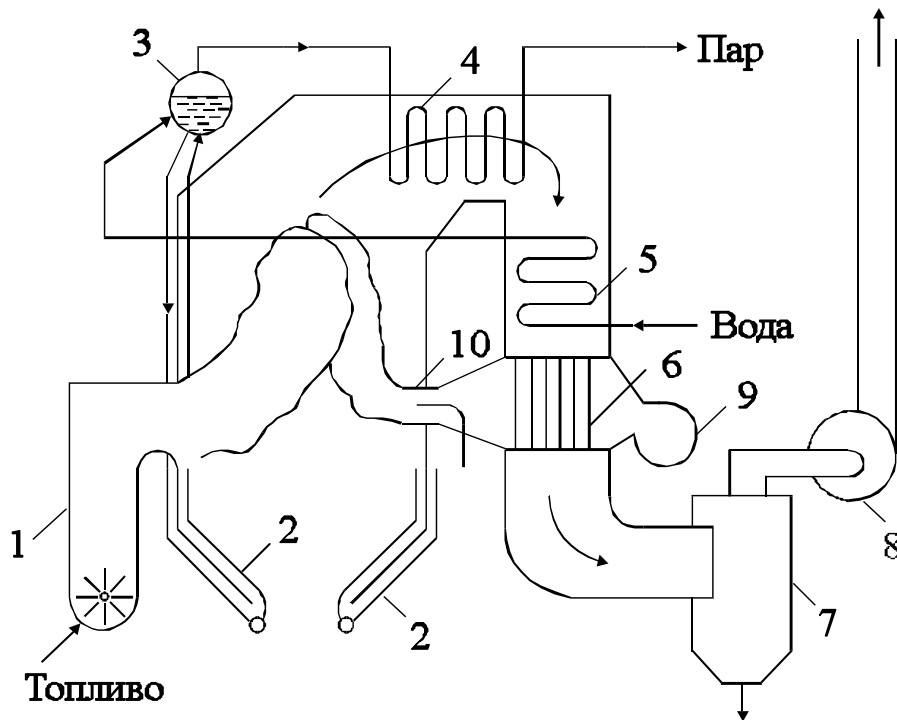


Рис.1 Схема энергетического котла

Принципиальная схема ТЭС показана на рис, где 1 – энергетический котел с пароперегревателем; в топке его сжигается топливо и рабочему телу (вода и пар) сообщается количество теплоты  $Q_1$ . Пар подается в паровую турбину 2 (она показывается расширяющейся трапецией, ибо пар совершает работу вращения ротора турбины, расширяясь; давление его падает от 10 МПа вначале до 0,005 МПа в конце). Турбина со скоростью 3000 об/мин (50 герц) вращает электрогенератор 3, выдающий в сеть переменный трехфазный ток; количество электроэнергии  $N$ .

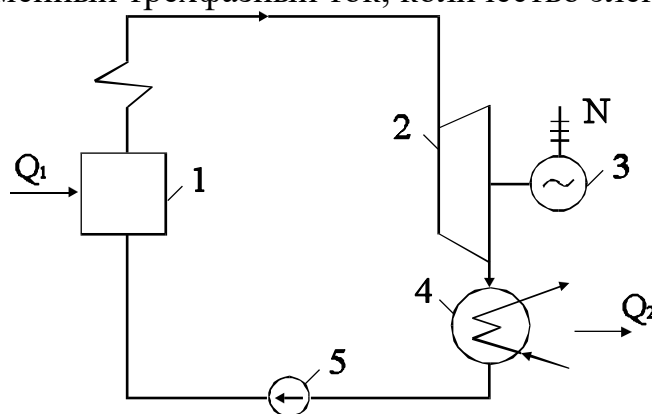


Рис.2 Схема тепловой электрической станции

Отработанный пар поступает в конденсатор 4, где охлаждается внешней водой, протекающей в трубах, и конденсируется. При этом от пара надо отвести количество теплоты  $Q_2$ . II закон термодинамики гласит: чтобы из тепловой энергии получить механическую, нужно часть исходной тепловой энергии выбросить в окружающую среду. Законы термодинамики говорят о том, что  $Q_2$  никогда не бывает нулевым, его доля зависит от соотношения температур пара до и после

турбины. Для тех температур, которые позволяют конструкции современных котлов и турбин,  $Q_2$  составляет не менее 60% от  $Q_1$ , т. е.  $N$  (полезная работа) не более 40% от исходного тепла  $Q_1$ . Для реальных ТЭС эта доля (это термический КПД ТЭС) около 30%. Т. е. – для получения единицы электрической энергии необходимо несколько единиц тепловой. Другие тепловые двигатели (ДВС, паровые машины и т. д.) имеют еще меньший КПД.

Конденсат насосом 5 подается снова в котел 1, и цикл замыкается. На рис. 6 по сути изображен энергоблок, из которых состоят современные ТЭС.

Температура пара после турбины  $30^\circ\text{C}$ , такой теплоноситель никому не нужен. Если же режим вести так, чтобы из турбины пар выходил при давлении более 0,1 МПа (температура конденсации более  $100^\circ\text{C}$ ), или отбирать пар из корпуса турбины ближе к входу пара, то такой теплоноситель уже можно реализовать у различных потребителей. При этом количество электроэнергии будет выработано меньше, но тепло будет использовано лучше. Такая ТЭС, из турбины которой отбирается пар более высоких параметров, чем он имеет при поступлении в конденсатор, называется ТЭЦ – теплоэлектроцентраль. Производство электрической и тепловой энергии называется комбинированным, когда пар отдается потребителю после совершения им определенной работы в турбине. Централизованное снабжение теплом потребителей на базе комбинированной выработки тепла и электроэнергии называется теплофикацией (см. рис 7). При этом тепловому потребителю не обязательно подается пар из турбины: он может через теплообменник передавать тепло другому теплоносителю (воде). Система трубопроводов, распределяющих горячий теплоноситель по городу, называется тепловой сетью. Как правило, теплоноситель циркулирует между ТЭЦ и потребителем (т. е. имеются прямые и обратные трубопроводы). Расчетная температура прямой воды для систем отопления  $90 \dots 200^\circ\text{C}$ , обратной  $70^\circ\text{C}$ .

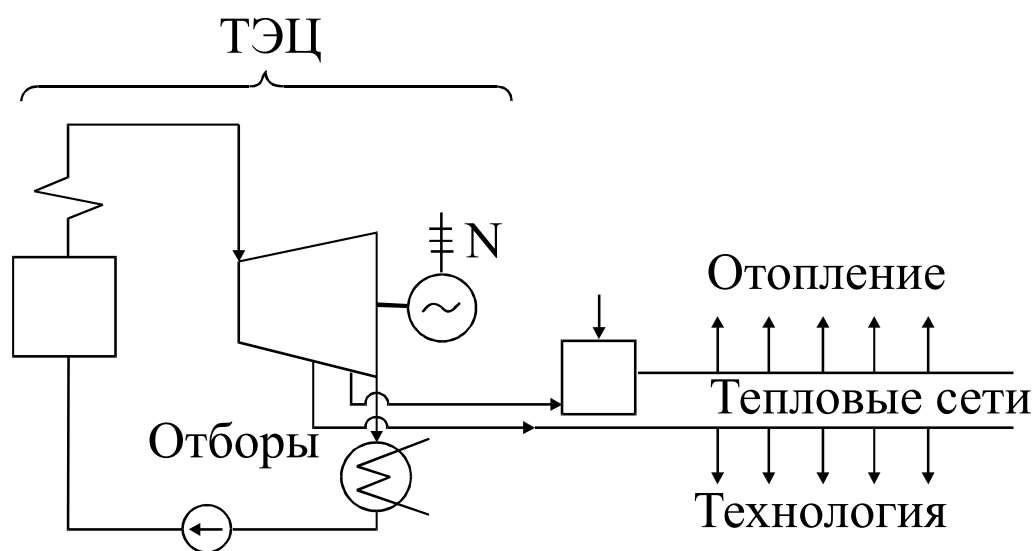


Рис.3 Схема теплофикации

При раздельном производстве электроэнергии и теплоты первая производится на ТЭС (она в этом случае называется КЭС – конденсационная электростанция), тепловая энергия – в котельных (где стоят только водогрейные котлы, нет

турбин), (см. рис. 4). При комбинированной выработке повышается коэффициент использования топлива: при одинаковых соотношениях  $N$  и  $Q$  слева и справа расход топлива справа меньше на 20 ... 25% при современных параметрах пара.

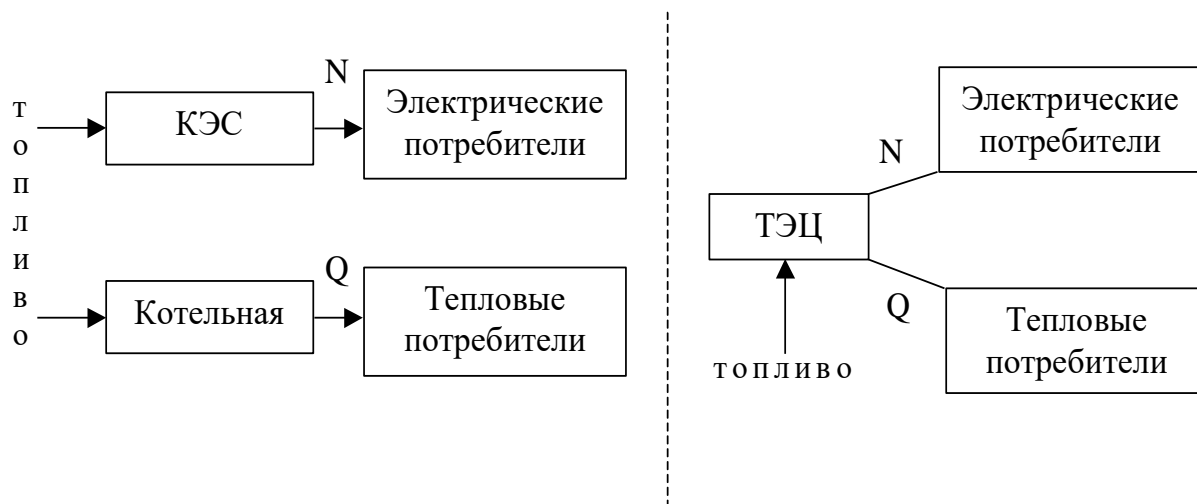


Рис. 4. Схема раздельной (слева) и комбинированной выработки электроэнергии  $N$  и теплоты  $Q$

Поэтому теоретически использование ТЭЦ является существенным фактором энергосбережения. На практике эффект несколько снижается из-за трудностей совмещения графиков электрического и теплового потребления, меньшего КПД более сложной теплофикационной турбины, потерь в тепловых сетях и т. д. Описанные выше методы являются основными в современном энергопроизводстве.

## 6.2. Метод расщепления ядерного топлива

Чтобы повысить содержание расщепляющегося протона  $^{235}\text{U}$ , исходный природный уран обогащается (газодиффузионный и центробежный методы), его концентрация растет с 1% до 4...5%. Чтобы реакция деления ядер началась, нейтронам необходимо быть захваченными ядрами. В результате деления образуются преимущественно быстрые нейтроны, не обладающие этими свойствами. Поэтому в ядерных реакторах быстрые нейтроны необходимо замедлить. В качестве замедлителей используется обычная вода, тяжелая вода, графит, бериллий и др. В ряде случаев замедлителем является теплоноситель, воспринимающий теплоту, выделяющуюся при движении продуктов реакции. Теплоноситель переносит тепло к потребителю (в тепловую машину или на отопление). Для повышения безопасности применяют двухконтурные схемы, когда через теплообменный аппарат тепло передается другому теплоносителю, который полезно используется. 1 кг ядерного топлива обеспечивает реализацию тепловой мощности в 2 МВт в течение года.

Ядерное топливо из двуокиси урана  $\text{UO}_2$  подготавливается в виде таблеток диаметром 7 ... 12 мм толщиной 2 ... 5 мм, из них собирается столб высотой в несколько метров, заключенный в циркониевую трубу, представляющую собой тепловыделяющий элемент ТВЭЛ; несколько ТВЭЛов образуют тепловыделяющую

сборку, которая располагается в технологическом канале и омывается теплоносителем. Для регулирования и останова реактора используются кадмиевые стержни, поглощающие нейтроны; эти стержни опускаются при необходимости в активную зону. Комплекс тепловыделяющих сборок, замедлителей, регулировочных стержней, защитных оболочек заключен в кожух, образующий конструкцию, которую называют реактором. В реактор снизу подводится охлажденный теплоноситель, сверху выводится пар (или горячая вода), который подается на турбину. Схема АЭС такая же, как обычная ТЭС (см. рис. 9), только вместо котла установлен реактор без пароперегревателя. Естественно, на АЭС много специфического оборудования.

### **6.3. Использование солнечной энергии и энергии геотермальных вод**

В случае предварительного концентрирования солнечных лучей в гелиоприемнике можно получить высокую температуру тепловоспринимающей поверхности (до 5000°C), без концентрации лучей эта температура не превышает 200°C. Поэтому первую схему используют для производства электроэнергии по методу ТЭС (см. рис. 9), где в качестве парогенератора установлен солнечный котел; вторая схема используется для получения низкопотенциального теплоносителя, например, для систем отопления. Для уменьшения зависимости тепловой мощности солнечных энергоустановок от временных и погодных условий следует использовать тепловые аккумуляторы. Теплоносителем могут быть вода, воздух, органические низкокипящие жидкости. Тепловым аккумулятором может служить любой твердый наполнитель или вещества, переходящие из твердого состояния в жидкое при температурах воздуха отапливаемых помещений.

При температурах геотермальных вод до 100 ... 150 °С и слабой их минерализации возможно прямое использование геотермальных вод в системах теплоснабжения. При большой минерализации применяется схема с промежуточной очисткой и теплообменниками.

### **6.4. Использование сельскохозяйственных и городских отходов**

Навоз, солома, отходы сахарного производства являются сырьем для производства искусственного газообразного и жидкого топлива, основным процессом превращения сельхозотходов в горючий газ, содержащий метан и двуокись углерода, является сбраживание органической части.

Технология переработки навоза в метан (биогаз) сводится к разбавлению водой, сбраживанию в метатенке в условиях перемешивания при температуре до 60 °С. Образующийся газ компрессором направляется в топливную систему (предварительно возможно отделение двуокиси углерода). Твердый остаток технологии используется как удобрение.

В настоящее время все большее значение приобретает использование городских отходов для производства тепловой энергии. При этом отходы сжигаются в специальных мусоросжигательных установках, а так же в топках котлов ТЭС в качестве присадки (до 10%) к основному топливу. В среднем выделение бытовых отходов в городе составляет 400 ... 500 кг/год на одного человека, в сельской

местности – около 200 кг/год, что является существенным резервом энергоносителя. Однако нельзя забывать о низком качестве такого "топлива".

### **6.5. Ветроэнергетика и гидроэнергетика**

Ветер – проявление тепловых процессов в атмосфере планеты. Интерес к энергии ветра связан с возможностью создания ветровых электростанций (ВЭС), которые являются автономными источниками энергии без потребления топлива. Существует множество типов конструкций ВЭС. Основным элементом является преобразователь движения воздуха во вращательное (как правило) вала электрогенератора, насоса и т. д. Из-за непостоянства энергии ветра требуется устройство, поддерживающее качество электроэнергии на заданном уровне (напряжение, частота). Поэтому стоимость электроэнергии, вырабатываемой ВЭС, высока. Если же потребитель не требует высокого качества механической энергии на валу преобразователя (подъем и перекачка воды, вентиляция и т. п.), ветроустановки становятся существенно дешевле. Производство электроэнергии с помощью ветра не связано с затоплением и загрязнением окружающей среды. Следует указать, что единичные мощности ВЭС невелики, до 10 МВт.

Перспективным является использование ВЭС совместно с гидравлическими и гидроаккумулирующими электростанциями, что в какой-то степени решает проблему равномерного производства электроэнергии. Электроэнергию от ВЭС можно с успехом использовать для отопления, т. к. электронагреватели не требовательны к качеству электроэнергии.

Отрицательные свойства ВЭС: блокировка территории, низкочастотный шум, помехи для движущихся в атмосфере тел.

Гидроэнергетика использует кинетическую энергию потоков воды. Поэтому для ГЭС (гидроэлектростанции) необходимы большие расходы рабочей среды (объем и скорость). ГЭС состоит из плотины, создающей скорость потока из накопленного объема воды, гидроэнергоагрегата - это гидротурбина плюс электрогенератор, вспомогательных электро- и гидрораспределительных устройств. При соответствующих геометрических, гидрологических, экономических условиях гидроэнергетика - важнейшая сфера экономики (например в Чили почти 90 % потребностей в электроэнергии удовлетворяется гидроэнергетикой; самая крупная в настоящее время ГЭС - "Итайпу", - Бразилия, имеет мощность, в 1.5 раза превышающую мощность всей энергосистемы РБ).

### **6.6. Другие энергетические установки**

Мировой океан, моря представляют собой огромный резервуар возобновляемых энергоресурсов. Развитие морской энергетики связано с использованием градиентов температур и концентраций солей и, в основном, – с энергией течений и волн. Энергия может производиться на приливных электростанциях, волновых электростанциях, электростанциях морских течений, термоэлектрических установках, на ТЭС с низкокипящим рабочим телом.

Космические энергоустановки могут быть различных типов (термоэлектрические, фотоэлектрические, паровые и др.), но основная проблема – передача



энергии на поверхность Земли.

### 6.7. Экономическое сравнение электростанций разного типа

Считается экономически оправданным строительство электростанций с удельными капитальными затратами до 2000 дол/кВт.

Очевидно, для Беларуси основным является метод получения энергии за счет сжигания органического топлива.

Тип электростанции	Затраты на строительство, дол/кВт	Стоимость произведенной энергии, цент/кВт-час
ТЭС на нефти	800...1200	7...9
ТЭС на угле	1000...1400	6...8
АЭС	2000...3500	7...12
ГЭС	1000...2500	3...17
ВЭС	300...1000	4...8
Приливные	1000...3500	5...9
Волновые	13000...	15...
Солнечные	14000...	20...

[вернуться к оглавлению](#)

## ТЕМА 7 ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Автоматизированные системы горячего водоснабжения современных европейских зданий имеют отличия от наших традиционных систем. В них осуществляют:

- терморегулирование циркуляционных трубопроводов;
- термическую дезинфекцию трубопроводов;
- стабилизацию температуры воды у потребителя.

Современные европейские системы ГВС характеризуются также малыми теплотерями в трубопроводах. Изменение температуры воды в циркуляционных кольцах таких систем не превышает примерно 5 °С (в РБ 8,5 либо 10°С). Снижение теплотер в трубопроводах достигают их качественным теплоизоляцией, применением автоматического регулирования систем, отказом от применения полотенцесушителей.

### Терморегулирование циркуляционных трубопроводов

При терморегулировании циркуляционных трубопроводов выравнивается температура воды во всех стояках системы за счет ее перераспределения с ближних от теплового пункта стояков к дальним, чем устраняются излишние теплотери в ближних стояках.

Для терморегулирования применяют термостатические циркуляционные клапаны ТЦК. Эти клапаны аналогичны по принципу работы с радиаторным термостатическим клапаном с той лишь разницей, что термостатический датчик размещен внутри клапана и реагирует на температуру воды, а не воздуха. Чаще всего в качестве термочувствительного вещества в термозлементе используют парафин.

При превышении температуры воды в циркуляционном трубопроводе над заданной на ТЦК он прикрывается, ограничивая циркуляцию. Если температура воды становится ниже заданного значения, клапан открывается. Этот клапан устанавливается на каждый стояк либо в верхней точке, либо на выходе из стояка на расстоянии не ближе 0,5 метра от обратного трубопровода.

За счет применения терморегуляторов на циркуляционных трубопроводах теплотребление можно уменьшить до 55%.

### Термическая дезинфекция трубопроводов

Для термической дезинфекции трубопроводов используют специальные клапаны (например 4011 фирмы ГЕРЦ).

Когда температура воды поднимается, клапан 4011 закрывается. Когда температура опускается, пружина начинает давить в обратном направлении, открывая клапан. Во время термической дезинфекции второй термостат открывает первый с целью обеспечения полного промывания системы.

Управление процессом дезинфекции осуществляют электронным регулятором, при этом задают периодичность, время, длительность и температуру дезинфекции. Регулятор по алгоритму приоткрывает клапан регулятора температуры РТ в ИТП и запускает в систему ГВС воду с повышенной температурой.

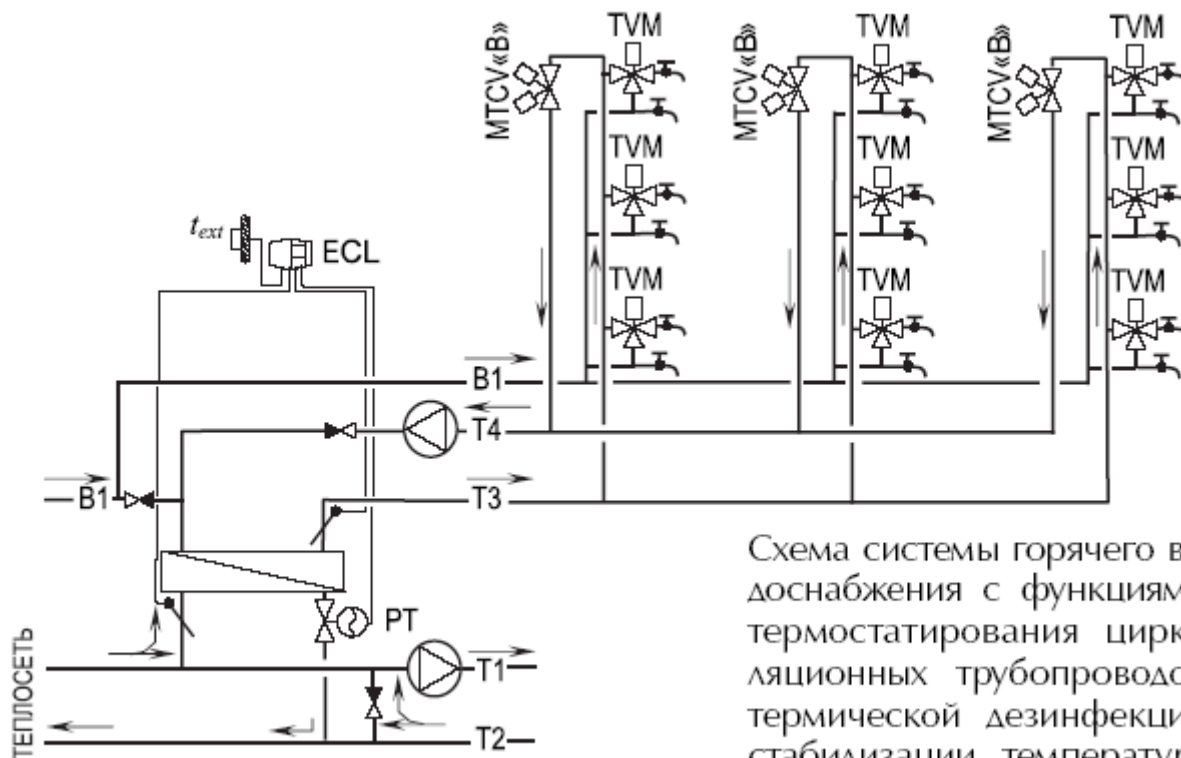


Схема системы горячего водоснабжения с функциями: термостатирования циркуляционных трубопроводов; термической дезинфекции; стабилизации температуры у потребителя

#### Стабилизация температуры воды у потребителя

Температура горячей воды в системе в период термической дезинфекции должна быть не менее 70 °С.

Предотвращают ожоги у потребителей во время термической дезинфекции термостатическими смесительными клапанами (регуляторами температуры) (например, TMV фирмы ГЕРЦ). Их устанавливают на трубопровод горячей воды непосредственно перед водоразборными кранами, либо смесителями. Они поддерживают заданную температуру горячей воды за счет подмешивания воды из хозяйственно-питьевого водопровода В1.

Такие клапаны могут применяться в любых системах ГВС, где необходима стабилизация температуры воды у потребителя на определенном уровне. Например, умывальники и душевые детских садов, домов престарелых и др..

[вернуться к оглавлению](#)

## ТЕМА 8 ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ

В 2002 году правительство РБ приняло постановление: строительство новых теплосетей и реконструкция старых должны проводиться только с применением предварительно изолированных труб (ПИ-труб). Сегодня в РБ 16 производителей выпускают ПИ-труб на основе металлической трубы и 2 – гибкие ПИ-трубы.

Начиная с 2006-го каждый год в РБ меняют 600–700 км тепловых сетей. На 2019 год в организациях ЖКХ протяженность теплосетей из ПИ-труб составляет 10,3 тыс. км (67,7%) от общей протяженности теплосетей – 15,2 тыс. км.

Если при эксплуатации ПИ-труб теплопотери могут быть 5–7 %, то при эксплуатации старых труб, как правило, они достигают уровня выше 20 %. Например, в тепловых сетях организаций ЖКХ средние теплопотери составили в 2019 году 10,1%.

ПИ-трубы представляют собой жесткую конструкцию «труба в трубе», состоящую из:

- стальной трубы (основной, рабочей),
- изолирующего слоя из жесткого пенополиуретана
- внешней защитной трубы-оболочки из полиэтилена низкого давления (ПЭНД) для подземной прокладки или спирально-навивной трубы-оболочки из тонколистовой оцинкованной стали - для наземной прокладки.

Трубопроводы и фасонные элементы ПИ-труб оснащены медными проводниками системы оперативного дистанционного контроля, которые прокладываются внутри слоя теплоизоляции. Расположение транзитного и сигнального медных проводов в ПИ-трубах по отношению к положению стрелок часов — «без десяти два часа».

Пенополиуретан - теплогидроизоляционный слой на основе двух химических озононеразрушающих компонентов: полиола и изоцианта, смешанных в нужной пропорции. В результате их реакции образуется однородный материал с закрытыми порами.

ПИ-трубы позволяют:

- в 2-2,5 раза снизить тепловые потери по сравнению с традиционными материалами;
- увеличить срок службы трубопровода до 30 и более лет;
- при применении системы ОДК полностью исключить повреждения трубопроводов от наружной коррозии и исключить аварийные ситуации;
- в 1,5 раза снизить стоимость капитального строительства ;
- в 9-10 раз снизить годовые затраты на эксплуатацию теплосетей

Виды фасонных элементов ПИ-труб:

- Отводы, тройники: прямые, угловые, параллельные, неподвижные опоры, переходы на другие диаметры, концевые элементы с выводом кабеля и с выводом кабеля, промежуточные элементы с выводом кабеля, ПИ-шаровые краны, тройники с шаровым краном-воздушником, компенсаторы.

[вернуться к оглавлению](#)

## II ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Анализ перспектив развития солнечной энергетики в Республике Беларусь

1. Природный потенциал Беларуси
2. Использование солнечной энергии
3. Расчёт количества теплоты

Заключение

Список литературы

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ 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
11. Монтажная схема системы ГВС квартиры

Приложения

### МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА ТЕМУ "СИСТЕМА ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА С ПОКВАРТИРНОЙ РАЗВОДКОЙ"

1. Исходные данные и состав курсовой работы
2. Конструирование системы водяного отопления
3. Тепловой расчет
4. Гидравлический расчет системы водяного отопления с подбором термостатических и балансировочных клапанов
5. Конструирование и расчет системы водяного отопления с индивидуальным газовым котлом

# ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

## Анализ перспектив развития солнечной энергетики в Республике Беларусь

### 1. Природный потенциал Беларуси

Солнечная константа это количество солнечного электромагнитного излучения (солнечной радиации) на единицу площади, измеренной на внешней поверхности земной атмосферы на борту самолета, перпендикулярной к лучам. Солнечная постоянная включает в себя все виды солнечного излучения, а не только видимый свет. Она измеряется с помощью спутника, и составляет примерно 1,366 Вт на квадратный метр ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ) хотя это и колеблется примерно на 6,9% в течение года (с 1,412  $\text{Вт}/\text{м}^2$  в начале января до 1,321  $\text{Вт}/\text{м}^2$  в начале июля) из-за разной удаленности земли от Солнца, а также несколько тысячных изо дня в день. Таким образом, для всей Земли (которая имеет поперечное сечение 127400000  $\text{км}^2$ ) мощность составляет 174001017 Вт, плюс-минус 3,5%. Солнечная постоянная остаётся неизменной на протяжении длительных периодов времени (1366  $\text{Вт}/\text{м}^2$  эквивалентно 1,96 калории в минуту на квадратный сантиметр) [1].

Солнце поставляет на планету излучение, в 7 тыс. раз превышающее нынешнее потребление энергии во всем мире. В Беларуси общий потенциал солнечной энергии оценивается в  $2,7 \times 10^6$  т у.т. в год, а технически возможный — в  $0,6 \times 10^6$  млн т у.т. ежегодно. КПД преобразований при этом равен 12 %. Только в республике каждый год излучается до 1,2 МВт-ч на 1  $\text{м}^2$  территории, что эквивалентно 60 л нефти.

Как известно, в Беларуси потребление энергоносителей составляет порядка 40 млн т у.т. в год. Из них собственными энергоресурсами мы обеспечены на 15 %. Остальные экспортируются из соседней России и стран Балтии. Разумеется, при грамотном подходе устойчивое развитие энергетики должно базироваться на собственных, желателно альтернативных вариантах получения энергии. И здесь уместно употребить сравнение функциональной энергосистемы с полноводными реками, питаемыми 2-3 серьезными притоками, и автономными, не дающими ей пересохнуть множественными маленькими ручейками-притоками. Вот эти притоки и есть альтернативная, в том числе энергетика, получаемая из возобновляющихся источников [2]. В корне неверно считать, что у нас слишком облачно и пасмурно для развития гелиоэнергетики. У ученых и практиков в результате опытно-промышленной эксплуатации фотоэлектростанций уже не осталось сомнений, что производить электроэнергию за счет солнца в странах, сравнимых по освещенности с нашей, вполне целесообразно.

Территория Беларуси расположена между 56-м и 51-м градусами северной широты, что определяет угол падения солнечных лучей, продолжительность дня и солнечного сияния, с чем связано количество поступающей солнечной радиации. В течение года угол падения солнечных лучей в полдень изменяется на  $47^\circ$ , продолжительность дня — более чем на 10 часов. Годовой приход суммарной солнечной радиации увеличивается от северных к южным районам — от 3500 до 4050  $\text{МДж}/\text{м}^2$  (84-97  $\text{ккал}/\text{см}^2$ ). В год пасмурных дней насчитывается от 175 (на

северо-западе) до 135 (на юго-востоке), ясных — от 30-35 (на северо-западе) до 40-42 (на юго-востоке).

На большей части территории республики максимум безоблачных дней приходится на март–апрель, и только на юго-востоке — на июль–сентябрь. Продолжительность солнечного сияния составляет в среднем за год 1730-1950 часов, возрастая к юго-востоку. Она минимальна в осенне-зимний период (когда бывает до 20 дней в месяц без яркого солнца), а в остальные дни насчитывает в среднем по 3 часа.

В мае–июле солнце не показывается только 1-3 дня в месяц, при этом в отдельные дни продолжительность сияния достигает 16 часов. Май, июнь и июль вместе дают примерно 48 % годового прихода суммарной солнечной радиации, а ноябрь, декабрь и январь — только 5 %. Таким образом, считают ученые, в Беларуси уровень солнечной освещенности выше, чем, к примеру, в ряде земель Германии [2].

В приведенной ниже таблице вы можете увидеть среднегодовой уровень солнечного излучения на горизонтальную поверхность площадью  $1\text{ м}^2$  в день (средний показатель за последние 22 года по данным NASA) [3].

### **Средний месячный уровень дневной солнечной радиации на горизонтальную площадку в городах Беларуси, кВт·ч/м<sup>2</sup>/день**

Города/ Месяцы	январь	феврал	март	апрел	май	июнь	июль	август	сентябр	октябр	ноябр	декабр	Средн знач.
Брест	0,88	1,61	2,69	3,80	5,00	4,97	4,78	4,34	2,86	1,65	0,87	0,68	2,85
Гродно	0,80	1,50	2,62	3,70	4,98	4,90	4,75	4,33	2,82	1,58	0,77	0,61	2,78
Витебск	0,72	1,50	2,70	3,87	5,20	5,24	5,21	4,24	2,75	1,52	0,80	0,51	2,86
Могилев	0,86	1,69	2,85	3,82	5,01	5,05	4,99	4,23	2,84	1,66	0,85	0,65	2,88
Гомель	0,93	1,74	2,91	3,90	5,11	5,18	5,09	4,42	2,95	1,76	0,92	0,69	2,97
Минск	0,81	1,64	2,76	3,75	4,94	4,95	4,86	4,32	2,73	1,55	0,82	0,57	2,81

## **2. Использование солнечной энергии**

Существует условная классификация «солнечных технологий»:

1) Активные — вместе с преобразователями солнечной энергии задействуются и вспомогательные механизмы (электродвигатели, насосы и т.п.). Солнечная энергия используется для нагрева воды, освещения, вентиляции.

2) Пассивные — отличаются от активных отсутствием в контурах систем каких-либо механизмов, движущих частей. Особенностью построения пассивных солнечных структур для организации систем вентиляции, отопления является подбор соответствующих по физическим параметрам строительных материалов, специфическая планировка помещения, размещение окон.

3) «Прямые» или непосредственные — системы, преобразовывающие солнечную энергию в ходе одного уровня, этапа или цикла.

4) «Непрямые» — системы, процесс функционирования которых включает в себя многоуровневые преобразования и трансформации для получения требуемой формы энергии.

Исходя из выше представленной классификации групп технологий солнечной энергетики, можно выделить наиболее подходящие для применения в сферах деятельности человека:

- использование солнечной энергии для производства электроэнергии с помощью фотоэлектрических установок;
- использование солнечной энергии для целей горячего водоснабжения и отопления с помощью солнечных нагревательных установок;
- использование солнечной энергии для целей естественного освещения с помощью светоприёмников и световодов (применение пассивной технологии).

На сегодняшний день существует множество различных конструкций для улавливания энергии Солнца. Солнечные нагревательные установки по принципу улавливания солнечной энергии делятся на два типа:

- гелиоколлекторы — представляют собой лёгкие, компактные конструкции, собираемые по модульному принципу. Основой является плёочно-трубочный адсорбирующий коллектор. В зависимости от конкретных условий можно получить установку любой производительности;
- гелиоконцентраторы — представляют собой установки, фокусирующие параллельные солнечные лучи с помощью линзы в одной точке для выработки электричества или тепла. По причине дороговизны и сложности изготовления огромных линз, используют массивы вогнутых зеркал (классические зеркальные панели или листы полированного алюминия).

Эти устройства являются дорогостоящими и сложными сооружениями, что препятствует их широкому использованию. Таким образом, требуется провести исследования, направленные на увеличение эффективности улавливания солнечной энергии за счет совершенствования, как физических особенностей оптических систем, так и конструктивных разработок, позволяющих уменьшить стоимость оборудования, улучшить эксплуатационные свойства, увеличить надежность гелиооборудования [4].

### 3. Расчёт количества теплоты

Зная среднегодовой уровень солнечного излучения на  $1\text{ м}^2$  в день и полезную площадь солнечной нагревательной установки можно вычислить примерную полученную мощность.

#### Пример расчета.

Например, для Бреста, гелиоустановка «Луч» [5,6] с диаметром концентратора  $2,5\text{ м}$  (соответственно площадью  $4,9\text{ м}^2$ ) будет вырабатывать в среднем в день:

- при круглогодичной работе —  $4,9\text{ м}^2 \cdot 2,85\text{ кВт}\cdot\text{ч}\cdot\text{день}/\text{м}^2 = 13,97\text{ кВт}\cdot\text{ч}$  в день;

- при сезонной работе (с марта по сентябрь) —  $4,9\text{ м}^2 \cdot 4,06\text{ кВт}\cdot\text{ч}\cdot\text{день}/\text{м}^2 = 19,89\text{ кВт}\cdot\text{ч}$  в день.

Теперь, зная среднюю получаемую мощность  $Q = 16,93\text{ кВт}\cdot\text{ч}$  за один день



можно определить какое количество воды  $M$  мы нагреем от  $20^{\circ}\text{C}$  до  $60^{\circ}\text{C}$  (разница составит  $\delta T = 40^{\circ}\text{C}$ , теплоёмкость воды  $c$  равна  $4,19 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{C})$ ):

$$M = \frac{Q}{c \cdot \delta T} = \frac{16,93 \text{ кВт}\cdot\text{ч}}{4,19 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{C}} \cdot 40^{\circ}\text{C}} = \frac{16,93 \cdot 1000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}} \cdot 3600 \text{ с}}{4,19 \cdot 1000 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{C}} \cdot 40^{\circ}\text{C}} = \frac{60948 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{167,6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = 363,65 \text{ кг}$$

Понятно, что это значение среднее, летом нагреем больше, а зимой — меньше. Ещё нужно учесть, что в расчётах был принят средний месячный уровень солнечной радиации на горизонтальную площадку. Т.к. гелиоустановка «Луч» имеет систему ориентации на Солнце, т.е. концентратор всегда нормально расположен к световому потоку, то приход радиации увеличивается. Согласно результатам расчетов по [7] получено, что при ориентации по азимуту, т.е. когда поверхности оптимально ориентированы по двум углам (углу наклона к горизонту и азимутальному углу), среднедневной приход прямой солнечной радиации на тепловоспринимающую поверхность увеличивается на 28-30% по сравнению с приходом на горизонтальную поверхность, и на 18-20% — по сравнению с тепловоспринимающей поверхностью южной ориентации. Поэтому концентраторы с системой слежения эффективнее чем неподвижно установленные коллектора.

Применение устройств, использующих энергию Солнца, например, только в сельском хозяйстве республики позволит более чем на 30% удовлетворить потребности в тепловой энергии [7].

Одной из важнейших характеристик качества концентратора является достижимая при помощи его степень уплотнения солнечной энергии в приемнике излучения. Эта степень уплотнения оценивается средним коэффициентом концентрации  $C$ , который равен отношению суммарной мощности солнечной радиации, упавшей на поверхность концентратора, к мощности, поступившей в фокальную полосу приемника, или, в конечном счете, отношению площади входа в концентратор  $S_{c.n.}$  к площади фокальной полосы  $S_{\phi}$  с учетом коэффициента отражения  $\eta_r$  (принимаяем 0,7-0,8), следовательно:

$$C = \eta_r \frac{S_{c.n.}}{S_{\phi}}$$

$$S_{c.n.} = \pi \cdot R_{\max}^2$$

$$S_{\phi} = \pi \cdot D_{\min}^2$$

## Заключение

Сделать вывод о том, достаточен ли уровень солнечной освещенности в Беларуси для развития и применения в народном хозяйстве устройств улавливающих солнечную энергию и преобразующих её в другие виды энергии.

## Список литературы

1. <http://atmosferabel.by/>
2. В выгодном свете. Гелиоэнергетика в Беларуси: от частного к общему. «Энергосбережение в строительстве и ЖКХ» №12. 12.2009. Минск, 2009 г.
3. <http://www.eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/>
4. Особенности расчёта оптической системы гелиоустановки «Луч». Северянин В.С. Янчилин П.Ф. // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2010. – № 2: Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика. – С. 74–77.
5. Гелиоустановка: пат. 3998 Респ. Беларусь, МПК F 24J 2/00 / Северянин В.С.; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т – № 20070327 заявл. 02.05.2007, опубл. 01.08.2007.
6. Гелиоконцентратор: пат. 4296 Респ. Беларусь, МПК F 24J 2/00 / Северянин В.С.; заявитель Брестск. гос. техн. ун-т – № 20070576 заявл. 03.08.2007, опубл. 17.12.2007.
7. В.В.Кузьмич «Расчёт гелиоводонагревательных систем и их применение в сельском хозяйстве», Минск, БелНИИСХМ, Препринт, 1997. – 87 с.

[вернуться к оглавлению](#)

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА ТЕМУ "ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ ЖИЛОГО ДОМА"

## 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.

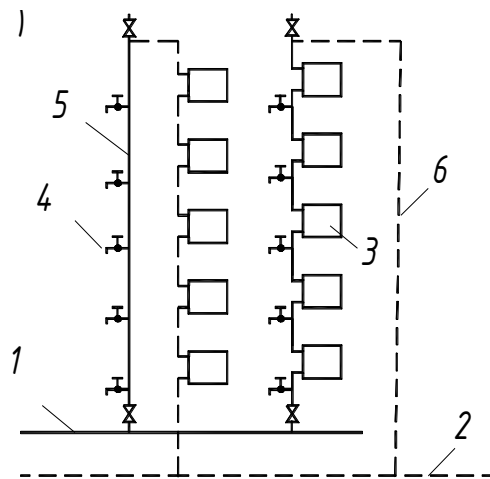
Графическая часть содержит:

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.

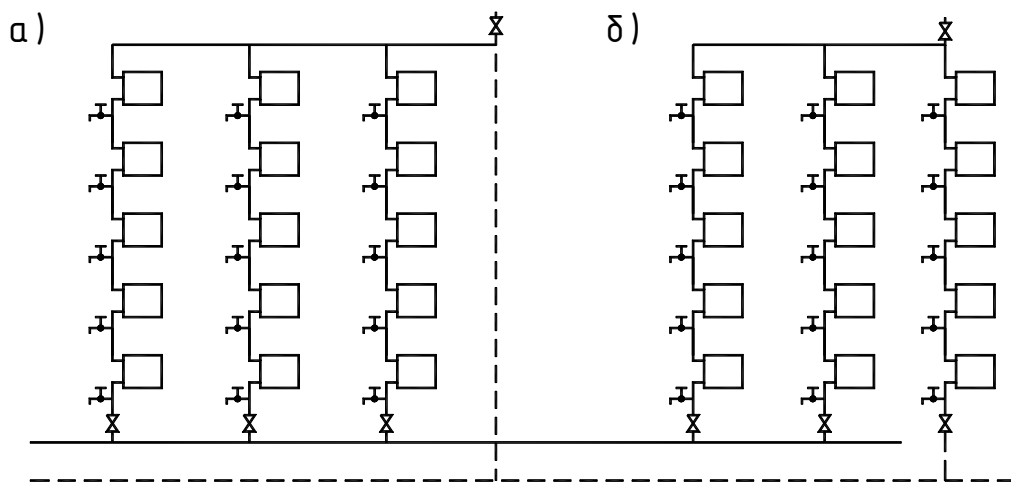
В соответствии с требованиями [1, п.9.4] при проектировании систем централизованного внутреннего горячего водоснабжения необходимо предусматривать циркуляцию горячей воды в водоразборных (подающих) трубопроводах.



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 подводок 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:

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

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 $q_{u,m}^h$ , 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 квартир- ного 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 водо-  
снабжения (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 учета циркуляционных расходов. Впоследствии, определив циркуляционные расходы, выполняют корректировку гидравлического расчета 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 теплотопотери неизолированными полимерными теплопроводами  $q^{ht}$ , Вт/м, принимают по данным производителей трубопроводов в зависимости от наружного диаметра теплопровода  $d_n$ , 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:

$$t_m^h = 0,5 \cdot (t_n^h + t_k^h) \quad (5.1)$$

где  $t_n^h$  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 ваннных комнатах +25°С; в каналах, шахтах +23°С, [3, с.289].

Удельные теплотопотери стальными теплопроводами, Вт/м, определяются 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);

$k = 11,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{°С})$  – 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 теплотери $q^{ht}$ , Вт/м	$1 - \eta$	Потери теплоты стояков $Q^{ht}$ , Вт	Потери теплоты полотенцесушителями $Q_n$ , Вт	Суммарные теплотери 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 теплотерь 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 теплотери 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	Применение
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:

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

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 рас-

четное 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=3,76м) и ближайший водоразборный стояк здания (2,79м) 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 $k_l$	Потери напора на участке $H$ , м
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 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
<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	0,2	17,1	41	500	541
Г	16	5	23	32	0,2	21,1	21	0	21
Г	16	4	5	50	0,2	36,3	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	0,2	20,7	12	0	12
15-16 В	25	3	23	32	0,2	20,7	12	0	12
16-17 В	25	3	23	32	0,2	20,7	12	0	12
17-18 В	32	3	23	32	0,2	25,1	15	0	15
18-8 В	32	3,5	23	32	0,2	25,1	18	0	18
Г	32	1	5	50	0,2	51,8	10	0	10
7-2 В	16	12	23	32	0,2	17,1	41	500	541
Г	16	5	23	32	0,2	21,1	21	0	21
Г	16	1,5	5	50	0,2	36,3	11	0	11
								$\Sigma=$	652

Продолжение таблицы 9.2

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

### Определение циркуляционных расходов воды

Циркуляционный расход горячей воды, л/с, в системе

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

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

$$\text{Циркуляционный расход воды в стояках 2,3,4: } q_{2,3,4}^{cir} = 0,136 \cdot \frac{652}{5722} = 0,0155 \text{ л/с}$$

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

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

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

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

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

$$7.1: \frac{q^h}{q^{cir}} = \frac{1,071}{0,136} = 7,88 > 2,1 \quad k_{cir} = 0$$

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 $k_1$	Потери напора $H_{cir}^h$ , 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:  $(1,601-1,176)/1,601 \cdot 100=26,5 \% > 10\%$

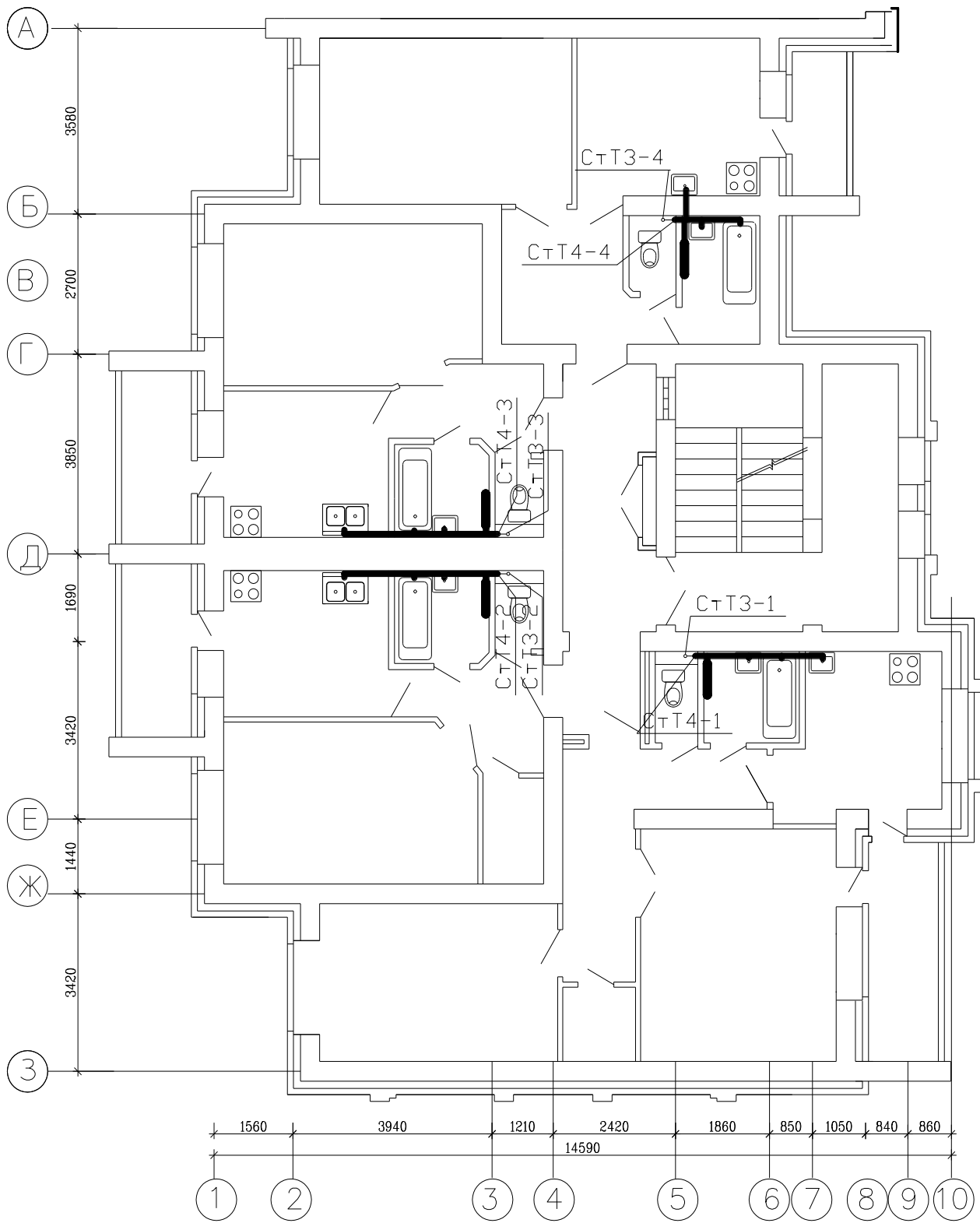


Рисунок 9.1– План типового этажа с элементами ГВС

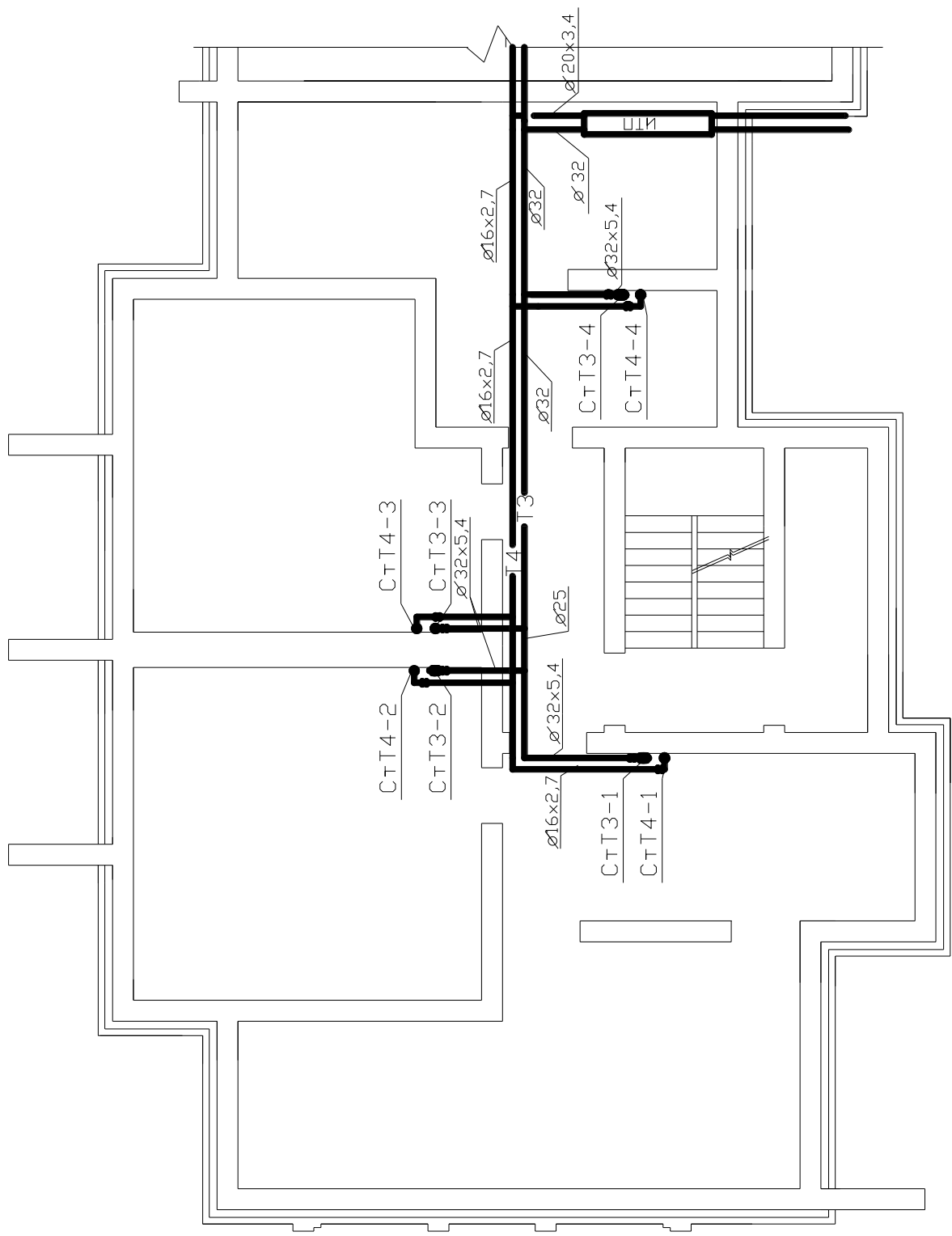


Рисунок 9.2 – План подвала с элементами ГВС

## 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:

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

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 $k_l$	Потери напора на участке $H$ , м
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 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
<b>СтТ3-1</b>									
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
<b>СтТ3-2 (СтТ3-3)</b>									
8-15 В	25	2,5	23	32	0,2	20,7	10	100	110
Г	25	1	23	32	0,2	25,2	5	0	5
15-16 В	25	2,5	23	32	0,2	20,7	10	100	110
Г	25	1	23	32	0,2	25,2	5	0	5
16-17 В	25	2,5	23	32	0,2	20,7	10	100	110
Г	25	1	23	32	0,2	25,2	5	0	5
Продолжение таблицы 10.2									
17-18 В	32	2,5	23	32	0,2	25,1	13	100	113

	Г	32	1	23	32	0,2	30,4	6	0	6
18-8	В	32	3	23	32	0,2	25,1	15	100	115
	Г	32	2	5	50	0,2	51,8	21	0	21
									Σ=	601
СтТ3-4										
7-29	В	25	2,5	23	32	0,2	20,7	10	100	110
	Г	25	1	23	32	0,2	25,2	5	0	5
29-30	В	25	2,5	23	32	0,2	20,7	10	100	110
	Г	25	1	23	32	0,2	25,2	5	0	5
30-31	В	25	2,5	23	32	0,2	20,7	10	100	110
	Г	25	1	23	32	0,2	25,2	5	0	5
31-32	В	32	2,5	23	32	0,2	25,1	13	100	113
	Г	32	1	23	32	0,2	30,4	6	0	6
32-10	В	32	3	23	32	0,2	25,1	15	100	115
	Г	32	2	5	50	0,2	51,8	21	0	21
									Σ=	601

## Определение циркуляционных расходов воды

Циркуляционный расход горячей воды, л/с, в системе

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

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

$$\text{Циркуляционный расход воды в стояках 2,3,4: } q_{2,3,4}^{cir} = 0,126 \cdot \frac{601}{5276} = 0,0143 \text{ л/с}$$

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

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

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

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

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

$$7.1: \frac{q^h}{q^{cir}} = \frac{1,071}{0,126} = 8,5 > 2,1 \quad k_{cir} = 0$$

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 $k_1$	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:  $(2,843-2,824)/2,843 \cdot 100=0,7 \% < 10\%$

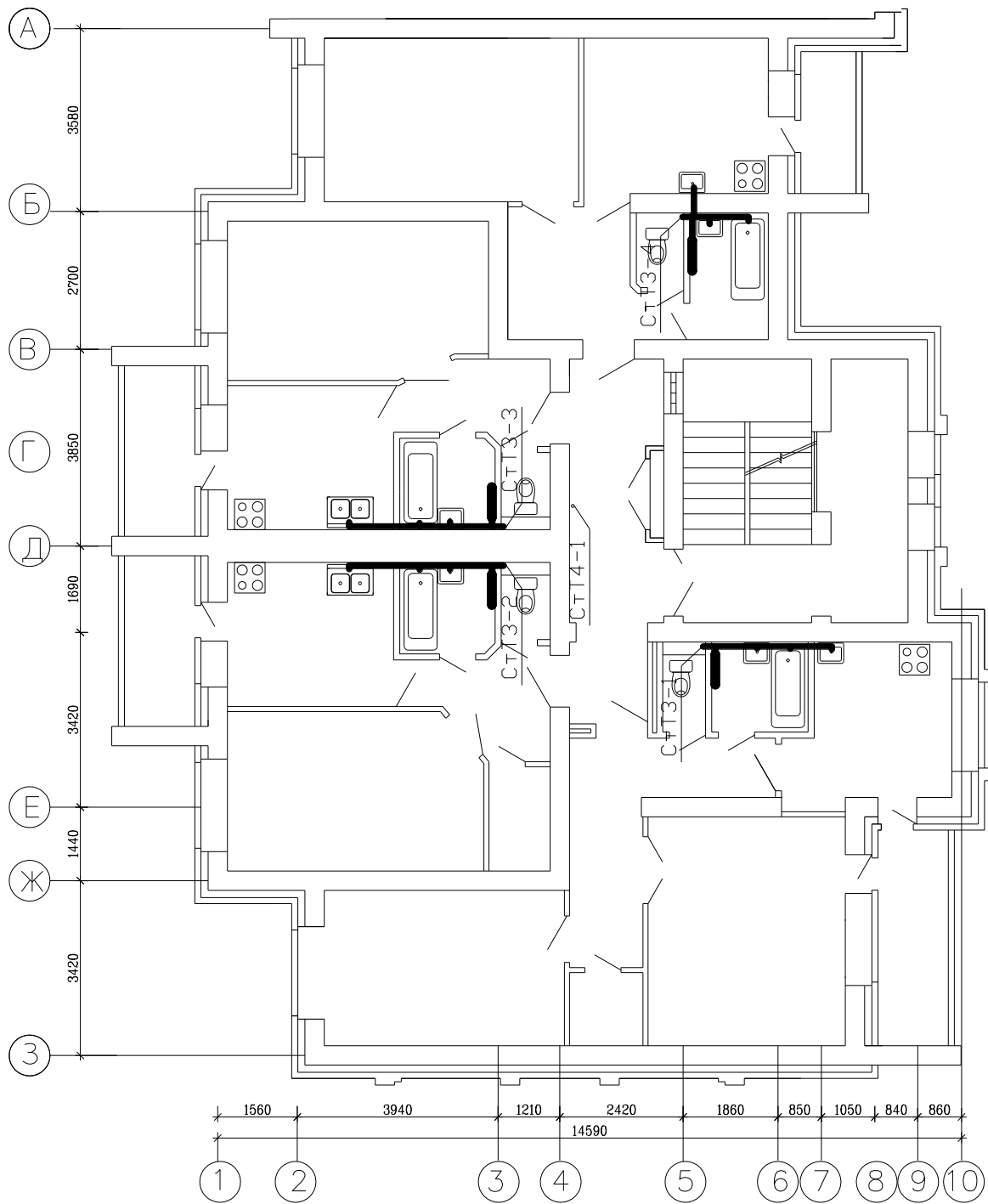


Рисунок 10.1– План типового этажа с элементами ГВС

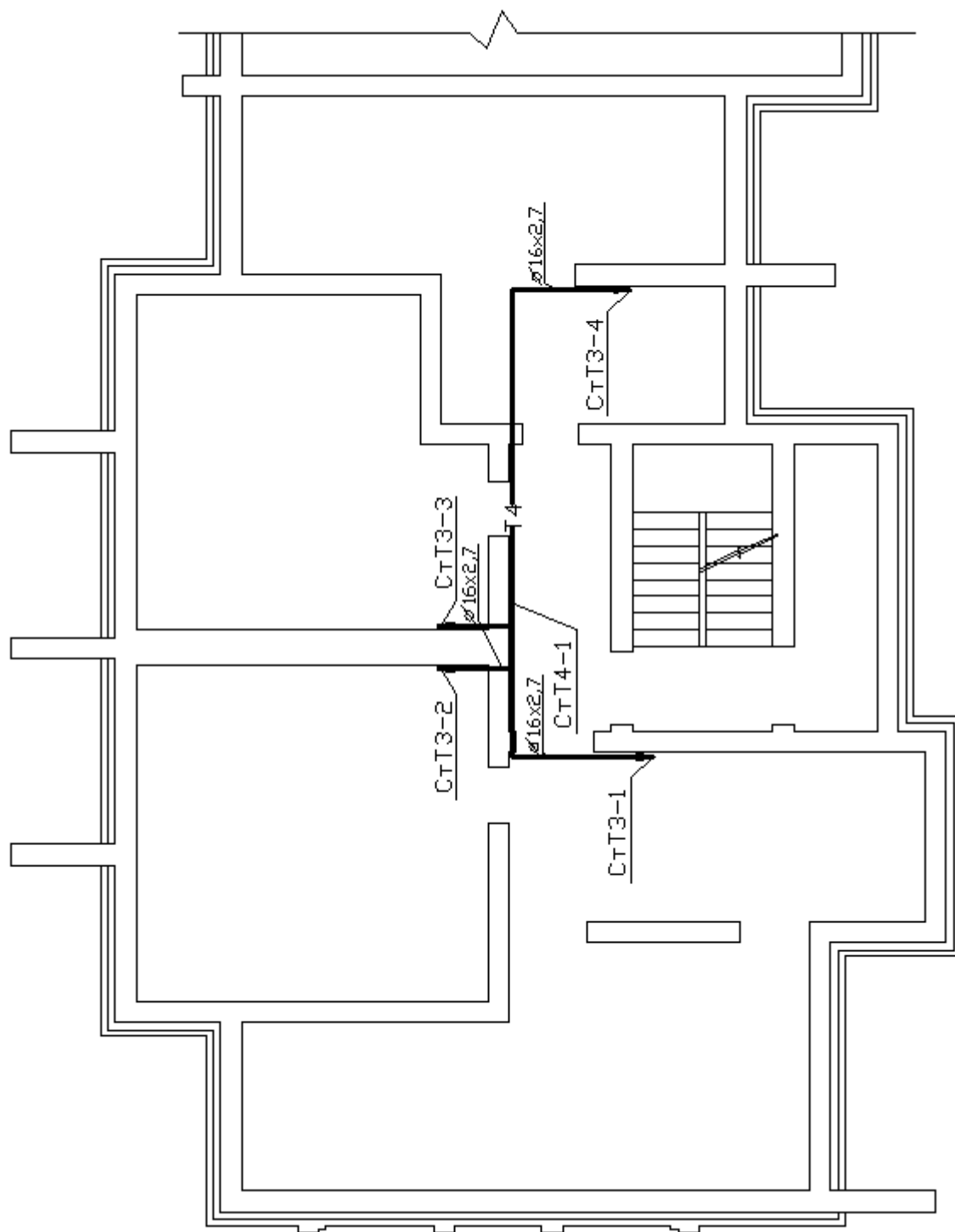


Рисунок 10.2 – План чердака с элементами ГВС

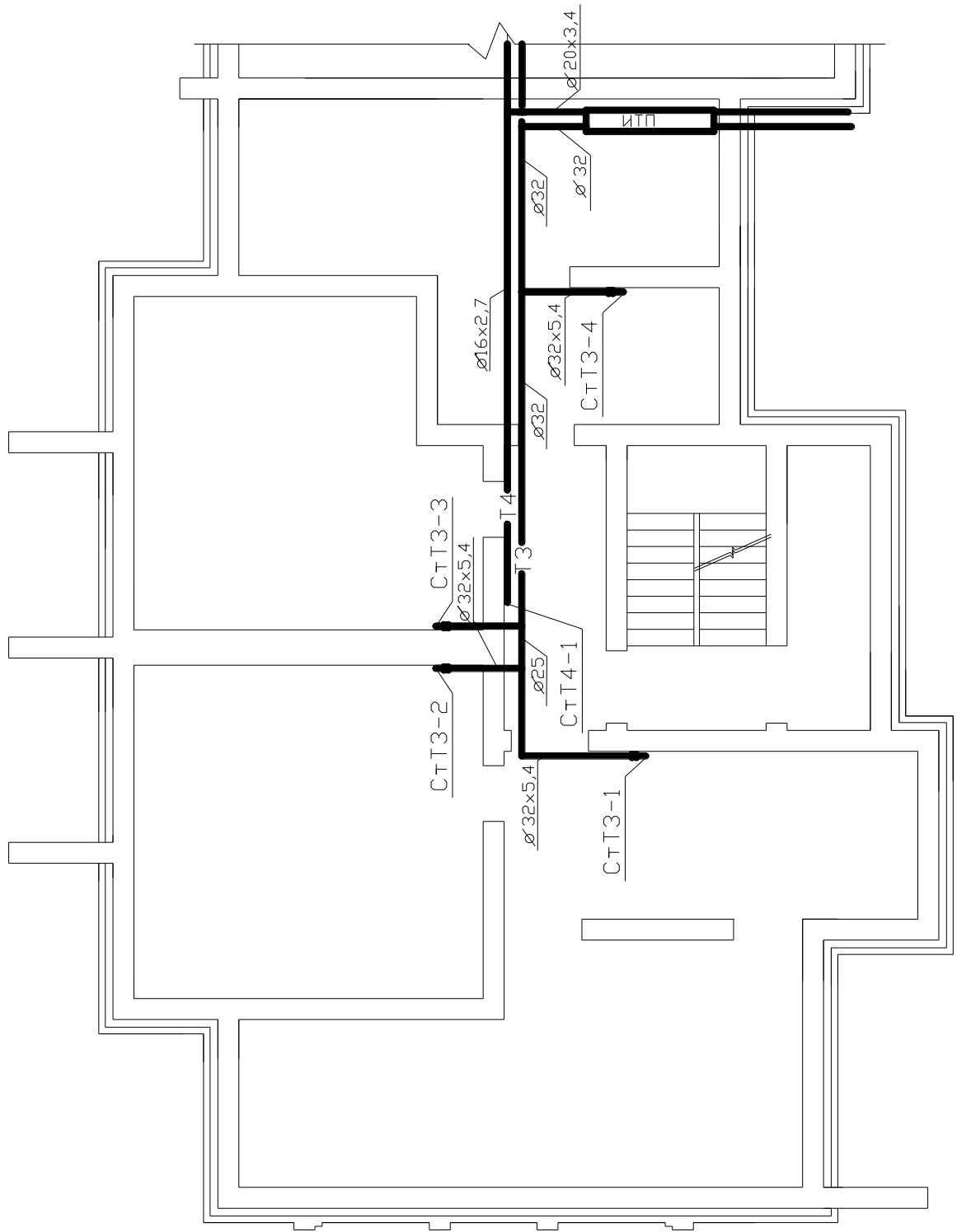


Рисунок 10.3 – План подвала с элементами ГВС



## 11. Монтажная схема системы ГВС квартиры

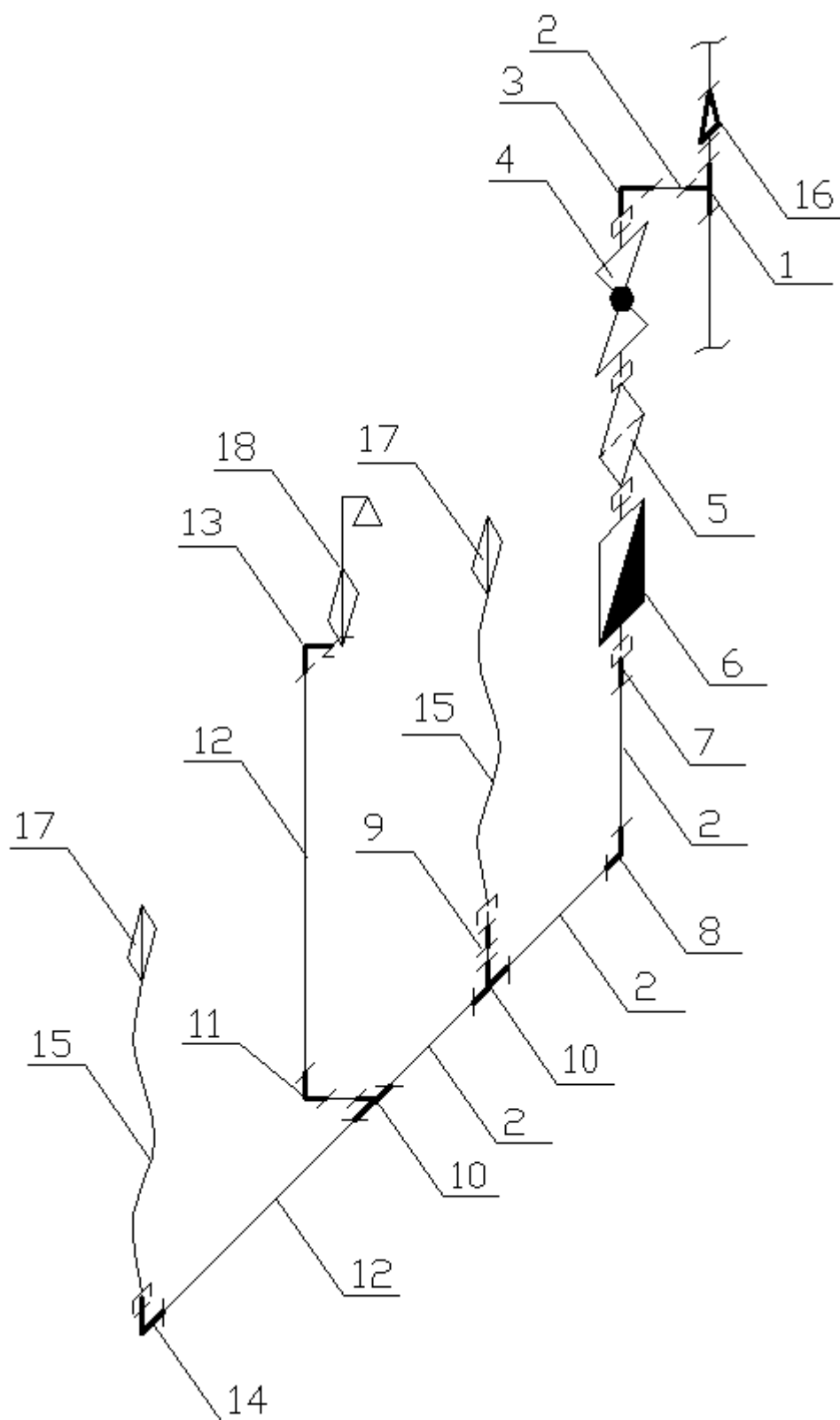


Рисунок 11.1 – Монтажная схема системы ГВС квартиры

ПОЗИЦИЯ	НАИМЕНОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА	ТИП, МАРКА ОБОЗНАЧЕНИЕ ДОКУМЕНТА, ОТРОСНОГО ЛИСТА	КОД ОБОРУДОВАНИЯ, ИЗДЕЛИЯ, МАТЕРИАЛА	ЗАВОД-ПОСТАВЩИТЕЛЬ	ЕДИНИЦА ИЗМЕРЕНИЯ	КОЛИЧЕСТВО
1	2	3	4	5	6	7
	<u>ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ</u>					
	<u>ОБОРУДОВАНИЕ</u>					
6	СЧЕТЧИК ВОДЫ	ЕТ-Н		БЕЛЦЕНЕР	шт.	1
17	СМЕСИТЕЛЬ			LEBENE	шт.	2
18	СМЕСИТЕЛЬ С ДАШЕВОЙ СЕТКОЙ			LEBENE	шт.	1
	<u>АРМАТУРА</u>					
4	КРАН ШАРОВЫЙ Ø15	KE-250	400061	SLOVARM	шт.	1
5	ФАЛЬП Ø15	K-508	400301	SLOVARM	шт.	1
	<u>ТРУБОПРОВОДЫ</u>					
12	ТРУБЫ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫЕ Ø20x3,4	PNB0	04000320	KAN-term	м	3
2	ТРУБЫ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫЕ Ø25x4,8	PNB0	04000325	KAN-term	м	3
2	ТРУБЫ ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫЕ Ø32x5,4	PNB0	04000332	KAN-term	м	0,1
	<u>ФИТИНГИ</u>					
1	ТРОЯНИК РЕДУЦИОННЫЙ Ø32/Ø20		04105034	KAN-term	шт.	1
3	ОТВОД Ø25 С РЕЗЬБОМ ВНУТРЕННЕЙ 1/2"		04104685	KAN-term	шт.	1
7	МАРТА Ø25 С РЕЗЬБОМ ВНУТРЕННЕЙ 1/2"		04103225	KAN-term	шт.	1
8	ОТВОД 90° Ø25		04104685	KAN-term	шт.	1
9	МАРТА Ø20 С РЕЗЬБОМ НАРУЖНОЙ 1/2"		04102220	KAN-term	шт.	1
10	ТРОЯНИК РЕДУЦИОННЫЙ Ø25/Ø20		04105035	KAN-term	шт.	2
11	ОТВОД 90° Ø20		04104620	KAN-term	шт.	1
13	ОТВОД ФИКСИРОВАННЫЙ С УШКАМИ С РЕЗЬБОМ ВНУТР. (ПРЕЗДО ДЛЯ КРАНА) Ø20		04104420	KAN-term	шт.	1
14	ОТВОД Ø20 С РЕЗЬБОМ НАРУЖНОЙ 1/2"		04104620	KAN-term	шт.	1
16	ПЕРЕХОДНИК Ø32/Ø25		04105033	KAN-term	шт.	1
15	ПЕРВЫЙ 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  $N > 200$

$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$	$\alpha$
0,200	0,301	0,402	0,503	0,604	0,705	0,806	0,907	1,008	1,109
0,202	0,304	0,405	0,506	0,607	0,708	0,809	0,910	1,011	1,112
0,205	0,307	0,408	0,509	0,610	0,711	0,812	0,913	1,014	1,115
0,207	0,309	0,410	0,511	0,612	0,713	0,814	0,915	1,016	1,117
0,210	0,312	0,413	0,514	0,615	0,716	0,817	0,918	1,019	1,120
0,212	0,315	0,416	0,517	0,618	0,719	0,820	0,921	1,022	1,123
0,215	0,318	0,419	0,520	0,621	0,722	0,823	0,924	1,025	1,126
0,217	0,320	0,421	0,522	0,623	0,724	0,825	0,926	1,027	1,127
0,219	0,323	0,422	0,523	0,624	0,725	0,826	0,927	1,028	1,128
0,222	0,326	0,423	0,524	0,625	0,726	0,827	0,928	1,029	1,129
0,224	0,328	0,424	0,525	0,626	0,727	0,828	0,929	1,030	1,130
0,226	0,331	0,425	0,526	0,627	0,728	0,829	0,930	1,031	1,131
0,228	0,333	0,426	0,527	0,628	0,729	0,830	0,931	1,032	1,132
0,230	0,336	0,427	0,528	0,629	0,730	0,831	0,932	1,033	1,133
0,233	0,338	0,428	0,529	0,630	0,731	0,832	0,933	1,034	1,134
0,235	0,341	0,429	0,530	0,631	0,732	0,833	0,934	1,035	1,135
0,237	0,343	0,430	0,531	0,632	0,733	0,834	0,935	1,036	1,136
0,239	0,345	0,431	0,532	0,633	0,734	0,835	0,936	1,037	1,137
0,241	0,355	0,432	0,533	0,634	0,735	0,836	0,937	1,038	1,138
0,243	0,361	0,433	0,534	0,635	0,736	0,837	0,938	1,039	1,139
0,245	0,367	0,434	0,535	0,636	0,737	0,838	0,939	1,040	1,140
0,247	0,373	0,435	0,536	0,637	0,738	0,839	0,940	1,041	1,141
0,249	0,378	0,436	0,537	0,638	0,739	0,840	0,941	1,042	1,142
0,250	0,384	0,437	0,538	0,639	0,740	0,841	0,942	1,043	1,143
0,252	0,389	0,438	0,539	0,640	0,741	0,842	0,943	1,044	1,144
0,254	0,394	0,439	0,540	0,641	0,742	0,843	0,944	1,045	1,145
0,256	0,399	0,440	0,541	0,642	0,743	0,844	0,945	1,046	1,146
0,258	0,405	0,441	0,542	0,643	0,744	0,845	0,946	1,047	1,147
0,259	0,410	0,442	0,543	0,644	0,745	0,846	0,947	1,048	1,148
0,261	0,415	0,443	0,544	0,645	0,746	0,847	0,948	1,049	1,149
0,263	0,420	0,444	0,545	0,646	0,747	0,848	0,949	1,050	1,150
0,265	0,425	0,445	0,546	0,647	0,748	0,849	0,950	1,051	1,151
0,266	0,430	0,446	0,547	0,648	0,749	0,850	0,951	1,052	1,152
0,268	0,435	0,447	0,548	0,649	0,750	0,851	0,952	1,053	1,153
0,270	0,439	0,448	0,549	0,650	0,751	0,852	0,953	1,054	1,154
0,271	0,444	0,449	0,550	0,651	0,752	0,853	0,954	1,055	1,155
0,273	0,449	0,450	0,551	0,652	0,753	0,854	0,955	1,056	1,156
0,276	0,458	0,451	0,552	0,653	0,754	0,855	0,956	1,057	1,157
0,280	0,467	0,452	0,553	0,654	0,755	0,856	0,957	1,058	1,158
0,283	0,476	0,453	0,554	0,655	0,756	0,857	0,958	1,059	1,159
0,286	0,485	0,454	0,555	0,656	0,757	0,858	0,959	1,060	1,160
0,289	0,493	0,455	0,556	0,657	0,758	0,859	0,960	1,061	1,161
0,292	0,502	0,456	0,557	0,658	0,759	0,860	0,961	1,062	1,162
0,295	0,510	0,457	0,558	0,659	0,760	0,861	0,962	1,063	1,163
0,298	0,518	0,458	0,559	0,660	0,761	0,862	0,963	1,064	1,164

Продолжение прил. 1

NP	$\alpha$	NP	$\alpha$	NP	$\alpha$	NP	$\alpha$	NP	$\alpha$
8,9 (NP <sub>hr</sub> )	3,798 ( $\alpha_{hc}$ )	17,6 (NP <sub>hr</sub> )	6,254 ( $\alpha_{hc}$ )	38,5 (NP <sub>hr</sub> )	11,56 ( $\alpha_{hc}$ )	76 (NP <sub>hr</sub> )	20,41 ( $\alpha_{hc}$ )	150 (NP <sub>hr</sub> )	37,21 ( $\alpha_{hc}$ )
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 Уропор

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 Уропор - 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 неизолрованными 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	Положе ние	
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 <sub>н</sub>	$\Delta T = T_{\text{теп}} - T_{\text{возд}}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Положе ние	
		32	20	18,37	19,29	20,20	21,13	22,04	22,96	23,88	24,80		25,71
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](#)

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА ТЕМУ "СИСТЕМА ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ ЖИЛОГО ДОМА С ПОКВАРТИРНОЙ РАЗВОДКОЙ"

## 1. Исходные данные и состав курсовой работы

В курсовой работе требуется разработать систему водяного отопления с поквартирной разводкой для одного этажа многоэтажного жилого дома.

Исходными данными являются: район строительства, план типового этажа здания, ориентация его главного фасада по сторонам света, этажность здания, тип системы отопления, температура воды в системе отопления ( $t_r$  и  $t_o$ , °C).

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

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

1. Расчет потерь теплоты помещениями квартир на этаже;
2. Конструирование системы водяного отопления;
3. Тепловой расчет;
4. Гидравлический расчет системы водяного отопления с подбором термостатических и балансировочных клапанов;
5. Проектирование теплового пункта;
6. Конструирование и расчет системы водяного отопления с индивидуальным газовым котлом.

Заключение; Список использованной литературы.

Графическая часть содержит:

1. План типового этажа здания с нанесением элементов системы отопления (М 1:100);
2. Аксонометрическую схему теплопроводов системы отопления с указанием номеров расчетных участков, их длины и диаметров, уклонов, с установкой запорной, регулировочной и балансировочной арматуры, устройств для выпуска воздуха, опорожнения системы (М произвольный);
3. Схему теплового пункта (М произвольный);
4. Узлы системы отопления (М произвольный);
5. Аксонометрическую схему теплопроводов системы отопления с индивидуальным газовым котлом (М произвольный).

## 2. Конструирование системы водяного отопления

Задачей конструирования системы водяного отопления является правильное размещение отопительных приборов, трубопроводов, устройств для удаления воздуха, запорно-регулирующей арматуры.

В соответствии с п. 6.14 изменений № 3 к [1] при проектировании отопления жилых зданий необходимо предусматривать регулирование и учет потребляемой теплоты каждым отдельным потребителем в здании (то есть каждой квартирой).

Для этого счетчик расхода теплоты (теплосчетчик) устанавливается для каждой квартиры.

Отопительные приборы горизонтальной поквартирной системы отопления подсоединяются к системе отопления с помощью распределителя (распределительного коллектора, гребенки), который как бы разделяет систему отопления на две системы: систему теплоснабжения распределителей (между тепловым пунктом и распределителями) и систему отопления от распределителей (между распределителем и отопительными приборами). Распределитель показан на рис. 1.

Схема системы отопления выполняется, как правило, в виде отдельных схем:

- схема системы теплоснабжения распределителей;
- схемы систем отопления от распределителей.

В жилых зданиях у отопительных приборов следует устанавливать, как правило, автоматические терморегуляторы, обеспечивающие поддержание заданной температуры в каждом помещении и экономию подачи тепла за счет использования внутренних теплоизбытков (бытовые тепловыделения, солнечная радиация).

Конструирование системы заканчивают вычерчиванием схемы системы отопления с нанесением тепловых нагрузок отопительных приборов и расчетных участков циркуляционных колец.

Пример запроектированной системы отопления показан на рис. 2 и 3.

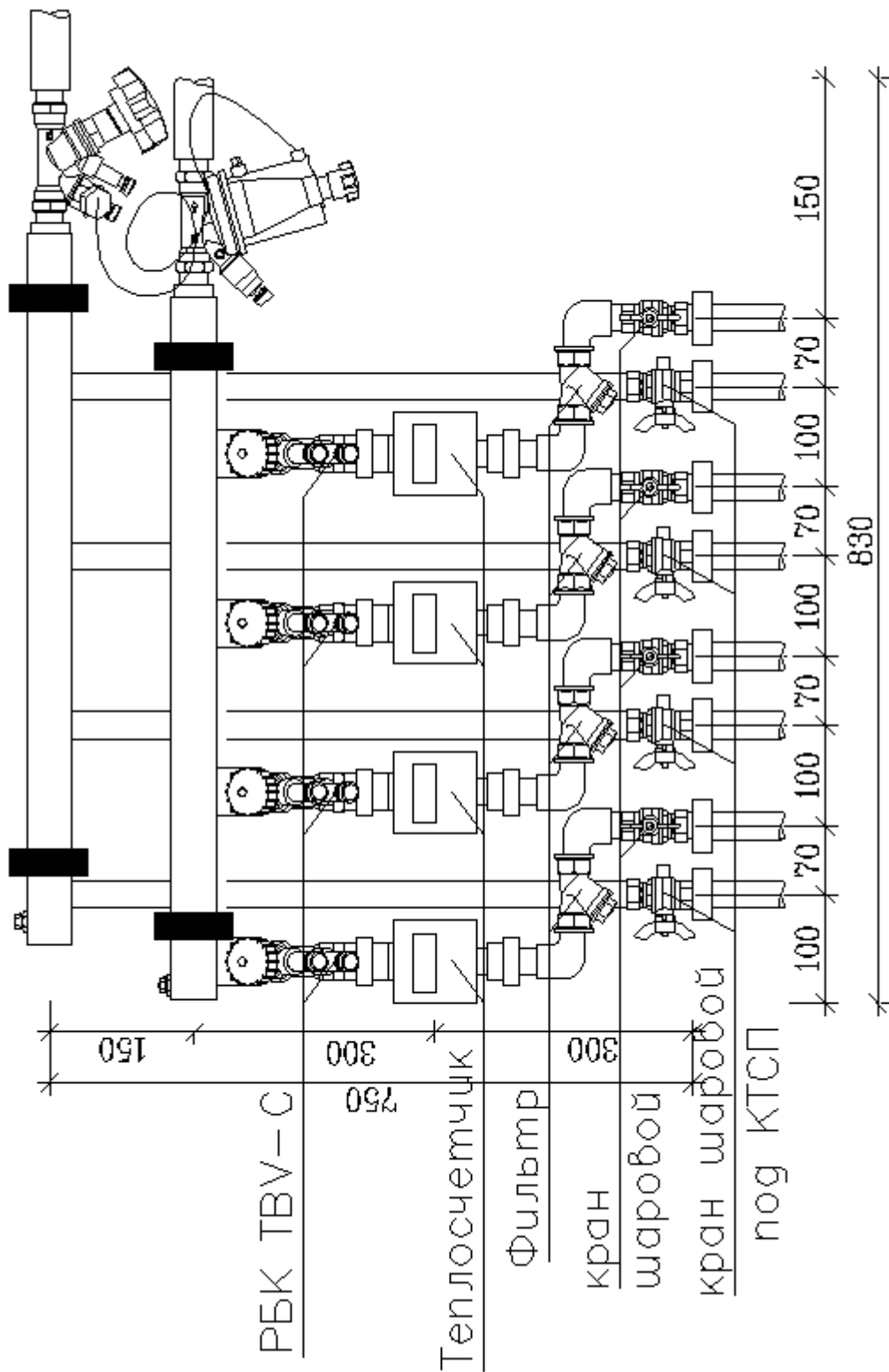
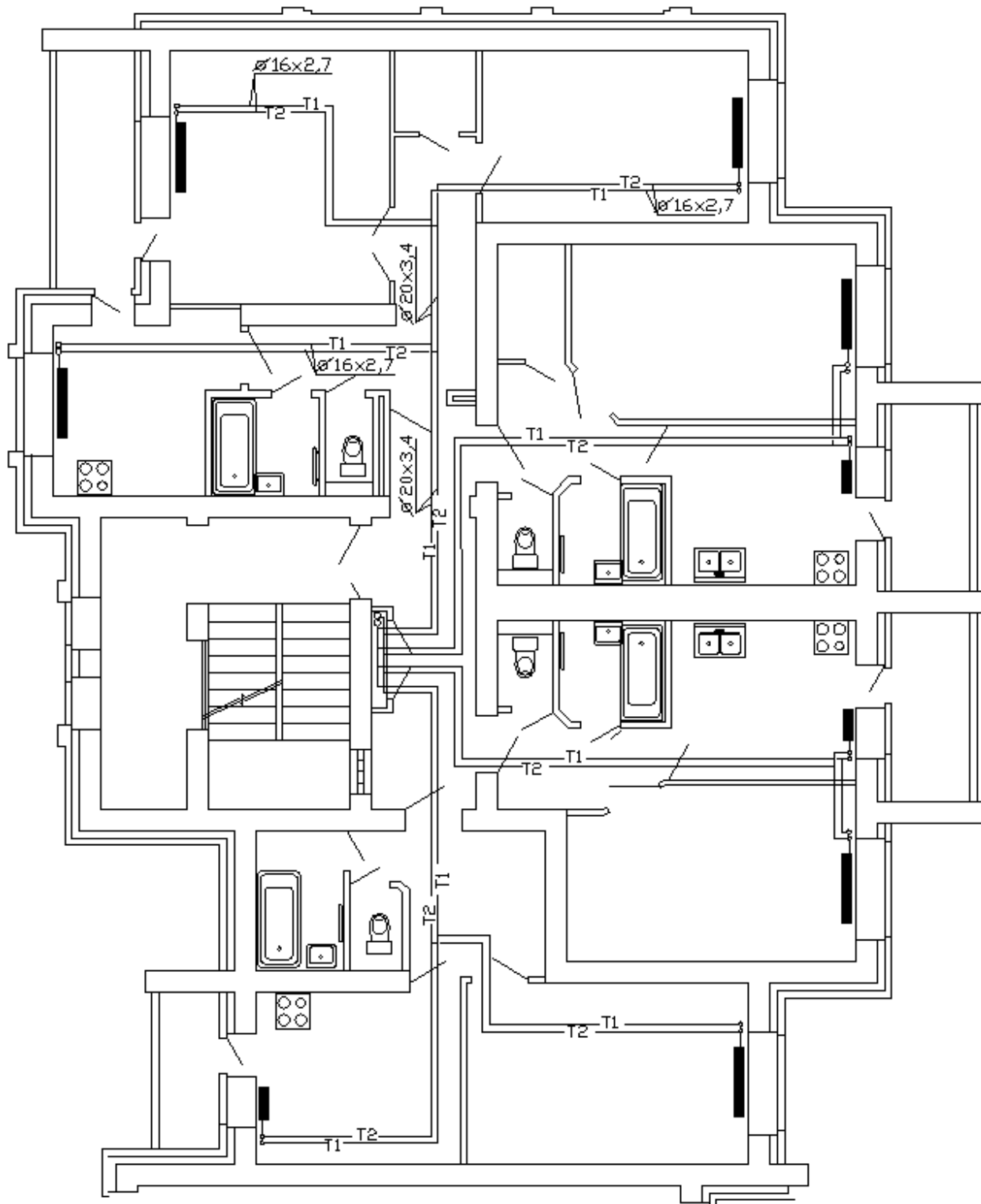


Рис. 1 – Распределитель для подключения квартир (см. схему на рис. 4)





**Рис. 2 – План этажа с элементами систем отопления**

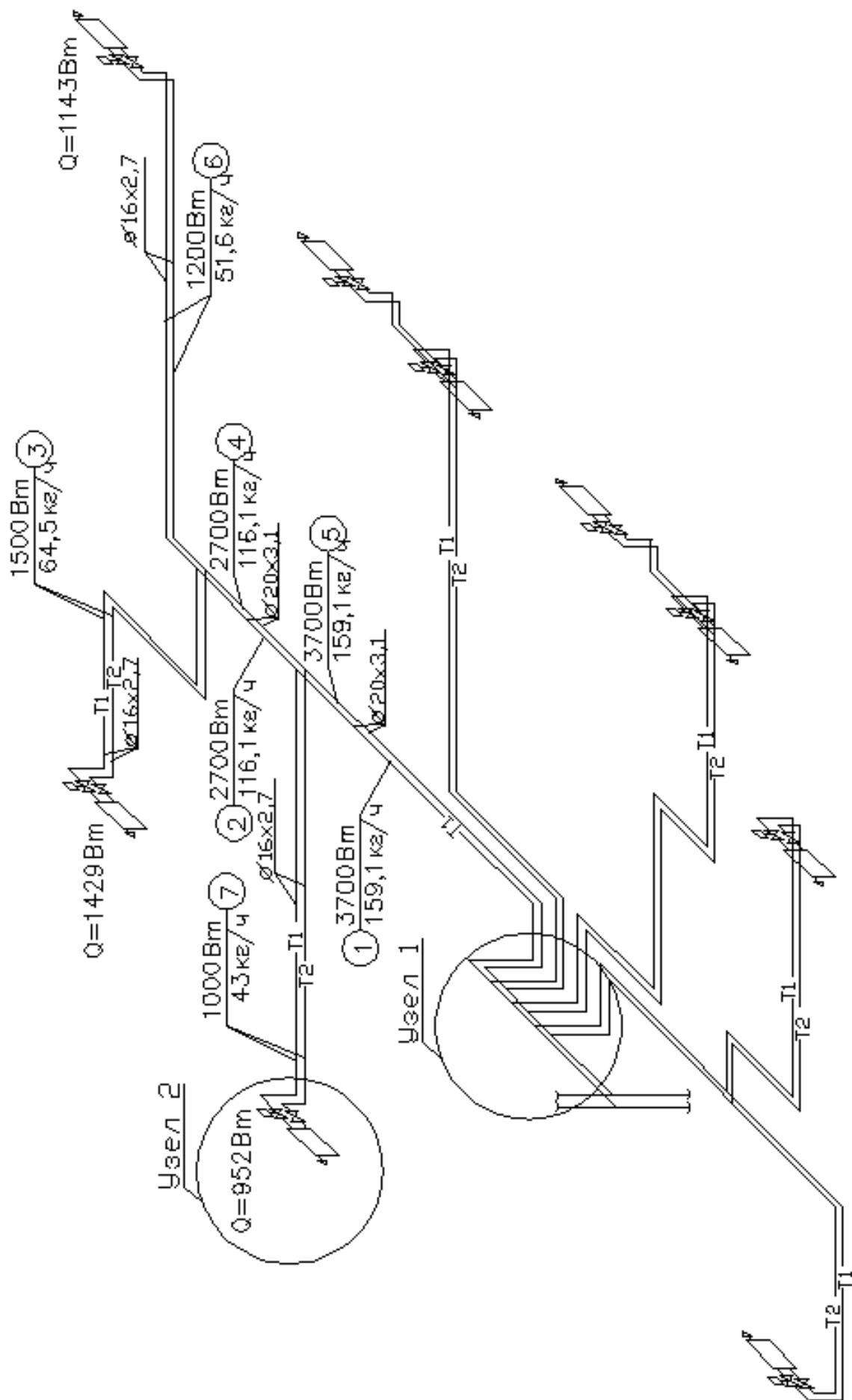


Рис. 3 – Аксонометрическая схема системы отопления

### 3. Тепловой расчет

Целью теплового расчета является выбор типа и количества секций (или размера) отопительного прибора.

**ПРИМЕР 1.** Определить марку стального панельного радиатора «Лидея» для двухтрубной поквартирной системы водяного отопления (трубы проложены скрыто в конструкции пола в защитной трубе типа пешель), установленный без ниши под подоконником у наружной стены под окном (окно размером 1,5\*1,5м) в жилой комнате, тепловые потери которой 1000Вт. Температура воды на входе в поквартирную систему  $t_{\Gamma}=85^{\circ}\text{C}$ , температура обратной воды  $t_{\text{O}}=65^{\circ}\text{C}$ , температура воздуха в комнате  $t_{\text{B}}=18^{\circ}\text{C}$ .

Решение.

Суммарное понижение температуры воды  $\sum \Delta t_{\text{M}} \approx 0$ , т.к. магистральные теплопроводы проложены в отапливаемой части здания.

Расход воды в отопительном приборе вычисляем по формуле:

$$G_{np} = \frac{0,86 \cdot Q_{np} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2}{t_n - t_o}$$

где  $Q_{np}$ - тепловая нагрузка прибора, Вт

$\beta_1$  - коэффициент учета дополнительного теплового потока устанавливаемых отопительных приборов за счет округления сверх расчетной величины. Для предварительного принятого радиатора типа ЛК20 высотой 500мм  $\beta_1=1,02$  [2].

$\beta_2$  - коэффициент учета дополнительных потерь теплоты приборами у наружных ограждений. При установке прибора у наружной стены под окном  $\beta_2=1,03$ .

Температурный напор:  $\Delta t_{cp} = \frac{t_n + t_o}{2} - t_e, ^{\circ}\text{C}$

Коэффициент приведения номинального теплового потока отопительного прибора к расчетным условиям:

$$\varphi = \left( \frac{\Delta t_{cp}}{\Delta t_n} \right)^{1+n} \cdot \left( \frac{G_{np}}{360} \right)^p$$

$n$  и  $p$  - эмпирические показатели, принимаемые по [2].

$\Delta t_n$  - номинальный температурный напор,  $\Delta t_n=70^{\circ}\text{C}$  по [2].

Теплоотдача открыто проложенных в пределах помещения теплопроводов принимаем равным 0, т.к. трубопроводы проложены скрыто в конструкции пола в защитной трубе типа пешель.

Расчетный требуемый тепловой поток отопительного прибора:

$$Q_1 = Q_{np} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2, \text{Вт}$$

Номинальный требуемый тепловой поток:

$$Q_{нт} = \frac{Q_1 \cdot \beta_4}{\varphi}, Вт$$

$\beta_4$  - коэффициент, учитывающий способ установки радиатора в помещении,  $\beta_4 = 1,03$ .

Таблица 1 Тепловой расчет

№ помещения	Температура воздуха в помещении, °С	Тепловая нагрузка на прибор $Q_{пр}$ , Вт	Температура входящей воды в прибор, °С	Температура воды на выходе, °С	Поправочный коэффициент $\beta_1$	Поправочный коэффициент $\beta_2$	Расход воды в приборе $G_{пр}$ , кг/ч, кг/с	Температурный напор, °С	Коэффициент приведения $\varphi$	Теплоотдача открыто расположенных трубопроводов $Q_{тр}$ , Вт	$Q_1$ , Вт	Номинальный требуемый тепловой поток $Q_{нт}$ , Вт	Поправочный коэффициент $\beta_4$	Марка отопительного прибора	Номинальный тепловой поток $Q_n$ , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
101	18	1000	85	65	1,02	1,03	45,2	57	0,73	0	1051	1473	1,03	лк 20-511	1478

По требуемой величине  $Q_{нт}$  подбираем по каталогу производителя [2] отопительный прибор, номинальный тепловой поток которого  $Q_n$  должен быть близким к значению  $Q_{нт}$ , а также может быть меньше требуемого, но не более, чем на 5 % или на 60 Вт.

Длина выбранного отопительного прибора составляет 1100мм, таким образом он перекрывает более 75% оконного проема. В случае несоблюдения этого условия необходимо выбрать другой тип и (или) другую марку прибора.

#### 4. Гидравлический расчет системы водяного отопления с подбором термостатических и балансировочных клапанов

Цель гидравлического расчета — подобрать диаметры трубопроводов, регулировочные и балансировочные клапаны.

Гидравлический расчет выполняют по аксонометрической схеме трубопроводов системы отопления. На схеме находят циркуляционные кольца, делят их на участки, наносят тепловые нагрузки каждого отопительного прибора, равные расчетной тепловой нагрузке помещения.

Расчет выполняется отдельно для систем отопления от распределителей (между распределителем и отопительными приборами) и отдельно для системы теплоснабжения распределителей (между тепловым пунктом и распределителями). Диаметры труб и потери давления в кольце определяются по задаваемой оптимальной скорости движения теплоносителя на каждом участке основного цир-

куляционного кольца. Оптимальная расчетная скорость движения воды для полимерных трубопроводов должна определяться по рекомендациям изготовителей трубопроводов, в большинстве случаев скорость составляет 0,3...0,5 м/с, удельная потеря давления на трение  $R$  в среднем 100...200 Па/м.

Например, по рекомендациям известного производителя полимерных трубопроводов фирмы KAN, за скорость в металлополимерных и полиэтиленовых трубопроводах, проходящих в конструкции пола, следует принимать значения, соответствующие экономичным гидравлическим сопротивлениям  $R_{экон} = 150 \div 250 \text{ Па / м}$ :

Ø12×2	$v=0,25 \div 0,35 \text{ м/с}$
Ø14×2	$v=0,3 \div 0,4 \text{ м/с}$
Ø16×2	$v=0,35 \div 0,45 \text{ м/с}$
Ø18×2	$v=0,4 \div 0,5 \text{ м/с}$
Ø20×2	$v=0,45 \div 0,6 \text{ м/с}$

В горизонтальных трубопроводах, проходящих в конструкции пола, следует принимать значение скорости воды не ниже 0,11 м/с, учитывая удаление воздуха из системы. Таблицы для подбора диаметров трубопроводов приведены в приложениях 1, 4, 5 методических указаний.

#### ПРИМЕР 2.

Произвести гидравлический расчет двухтрубной системы водяного отопления квартиры на одном этаже здания от одного распределителя и подобрать термостатические и запорные клапаны. План этажа с элементами системы отопления показан на рис. 2, схема системы отопления – на рис. 3.

Расчетные тепловые нагрузки приборов показаны на рис. 3. Расчетные параметры системы отопления  $t_r=90^\circ\text{C}$ ,  $t_o=70^\circ\text{C}$ . Система отопления присоединяется к тепловым сетям посредством индивидуального теплового пункта. Системы отопления квартир присоединяются через распределители, расположенные на каждом этаже в штробах стен лестничной клетки. Система теплоснабжения распределителей выполняется из стальных труб, систем отопления от распределителей – полипропиленовых труб фирмы Wavin (Чехия) скрыто в стяжке пола в защитной трубе типа «пешель». На вводе каждого из распределителей проектируется автоматический регулятор перепада давления в паре с ручным балансировочным клапаном (клапан-партнером) фирмы TA (Швеция). От распределителя на ответвлениях к каждой квартире устанавливается ручной балансировочный клапан, фильтр, термодатчик и запорная арматура.

Подключение отопительных приборов выполнено боковое одностороннее с прямыми термостатическими клапанами V-exakt фирмы Heimeier (Германия) на подающем трубопроводе и прямыми запорно-регулирующими клапанами Regutec фирмы Heimeier на обратном трубопроводе.

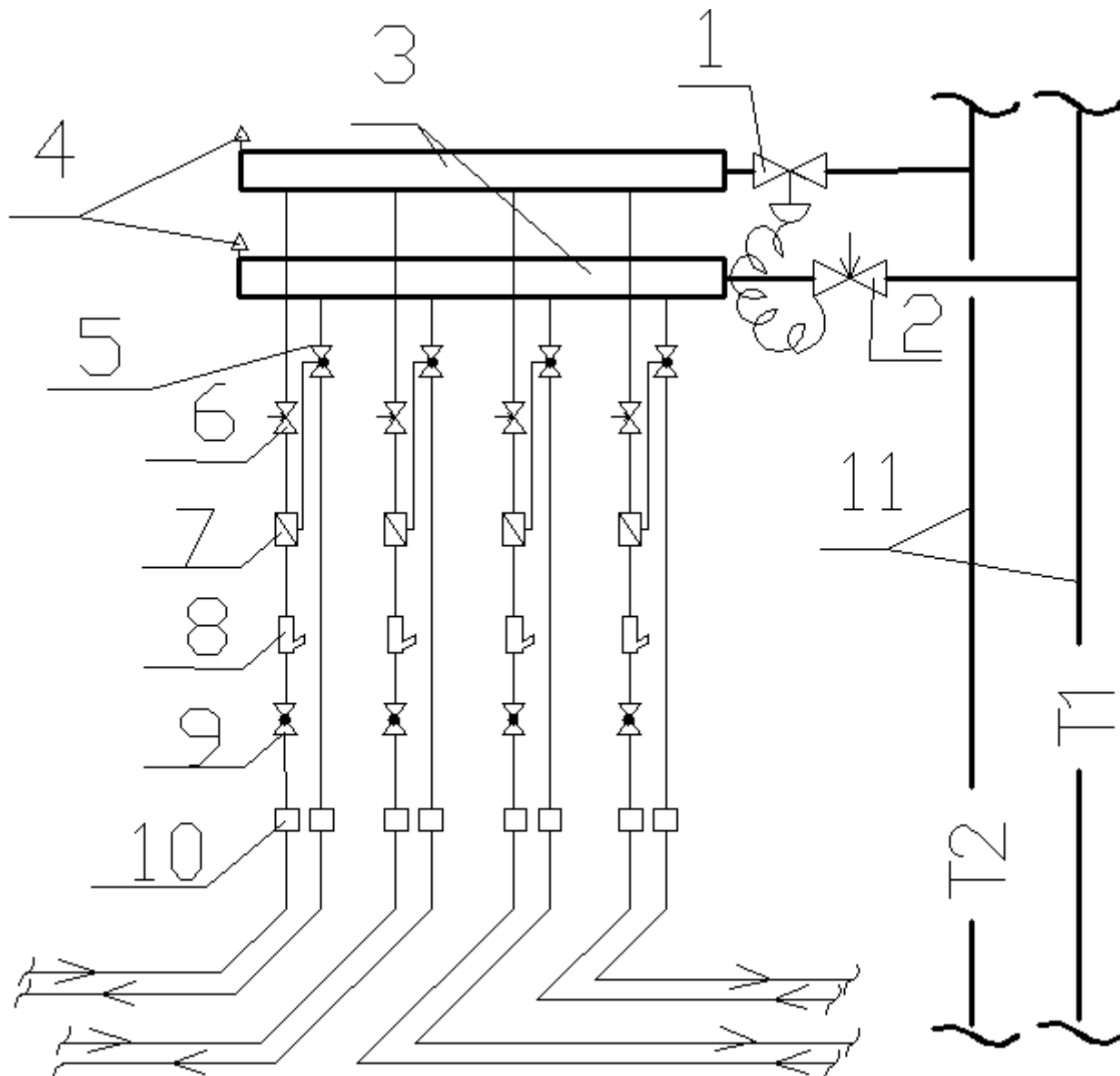
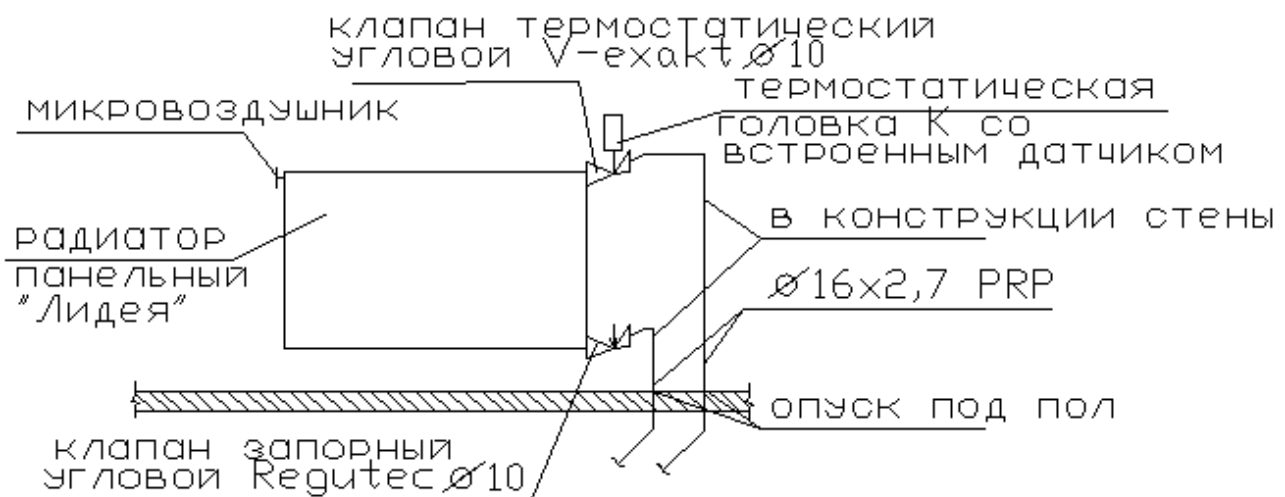


Рис. 4 Узел подключения систем отопления квартир к распределительному коллектору (узел 1)

1 – автоматический балансировочный клапан, 2-клапан-партнер, 3-распределители (гребенки), 4-ручной воздухоотводчик, 5-шаровой кран с разъемом под датчик температуры, 6-ручной балансировочный клапан, 7-теплосчетчик, 8-фильтр, 9-шаровой кран, 10-переход от металлической трубы на полипропиленовую, 11-магистральные стояки.



ис. 5 Узел подключения радиатора (узел 2)

Р

### Решение.

Так как на ответвлении в каждую квартиру установлен ручной балансировочный клапан, то гидравлический расчет каждой квартиры ведем независимо друг от друга. В дальнейшем, настройками балансировочных клапанов выставляем расчетные расходы в каждой квартире.

Расчетный требуемый тепловой поток отопительного прибора:

$$Q_m = Q_{np} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2, \text{Вт}$$

Расход воды в отопительном приборе вычисляем по формуле

$$G_{np} = \frac{0,86 \cdot Q_m}{t_2 - t_o}, \text{кг/ч}$$

$Q_{np}$  - тепловая нагрузка прибора, Вт

$\beta_1$  - коэффициент учета дополнительного теплового потока устанавливаемых отопительных приборов за счет округления сверх расчетной величины. (Для радиатора типа ЛК20 высотой 500мм  $\beta_1=1,02$  [2]).

$\beta_2$  - коэффициент учета дополнительных потерь теплоты приборами у наружных ограждений. При установке прибора у наружной стены под окном  $\beta_2=1,03$ .

В качестве основного расчетного циркуляционного кольца выбираем кольцо через самый нагруженный отопительный прибор квартиры. Диаметры трубопроводов подбираем по таблице каталога Wavin (приложение 1). Расчет сведен в таблицу 2 и 3.

Таблица 2 Гидравлический расчет

№ участка	тепловая нагрузка $Q_{уч}$ , Вт	расход воды на участке $G$ , кг/ч	длина участка, м	диаметр, мм	скорость движения воды, $W$ , м/с	удельная потеря давления, Па/м	потери давления на трение, Па	сумма коэффициентов местных сопротивлений	потери давления в местных сопротивлениях, Па	суммарные потери давления, Па	примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	3700	159,1	6	20×3,4	0,34	124	744	3	173	917	
2	2700	116,1	3	20×3,4	0,22	70	210	1,1	27	237	
3	1500	64,5	13	16×2,7	0,18	75	975	16,2	262	1237	4000+147
4	2700	116,1	3	20×3,4	0,22	70	210	1,1	27	237	
5	3700	159,1	6	20×3,4	0,34	124	744	3	173	917	
										3545	
Потери давления сво квартиры от распределителя к отопительным приборам 3545+4000+147=7692 Па											

## Расчет коэффициентов местных сопротивлений

Таблица 3

№ участка	Наименование сопротивления	Коэффициент местного сопротивления	Сумма коэффициентов местного сопротивления
1,5	2 отвода $\perp 90^0$	1,5	3
2,4	Тройник на проходе	1,1	1,1
3 (без термостатич.и запорн. клапанов)	2 тройника на проходе 8 отводов $\perp 90^0$ радиатор панельный	1,1·2 1,5·8 2	16,2

На участке 3 потеря давления в запорно-регулирующем клапане определяется по формуле:

$$\Delta P = 0,1 \cdot \left( \frac{G}{k_v} \right)^2, \text{ Па}$$

где  $G$  – расход воды на участке, кг/ч;

$K_v$  – пропускная способность клапана (по каталогу изготовителя [3]), м<sup>3</sup>/ч

$$\Delta P = 0,1 \cdot \left( \frac{64,5}{1,68} \right)^2 = 147 \text{ Па}$$

По соображениям бесшумности работы клапанов рекомендуется задавать значение потерь давления  $\Delta P_{т.кл.}$  каждого из термостатических клапанов не более 20...25 кПа. С другой стороны, для эффективного регулирования расходов в па-



раллельных кольцах двухтрубной системы отопления, не рекомендуется задаваться значением  $\Delta P_{т.кл.}$  менее 3 кПа. Исходя из этих соображений, для основного расчетного кольца следует задаться максимально возможным открытием диапазона гидравлически настроек  $n$ , но при этом иметь потерю давления на клапане не менее 3 кПа. Задаемся гидравлической настройкой  $n=5$  и соответствующей ей потерей давления  $\Delta P_{т.кл.}=4000$  Па (см. диаграмму клапана в зоне 2К- приложение 2). Внешний авторитет термостатического клапана составляет  $4000/7692=0.52$ , что входит в рекомендуемые пределы  $0,3...0,7$ .

Для остальных циркуляционных колец квартиры определяем требуемое значение потери давления на «регулируемых участках» (табл. 4).

Таблица 4

№ участка	тепловая нагрузка $Q_{уч}$ , Вт	расход воды на участке $G$ , кг/ч	длина участка, м	диаметр, мм	скорость движения воды, $W$ , м/с	удельная потеря давления, Па/м	потери давления на трение, Па	сумма коэффициентов местных сопротивлений	потери давления в местных сопротивлениях, Па	суммарные потери давления, Па	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\Delta P_{расч.уч.6} = \Delta P_{уч.3} = 1237 + 4000 + 147 = 5384$ Па											
6	1200	51,6	11	16×2,7	0,14	50	550	13,6	133	683	
Требуемое значение $\Delta P_{кл. рег. уч. 4} = 5384 - 683 = 4701$ Па											
$\Delta P_{расч.уч.7} = \Delta P_{уч.2-4} = 5384 + 237 + 237 = 5858$ Па											
7	1000	43	12	16×2,7	0,12	38	456	10,6	76	532	
Требуемое значение $\Delta P_{кл. рег. уч. 7} = 5858 - 532 = 5326$ Па											

Выполним подбор запорно-регулирующих и термостатических клапанов на «регулируемых участках» 6, 7.

На участке 6 потеря давления в запорно-регулирующем клапане:

$$\Delta P = 0,1 \cdot \left( \frac{51,6}{1,68} \right)^2 = 94 \text{ Па}$$

На участке 7 потеря давления в запорно-регулирующем клапане:

$$\Delta P = 0,1 \cdot \left( \frac{43}{1,68} \right)^2 = 66 \text{ Па}$$

Требуемое сопротивление термостатического клапана на участке 6  $\Delta P_{т.кл.} = 4708 - 94 = 4614$  Па, на участке 7 -  $\Delta P_{т.кл.} = 5333 - 66 = 5267$  Па.

Результаты настроек термостатических клапанов сводим в табл. 5.

Таблица 5

№ участка	Расход воды на участке G, кг/ч	$\Delta P_{\text{кл. рег. уч.}}, \text{Па}$	$\Delta P_{\text{кл. запорно-регул.}}, \text{Па}$	$\Delta P_{\text{т.кл.}}, \text{Па}$	Гидравлическая настройка n
3	64,5	4147	147	4000 (заданы)	5
6	51,6	4701	94	4607	5
7	43	5326	66	5260	4

Таким же образом рассчитываются остальные ветки системы отопления квартир на этаже.

### ПРИМЕР 3.

Произвести подбор ручных балансировочных клапанов (РБК), установленных на распределителе на 4 квартиры. По результатам гидравлического расчета диаметры ответвлений полипропиленовых трубопроводов на каждую квартиру 20мм, гидравлические сопротивления и расходы теплоносителя СВО квартир: 1 квартира  $\Delta P=4000 \text{ Па}$ ,  $G=60 \text{ кг/ч}$ ; 2 квартира  $\Delta P=5500 \text{ Па}$ ,  $G=75 \text{ кг/ч}$ ; 3 квартира  $\Delta P=7000 \text{ Па}$ ,  $G=95 \text{ кг/ч}$ ; 4 квартира  $\Delta P=8500 \text{ Па}$ ,  $G=110 \text{ кг/ч}$ .

### Решение.

Принимаем РБК марки ТВV фирмы ТА диаметром 15мм. Результаты подбора по номограмме каталога изготовителя [3] (приложение 3) сводим в табл. 6.

Таблица 6

№ квартир	G, кг/ч	$\Delta P_{\text{расп. квартир}}, \text{Па}$	Характеристика РБК		
			$\Delta P_{\text{РБК}}, \text{Па}$	Настройка n	$K_v, \text{ м}^3/\text{ч}$
1	60	4000	$8500+1500-4000=6000$	3	0,22
2	75	5500	$8500+1500-5500=4500$	5	0,31
3	95	7000	$8500+1500-7000=3000$	7	0,53
4	110	8500	1500	10	0,9

## 5. Конструирование и расчет системы водяного отопления с индивидуальным газовым котлом

В качестве другого возможного варианта системы отопления современного жилого здания в курсовой работе необходимо запроектировать систему водяного отопления одной квартиры с индивидуальным газовым котлом.

В этом случае в кухне квартиры устанавливается настенный газовый двухконтурный котел с открытой или закрытой камерой сгорания мощностью 24 кВт, обеспечивающий и отопление и горячее водоснабжение и включающий циркуляционный насос, предохранительный клапан, расширительный бак, воздухоотводчик.

В курсовой работе необходимо:

- подобрать котел любого производителя (например «Альфа-Калор» (Беларусь)), изучить его характеристики и принцип работы и привести их в пояснительной записке;
- выполнить конструирование системы отопления и вычертить ее аксонометрическую схему (пример см. на рис. 7 и 8);
- выполнить гидравлический расчет и подбор термостатических клапанов (аналогично как в примере 2).

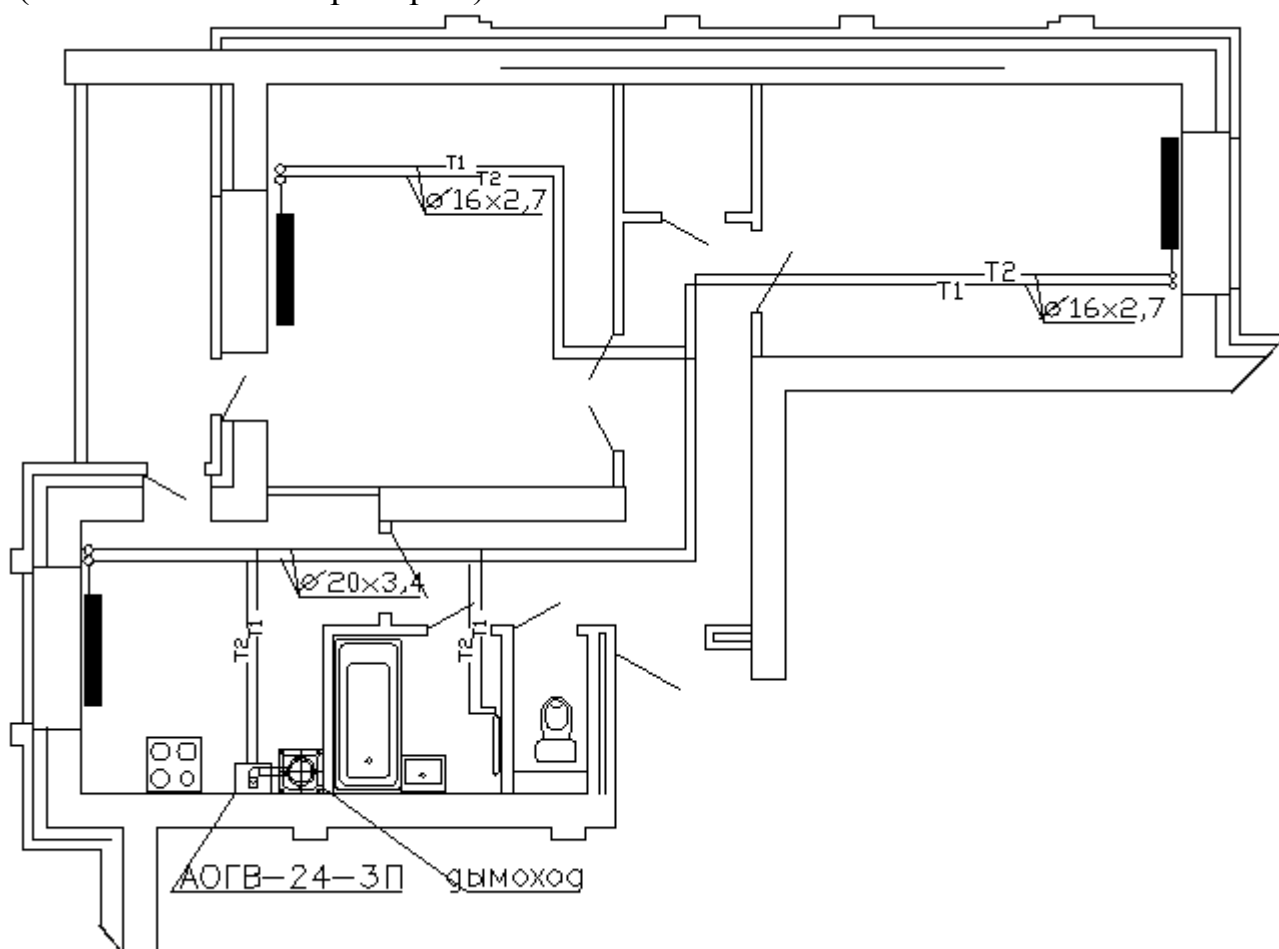


Рис. 7 План квартиры с элементами системы отопления

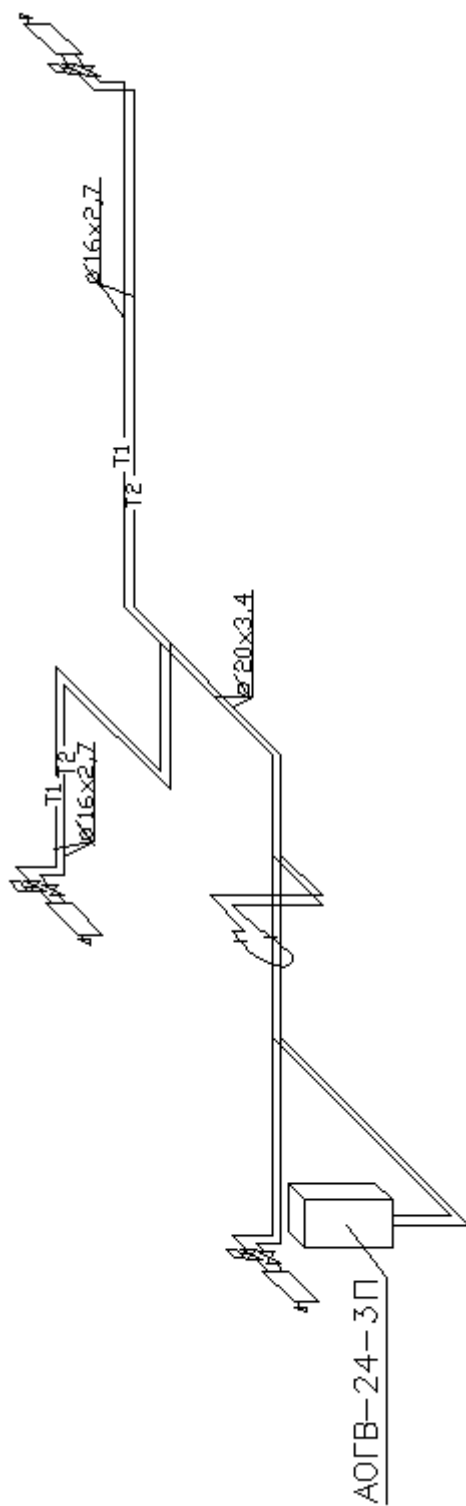


Рис. 8 Аксонометрическая схема системы отопления с индивидуальным газовым КОТЛОМ

### **Литература**

1. СНБ 4.02.01-03 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – Минск, 2004.
2. Рекомендации по применению отопительных стальных панельных радиаторов «Лидея».- Лида-Москва, 2010
3. Технический каталог продукции компаний Heimeier и ТА, 2014

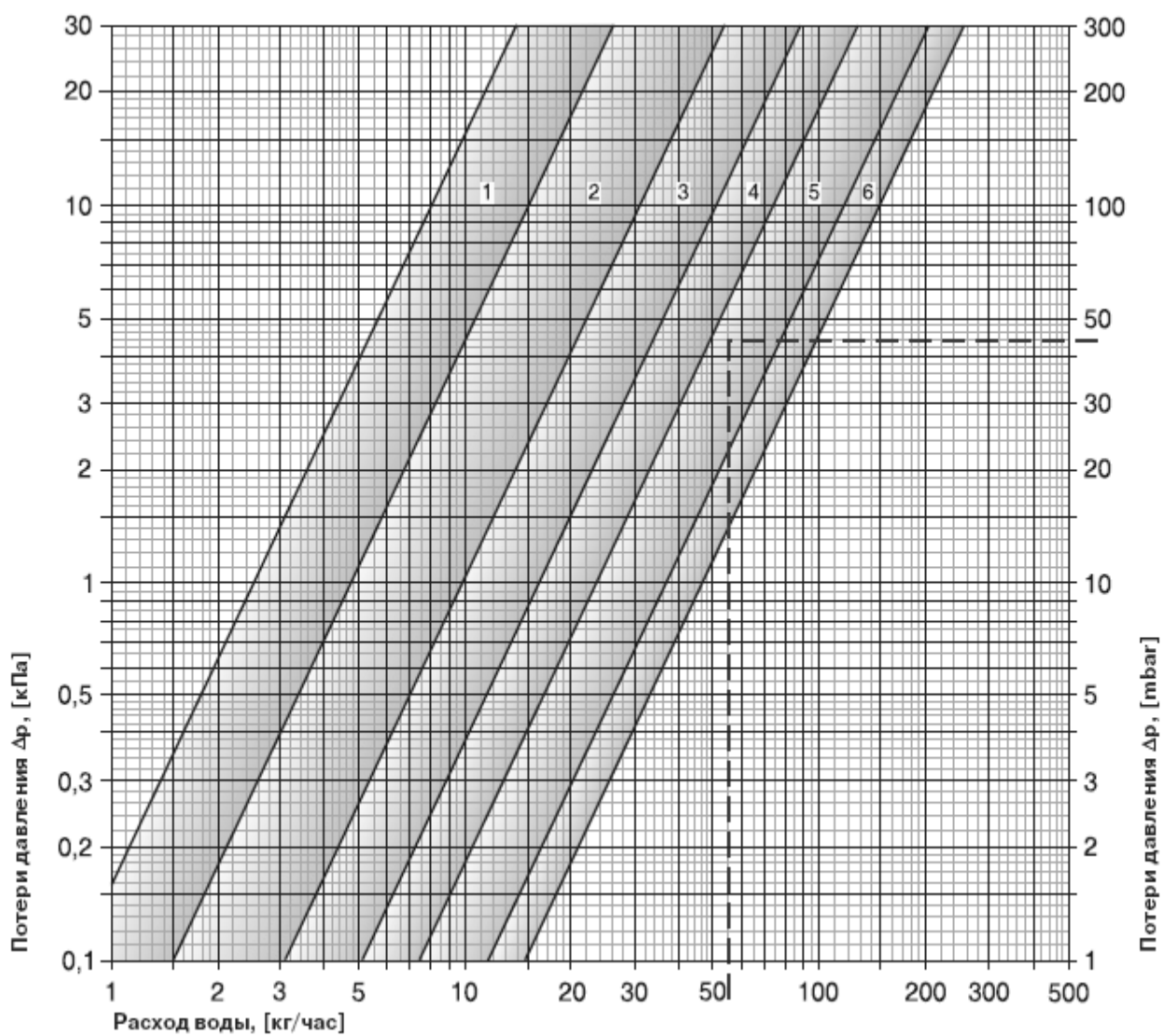
## Приложение 1

Таблица для гидравлического расчета труб PPR (полипропиленовых) фирмы Wavin

PN 20	температура воды = 80°C							
κ=0,01	16x2,7 мм		20x3,4 мм		25x4,2 мм		32x5,4 мм	
Q, л/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	0,026	0,1	0,009	1,1				
0,02	0,087	0,2	0,030	1,1	0,010	0,1	0,003	0,1
0,03	0,179	0,3	0,062	0,2	0,021	0,1	0,006	0,1
0,04	0,299	0,5	0,104	0,3	0,035	0,2	0,011	0,1
0,05	0,446	0,6	0,155	0,4	0,051	0,2	0,016	0,1
0,06	0,619	0,7	0,214	0,4	0,071	0,3	0,022	0,2
0,07	0,818	0,8	0,282	0,5	0,094	0,3	0,029	0,2
0,08	1,042	0,9	0,359	0,6	0,119	0,4	0,037	0,2
0,09	1,291	1,0	0,443	0,7	0,146	0,4	0,045	0,3
0,10	1,565	1,1	0,536	0,7	0,177	0,5	0,054	0,3
0,12	2,186	1,4	0,746	0,9	0,245	0,6	0,075	0,3
0,14	2,905	1,6	0,988	1,0	0,323	0,6	0,099	0,4
0,16	3,719	1,8	1,261	1,2	0,412	0,7	0,126	0,5
0,18	4,630	2,0	1,565	1,3	0,510	0,8	0,155	0,5
0,20	5,636	2,3	1,900	1,5	0,617	0,9	0,188	0,6
0,30	12,09	3,4	4,031	2,2	1,296	1,4	0,391	0,8
0,40			6,918	2,9	2,206	1,8	0,661	1,1
0,50					3,346	2,3	0,995	1,4
0,60					4,712	2,8	1,395	1,7
0,70					6,304	3,2	1,858	2,0
0,80							2,384	2,3
0,90							2,974	2,5
1,00							3,626	2,8
1,20							5,121	3,4

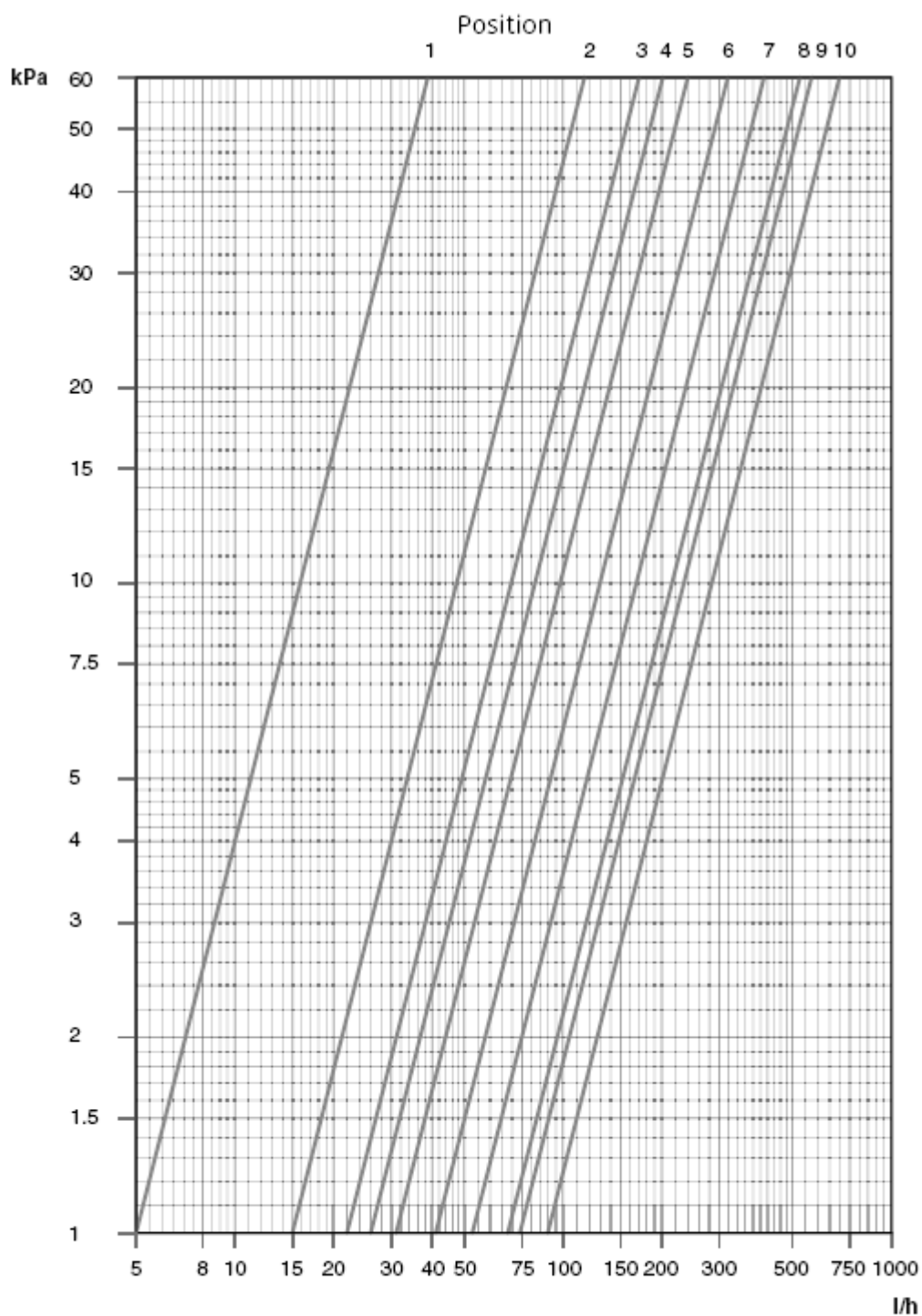
## Приложение 2

Диаграмма для подбора термостатического клапана V-ехакт



### Приложение 3

Диаграмма для подбора ручного балансировочного клапана ТВВ  
(диаметром 15мм)



Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kv	0,05	0,15	0,22	0,26	0,31	0,41	0,53	0,68	0,74	0,90



## Приложение 4

Таблица для гидравлического расчета труб РЕ-Хс, РЕ-РТ (полиэтиленовых)  
фирмы KAN

m [кг/ч]	Ø12×2		Ø14×2		Ø18×2		Ø18×2,5		Ø25×3,5		Ø32×4,4	
	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]
4,3	0,024	4,3										
8,6	0,049	8,5					0,02	1				
12,9	0,073	12,8	0,05	6	0,02	1	0,03	2				
17,2	0,098	17,0	0,06	10	0,03	2	0,04	2				
21,5	0,122	26,3	0,08	15	0,04	3	0,05	3				
25,8	0,147	48,3	0,09	20	0,05	4	0,06	4				
30,1	0,171	73,4	0,11	26	0,06	5	0,07	5				
34,4	0,196	93,3	0,13	33	0,065	7	0,07	6				
38,7	0,220	114,5	0,14	40	0,07	8	0,08	9				
43,0	0,245	137,5	0,16	18	0,08	10	0,09	12	0,05	3		
47,3	0,269	162,4	0,17	56	0,09	12	0,10	16				
51,6	0,293	189,1	0,19	65	0,10	13	0,11	19	0,06	4		
55,9	0,318	217,6	0,20	74	0,105	15	0,12	22				
60,2	0,342	247,9	0,22	85	0,11	17	0,13	24	0,07	5		
64,5	0,367	280,0	0,23	95	0,12	19	0,14	28				
68,8	0,391	31,8	0,25	106	0,13	22	0,15	31	0,08	7		
73,1	0,416	349,3	0,27	118	0,14	24	0,16	34				
77,4	0,440	386,5	0,28	130	0,145	26	0,17	38	0,09	8		
81,7	0,465	425,5	0,30	143	0,15	29	0,18	41				
86,0	0,489	46,2	0,31	156	0,16	32	0,19	45	0,10	10	0,06	3
94,6	0,538	552,5	0,34	185	0,18	37	0,20	54				
103,2	0,587	645,6	0,38	215	0,19	43	0,2	62	0,12	13	0,07	4
111,8	0,636	745,2	0,41	247	0,21	50	0,24	72				
120,4	0,685	851,4	0,44	281	0,22	7	0,26	82	0,14	17	0,08	5
129,0	0,734	964,2	0,47	318	0,24	64	0,28	92	0,145	19	0,09	6
137,6			0,50	356	0,26	71	0,30	103	0,15	22	0,09	7
146,2			0,53	396	0,27	79	0,32	115	0,16	24	0,10	7
154,8			0,56	438	0,29	88	0,33	127	0,17	27	0,10	8
163,4			0,59	482	0,30	96	0,35	140	0,18	29	0,11	9
172,0			0,63	528	0,32	105	0,37	153	0,19	32	0,12	10
189,2			0,69	625	0,35	124	0,41	182	0,21	38	0,13	11
206,4			0,75	730	0,38	145	0,45	212	0,23	44	0,14	13
223,6			0,81	842	0,42	167	0,48	245	0,25	50	0,15	15
240,8			0,88	961	0,45	190	0,52	280	0,27	57	0,16	17
258,0			0,94	1113	0,48	215	0,56	317	0,29	65	0,17	20
279,5			1,02	1256	0,52	247	0,60	366	0,31	74	0,19	22
301,0			1,10	1435	0,56	282	0,65	418	0,34	85	0,20	26
322,5			1,17	1626	0,6	327	0,70	473	0,36	96	0,22	30
344,0			1,25	1827	0,64	358	0,74	532	0,39	107	0,23	32

m	Ø12×2		Ø14×2		Ø18×2		Ø18×2,5		Ø25×3,5		Ø32×4,4	
[кг/ч]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]
365,5					0,67	399	0,79	594	0,41	119	0,25	36
387,0					0,72	442	0,83	659	0,43	132	0,26	40
408,5					0,76	487	0,88	727	0,46	145	0,28	44
430,0					0,80	533	0,93	799	0,48	159	0,29	48
473,0					0,89	633	1,02	951	0,53	188	0,32	57
516,0					0,96	740	1,11	1115	0,58	220	0,35	67
559,0					1,04	856	1,20	1292	0,63	254	0,38	77
602,0					1,12	978	1,90	1481	0,68	289	0,41	88
645,0					1,9	1109			0,72	328	0,44	99
688,0					1,28	1247			0,77	368	0,47	111
731,0									0,82	410	0,49	124
774,0									0,87	455	0,52	138
817,0									0,92	501	0,55	152

## Приложение 5

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

m	Ø14×2		Ø16×2		Ø20×2		Ø26×3	
	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]
12,9	0,05	6	0,03	3				
17,2	0,06	10	0,04	3				
21,5	0,08	15	0,05	4				
25,8	0,09	20	0,07	5	0,04	2		
30,1	0,11	26	0,08	6	0,04	2		
34,4	0,13	33	0,09	10	0,05	2		
38,7	0,14	40	0,10	14	0,06	3		
43,0	0,16	48	0,11	19	0,06	3	0,04	1
47,3	0,17	56	0,12	24	0,07	5		
51,6	0,19	65	0,13	27	0,07	6	0,05	2
55,9	0,20	74	0,14	31	0,08	8		
60,2	0,22	85	0,15	36	0,09	9	0,06	3
64,5	0,23	95	0,16	40	0,09	10		
68,8	0,25	106	0,17	45	0,10	12	0,06	4
73,1	0,27	118	0,19	50	0,10	13		
77,4	0,28	130	0,20	55	0,11	14	0,07	5
81,7	0,30	143	0,21	61	0,12	15		
86,0	0,31	156	0,22	66	0,12	17	0,08	6
94,6	0,34	185	0,24	79	0,13	20	0,09	7
103,2	0,38	215	0,26	91	0,15	23	0,09	8
111,8	0,41	247	0,28	105	0,16	27	0,10	9
120,4	0,44	281	0,30	120	0,17	30	0,11	11
129,0	0,47	318	0,33	135	0,18	34	0,12	12
137,6	0,50	356	0,35	152	0,20	38	0,13	13
146,2	0,53	396	0,37	169	0,21	43	0,13	15
154,8	0,56	438	0,39	187	0,22	47	0,14	16
163,4	0,59	482	0,41	206	0,23	52	0,15	18
172,0	0,63	528	0,44	226	0,25	57	0,16	20
189,2	0,69	625	0,48	268	0,27	67	0,17	23
206,4	0,75	730	0,52	313	0,29	78	0,19	27
223,6	0,81	842	0,57	361	0,32	90	0,20	31
240,8	0,88	961	0,61	412	0,34	103	0,22	35
258,0	0,94	1113	0,65	467	0,37	116	0,24	40
279,5	1,02	1256	0,71	540	0,40	134	0,25	46

m [кг/ч]	Ø20×2		Ø26×3		Ø32×3		Ø40×3,5	
	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]	V [м/с]	R [Па/м]
301,0	0,43	153	0,27	52	0,16	15	0,10	5
322,5	0,46	173	0,29	59	0,17	17	0,10	5
344,0	0,49	194	0,31	66	0,18	19	0,11	6
365,5	0,52	216	0,33	74	0,20	21	0,12	6
387,0	0,55	240	0,34	81	0,21	23	0,13	7
408,5	0,56	264	0,37	90	0,22	25	0,14	8
430,0	0,61	290	0,39	98	0,23	28	0,15	9
473,0	0,67	344	0,43	117	0,26	32	0,16	10
516,0	0,73	403	0,47	136	0,28	38	0,17	12
559,0			0,51	157	0,30	44	0,19	14
602,0			0,55	180	0,32	50	0,20	16
645,0			0,59	204	0,35	57	0,22	18
731,0			0,67	256	0,40	72	0,24	23
817,0			0,74	313	0,44	87	0,27	28
946,0			0,86	409	0,50	114	0,32	36
1076,4					0,58	143	0,36	45
1288,8					0,70	200	0,43	62
1720,8					0,93	337	0,56	106
2149,2					1,16	509	0,72	158
2581,2							0,86	221
3438,0							1,15	375
4298,4							1,44	567

[вернуться к оглавлению](#)

### **III РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ**

#### **ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ**

1. Факторы, влияющие на развитие и использование систем ТГВ.
2. Базисные понятия теплогазоснабжения и вентиляции.
3. Краткий исторический обзор систем ТГВ.
4. Энергетика РБ. Топливо-энергетическая политика государства.
5. Электрическое отопление на современном этапе.
6. Ядерная и термоядерная энергетика.
7. Совершенствование существующей энергетики и систем ТГВ на органическом топливе.
8. Солнечная энергетика. Основные принципы и технологии. Достоинства и недостатки.
9. Потенциал солнечной энергетики в РБ.
10. Новые имеющиеся, разрабатываемые и предлагаемые солнечные энергоустановки.
11. Солнечные коллекторы. Солнечные батареи. Солнечные установки с разреженным коническим концентратором.
12. Ветроэнергетика. Ветровой потенциал РБ.
13. Особенности ветроэнергетики и конструктивных решений.
14. Применение ВЭУ в системах ТГВ: ветротеплогенераторы, ветротеплоэлектрогенераторы.
15. Гидроэнергетика. Возможности территории РБ по реализации гидроэнергетического потенциала.
16. Биоэнергетика. Возможный ресурсный потенциал.
17. Биогазовые установки.
18. Геотермальная энергетика. Система отопления зданий геотермальным теплом.

[вернуться к оглавлению](#)

#### **IV ВСПОМАГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ**

Учреждение образования  
«Брестский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор БрГТУ

\_\_\_\_\_ М.В.Нерода

«    » \_\_\_\_\_ 2021 г.

Регистрационный № УД- \_\_\_\_\_ /уч.

### **Энергосберегающие, перспективные и нетрадиционные системы теплогасоснабжения и вентиляции**

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине  
для специальности

1-70 80 01 Строительство зданий и сооружений

Профилизация: Теплогасоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна

2021 г.

Учебная программа составлена на основе Образовательного стандарта  
(название образовательного стандарта)

ОСВО 1- 70 80 01-2019, утв. Постановление Министерства образования Республики Беларусь № 81 от 26.06.2019 и учебного плана высшего образования второй ступени (магистратуры) по специальности 1-70 80 01 Строительство зданий и сооружений (профилизация «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна»).

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Новосельцев В.Г., заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, кандидат технических наук, доцент.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Новик Ю.Н., главный эксперт отдела экспертизы инженерного обеспечения управления экспертизы проектно-сметной документации дочернего республиканского унитарного предприятия «Госстройэкспертиза по Брестской области».  
Шостак Д.Ю., главный специалист теплоснабжения и вентиляции ОАО «Брест-проект».

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции  
Заведующий кафедрой *подпись* В.Г.Новосельцев  
(протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_);

Методической комиссией факультета инженерных систем и экологии  
Председатель методической комиссии *подпись* О.П.Мешик  
(протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_);

Научно-методическим советом БрГТУ (протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Место учебной дисциплины.

Учебная дисциплина «Энергосберегающие, перспективные и нетрадиционные системы теплогазоснабжения и вентиляции» профилизации «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» относится к модулю «Технологии» компонента учреждения высшего образования учебного плана магистратуры.

Цель преподавания учебной дисциплины:

Целью освоения учебной дисциплины «Энергосберегающие, перспективные и нетрадиционные системы теплогазоснабжения и вентиляции» профилизации «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» является формирование у магистрантов системы знаний, навыков, умения, видения перспектив развития базы систем теплогазоснабжения и вентиляции Республики Беларусь.

Задачи учебной дисциплины:

Формирование у магистрантов стремления постоянного совершенствования технических основ по своей специальности, эффективного использования оборудования на практике, включая проектирование, изготовление, монтаж, эксплуатацию, проведение технологических испытаний и реконструкций в целях максимальной экономии топливно-энергетических ресурсов, использовании вторичных энергоресурсов, уменьшение вредного воздействия на окружающую среду.

В результате изучения учебной дисциплины формируются следующие компетенции:

СК-3: Уметь проектировать современные, энергосберегающие и нетрадиционные системы ТГВ.

СК-4: Владеть перспективой современного развития систем ТГВ.

В результате изучения дисциплины магистрант должен:

знать основы и предпосылки создания нового высокоэффективного оборудования и систем ТГВ, тенденции развития энергетики Республики Беларусь и других государств.



уметь ориентироваться в тенденции развития современных систем ТГВ и энергетики Республики Беларусь и других государств.

владеть навыками постоянного совершенствования технических основ по своей специальности.

Связи с другими учебными дисциплинами

Перечень дисциплин, необходимых для изучения дисциплины «Энергосберегающие, перспективные и нетрадиционные системы теплогазоснабжения и вентиляции»: отопление, вентиляция, газоснабжение, теплоснабжение, кондиционирование воздуха и холодоснабжение.

### План учебной дисциплины для заочной формы получения высшего образования

Код специальности (направления специальности)	Наименование специальности (направления специальности)	Курс	Семестр	Всего учебных часов	Количество зачетных единиц	Аудиторных часов (в соответствии с учебным планом УВО)					Академических часов на курсовой проект (работу)	Форма текущей аттестации
						Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Семинары		
1-70-80-01	Строительство (ТГВиОВБ)	1	2	159	5,5	12	10	2			60	зачет курсовой проект

## 1. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### 1.1. ЛЕКЦИОННЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

Введение. Основная терминология. Факторы, влияющие на развитие и использование систем ТГВ. Место курса в составе общетехнических дисциплин. Содержание курса. НИРС (научно-исследовательская работа студентов), разбор предложений.

Базисные понятия теплогазоснабжения и вентиляции. Комфорт. Краткий исторический обзор систем ТГВ. Современные социальные и технические проблемы. Технический и интеллектуальный потенциал РБ. Энергетика РБ. Топливообеспечение. Перспективные энергоресурсы. Трудности освоения. Топливо-

энергетическая политика государства. Связь отопительных систем и систем теплоснабжения. Электрическое отопление: высокое качество и цена.

Ядерная и термоядерная энергетика. Ядерный топливный цикл. Физические основы ядерной энергетики. Обращение с радиоактивными отходами. Переработка ОЯТ. Воздействие ядерной энергетики на окружающую среду. Экономика ядерной энергетики. Ресурсы расщепляющегося топлива. Топливо для ТЯЭС. Основные конструкции. Технические, социальные, политические проблемы. Научные исследования (ТОКАМАК, ускорители, БАК и др.). Влияние ядерной энергетики на развитие систем ТГВ.

Совершенствование существующей энергетики и систем ТГВ на органическом топливе. Новые технологические и конструкторские решения (бинарные циклы, конденсационные котлы, децентрализация теплоснабжения, новые методы топливоиспользования, сжигание МВТ, газоснабжение, газогенераторы, когенерация, тригенерация, утилизация теплоты): сушилки, обезвреживатели, устройства для термообработки, нагреватели, парогазонагреватели, воздухонагреватели, плавательные бассейны, «пассивные дома», тепловые насосы, тепловые аккумуляторы, топливные элементы, тепловые доводчики в системах отопления. Интенсифицированные циклонные топки. Новый способ подачи воздуха в топку, основанный на прерывистости. Радиационные обогреватели с турбовентилятором. Топки для сжигания рулонных материалов. Топки с вертикальным ворошением топлива. Противофазные огневые аппараты. Горелки для слоевого пульсирующего горения. Новые системы газоочистки продуктов сгорания, сухие и мокрые сеператоры. Подготовка топлива. Грануляторы. Термическое обезвреживание отходов.

Солнечная энергетика. Основные принципы и технологии. Достоинства и недостатки. Развитие СЭ в РБ. Потенциал солнечной энергетики. Новые имеющиеся, разрабатываемые и предлагаемые солнечные энергоустановки. Использование их в конкретных практических случаях: параболоцилиндрические, гиперболоидные, плоскостные гелиоконцентраторы. Солнечные коллекторы. Солнечные батареи. Солнечные установки с разреженным коническим концентратором. Аккумуля-

лирование света. Гелиостанция с подвижным гелиокоцентратором и автоматическим слежением за Солнцем. Гелиоустановка для осветительных приборов и световолоконными кабелями. Привод гелиоустановки для разворота гелиоконцентратора. Гелиоустановка для зарядки и аккумуляции солнечного света.

Способ освещения помещений и объектов на основе фосфоресцирующего жидкого люминофора. Система освещения с зеркалами и люминофорными поверхностями. Солнечный нагреватель с жидкостной линзой. Плавательный бассейн с солнечным нагревателем..

Ветроэнергетика. Ветровой потенциал РБ. Принцип действия и расчёт ветроустановок. Типы ВЭУ. Особенности ветроэнергетики и конструктивных решений. Применение ВЭУ в системах ТГВ: ветротеплогенераторы, ветротеплоэлектрогенераторы. Ветроэлектростанция с парусными системами на круговом основании. Ветродвижитель с растекающимся ветровым потоком. Ветроэнергоустановка с вертикальной осью вращения и поворотными лопастями. Ветроэлектрогенератор на базе центробежного вентилятора с раструбом. Ветроэлектростанция с большой поворотной плоскостью. Ветронасосный агрегат для поршневого насоса. Ветроустановка с виндрозой на качающемся поворотном крыле. Способ получения электроэнергии подачей воды на сопло на конце рабочей лопасти. Ветродвижитель для судов с вертикальными лопастями. Ветроэнергоустановка на телевизионной башне. Ветромахокач для сельского применения. Ветроэнергоустановка «Колесо Северянина».

Гидроэнергетика. Возможности территории РБ по реализации гидроэнергетического потенциала. Основные схемы. Биоэнергетика. Основные понятия. Возможный ресурсный потенциал. Реализованные схемы и конструкции. Биогазовые установки сельхозпредприятий (когенерационные агрегаты). Биогазовые установки на очистных сооружениях. Биогазовые установки на коммунальных отходах. Биогазовые установки на отходах производства пищевых продуктов. Геотермальная энергетика. Система отопления зданий геотермальным теплом. Геотермальный ресурс РБ (Брестская область). Реализованные установки. Перспективы. Проблемы.

## 1.2. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ

### 1.2.1 Варианты схем энергосберегающих и перспективных систем ТГВ.

## 1.3. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

По выбору магистрант выбирает тему курсового проекта из 4 вариантов.

Вариант 1. Курсовой проект «Проектирование современной системы горячего водоснабжения здания».

В проект входят следующие разделы: выбор типа системы горячего водоснабжения, разработка элементов системы горячего водоснабжения, проектирование системы горячего водоснабжения и вычерчивание ее аксонометрической схемы, описание работы системы горячего водоснабжения (режимы работы, автоматика и др.), расчеты отдельных элементов системы горячего водоснабжения.

Графическая часть: 1 лист формата А2 (план здания и аксонометрическая схема системы горячего водоснабжения).

Вариант 2. Курсовой проект «Проектирование тепловой сети для квартала застройки из современных трубопроводов»

В 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: 1 лист формата А2 (план организации рельефа; схема расположения ПИ-трубопроводов в траншее; монтажная схема трассы тепловых сетей; схема расположения матов компенсационных; схема системы ОДК).

Вариант 3. Курсовой проект «Газоснабжение квартала города»

В проект входят следующие разделы: определение характеристик газообразного топлива; выбор схемы газоснабжения квартала района города;

гидравлический расчет газовой сети среднего давления; разработка внутридомовой системы газоснабжения секции жилого дома и ее расчет.

Графическая часть: 1 лист формата А2 (план квартала района города с газовыми сетями среднего давления с нанесением всех сосредоточенных потребителей; план первого или типового этажа жилого здания с внутридомовым газопроводом; аксонометрическая схема внутридомового газопровода).

Вариант 4. Курсовой проект «Проектирование современной системы отопления здания»

В работу проект следующие разделы: выбор типа системы отопления, разработка элементов системы отопления, проектирование системы отопления и вычерчивание ее аксонометрической схемы, описание работы системы отопления (режимы работы, автоматика и др.), расчеты отдельных элементов системы отопления.

Графическая часть: 1 лист формата А2 (план здания и аксонометрическая схема системы отопления).

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

для заочной формы получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов самостоятельной работы	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Семинарские занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Базисные понятия теплогазоснабжения и вентиляции. Ядерная и термоядерная энергетика.	2					Письменный зачет
2	Совершенствование существующей энергетике и систем ТГВ на органическом топливе.	2					Письменный зачет. Курсовой проект.
3	Солнечная энергетика.	2					Письменный зачет
4	Ветроэнергетика.	2					Письменный зачет
5	Гидроэнергетика. Биоэнергетика. Геотермальная энергетика.	2		2			Письменный зачет. Отчет по лабораторным работам.
	Итого	10		2			

## 3. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 3.1. Перечень литературы

Основная

1. Директива Президента Республики Беларусь 14 июня 2007г. №3 «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства».
2. Северянин В.С. Основы энергосбережения. Курс лекций. Изд.БрГТУ, 2003г.
3. Михалевич А.А., Мясникович М.В. Атомная энергетика. Состояние, проблемы, перспективы. Минск, «Беларуская наведка», 2009.

## Дополнительная

1. Пырков В.В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. – Киев, 2007. – 252 с.

2. Материалы патентного фонда БрГТУ.

### 3.2. Перечень средств диагностики результатов учебной деятельности

Для диагностики результатов учебной деятельности используются:

1. Письменный отчет по лабораторным работам.
2. Письменный зачет.
3. Курсовой проект с устной защитой.

### 3.3. Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы обучающихся по учебной дисциплине.

Для поведения самостоятельной работы магистрантами используются литературные источники, приведенные в п.3.1.

№ п/п	Название раздела, темы	Номер литературы из списка
1	Базисные понятия теплогазоснабжения и вентиляции. Ядерная и термоядерная энергетика.	Основная: 1, 2,3 Дополнительная: 2
2	Совершенствование существующей энергетики и систем ТГВ на органическом топливе.	Основная: 1, 2 Дополнительная: 1,2
3	Солнечная энергетика.	Основная: 1, 2 Дополнительная: 2
4	Ветроэнергетика.	Основная: 1, 2 Дополнительная: 2
5	Гидроэнергетика. Биоэнергетика. Геотермальная энергетика.	Основная: 1, 2 Дополнительная: 2

[вернуться к оглавлению](#)