

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой»



А. М. Нияковский, Е. С. Велюго

ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ МНОГОКВАРТИРНОГО ЖИЛОГО ДОМА

Методические указания
к выполнению курсовой работы по дисциплине «Теплоснабжение»
для студентов специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение,
вентиляция и охрана воздушного бассейна» и соответствующей
профилязации специальности 7-07-0732-02 «Инженерные сети,
оборудование зданий и сооружений»

Текстовое электронное издание

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой
2024

УДК 696.4(075.8)

Одобрено и рекомендовано к изданию методической комиссией
инженерно-строительного факультета (протокол № 5 от 26.06.2024)

Кафедра теплогазоводоснабжения и вентиляции

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

канд. техн. наук, доц., доц. каф. теплогазоводоснабжения и вентиляции

Т. И. КОРОЛЁВА

главный инженер проекта Новополоцкого филиала областного

государственного унитарного проектного предприятия

«Институт Витебскгражданпроект»

Н. В. КУНДРО

Изложены требования к содержанию и составу курсовой работы на тему «Горячее водоснабжение многоквартирного жилого дома» и указания по ее выполнению, приведены основные расчетные зависимости, графики и таблицы, представлены рекомендации по оформлению, дан список необходимой литературы.

Предназначены для помощи студентам дневной и заочной форм обучения специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» и соответствующей профилизации специальности 7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений» при выполнении курсовой работы и дипломного проекта по дисциплине «Теплоснабжение».

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Горячее водоснабжение многоквартирного жилого дома» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

Александр Мечиславович НИЯКОВСКИЙ,
Елена Сергеевна ВЕЛЮГО

ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ МНОГОКВАРТИРНОГО ЖИЛОГО ДОМА

Методические указания
к выполнению курсовой работы по дисциплине «Теплоснабжение»
для студентов специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение,
вентиляция и охрана воздушного бассейна» и соответствующей
профиляции специальности 7-07-0732-02 «Инженерные сети,
оборудование зданий и сооружений»

Редактор А. А. Прадидова

Подписано к использованию 22.10.2024.
Объем издания: 3.29 Мб. Заказ 349.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014, перерегистрация от 24.08.2022.

ЛП № 02330/278 от 27.05.2004.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ, СОСТАВ, СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ	6
2 ВЫБОР И КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ (СГВ)	10
2.1 Общие требования к проектированию и устройству СГВ	10
2.2 Конструирование трубопроводной сети СГВ.....	12
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ	25
3.1 Общие положения	25
3.2 Определение расходов воды и теплоты в системе горячего водоснабжения	26
3.3 Гидравлический расчет трубопроводов системы горячего водоснабжения	30
3.3.1 Теоретические основы гидравлического расчета	30
3.3.2 Гидравлический расчет трубопроводов СГВ в режиме водоразбора	36
3.3.3 Определение потерь теплоты трубопроводами и вычисление циркуляционных расходов горячей воды.....	46
3.3.4 Гидравлический расчет трубопроводов СГВ в режиме циркуляции.....	56
3.3.5 Гидравлический расчет трубопроводов СГВ в режиме водоразбора с учетом циркуляционных расходов	59
3.4 Подбор и расстановка компенсаторов температурных деформаций и средств крепления трубопроводов	62
3.5 Выбор тепловой изоляции трубопроводов	70
4 ПОДБОР ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО ПУНКТА.....	75
ЛИТЕРАТУРА	89

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие Методические указания предназначены для студентов специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» в качестве пособия при выполнении курсовой работы «Горячее водоснабжение многоквартирного жилого дома», а также соответствующего подраздела дипломного проекта на тему «Теплоснабжение района города». В указаниях изложены теоретические и методические основы проектирования, даны конкретные рекомендации, сформулированы главные требования к содержанию и оформлению курсовой работы.

При выполнении курсовой работы каждый студент должен осуществить проектирование системы горячего водоснабжения многоквартирного жилого дома в соответствии с выданным ему заданием. Студент, используя ссылки и пояснения, приведенные в данных Методических указаниях, самостоятельно принимает проектные решения, руководствуясь действующими техническими нормативными правовыми актами (ТНПА), а также принимая во внимание примеры из сложившейся практики проектирования подобных объектов.

В Методических указаниях подробно разъяснены сложные вопросы проектирования систем горячего водоснабжения, по которым в действующих ТНПА и в учебной литературе имеются противоречивые позиции, неясности или неточности.

Нормативные требования, положенные в основу настоящих Методических указаний, с течением времени могут измениться. В связи с чем, используя данное пособие, необходимо руководствоваться ТНПА, рекомендациями, регламентами, каталогами производителей материалов и оборудования, действующими на момент осуществления проектирования.

Упомянутые в тексте Методических указаний возможные аналоги материалов и оборудования приводятся в качестве примера и не отражают каких-либо исключительных предпочтений.

1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ, СОСТАВ, СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Каждому студенту выдается задание на выполнение курсовой работы, в котором устанавливаются **перечень подлежащих разработке вопросов, состав необходимого графического материала** и следующие **исходные данные** для проектирования:

- 1) план типового этажа проектируемого жилого дома;
- 2) этажность жилого дома;
- 3) вид системы горячего водоснабжения (открытая, закрытая);
- 4) расчетные температуры теплоносителя для проектирования горячего водоснабжения в подающей и обратной магистралях тепловой сети;
- 5) величины давлений воды в холодном водопроводе и теплоносителя в тепловой сети на вводе в проектируемый жилой дом;
- 6) температура исходной холодной воды в водопроводе;
- 7) перечень вопросов и графического материала, подлежащих разработке;
- 8) другая необходимая информация по усмотрению руководителя курсовой работы.

По решению руководителя проектирования исходные данные и подлежащий разработке перечень вопросов могут быть изменены или дополнены.

На основании полученного задания студент самостоятельно, используя справочную, учебную, нормативную и научно-техническую литературу, осуществляет сбор дополнительных исходных данных и другой информации, необходимых для выполнения курсовой работы.

В состав курсовой работы входят **расчетно-пояснительная записка** объемом 30–40 страниц и **графическая часть** (1 лист формата А1). Содержание расчетно-пояснительной записи, перечень разработанных вопросов и графического материала должны соответствовать выданному заданию на проектирование, локальным нормативным правовым актам и настоящим Методическим указаниям.

Требования к оформлению расчетно-пояснительной записи устанавливаются локальными нормативными актами Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой.

Язык текста пояснительной записи – русский или белорусский.

При оформлении текста, в частности, можно руководствоваться следующими рекомендациями:

- выравнивание текста – по ширине окна;
- шрифт текста – Times New Roman, кегль (размер шрифта) 14;
- шрифт таблиц, рисунков и их названий – Times New Roman, выполняется кеглем 11, 12 или 14;
- междустрочный интервал для текста должен составлять «множитель 1,08...1,1» или «минимум 18 пт» и устанавливается во вкладке «Абзац» окна приложения MsWord;
- межстрочный интервал текста в таблицах – 1 строка;
- названия разделов и подразделов записки, названия рисунков выделяются полужирным шрифтом;
- названия таблиц выполняются шрифтом обычного начертания;
- перенос слов по слогам в названиях разделов, подразделов, таблиц и рисунков не допускается;
- до и после таблиц и рисунков устанавливается односторочный интервал до текста, находящегося выше и ниже таблиц и рисунков;
- рисунки и их названия выравниваются по центру окна, а названия таблиц – по их левому краю, при этом между названием таблицы и ее верхней кромкой устанавливается интервал в 3–6 пт, а также название таблицы не может выходить за ее левый и правый край;
- таблица должна занимать всю ширину окна текста, однако если она состоит из малого числа столбцов, общая ширина которых явно меньше половины ширины страницы, то такую таблицу следует расположить в две колонки, используя опцию «Колонки» во вкладке «Макет» приложения MsWord;
- таблицы и рисунки нумеруются в пределах каждого раздела пояснительной записи в порядке их появления, при этом их номер состоит из разделенных точкой номера раздела и номера рисунка/таблицы в разделе, например, Рисунок 1.3, Таблица 2.1;
- после номера рисунка, таблицы ставится протяжное тире, по краям которого вставляются пробелы, затем следует название рисунка, таблицы, начинающееся с прописной буквы;
- пояснительный текст к рисункам (подрисуночная надпись) дается между названием рисунка и самим рисунком шрифтом обычного начертания с кеглем, равным (или меньшим) кеглю шрифта названия рисунка;

- список использованной литературы формируется в порядке первого упоминания источника в тексте пояснительной записи;
- оформление списка литературы и ссылок на него выполняется в соответствии с ТНПА, регламентирующими правила библиографического описания;
- в списке литературы не могут содержаться источники, которые не были упомянуты в тексте записи;
- ссылка на список литературы в тексте записи представляет собой номер соответствующего источника, заключенный в квадратные скобки, с указанием страницы, рисунка, таблицы или приложения, например, [1, с. 3], [2, рис. 3], [3, прил. А] или [3, прил. А, табл. А.1];
- после списка литературы могут быть размещены приложения (при их наличии); каждому приложению присваивается обозначение из прописных букв русского алфавита в порядке появления упоминаний о них в пояснительной записи, например, Приложение А или Приложение Б;
- если в какое-то приложение включено несколько таблиц или рисунков, то они нумеруются числами отдельно в пределах каждого приложения в порядке их размещения в нем с добавлением переди буквы, соответствующей названию приложения, отделенной от цифр точкой, например, Таблица А.1, Таблица А.2, Рисунок А.1;
- формулы набираются в приложении MathType, при этом размер и начертание шрифта основных символов формул должны быть такими же, как и у текста записи;
- все латинские символы в формулах и в тексте набираются курсивом (за исключением обозначений некоторых критериев, например, Re, Pr, Nu, Gr, Fo, Bi и др., а также некоторых слов, например, min или max, которые набираются шрифтом только прямого начертания);
- все греческие и кириллические символы в формулах и в тексте набираются шрифтом прямого начертания;
- формулы нумеруются отдельно в пределах каждого раздела пояснительной записи в порядке их появления в тексте раздела;
- номер формулы заключается в круглые скобки, ставится справа от формулы на правой границе окна текста и складывается из номера раздела и номера формулы в разделе с точкой между ними, например, (1.7);
- формулы отделяются друг от друга точкой с запятой, но если после формулы следует слово «где», то после нее ставится запятая, а если после формулы следует новое предложение, то после нее ставится точка;

- до и после формул устанавливается односторонний интервал до текста, находящегося выше и ниже формул;
- страницы пояснительной записки снабжаются рамками и штампами в соответствии с правилами оформления проектной документации;
- номера страниц проставляются в соответствующих ячейках страничных штампов.

Оформление графического материала осуществляется с соблюдением требований Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

При выполнении курсовой работы **разработка подлежат следующие разделы.**

1. Содержание.
2. Введение.
3. Выбор и конструирование системы горячего водоснабжения (СГВ).
4. Определение расходов горячей воды и теплоты.
5. Гидравлический расчет трубопроводов СГВ в режиме водоразбора.
6. Определение потерь теплоты трубопроводами и вычисление циркуляционных расходов горячей воды.
7. Гидравлический расчет трубопроводов СГВ в режиме циркуляции.
8. Гидравлический расчет трубопроводов СГВ в режиме водоразбора с учетом циркуляционных расходов.
9. Подбор и расстановка компенсаторов температурных деформаций и средств крепления трубопроводов.
10. Выбор тепловой изоляции трубопроводов.
11. Подбор основного оборудования индивидуального теплового пункта.
12. Заключение.
13. Список использованной литературы.
14. Приложения (при наличии).

В «Введении» дается краткое описание исходных данных и объекта проектирования.

В «Заключении» приводится характеристика основных принятых проектных решений и полученных результатов.

В «Приложениях» размещаются (при их наличии) дополнительные иллюстрации к принятым решениям, спецификации материалов и оборудования.

Содержание остальных разделов курсовой работы и порядок их выполнения раскрываются ниже, в соответствующих разделах данных Методических указаний.

2 ВЫБОР И КОНСТРУИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ (СГВ)

2.1 Общие требования к проектированию и устройству СГВ

Основные нормативные требования к проектированию и устройству СГВ содержатся в строительных нормах СН 4.01.03-2019 «Системы внутреннего водоснабжения и канализации зданий» [1], в пособии П1-2019 к ТКП 45-4.01-319-2018 «Проектирование систем внутреннего водоснабжения зданий» [2], в строительных правилах СП 1.03.02-2020 «Монтаж внутренних инженерных систем зданий и сооружений» [3].

Требования к выбору СГВ. В зависимости от режима и объема потребления горячей воды на питьевые и хозяйственныe нужды населения для жилых зданий следует предусматривать системы централизованного горячего внутреннего водоснабжения от котельных, централизованных (ЦТП) либо индивидуальных (ИТП) тепловых пунктов или от местных водонагревателей [1, пп. 8.1]. Централизованные СГВ могут быть закрытыми, получающими воду из холодного водопровода с последующим ее подогревом в водоподогревателях, установленных в ЦТП либо в ИТП, или открытыми, получающими горячую сетевую воду непосредственно из подающей и обратной магистралей наружной тепловой сети через смеситель, установленный в ЦТП либо ИТП. Местные водонагреватели, устанавливаемые в квартирах, могут быть газовые или электрические.

Применительно к целям и задачам курсовой работы рекомендуется выбирать централизованную закрытую СГВ, поскольку открытые системы в современной практике проектирования новых и модернизации существующих СГВ многоквартирных жилых домов в Беларуси применяются редко.

Требования к качеству и температуре воды в СГВ. Качество и температура горячей воды, подаваемой на питьевые нужды, должны соответствовать требованиям ТНПА [4]. Температуру горячей воды в местах водоразбора следует предусматривать от 50 °С до 75 °С [1, пп. 5.4; 5].

Исходя из сложившейся практики проектирования, рекомендуется принимать температуру горячей воды в дальней водоразборной точке СГВ многоквартирного жилого дома в закрытых системах горячего водоснабжения равной 50...55 °С, а на выходе из теплового пункта – в пределах 60...65 °С,

обращая внимание на тот факт, что по мере движения горячей воды от теплового пункта к водоразборным приборам ее температура снизится примерно на 10 °С вследствие теплопотерь через поверхность трубопроводов в окружающую среду. При этом для выполнения расчетов СГВ *среднюю температуру горячей воды* следует принимать равной 55 °С [1, пп. 5.4].

Выбор схемы подогрева воды для систем централизованного горячего внутреннего водоснабжения следует производить в соответствии с требованиями СП 4.02.03-2022 «Тепловые пункты» [8, пп. 6.8–6.11].

В закрытой системе теплоснабжения подогрев воды осуществляется в водоподогревателях, схема подключения которых выбирается в соответствии с требованиями [8, пп. 6.8] с учетом соотношения максимальных расходов теплоты на нужды горячего водоснабжения и на нужды отопления потребителя. Требуемая температуры горячей воды, поступающей в СГВ, поддерживается регулятором температуры. Систему горячего водоснабжения в открытых системах теплоснабжения присоединяют к подающему и обратному трубопроводам двухтрубных водяных тепловых сетей через регулятор смешения воды для подачи в СГВ воды с заданной температурой.

В курсовой работе, с учетом ее целей и задач, а также принимая во внимание сложившуюся проектную практику, следует применять *закрытую систему с подогревом воды в водоподогревателях*. При этом, если в задании на проектировании указан максимальный расход теплоты на отопление, схему подключения подогревателей выбирают одноступенчатую или двухступенчатую в зависимости от результатов вычислений по формуле (6.1), приведенной в [8], и требований [8, пп. 6.8]. Если максимальный расход теплоты на нужды отопления проектируемого жилого дома не задан, то в данной курсовой работе *условно можно принять*, что схема подключения водоподогревателей является *одноступенчатой параллельной*.

В последние годы в проектной практике Беларуси для нужд СГВ начинают применяться местные электрические водонагреватели. Настоящие Методические указания не рассматривают подобных вариантов. Однако следует отметить, что проектирование СГВ с местными электронагревателями осуществляется, в целом, так же, как и систем с централизованным приготовлением воды, за исключением узлов подогрева и циркуляции.

Обеспечение непрерывной циркуляции воды в СГВ. При проектировании систем централизованного внутреннего горячего водоснабжения в целях поддержания в системе температуры горячей воды на заданном уровне

и предотвращения слива воды в канализацию необходимо при снижении или отсутствии водоразбора предусматривать циркуляцию горячей воды в водоразборных (подающих) трубопроводах [1, пп. 9.4].

Трубопроводы и арматура, применяемые в СГВ. Трубопроводы СГВ должны соответствовать требованиям ТНПА, приведенным в [9–11].

Для трубопроводов следует применять полимерные и металлополимерные трубы, стальные трубы с внутренним и наружным защитным покрытием от коррозии, соединительные части из меди, бронзы, латуни. Выбор материала труб для систем внутреннего водоснабжения следует осуществлять, принимая во внимание функциональное назначение систем водоснабжения и величину давления в них, место прокладки, а также требования к качеству воды. Запорную, регулирующую, водоразборную и смесительную арматуру следует предусматривать на рабочее давление 0,6 МПа [1, пп. 9.11].

При выполнении курсовой работы рекомендуется использовать полипропиленовые трубы PN 16 или PN 20 (на максимальное рабочее давление 0,8 и 1,0 МПа соответственно при температуре воды 60 °С), отвечающие требованиям СТБ 1293 [9]. Допускается при прокладке на чердаке и в подвале вместо полимерных использовать обыкновенные стальные водогазопроводные оцинкованные трубы по ГОСТ 3262-75 [10]. В качестве запорной арматуры в курсовой работе рекомендуется применять шаровые краны по ГОСТ 21345-2005 [11] на рабочее давление 0,6 МПа, в соответствии с требованиями ТНПА.

Применение баков-аккумуляторов горячей воды. В централизованных СГВ жилых домов баки-аккумуляторы предусматривать не следует [1, пп. 13.4].

2.2 Конструирование трубопроводной сети СГВ

Конструирование трубопроводной сети СГВ многоквартирного жилого дома производится перед выполнением гидравлического и теплового расчета трубопроводов и призвано определить расположение и протяженность различных ее элементов. Результат конструирования воплощается в виде планов типового этажа, подвала, чердака с нанесенными на них трубопроводами и в виде аксонометрической схемы трубопроводов. В качестве пособий по вопросам конструирования трубопроводной сети СГВ может быть рекомендована учебная литература по следующим ссылкам: [12–14].

Основными элементами трубопроводной сети СГВ многоквартирного жилого дома являются:

- *водоразборная арматура*, устанавливаемая в местах расположения санитарно-технических приборов (ванн, моек, умывальников);
- *квартирная разводка и подводки к водоразборной арматуре*, представляющие собой трубопроводы, по которым горячая вода от квартирного узла ввода подается непосредственно к водоразборным приборам;
- *квартирный узел ввода*, включающий входную запорную арматуру, фильтр, счетчик воды, через которые горячая вода поступает в квартирную разводку;
- *водоразборные стояки* – проходящие через все этажи жилого дома вертикальные трубопроводы, по которым горячая вода подается к узлам ввода в квартиры;
- *циркуляционные стояки* – вертикальные трубопроводы, проходящие через все этажи дома, предназначенные для обеспечения циркуляции горячей воды в трубопроводах с целью поддержания ее температуры в случае отсутствия или снижения водоразбора;
- *полотенцесушители*, устанавливаемые в ванных комнатах и размещаемые на водоразборных или циркуляционных стояках в зависимости от выбранной схемы компоновки трубопроводов СГВ;
- *подающий распределительный трубопровод*, прокладываемый в зависимости от вида разводки (нижняя или верхняя) в подвале или на чердаке, по которому горячая вода подается из теплового пункта к водоразборным стоякам;
- *сборные циркуляционные трубопроводы*, проложенные в подвале или на чердаке, принимающие воду из вертикальных циркуляционных стояков для ее последующей подачи в общий циркуляционный стояк либо принимающие воду от отдельных циркуляционных стояков для ее транспортировки в тепловой пункт;
- *кольцающие перемычки*, соединяющие между собой отдельные водоразборные стояки, в итоге образующие водоразборный узел;
- *запорная арматура*, устанавливаемая для отключения отдельных стояков, ветвей трубопроводов в здании и СГВ в целом;
- *арматура для выпуска воздуха из трубопроводов*, устанавливаемая в верхних точках трубопроводной сети СГВ;
- *регулирующая арматура* (регуляторы давления, обратные клапаны), которая в случае необходимости устанавливается в характерных точках трубопроводной сети;

– компенсаторы температурных деформаций, устанавливаемые на прямых участках трубопроводов для восприятия их удлинений, вызванных нагревом материала труб;

– средства крепления (подвижные и неподвижные опоры), предназначенные для фиксации элементов трубопроводной сети СГВ к строительным конструкциям;

– узлы прохода трубопроводов через строительные конструкции (гильзы, противопожарные муфты и т.п.);

– тепловая изоляция трубопроводов, предназначенная для снижения тепловых потерь в окружающую среду с поверхности труб.

Часть вышеперечисленных элементов может быть объединена в следующие секционные узлы:

– этажестояки, представляющие собой часть трубопроводной сети СГВ в пределах одного этажа здания, состоящую из квартирного узла ввода, квартирной разводки и подводок к водоразборным приборам, а также полотенцесушителя (в случае его подключения к водоразборному стояку) с трубопроводами, посредством которых он присоединен к стояку;

– водоразборно-циркуляционные узлы, представляющие собой объединение посредством кольцающих перемычек одного или нескольких водоразборных стояков между собой и затем их соединение с общим для них циркуляционным стояком.

Схемы компоновки стояков, водоразборных и водоразборно-циркуляционных узлов СГВ представлены на рисунке 2.1.

В задачи конструирования трубопроводной сети СГВ входит:

1) определение мест установки водоразборной арматуры;

2) выбор конструкции водоразборно-циркуляционных (секционных) узлов, определение мест размещения полотенцесушителей (на водоразборных или на циркуляционных стояках);

3) определение мест размещения водоразборных и циркуляционных стояков;

4) разработка секционного узла этажестояка, включая узел ввода в квартиру, квартирную разводку, подводки к водоразборной арматуре, полотенцесушитель с присоединительными трубопроводами;

5) трассировка водоразборных и циркуляционных трубопроводов в подвале и на чердаке дома;

6) выбор и размещение запорной и регулирующей арматуры;

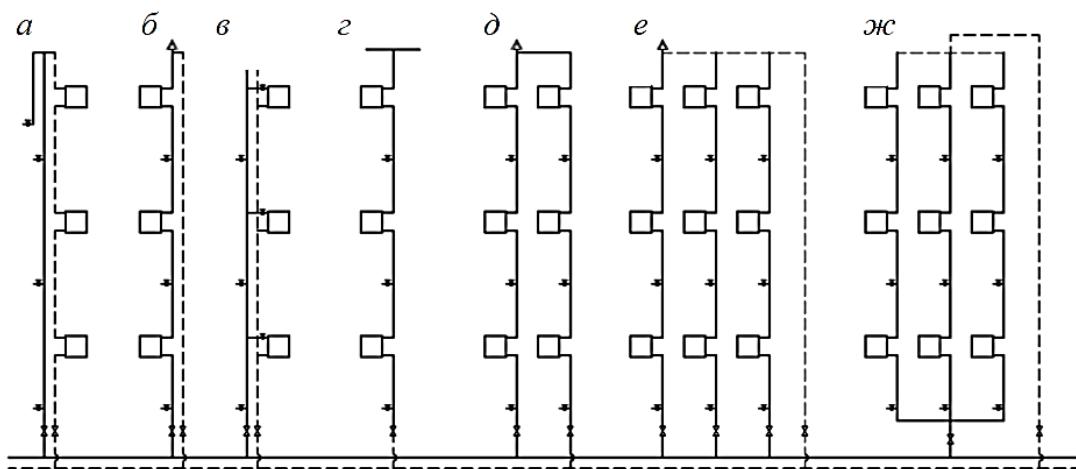
7) выбор и расстановка устройств для сбора и выпуска воздуха, слива воды;

8) разработка системы трубопроводов теплового пункта;

9) выбор и расстановка компенсаторов температурных деформаций, неподвижных опор и средств крепления трубопроводов (выполняется после гидравлического расчета);

10) выбор конструкции тепловой изоляции на трубопроводах (выполняется после гидравлического расчета).

При разработке конструктивной схемы трубопроводов **желательно обеспечить ее симметричность относительно теплового пункта.**



а – «классическая» с полотенцесушителями на циркуляционном стояке;

б – то же с полотенцесушителями на водоразборном стояке;

в – то же с параллельным присоединением полотенцесушителей к водоразборному и циркуляционному стояку; г – при верхней разводке;

д – с парнозакольцованными стояками;

водоразборно-циркуляционные узлы:

е – с закольцованными вверху посредством кольцающих перемычек

водоразборными стояками и общим циркуляционным стояком;

ж – с секционным узлом из нескольких водоразборных стояков,

закольцованных между собой кольцающими перемычками

и общим циркуляционным стояком

Рисунок 2.1. – Схемы компоновки стояков, водоразборных и водоразборно-циркуляционных узлов СГВ [12]

Определение мест установки водоразборной арматуры. Водоразборная арматура (краны, смесители и т.п.) устанавливается в местах размещения соответствующих санитарно-технических приборов (ванн, душевых кабин, умывальников, моек и т.п. в соответствии с их конструкцией). Высота установки водоразборной арматуры (расстояние от горизонтальной оси арматуры до санитарно-технических приборов) либо высота установки от уровня чистого пола (в зависимости от вида и назначения арматуры) **должны** соответствовать требованиям СП 1.03.02 [3, табл. В.1 и пп. 6.2.9].

Выбор конструкции водоразборных (секционных) узлов, определение мест размещения полотенцесушителей. При выборе соответствующего варианта конструкции следует руководствоваться требованиями СН 4.01.03-2019 [1, пп. 9.20–9.22]. Так, согласно этим требованиям, в жилых зданиях высотой до четырех этажей, а также в зданиях, независимо от этажности, в которых отсутствует возможность прокладки кольцующих перемычек между соседними водоразборными стояками, допускается устанавливать полотенцесушители на циркуляционных стояках (см. рисунок 2.1, вариант *а*).

В жилых зданиях высотой более четырех этажей или зданиях большой протяженности (жилых зданиях более пяти секций или протяженностью более 150 м) допускается объединять группы водоразборных стояков кольцующими перемычками в секционные узлы с присоединением каждого секционного узла к одному циркуляционному стояку. В секционные узлы следует объединять от трех до семи водоразборных стояков (см. рисунок 2.1, варианты *е*, *ж*). Кольцующие перемычки следует прокладывать по теплому чердаку, по холодному чердаку с устройством теплоизоляции, под потолком верхнего этажа (при подаче воды в водоразборные стояки снизу) или по подвалу (при подаче воды в водоразборные стояки сверху). Допускается не закольцовывать водоразборные стояки, если протяженность кольцующих перемычек между ними превышает суммарную протяженность циркуляционных стояков, предусмотренных отдельно для каждого водоразборного стояка. В этом случае целесообразнее применить вариант *б* (см. рисунок 2.1).

Следует отметить, что в последние годы в проектной практике варианты *а*, *в*, *г*, *д*, показанные на рисунке 2.1, используются редко или не применяются вовсе. Таким образом, *наиболее приемлемым решением при компоновке водоразборно-циркуляционных узлов и стояков для здания, состоящего из 1–4 секций, можно считать варианты *б*, *е** (см. рисунок 2.1), что, однако, не исключает применение и других вариантов, если это обосновано и не противоречит действующим ТНПА.

Высота расположения полотенцесушителей от уровня чистого пола должна соответствовать требованиям СП 1.03.02-2020 [3, пп. 6.2.9, с. 15].

Определение мест размещения водоразборных и циркуляционных стояков. Водоразборный стояк представляет собой вертикальный трубопровод, пронизывающий все межэтажные перекрытия, к которому в каждой квартире подключаются узлы ввода, а также полотенцесушители, если они не размещаются на циркуляционном стояке. Место размещения водоразборного стояка должно быть выбрано таким образом, чтобы он, по возможности, находился в центре нагрузки (на равном расстоянии от водоразборной арматуры квартиры), был скрыт от глаз и не проходил через жилые помещения.

Не рекомендуется размещать водоразборные стояки в помещениях кухонь и коридоров. Не допускается их размещение в неотапливаемых помещениях. С учетом сказанного выше *наиболее подходящим местом* для размещения водоразборного стояка является помещение санитарного узла или туалета (у стены, в нише, за фальшстенкой, в канале, шахте).

Водоразборные стояки обозначаются на схемах и чертежах в виде набора цифровых и буквенных символов, например, Т3-1 или Т3-2, где Т3 означает, что стояк является водоразборным, а число, следующее после тире, означает номер стояка.

Циркуляционные стояки представляют собой вертикальные трубопроводы, пронизывающие межэтажные перекрытия здания по всей его высоте. Если каждому водоразборному стояку соответствует отдельный циркуляционный стояк, то последний размещается там же, где и водоразборный.

В случае присоединения полотенцесушителей к циркуляционному стояку его надо располагать с таким расчетом, чтобы обеспечить наилучшие условия для монтажа. Если циркуляционный стояк является общим для нескольких водоразборных, то он, как правило, размещается рядом с одним из водоразборных стояков, которые он обслуживает. Можно также разместить такой общий циркуляционный стояк отдельно от водоразборных, однако его прокладка через жилые или неотапливаемые помещения не допускается. Циркуляционные стояки обозначаются на схемах и чертежах в виде набора цифровых и буквенных символов, например, Т4-1 или Т4-2, где Т4 означает, что стояк является циркуляционным, а число, следующее после тире, означает номер стояка.

Разработка этажестояка. При разработке этажестояка принимаются и обосновываются следующие решения:

- о расположении узла ввода в квартиру и составляющих его элементов (запорной арматуры, фильтра, счетчика);
- о месте присоединения квартирного узла ввода к водоразборному стояку;
- о местах прокладки квартирной разводки трубопроводов и подводок к водоразборным приборам по помещениям квартиры;
- о расположении полотенцесушителя в санитарном узле квартиры и местах прокладки трубопроводов, посредством которых он присоединяется к стояку (водоразборному или циркуляционному – в зависимости от выбранной схемы), а также о местах размещения запорной арматуры для отключения полотенцесушителя (в случае ее применения);
- о местах и способах крепления трубопроводов и элементов этажестояка к строительным конструкциям.

Разрабатывая конструкцию этажестояка, необходимо руководствоваться требованиями и указаниями, содержащимися в ТНПА.

В частности, горизонтальную ось полотенцесушителя следует располагать на высоте 1200–1300 мм от уровня чистого пола [3, пп. 6.2.9], а счетчики воды с фильтрами необходимо устанавливать на высоте от 900 до 1500 мм от уровня чистого пола до оси счетчика [3, пп. 6.2.13]. При этом счетчик может располагаться как на вертикальном, так и на горизонтальном участке квартирного ввода (по выбору проектировщика).

Минимальный номинальный диаметр трубопроводов, подводящих воду к водоразборной арматуре, следует принимать по [1, прил. А, табл. А1]. Горизонтальные трубопроводы квартирной разводки следует прокладывать с уклоном не менее 0,002 в сторону ближайшего разъемного соединения [3, пп. 6.1.2]. Расстояния от трубопроводов, прокладываемых внутри квартиры, до строительных конструкций должны соответствовать указанным в [3, пп. 6.1.3 и прил. Б.4]. Расстояние в свету между трубопроводами горячей и холодной воды, взаимное расположение этих трубопроводов должны определяться согласно [3, пп. 6.1.11, 6.1.12]. Проход труб через строительные конструкции должен выполняться с соблюдением требований [3, пп. 6.1.8] с учетом указаний по противопожарной защите [15, раздел 8].

Пример возможной конструкции этажестояка приведен на рисунке 2.2.

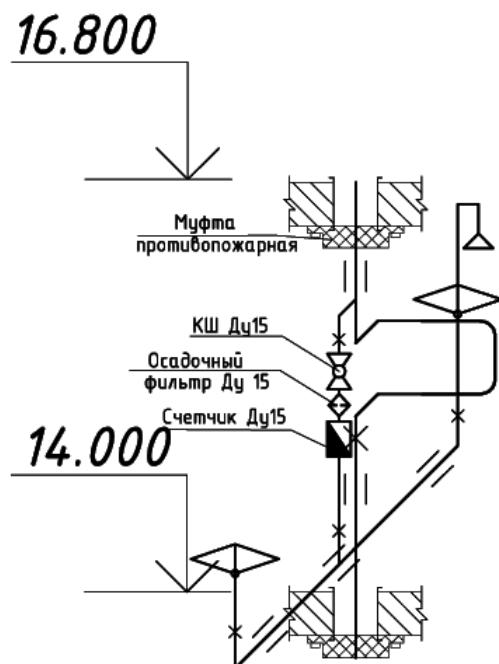


Рисунок 2.2. – Схема этажестояка с полотенцесушителем, присоединенным к водоразборному стояку, и узла ввода в квартиру

Трассировка водоразборных и циркуляционных трубопроводов в подвале и на чердаке дома выполняется в зависимости от принятой схемы подачи воды в стояки (сверху или снизу) и от наличия подвала и чердака. Указанные трубопроводы относятся к горизонтальным. Их рекомендуется прокладывать под перекрытием подвала или над перекрытием верхнего этажа здания (по техническому этажу). При этом должен обеспечиваться уклон не менее 0,002 в сторону слива воды при опорожнении [3, пп. 6.1.2].

Допускается в случае отсутствия теплого чердака или технического этажа прокладка кольцующих перемычек и циркуляционных сборных трубопроводов под потолком верхнего этажа. При трассировке трубопроводов в подвале жилого дома, оборудованного мусоропроводами, следует предусматривать подвод горячей воды к мусоросборным камерам с установкой там поливочного крана [1, пп. 9.17]. При прокладке трубопроводов необходимо соблюдать расстояния до строительных конструкций, указанные в [3, прил. В.4 и пп. 6.1.3].

Выбор и размещение запорной и регулирующей арматуры. Запорную и регулирующую арматуру для СГВ жилых домов следует выбирать на рабочее давление 0,6 МПа [1, пп. 9.11] и температуру воды 75 °С.

Установку обратных клапанов необходимо предусматривать согласно требованиям [1, пп. 9.12] в следующих местах:

- на циркуляционном трубопроводе перед присоединением его к водонагревателям;
- на ответвлениях от обратного трубопровода тепловой сети к терморегулятору в системах с непосредственным водоразбором из трубопроводов тепловых сетей (открытых системах);
- на циркуляционном трубопроводе перед присоединением его к обратному трубопроводу тепловой сети в системах с непосредственным водоразбором из трубопроводов тепловых сетей (открытых системах).

Установку запорной арматуры на трубопроводах следует в соответствии с [1, пп. 9.13] производить:

- на каждом вводе в здание;
- у основания стояков в зданиях высотой не менее трех этажей;
- на ответвлениях, питающих пять и более водоразборных точек;
- на ответвлениях от магистральных линий внутреннего водопровода;
- на ответвлениях в каждую квартиру.

Установку регуляторов давления в СГВ необходимо предусматривать на ответвлениях к водоразборной арматуре, если давление воды перед ней превышает 0,6 МПа [1, пп. 9.15].

Выбор и расстановка устройств для сбора и выпуска воздуха, слива воды. В соответствии с требованиями [1, пп. 9.6] в верхних точках трубопроводов СГВ следует предусматривать устройства для выпуска воздуха, в нижних точках – спускные устройства.

В качестве устройств для выпуска воздуха можно использовать обычную пробковую или шаровую запорную арматуру, устанавливаемую на штуцерах, размещаемых в верхних точках трубопроводов на чердаке (при его наличии). В этом случае уклон трубопроводов, примыкающих к такому штуцеру, должен обеспечивать подъем воздуха к нему и составлять не менее 0,002. Мест выпуска воздуха может быть несколько в зависимости от протяженности трубопроводов и конструкции трубопроводной сети. В системах с нижней разводкой выпуск воздуха допускается предусматривать через водоразборную арматуру верхних этажей, если эта водоразборная арматура установлена в верхних точках СГВ. Для сбора и выпуска воздуха в больших СГВ могут применяться автоматические воздухосборники.

В нижней части подающих и циркуляционных стояков (в подвале, в их основании), а также в нижних точках горизонтальных трубопроводов должны устанавливаться краны для слива воды («спускники»). Для спуска воды из системы трубопроводы прокладываются с уклоном к нижним точкам не менее 0,002. В качестве «спускников» могут применяться заглушенные тройники или сливные патрубки-штуцеры с пробковыми или шаровыми кранами.

Разработка системы трубопроводов теплового пункта. Применительно к данной курсовой работе необходимо выполнить проектирование трубопроводов теплового пункта: подающего (водоразборного), обозначаемого Т3 и идущего от водоподогревателя в сторону СГВ, с установленным на нем арматурой, насосным оборудованием (при наличии), а также циркуляционного, Т4, с установленной на нем арматурой и насосным оборудованием (при наличии), идущего из СГВ к водоподогревателю.

Согласно требованиям, изложенными в [3, пп. 6.4.19], трубопроводы тепловых пунктов необходимо прокладывать с уклоном не менее 0,002. Минимальные расстояния в свету от строительных конструкций до трубопроводов, арматуры, между поверхностями теплоизоляционных конструкций смежных трубопроводов теплового пункта следует принимать в соответствии с указаниями, приведенными в [3, пп. 6.4.18 и прил. Б.4].

Выбор и расстановка компенсаторов температурных деформаций, неподвижных опор и средств крепления трубопроводов. Расчет, подбор, расстановка компенсаторов температурных деформаций и средств крепления

трубопроводов и арматуры производятся *после выполнения гидравлического расчета*, когда становятся известными диаметры всех участков трубопроводов в соответствующем разделе курсовой работы. В общем случае при проектировании трубопроводов следует предусматривать возможность компенсации температурных деформаций труб с помощью компенсаторов или участков самокомпенсации [1, пп. 9.9; 3, пп. 6.1.15]. В случае применения стальных или медных трубопроводов компенсаторы допускается не устанавливать.

Средства крепления трубопроводов (опоры) могут быть подвижными (клипсы) и неподвижными (хомуты). *Неподвижные* организуются в начале и в конце участков компенсации температурных деформаций, в местах установки запорной и регулирующей арматуры, полотенцесушителей, счетчиков и фильтров. *Подвижные* применяются на участках трубопроводов между неподвижными креплениями. Средства крепления трубопроводов к строительным конструкциям (подвижные и неподвижные) следует выбирать и устанавливать в зависимости от материала труб, их диаметра и расположения в пространстве в соответствии с указаниями, содержащимися в [3, пп. 6.1.4–6.1.5, 6.1.13 и прил. Б.1–Б.3]. Запорная и регулирующая арматура, установленная на полимерных трубопроводах, должна иметь отдельные крепления, препятствующие передаче от нее нагрузок на трубопроводы [3, пп. 6.1.9]. Под арматуру и концевые участки труб из полимерных материалов необходимо устанавливать опоры или подвески [3, пп. 4.8].

Порядок расчета и расстановки неподвижных опор, компенсаторов, подвижных опор изложен в разделе 3.4 данных Методических указаний.

Выбор конструкции тепловой изоляции на трубопроводах. Термовую изоляцию необходимо проектировать *после выполнения гидравлического расчета*. Термовую изоляцию следует предусматривать для подающих и циркуляционных трубопроводов СГВ, включая стояки, кроме подводок к водоразборным приборам и полотенцесушителей [1, пп. 9.8].

Порядок выбора и расчета тепловой изоляции изложен в разделе 3.5 данных Методических указаний.

По результатам конструирования трубопроводов должны быть разработаны предварительные чертежи: аксонометрическая схема трубопроводов, а также планы подвала и типового этажа с нанесенными на них трубопроводами и местами установки элементов и оборудования СГВ. Примеры таких чертежей представлены на рисунках 2.3–2.5. После выполнения необходимых расчетов, в ходе которых будут определены диаметры отдельных участков трубопроводов, фактические характеристики элементов и оборудования, указанные *предварительные чертежи должны быть уточнены*.

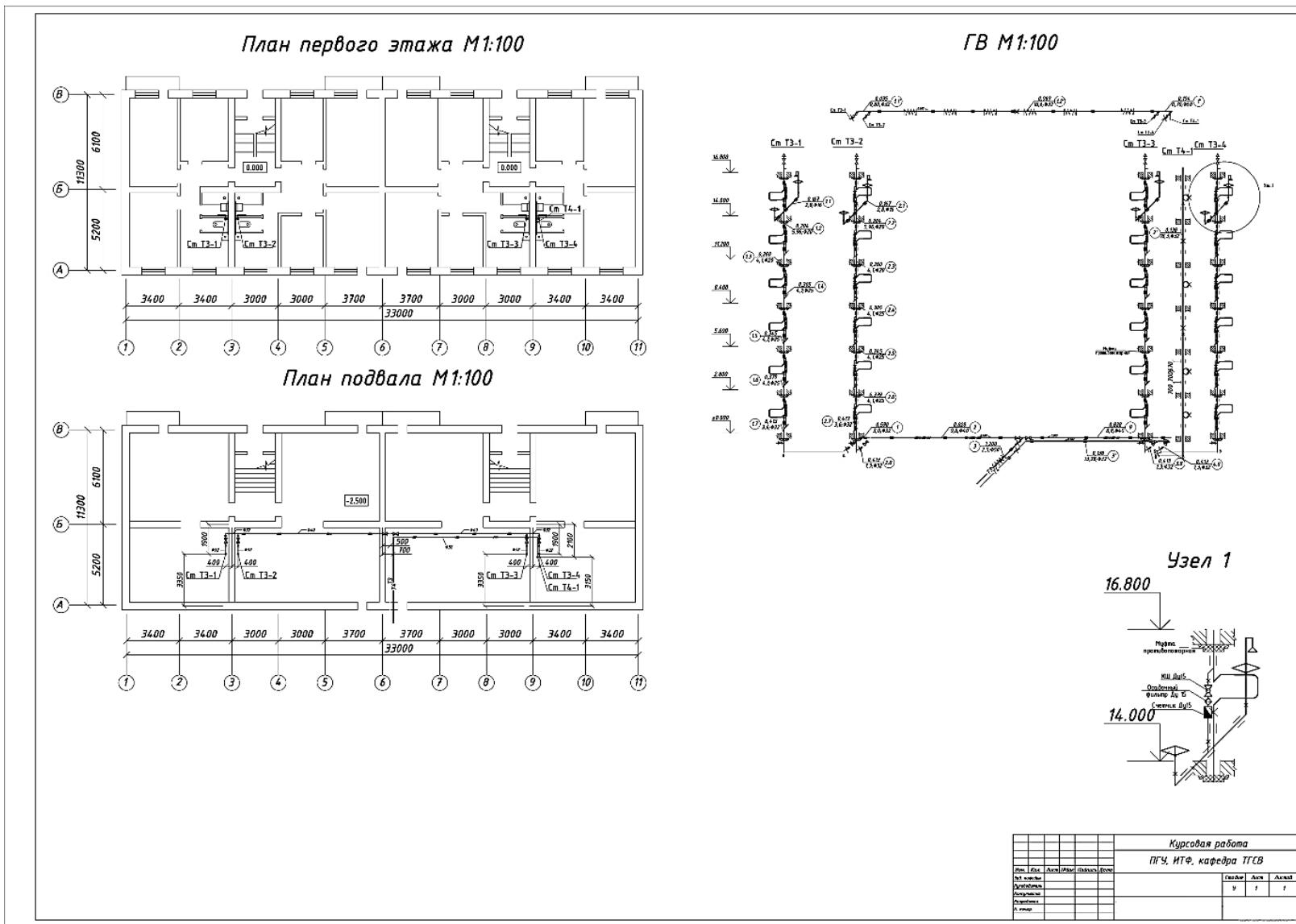
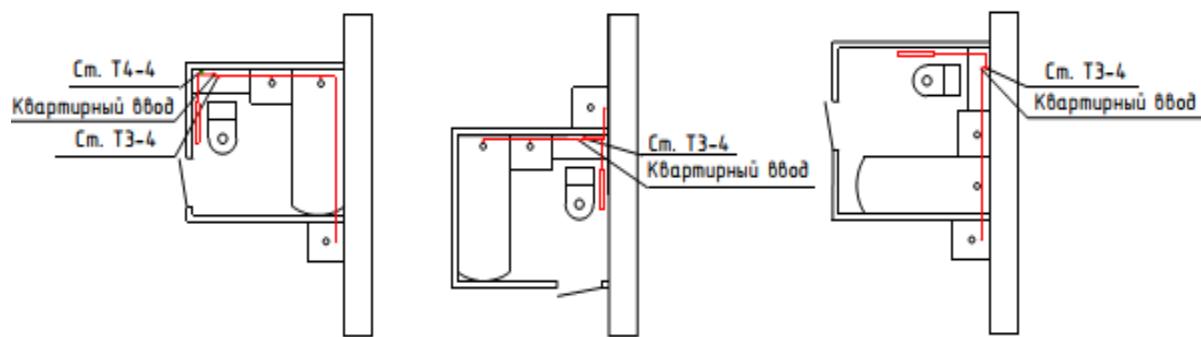


Рисунок 2.3. – Пример оформления результатов конструирования трубопроводов СГВ

Примеры мест размещения водоразборных, циркуляционных стояков и полотенцесушителей



Примеры этажестояков

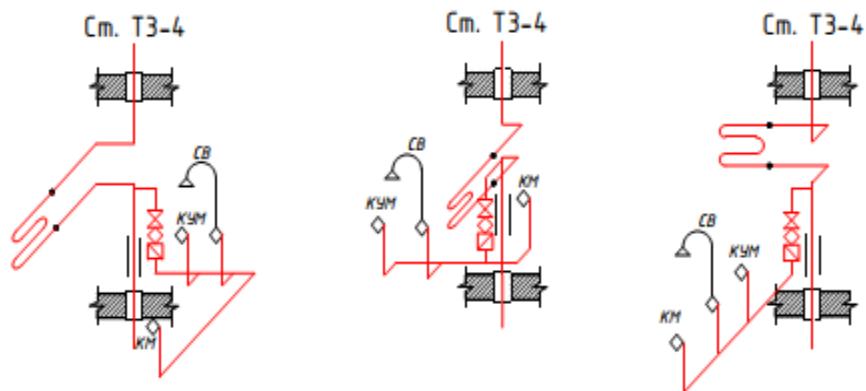


Рисунок 2.4. – Размещение водоразборных и циркуляционных стояков на плане типового этажа и примеры аксонометрических схем этажестояков

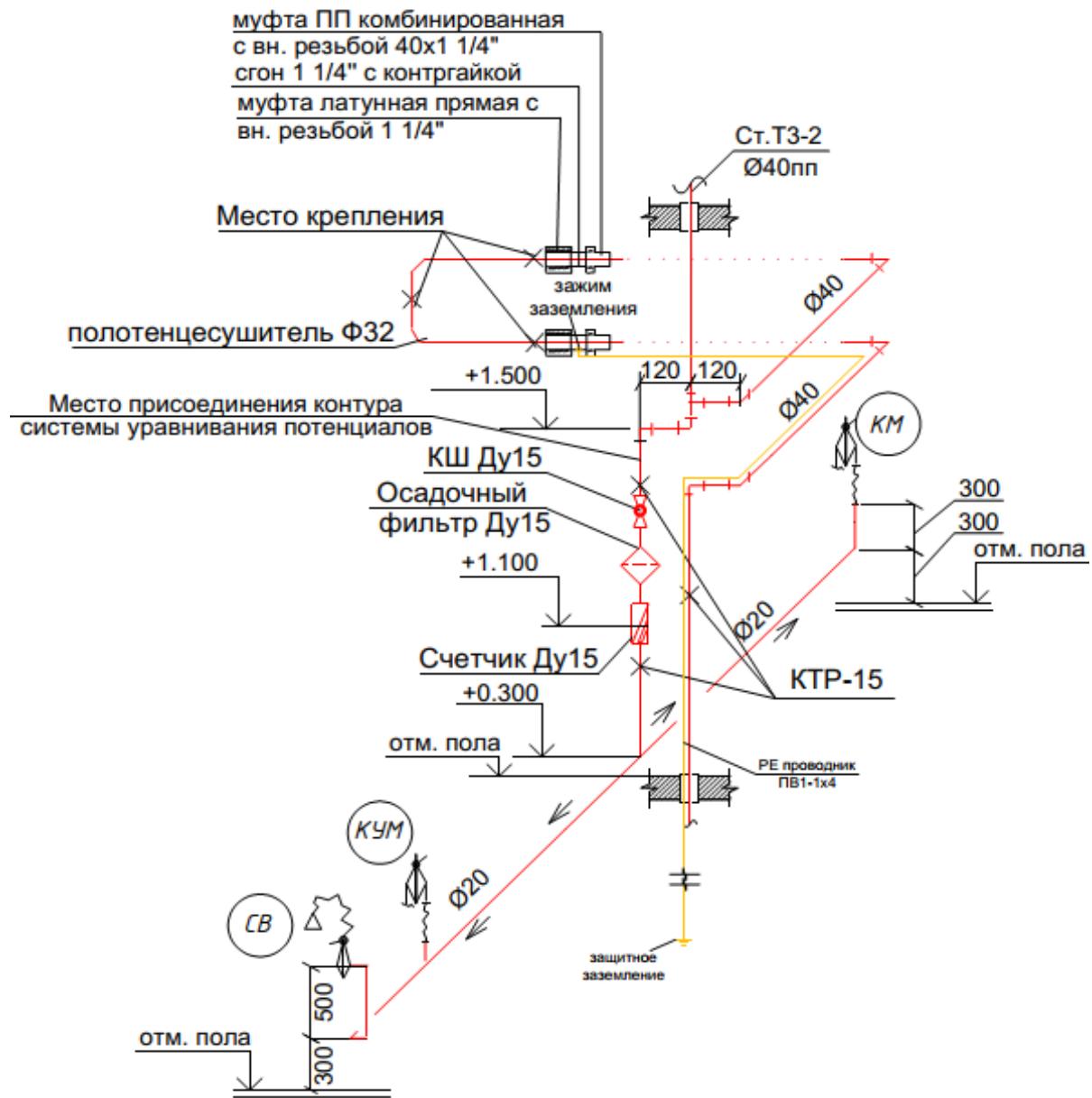


Рисунок 2.5. – Пример размещения водоразборной и запорной арматуры, счетчика расхода воды, фильтра, полотенцесушителя, подающих горячую воду трубопроводов на квартирном этажестояке и организация заземления стальных полотенцесушителей (при использовании полимерных трубопроводов)

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

3.1 Общие положения

Проектирование и расчет трубопроводов СГВ применительно к целям и задачам данной курсовой работы **включает следующие основные этапы:**

- 1) определение расходов горячей воды и теплоты в СГВ;
- 2) гидравлический расчет трубопроводов в режиме водоразбора, включающий: составление расчетной схемы сети; определение расчетных расходов горячей воды для подбора диаметров участков водоразборных трубопроводов и вычисления потерь давления; определение стандартных диаметров участков водоразборных (подающих) трубопроводов; вычисление потерь давления; выполнение гидравлической увязки расчетных направлений;
- 3) определение тепловых потерь трубопроводами и элементами СГВ;
- 4) гидравлический расчет трубопроводов СГВ для режима циркуляции, включающий: составление расчетной схемы; вычисление циркуляционных расходов горячей воды на участках в режиме циркуляции; определение диаметров циркуляционных трубопроводов; гидравлическую увязку циркуляционных колец;
- 5) гидравлический расчет в режиме водоразбора с учетом фактических циркуляционных расходов воды, состоящий в точном определении потерь давления на участках трубопроводов и на местных сопротивлениях, и выполнение гидравлической увязки различных расчетных направлений;
- 6) расчет и подбор компенсаторов температурных деформаций, уточнение расстановки неподвижных опор;
- 7) расчет и подбор тепловой изоляции трубопроводов.

Результатами расчета трубопроводов СГВ будут аксонометрическая схема, планы подвала, типового этажа с нанесенными на них трубопроводами, на которых будут указаны диаметры, длины участков и другие конструктивные характеристики всех элементов СГВ: трубопроводов, запорной арматуры, опор, тепловой изоляции и т.д.

По результатам расчета формируются спецификации материалов и оборудования для трубопроводной части проектируемой СГВ.

3.2 Определение расходов воды и теплоты в системе горячего водоснабжения

В соответствии с требованиями СН 4.01.03-2019 [1, пп. 6.1] для расчета СГВ следует принимать значения расходов воды, основанные на фактических данных водопотребления не менее чем за двухлетний период, предшествующий дате проектирования. При отсутствии фактических данных по проектируемому объекту и объектам-аналогам расчет расходов следует выполнять по методике, основанной на вероятности одновременного действия приборов, руководствуясь данными, приведенными в [1, табл. А.1 и А.2 прил. А], а также пособием по проектированию П1-2019 к ТКП 45-4.01-319-2018 [2].

При выполнении курсовой работы в связи с отсутствием у студентов фактических данных о расходах воды необходимо применять методику, основанную на вероятности действия водоразборных приборов, изложенную в учебной и нормативной литературе: [2; 12–14; 19], с учетом разъяснений и дополнений, содержащихся в СН 4.01.03-2019 [1] и других ТНПА, изданных позднее.

Для расчета трубопроводов и определения параметров оборудования следует использовать следующие **расчетные расходы горячей воды** [2, п. 5]:

- максимальный секундный расход, л/с;
- максимальный часовой расход, м³/ч;
- средний часовой расход воды, м³/ч;
- расход воды в сутки со средним за год водопотреблением, м³/сут.

Секундный расход горячей q_0^h , л/с, водоразборными приборами, отнесенный к одному прибору, необходимо определять по СН 4.01.03-2019 [1]:

- для отдельно взятого прибора, в соответствии с приложением А (табл. А.1);
- для приборов, подключенных к тупиковой трубопроводной сети жилых зданий, в соответствии с приложением А (табл. А.2);
- для различных приборов, используемых разными группами водопотребителей, – по формуле (5.1), содержащейся в [2, пп. 5.3.1], принимая во внимание, что в СГВ жилого дома все водопотребители относятся к одной группе, являются одинаковыми (поэтому расчет по указанной формуле проводить не надо).

При этом следует иметь в виду, что с введением в действие СН 4.01.03-2019 [1] пользоваться соответствующими таблицами А.1 и А.2 из пособия П1-2019 к ТКП 45-4.01-319-2018 [2], а также из другой учебной, нормативной и справочной литературы не допускается. Также следует учесть, что в жилых домах трубопроводы СГВ проектируются, как правило, тупиковыми.

Таким образом, подытоживая сказанное выше, можно сделать вывод, что при определении секундных расходов горячей воды q_0^h , л/с, водоразборными приборами жилого дома (которые можно считать одинаковыми) необходимо руководствоваться данными, указанными в [1, прил. А, табл. А.2].

Более того, в жилых зданиях, по которым отсутствуют данные о расходах воды и технических характеристиках санитарно-технических приборов (а именно так обстоят дела при выполнении данной курсовой работы), допускается в дальнейших расчетах принимать величину секундного расхода воды одним прибором $q_0^h = 0,2$ л/с [2, пп. 5.3.1, с. 4].

Расходы горячей воды и теплоты в СГВ зависят от общего числа жителей (потребителей), обслуживаемых системой, и от совокупного числа водоразборных приборов, посредством которых горячая вода отпускается потребителям.

Число жителей U , чел., должно быть определено на основе анализа исходных данных, указанных в задании на проектирование, и рассчитывается по формулам:

$$U = A/f \quad \text{или} \quad U = 3 \cdot n, \text{ чел}, \quad (3.1)$$

где A – общая площадь жилого дома, определяемая по плану типового этажа как сумма общих площадей всех этажей, м^2 ;

f – норма общей площади, приходящейся на одного проживающего, $\text{м}^2/\text{чел.}$, принимаемая для зданий массовой многоэтажной застройки в пределах от 15 до 20 $\text{м}^2/\text{чел.}$;

n – число квартир в доме, определяемое по плану типового этажа с учетом числа этажей в доме.

Количество водоразборных приборов N , шт, в целом во всей СГВ принимается по результатам конструирования системы трубопроводов (раздел 2 настоящих Методических указаний).

Для определения расходов горячей воды и теплоты в первую очередь необходимо вычислить вероятность действия санитарно-технических приборов P^h на участках сети, которая при одинаковых водопотребителях (что

имеет место в данной курсовой работе) вычисляется по формуле, приведенной в [2, пп. 5.3.7]. В этой формуле в указанном пособии содержится опечатка, которую мы исправляем (вместо q_{hr} в формуле должна стоять величина $q_{hr,u}^h$):

$$P^h = \frac{q_{hr,u}^h \cdot U}{3600 \cdot q_0^h \cdot N}, \quad (3.2)$$

где $q_{hr,u}^h$ – норма расхода горячей воды одним жителем в час наибольшего водопотребления, л/ч, принимаемая по [1] из таблицы А.2 (прил. А), группа потребителей 1, столбец 8;

U – общее число жителей (потребителей), обслуживаемых проектируемой СГВ жилого дома, чел.;

q_0^h – величина секундного расхода горячей воды одним водоразборным прибором, принимаемая равной 0,2 л/с;

N – общее число водоразборных приборов в СГВ жилого дома, шт.

Вычисленная по формуле (3.2) вероятность P^h определяется для заданных условий только один раз, поскольку является одинаковой для всех участков водоразборной (подающей) трубопроводной сети СГВ.

Затем необходимо вычислить вероятность использования водоразборных приборов для СГВ в целом по формуле, приведенной в [2, формула 5.13]:

$$P_{hr}^h = \frac{3600 \cdot P^h \cdot q_0^h}{q_{0,hr}^h}, \quad (3.3)$$

где $q_{0,hr}^h$ – часовой расход водоразборным прибором в жилом доме, принимаемый по [1, прил. А, табл. А.1, столбец 7], л/ч; в данной курсовой работе допускается принять эту величину по прибору с наибольшим расходом, то есть, как для ванны со смесителем.

После этого следует вычислить максимальный часовой расход воды в СГВ в целом по формуле, приведенной в [2, формула 5.3]:

$$q_{hr}^h = 0,005 \cdot q_{0,hr}^h \cdot \alpha_{hr}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (3.4)$$

где α_{hr} – коэффициент, определяемый по [2, прил. Б] в зависимости от общего количества водоразборных приборов N , обслуживаемых проектируемой системой, и вероятности их использования P_{hr}^h .

При $P_{hr}^h > 0,1$ и $N \leq 200$ для определения α_{hr} следует использовать таблицу Б.1, приведенную в [2, прил. Б]. При $P_{hr}^h \leq 0,1$ и любом значении N , а также при $P_{hr}^h > 0,1$ и $N > 200$ величина α_{hr} определяется по таблице Б.2, приведенной в [2, прил. Б], с использованием произведения $N \cdot P_{hr}^h$.

Далее следует вычислить *суммарный расход воды* всей СГВ при среднем за год водопотреблении в населенном пункте, определяемый по формуле, приведенной в [2, формула 5.5] и уточненной нами с учетом особенностей данной курсовой работы, предполагающей наличие группы водопотребителей только одного типа – жильцов многоквартирного жилого дома:

$$Q_{\text{сум}}^h = \frac{q_{\text{сум},u}^h \cdot U}{1000}, \text{ м}^3/\text{сут}, \quad (3.5)$$

где $q_{\text{сум},u}^h$ – расход воды в сутки среднего водопотребления одним жителем, л/сут, определяемый по ТНПА [1, прил. А, табл. А.2, столбец 4].

Затем необходимо определить *средний часовой расход воды* всей СГВ за выбранный в течение суток период потребления горячей воды по формуле:

$$q_T^h = \frac{Q_{\text{сум}}^h}{T}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (3.6)$$

где T – принятное в расчет число часов потребления горячей воды в системе СГВ в течение суток; рекомендуется для многоквартирного жилого дома принимать значение T в пределах от 20 до 24 часов в сутки.

После определения расходов воды системой горячего водоснабжения, необходимо определить *расчетные расходы теплоты*:

– в течение часа *среднего водопотребления*

$$Q_T^h = 1,16 \cdot q_T^h \cdot (55 - t^c) + Q^{ht}, \text{ кВт} \quad (3.7)$$

или

$$Q_T^h = 1,16 \cdot q_T^h \cdot (55 - t^c) \cdot (1 + k^t), \text{ кВт}; \quad (3.8)$$

– в течение часа *максимального водопотребления*

$$Q_{hr}^h = 1,16 \cdot q_{hr}^h \cdot (55 - t^c) + Q^{ht}, \text{ кВт} \quad (3.9)$$

или

$$Q_{hr}^h = 1,16 \cdot (q_{hr}^h + q_T^h \cdot k^t) \cdot (55 - t^c), \text{ кВт}, \quad (3.10)$$

где t^c – температура холодной воды в трубопроводах системы водоснабжения, $^{\circ}\text{C}$ (при отсутствии данных ее следует принимать равной $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$);

Q^{ht} – потери теплоты СГВ в окружающую среду, кВт (см. табл. 3.4);

k^t – коэффициент, учитывающий потери теплоты трубами; значения коэффициента k^t приведены в пособии по проектированию [2, табл. 5.2, с. 6] и составляют $0,1 \dots 0,3$ в зависимости от конструктивных особенностей СГВ.

Когда не известны потери теплоты от СГВ в окружающую среду Q^{ht} , расчеты необходимо выполнить по формулам (3.8) и (3.10). В дальнейшем, после того как будет определена фактическая величина Q^{ht} (см. итог столбца 9 табл. 3.4), следует уточнить расчеты по формулам (3.7) и (3.9).

Расходы воды и теплоты, полученные в результате расчета по формулам (3.4)–(3.10), будут использованы в дальнейшем при подборе насосного оборудования теплового пункта и водоподогревателей.

Вероятность действия водоразборных приборов, вычисленная по формуле (3.2), понадобится для определения расчетных расходов горячей воды на участках трубопроводов СГВ в режиме водоразбора при подборе их диаметров и выполнении гидравлического расчета.

3.3 Гидравлический расчет трубопроводов системы горячего водоснабжения

3.3.1 Теоретические основы гидравлического расчета

Основные требования ТНПА к расчету потерь давления в трубопроводах СГВ изложены в [2, пп. 6.2 и пп. 7.16].

Суммарные потери давления на участке складываются из потерь давления по длине и потеря давления на местных сопротивлениях. В самом общем виде для их расчета могут быть использованы следующие уравнения, выбираемые в зависимости от этапа проектирования:

$$\Delta P_i = R_i \cdot l_i \cdot (1 + K_{\Pi,i}) \cdot K_{R,i}, \text{ кПа}; \quad (3.11)$$

$$\Delta P_i = R_i \cdot K_{R,i} \cdot l_i + \sum \zeta_i \cdot \frac{\rho_i \cdot (\omega_i \cdot K_{\omega,i})^2}{2} \cdot 10^{-3}, \text{ кПа}; \quad (3.12)$$

$$R_i = \lambda_i \cdot \frac{\rho_i \cdot (\omega_i \cdot K_{\omega,i})^2}{2 \cdot d_{i,\text{ст}}}, \text{ кПа/м,} \quad (3.13)$$

где R_i – удельные потери давления на участке трубопровода, кПа/м, показывающие, на какую величину уменьшится полное давление потока воды при его продвижении по участку трубы, имеющей длину один метр;

l_i – длина участка, м;

$K_{\eta,i}$ – коэффициент местных потерь, учитывающий потери давления в местных сопротивлениях, который следует принимать: 0,1 – для трубопроводов водоразборных стояков без полотенцесушителей и циркуляционных стояков; 0,2 – для подающих и циркуляционных распределительных трубопроводов; 0,5 – для трубопроводов в пределах тепловых пунктов, а также для трубопроводов водоразборных стояков с полотенцесушителями;

$K_{R,i}$ – корректирующий коэффициент к величине удельных потерь давления, учитывающий зарастание трубопроводов накипью в процессе их эксплуатации, принимаемый для каждого участка трубопроводной сети СГВ по таблице 3.1 [13, табл. 4.1]; если зарастание труб учитывать не надо (например, в открытых СГВ или в случае применения полимерных труб), то $K_{R,i} = 1$;

$K_{\omega,i}$ – корректирующий коэффициент к величине скорости, учитывающий зарастание трубопроводов накипью в процессе их эксплуатации, принимаемый для каждого участка трубопроводной сети СГВ по таблице 3.1; если зарастание труб учитывать не надо (например, в открытых СГВ или в случае применения полимерных труб), то $K_{\omega,i} = 1$;

$\sum \zeta_i$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений участка, относимых к скорости воды на участке за местным сопротивлением по ее ходу;

ρ_i – плотность воды в СГВ при средней температуре 55 °C, принимаемая для всех участков равной 985,6 кг/м³;

ω_i – скорость воды на участке, м/с, определяемая по формуле (3.23);

$d_{i,\text{ст}}$ – выбранный внутренний стандартный диаметр трубы на участке, мм;

λ_i – коэффициент гидравлического трения, принимаемый по справочным данным или вычисляемый по формулам в зависимости от материала труб.

Учитывая требования действующих ТНПА [2, пп. 6.2, пп. 6.2.4 и пп. 7.16], для определения суммарных потерь давления на участке следует применять следующие уравнения:

– уравнение (3.11) при гидравлическом расчете в режиме водоразбора стальных и полимерных трубопроводов;

– уравнение (3.11) при гидравлическом расчете в режиме циркуляции стальных трубопроводов, используемых в закрытых СГВ;

- уравнение (3.11) при гидравлическом расчете *в режиме водоразбора с учетом циркуляционного расхода воды* (корректировка гидравлического расчета) *стальных трубопроводов*, но только если требуется учитывать зарастание труб, то есть в закрытых СГВ;
- уравнение (3.12) при выполнении гидравлического расчета *в режиме водоразбора с учетом циркуляционных расходов воды полимерных трубопроводов* (а также *стальных трубопроводов*, если не требуется учитывать зарастание просвета труб).

Таблица 3.1. – Значения корректирующих коэффициентов $K_{\omega,i}$ и K_{Ri} при гидравлическом расчете *стальных трубопроводов* с учетом застарения труб [13, табл. 4.1]

Диаметр труб, мм		Прогнозируемая величина уменьшения диаметра трубы вследствие застарения накипью, мм	Корректирующие коэффициенты	
условный	внутренний		$K_{\omega,i}$	K_{Ri}
1	2	3	4	5
15	15,7	3,6	1,68	3,87
20	21,2	3,8	1,48	2,77
25	27,1	4,0	1,38	2,34
32	35,9	4,2	1,28	1,93
40	41,0	4,3	1,27	1,79
50	53,0	4,5	1,20	1,61
70	69,0	4,6	1,15	1,44
80	82,0	4,8	1,13	1,37
100	100,0	5,0	1,11	1,30
125	125,0	5,2	1,09	1,28

Коэффициент гидравлического трения λ_i , входящий в уравнение (3.13), вычисляется по формулам или принимается по данным справочной литературы в зависимости от режима течения воды в трубе, определяемого с использованием критерия Re .

В *стальных трубах* при скоростях движения воды, превышающих 0,5 м/с, режим течения соответствует гидравлически шероховатым трубам, и коэффициент гидравлического трения λ может быть определен по формулам Альтшуля или Шифринсона [13, с. 183, 184] при величине абсолютной эквивалентной шероховатости, принимаемой равной 0,001 м.

В трубопроводах из полимерных материалов режим течения воды находится в диапазоне от гидравлически гладких до гидравлически шероховатых труб. Коэффициент гидравлического трения в этом случае может быть вычислен по формулам, приведенным в [23, с. 10]:

$$\lambda_i = \left\{ \frac{0,5 \cdot \left[\frac{b}{2} + \frac{1,312 \cdot (2-b) \cdot \lg(3,7 \cdot d_{i,\text{ст}} \cdot 10^{-3} \cdot K_{\text{экв},i})}{\lg \text{Re}_i - 1} \right]^2}{\lg(3,7 \cdot d_{i,\text{ст}} \cdot 10^{-3} \cdot K_{\text{экв},i})} \right\}^2, \quad (3.14)$$

где b – число подобия режимов течения транспортируемой среды;
 Re_i – фактическое число Рейнольдса на участке;
 $d_{i,\text{ст}}$ – выбранный внутренний стандартный диаметр трубы на участке, мм;
 $K_{\text{экв},i}$ – абсолютная эквивалентная шероховатость участка трубопровода, м, принимаемая для полипропиленовых труб равной от 0,00001 до 0,00002 м.

Входящие в уравнение (3.14) числа определяются по формулам:

$$b = 1 + \frac{\lg \text{Re}_i}{\lg \text{Re}_{\text{кв}}}; \quad (3.15)$$

$$\text{Re}_i = \frac{\omega_i \cdot d_{i,\text{ст}} \cdot 10^{-3}}{\nu}, \quad (3.16)$$

где ν – кинематическая вязкость воды, которая для температурных условий СГВ может быть принята равной $0,567 \cdot 10^{-6}$ м²/с;

ω_i – скорость воды на участке, м/с, определяемая по формуле (3.23);

$\text{Re}_{\text{кв}}$ – число Рейнольдса, соответствующее началу режима гидравлически шероховатых труб (квадратичной области течения среды), величина которого определяется по формуле (3.17):

$$\text{Re}_{\text{кв}} = \frac{500 \cdot d_{i,\text{ст}} \cdot 10^{-3}}{K_{\text{экв}}}. \quad (3.17)$$

Удельные потери давления R_i , входящие в уравнения (3.11) и (3.12), могут вычисляться по формуле (3.13) или приниматься по таблицам, номограммам и каталогам заводов-изготовителей. Для определения R_i на каждом участке необходимо знать внутренний диаметр трубопровода $d_{i,\text{ст}}$ и расчетный расход воды, а также располагать сведениями о виде и материале используемых труб.

В случае полимерных трубопроводов наиболее простым и быстрым способом определения удельных потерь давления будет использование таблиц и номограмм, приведенных в каталогах заводов-изготовителей, например, в [21].

Для целей горячего водоснабжения, если речь идет о продукции, представленной в [21], или аналогичной продукции других производителей, следует использовать трубопроводы типа PPR S 3,2 (PN16) или PPR S 2,5 (PN20) и соответствующие им таблицы гидравлического расчета при температуре воды 50 °С, например, размещенные в [22, с. 42 и с. 44].

В таблице 3.2 данных Методических указаний представлен фрагмент такой таблицы из каталога завода-производителя [22] для труб PPR S 3,2 (PN16) и температуры воды 50 °С, а также проиллюстрирован процесс поиска необходимых данных.

Таблица 3.2. – Значения удельных потерь давления для труб PPR S 3,2 (PN16) при температуре воды 50 °С и шероховатости 0,01 мм [22]

k=0,01	16 × 2,3 мм		20 × 2,8 мм		25 × 3,5 мм		32 × 4,5 мм		40 × 5,6 мм		50 × 6,9 мм		63 × 8,7 мм		75 × 10,4 мм			
	Q 1/с	R кПа/м	v м/с	R кПа/м	v м/с													
0,02	0,068	0,2	0,022	0,1	0,008	0,1												
0,04	0,230	0,4	0,075	0,2	0,026	0,2	0,008	0,1	0,003	0,1								
0,06	0,473	0,6	0,154	0,4	0,053	0,2	0,016	0,1	0,006	0,1	0,002	0,1						
0,08	0,792	0,8	0,257	0,5	0,088	0,3	0,027	0,2	0,009	0,1	0,003	0,1						
0,10	1,183	1,0	0,382	0,6	0,131	0,4	0,040	0,2	0,014	0,2	0,005	0,1	0,002	0,1				
0,12	1,644	1,2	0,530	0,7	0,181	0,5	0,056	0,3	0,019	0,2	0,006	0,1	0,002	0,1	0,001	0,1		
0,14	2,175	1,4	0,698	0,9	0,238	0,6	0,073	0,3	0,025	0,2	0,008	0,1	0,003	0,1	0,001	0,1		
0,16	2,773	1,6	0,888	1,0	0,302	0,6	0,093	0,4	0,032	0,2	0,011	0,2	0,004	0,1	0,002	0,1		
0,18	3,439	1,8	1,099	1,1	0,373	0,7	0,115	0,4	0,039	0,3	0,013	0,2	0,004	0,1	0,002	0,1		
0,20	4,172	2,0	1,330	1,2	0,450	0,8	0,138	0,5	0,047	0,3	0,016	0,2	0,005	0,1	0,002	0,1		
0,30	8,828	2,9	2,785	1,8	0,935	1,2	0,285	0,7	0,096	0,5	0,032	0,3	0,011	0,2	0,005	0,1		
0,40			4,731	2,5	1,578	1,6	0,478	1,0	0,161	0,6	0,054	0,4	0,018	0,2	0,008	0,2		
0,50			7,161	3,1	2,376	2,0	0,716	1,2	0,240	0,8	0,080	0,5	0,026	0,3	0,012	0,2		
0,60					3,325	2,4	0,997	1,4	0,334	0,9	0,110	0,6	0,036	0,4	0,016	0,3		
0,70					4,425	2,8	1,322	1,7	0,441	1,1	0,146	0,7	0,048	0,4	0,021	0,3		
0,80					5,675	3,1	1,689	1,9	0,562	1,2	0,185	0,8	0,061	0,5	0,026	0,3		
0,90					7,073	3,5	2,098	2,2	0,696	1,4	0,229	0,9	0,075	0,6	0,033	0,4		
1,00							2,549	2,4	0,843	1,5	0,277	1,0	0,091	0,6	0,039	0,4		
1,20							3,577	2,9	1,178	1,8	0,385	1,2	0,126	0,7	0,055	0,5		
1,40							4,770	3,4	1,565	2,1	0,510	1,4	0,166	0,9	0,072	0,6		
1,60									2,004	2,5	0,650	1,6	0,211	1,0	0,091	0,7		
1,80									2,494	2,8	0,807	1,7	0,261	1,1	0,113	0,8		
2,00									3,036	3,1	0,980	1,9	0,316	1,2	0,136	0,9		

Согласно этой таблице, значения искомых удельных потерь давления R_i , кПа/м, и фактической скорости воды ω_i будут лежать на пересечении строки с заданным расчетным расходом воды на участке q_i^h , л/с, и столбца с заданным диаметром участка трубопровод $d_{i,h} \times s_i$. Расчетный расход воды на участке q_i^h определяется расчетом (см. столбец 9 табл. 3.3). Например, при расходе воды 0,2 л/с и стандартном диаметре трубы PPR S 3,2 (PN16) 20 мм × 2,8 мм удельные потери давления составят 1,33 кПа/м, а скорость движения воды будет 1,2 м/с.

Удельные потери давления R_i могут также определяться: для полимерных труб – по таблицам Добромыслова [23], для стальных труб – по таблицам Шевелёва [24]. Однако при пользовании ими необходимо учесть ряд особенностей. Так, данные о потерях давления в этих таблицах названы «гидравлическим уклоном» и представлены в виде, например, $1000 \cdot i = 125$. Это означает, что величина потерь давления i равная 125 м вод. ст. приходится на участок трубы длиной 1000 м. Если 125 м вод. ст. разделить на 1000 м, то получится, что удельные потери составляют 125 мм вод. ст./м. Поскольку 1 мм вод. ст. = 9,81 Па, то $125 \times 9,81 = 1226$ Па/м. Таким образом, для этого примера удельные потери давления $R_i = 1226$ Па/м.

Полученные по таблицам Шевелева и Добромыслова результаты для удельных потерь давления необходимо умножать на поправочный коэффициент K_t , принимаемый в зависимости от температуры воды по номограммам, приведенным в [23, с. 14, рисунки 5 и 6], который для температурных условий горячего водоснабжения приблизительно равен 0,8–0,9.

Определение величин R_i может быть выполнено и с помощью номограмм. Номограмма для расчета стальных труб СГВ приведена в [13, с. 188, рисунок 7.2]. Номограмма для полимерных труб приведена в [23, с. 11, рисунок 3]. Чтобы пользоваться этой номограммой необходимо для каждого рассчитываемого участка трубопровода вычислить число Рейнольдса по формуле (3.16), а также соотношение $d_{i,ct} / (2K_3)$, приняв абсолютную эквивалентную шероховатость $K_{экв}$, указанную производителем труб в своих документах, а при отсутствии таких сведений – равной 0,01–0,02 мм.

Коэффициенты местных сопротивлений при расчетах полимерных трубопроводов с использованием уравнения (3.12) должны определяться в соответствии с указаниями заводов-изготовителей, например, [22, с. 54], или по таблице В.1 [2, прил. В].

3.3.2 Гидравлический расчет трубопроводов СГВ в режиме водоразбора

Целью гидравлического расчета трубопроводов разводящей (другие наименования: подающая, водоразборная) сети СГВ в режиме водоразбора является *определение предварительных значений диаметров и потерь давления* на ее отдельных участках.

Исходными данными для выполнения этого этапа гидравлического расчета служат *следующие результаты*, полученные ранее при выполнении курсовой работы:

- разработанная конструктивная схема трубопроводов СГВ (аксонометрическая схема, планы подвала, чердака с нанесенными на них трубопроводами разводящей сети);
- сведения о количестве и расположении санитарно-технических приборов (водоразборной арматуры);
- вероятность действия санитарно-технических приборов.

Перед выполнением гидравлического расчета **необходимо**:

- 1) разбить схему разводящей сети на отдельные расчетные участки, установить длину этих участков;
- 2) выбрать главное расчетное направление;
- 3) пронумеровать все участки, двигаясь в сторону индивидуального теплового пункта (ИТП), начиная с наиболее удаленного от ИТП водоразборного прибора;
- 4) определить число санитарно-технических приборов (водоразборной арматуры), подключенных к каждому расчетному участку.

При выполнении гидравлического расчета трубопроводов СГВ в режиме водоразбора должны быть рассмотрены все возможные направления движения воды из ИТП к санитарно-техническим приборам. В общем случае число таких направлений равно числу установленной водоразборной арматуры. В данной курсовой работе допускается гидравлический расчет выполнить только **для следующих четырех направлений**:

- главного расчетного направления, состоящего из участков, лежащих на пути движения воды из ИТП к самой дальней, последней по ходу движения воды водоразборной точке самого дальнего водоразборного стояка, расположенного дальше других от ИТП;

– расчетного направления, состоящего из участков, лежащих на пути движения воды из ИТП к самой ближней по ходу воды водоразборной точке самого дальнего водоразборного стояка, расположенного от ИТП дальше других;

– расчетного направления, состоящего из участков, лежащих на пути движения воды из ИТП к самой дальней по ходу воды водоразборной точке, подключенной к водоразборному стояку, расположенному ближе всех других к ИТП;

– расчетного направления, состоящего из участков, лежащих на пути движения воды из ИТП к самой ближней по ходу движения воды водоразборной точке, подключенной к самому ближнему водоразборному стояку, расположенному ближе всех других к ИТП.

Нумерацию участков начинают с дальнего конца главного расчетного направления (от дальней водоразборной точки) и ведут в сторону ИТП навстречу движению воды. Номера участков, расположенных на водоразборном стояке, состоят из двух чисел, разделенных точкой. Первым числом является номер водоразборного стояка, а вторым – номер лежащего на нем участка, например: 1.1, 1.2 и т.д.; 2.1, 2.2 и т.д. Номера участков подающих горизонтальных трубопроводов, к которым подключаются стояки, состоят из единственного числа. Если дальний водоразборный стояк, относящийся к главному расчетному направлению, заканчивается участком, имеющим, например, номер 1.8, то участок подающего трубопровода, к которому подключен этот стояк, будет иметь номер 9, за ним будут следовать участки 10, 11 и т.д. вплоть до головного участка, выходящего из ИТП.

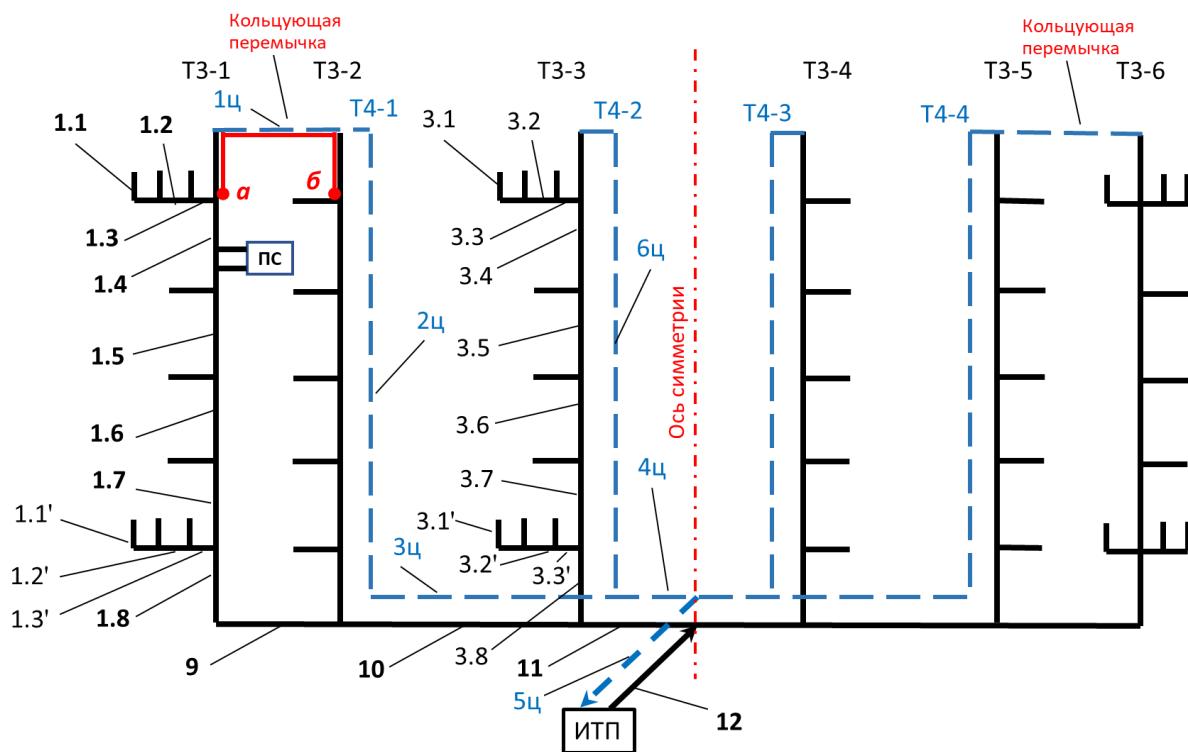
На рисунке 3.1 показан условный пример симметричной схемы трубопроводной сети СГВ и нумерации ее участков.

В процессе конструирования трубопроводной сети и разработки аксонометрической схемы трубопроводов необходимо стремиться к обеспечению ее симметричности относительно выхода трубопроводов из теплового пункта здания. Это позволит сократить объем расчетов, так как достаточно будет выполнить расчеты только для одной половины трубопроводной системы.

На приведенной схеме (см. рисунок 3.1) расчетные направления представлены следующими совокупностями участков:

– главное расчетное направление – участками 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 9, 10, 11 и 12;

- расчетное направление до ближней водоразборной точки дальнего водоразборного стояка – участками 1.1', 1.2', 1.3', 1.8, 9, 10, 11 и 12;
- расчетное направление до дальней водоразборной точки ближнего водоразборного стояка – участками 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 11 и 12;
- расчетное направление до ближней водоразборной точки ближнего водоразборного стояка – участками 3.1', 3.2', 3.3', 3.8, 11 и 12.



индексом «ц» помечены номера участков циркуляционных трубопроводов;
штрихом помечены участки нижних этажестояков, сходственные верхним;
правая половина схемы симметрична левой; номера участков главного
расчетного направления выделены жирным шрифтом; полотенцесушители
установлены на всех водоразборных стояках на каждом этаже
(условно вверху слева показан только один из них – обозначен ПС)

Рисунок 3.1. – Пример нумерации участков трубопроводной сети СГВ
для выполнения гидравлического расчета

Суммарные потери давления по каждому расчетному направлению
могут различаться не более чем на 10%. Тогда и по всем другим направ-
лениям движения воды потери давления также будут различаться не более

чем на 10%. Достигается такое равенство потерь давлений подбором диаметров участков в процессе выполнения гидравлического расчета.

Результаты выполненных действий и расчетов следует по мере их получения заносить в заранее заготовленную таблицу, рекомендуемая форма которой представлена в виде таблицы 3.3. Число строк в этой таблице по каждому направлению должно равняться числу участков, составляющих направление, с добавлением итоговой строки, в которой записываются суммарные потери давления по данному направлению.

Все номера участков должны быть внесены в соответствующие строки столбца 1 таблицы 3.3.

В столбец 2 таблицы 3.3 необходимо внести значения длин этих участков. Если на стояках размещены полотенцесушители по проточной схеме (без байпасных перемычек (рисунок 3.2, позиция 3), то длина трубопроводов полотенцесушителей должна прибавляться к длине соответствующего участка стояка, на котором они установлены.

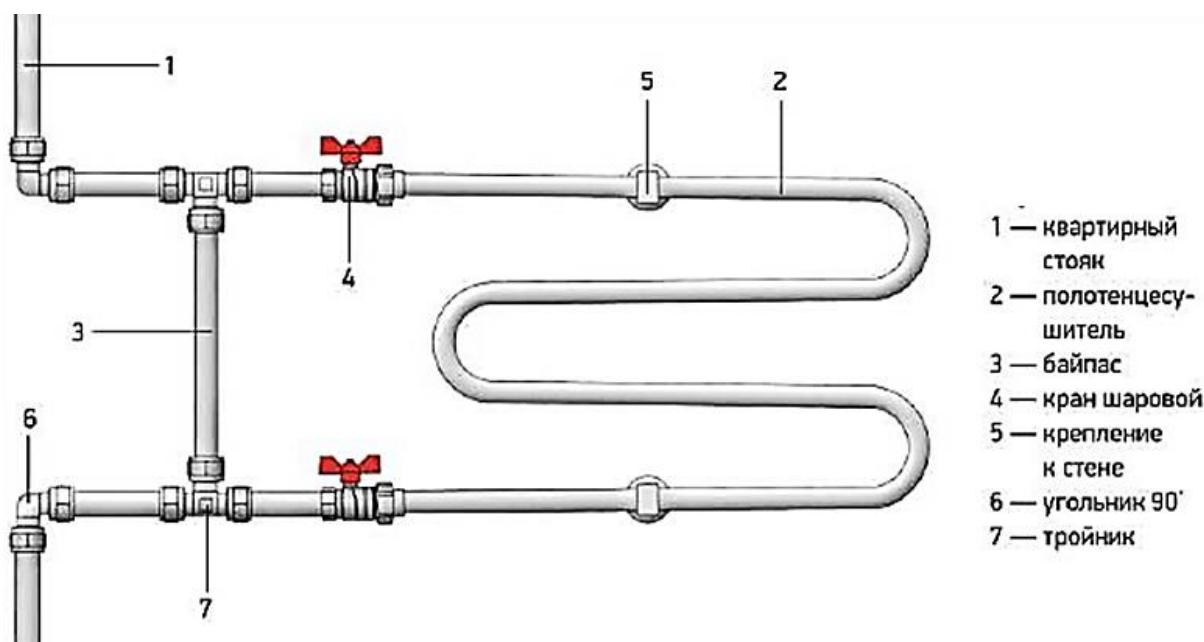


Рисунок 3.2. – Полотенцесушитель с байпасной перемычкой

В столбец 3 таблицы 3.3 вписывается число приборов N_i , подключенных к соответствующему участку разводящей трубопроводной сети.

Таблица 3.3. – Гидравлический расчет трубопроводов разводящей (подающей) сети системы внутреннего централизованного горячего водоснабжения многоэтажного жилого дома в режиме водоразбора

Номер участка, <i>i</i>	Длина участка, l_i , м	Число приборов, подключенных к участку, N_i	Вероятность действия приборов, P^h	Произведение $N_i \times P^h$	Коэффициент α_i	Коэффициент, учитывающий циркуляционный расход, $K_{цир,i}$	Коэффициент для расчета диаметров участков стояков, $K_{d,i}$	Максимальный секундный расход воды на участке, q_i^h , л/с	Расход воды для определения диаметра участка, $q_{d,i}$, л/с	Расчетный внутренний диаметр участка, d_i , мм	Стандартные диаметр и толщина стенки, $d_{i,H} \times S_i$, мм × мм	Внутренний стандартный диаметр участка, $d_{i,C}$, мм	Скорость воды на участке при стандартном диаметре, ω_i , м/с	Удельные потери давления на участке, R_i , кПа/м	Коэффициент местных потерь на участке, $K_{r,i}$	Коэффициент, учитывающий зарастание труб накипью, $K_{R,i}$	Потери давления на участке, ΔP_i , кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Главное расчетное направление																	
Суммарные потери давления по направлению:																	
Расчетное направление до ближней водоразборной точки дальнего водоразборного стояка																	
Суммарные потери давления по направлению:																	
Расчетное направление до дальней водоразборной точки ближнего водоразборного стояка																	
Суммарные потери давления по направлению:																	
Расчетное направление до ближней водоразборной точки ближнего водоразборного стояка																	
Суммарные потери давления по направлению:																	

В столбец 4 таблицы 3.3 вносится вероятность действия санитарно-технических приборов P^h , значение которой будет одинаковым для всех участков сети. Вероятность действия санитарно-технических приборов уже была вычислена ранее по формуле (3.2) данных Методических указаний.

В столбец 5 таблицы 3.3 для каждого водоразборного участка заносятся величины произведений $N_i \cdot P^h$: числа приборов, обслуживаемых данным участком (столбец 3), на вероятность действия приборов (столбец 4).

В столбец 6 таблицы 3.3 для каждого участка вписываются значения коэффициента α_i , определяемые на основании произведения $N_i \cdot P^h$ (столбец 5) с использованием данных, содержащихся в пособии [2, прил. Б, табл. Б.1 и Б.2]. При $P^h > 0,1$ и $N \leq 200$ для определения α_i следует использовать таблицу Б.1, а при $P^h \leq 0,1$ и любом значении N , а также при $P^h > 0,1$ и $N > 200$ – таблицу Б.2.

С весьма высокой для практических расчетов точностью при $P^h \leq 0,1$ и $N_i \cdot P^h \leq 100$ значения коэффициента α_i могут быть определены не по таблицам, а по следующей рекомендуемой нами формуле:

$$\alpha_i = 0,206 \cdot \left(N_i \cdot P^h + 3 \cdot \sqrt{N_i \cdot P^h} \right) \cdot \left(0,979 + 0,21 / \sqrt{N_i \cdot P^h} \right). \quad (3.18)$$

В формуле (3.18) нами учтены результаты исследований, установивших, что данные, приведенные в [2, прил. Б, табл. Б.1 и Б.2], не соответствуют заявленному уровню обеспеченности горячего водоснабжения и занижают максимальные секундные расходы воды примерно на 3% [20].

Столбцы 7–9 таблицы 3.3 содержат данные для вычисления расхода горячей воды $q_{d,i}$, необходимого для определения внутреннего диаметра каждого водоразборного участка (столбец 10). Согласно [1, пп. 10.2.2], подбор диаметров подающих трубопроводов сетей горячего водоснабжения в режиме водоразбора следует выполнять при расчетном максимальном секундном расходе горячей воды q^h с коэффициентом $K_{цирк}$, учитывающим остаточный циркуляционный расход в режиме водоразбора.

Коэффициент $K_{цирк}$ (столбец 7) следует принимать:

- 1) 1,1 – для водонагревателей и участков подающих трубопроводов сетей горячего водоснабжения до последнего водоразборного узла главного расчетного направления (на рисунке 3.1 это дальний по ходу воды конец участка 10, следовательно, коэффициент 1,1 применим только к участкам 10, 11 и 12);
- 2) 1,0 – для остальных участков подающих трубопроводов.

Выбранные значение $K_{цирк}$ заносятся в соответствующие строки столбца 7 таблицы 3.3.

Согласно требованиям [1, пп. 10.2.3], при объединении водоразборных стояков в водоразборно-циркуляционный узел величины их диаметров следует принимать по значению расчетного максимального секундного расхода воды в стояке q^h , с коэффициентом $K_{d,i} = 0,7$, если длина кольцующих перемычек от места последнего отбора воды (в направлении движения воды) одного водоразборного стояка (точка **а** на рисунке 3.1) до аналогичной точки другого водоразборного стояка (точка **б** на рисунке 3.1) не превышает длину водоразборного стояка. Анализируя приведенное выше указание ТНПА, можно прийти к выводу, что для такого случая диаметры участков водоразборного стояка на всем его протяжении должны быть одинаковыми и определяться по величине максимального секундного расхода воды q^h , поступающей в стояк из распределительных подающих трубопроводов, принимаемого с коэффициентом $K_{d,i} = 0,7$. Значения коэффициента $K_{d,i}$ заносятся в столбец 8 таблицы 3.3

Применительно к схеме, представленной на рисунке 3.1, можно заключить, что стояки Т3-1 и Т3-2 (как и Т3-5 и Т3-6) представляют собой водоразборный узел, т.к. длина кольцующей их перемычки **а-б** меньше длины самого стояка. Расход воды для определения диаметра стояка Т3-1 в этом случае равен максимальному секундному расходу воды q^h на участке 1.8 с коэффициентом 0,7, а для определения диаметра стояка Т3-2 – максимальному секундному расходу воды q^h на участке 3.8 также с коэффициентом 0,7.

Очевидно, что если стояки не сгруппированы в водоразборный узел, то применять к ним описанное выше правило не надо и $K_{d,i} = 1$.

Таким образом, в общем случае величины расходов воды для определения диаметров водоразборных участков трубопроводной системы определяются по формуле:

$$q_{d,i} = q_i^h \cdot K_{цирк,i} \cdot K_{d,i}, \text{ где } q_i^h = 5 \cdot q_0^h \cdot \alpha_i. \quad (3.19)$$

Вычисленные значения $q_{d,i}$ заносятся в столбец 10 таблицы 3.3.

Вместе с тем следует отметить, что расчет величин $q_{d,i}$ не имеет принципиального значения для проектирования, поскольку в ходе корректировки гидравлического расчета диаметры участков сети и стояков могут, а порой и должны быть изменены для обеспечения требуемых скоростей движения воды и в целях гидравлической увязки различных направлений. Более

того, диаметры труб могут быть просто назначены без предварительного вычисления $q_{d,i}$, исходя из опыта проектирования и практики монтажа, а затем проверены на соблюдение допустимой скорости движения воды и заданные потери давления.

В столбец 11 таблицы 3.3 для каждого участка вносятся расчетные значения внутренних диаметров участков d_i , которые вычисляются по формуле:

$$d_i = 1000 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot q_{d,i}}{1000 \cdot \pi \cdot \omega_{\text{пред}}}}, \text{ мм}; \quad (3.20)$$

или при $\omega = 1,5 \text{ м/с}$

$$d_i \approx 29,5 \cdot \sqrt{q_{d,i}}, \text{ мм}, \quad (3.20')$$

где $\omega_{\text{пред}}$ – предельно допустимая скорость воды в трубопроводах горячего водоснабжения, равная 1,5 м/с [1, пп. 10.2.8] (для стальных трубопроводов при необходимости учета зарастания труб $\omega_{\text{пред}} \approx 1,18 \text{ м/с}$);

$q_{d,i}$ – расход воды для определения расчетного внутреннего диаметра участка, л/с.

В столбец 12 таблицы 3.3 записываются для каждого участка значения подобранных ближайшего большего наружного диаметра и толщины стенки стандартного трубопровода, внутренний диаметр которого не меньше вычисленного по формуле (3.20) или (3.20'). Внутренний диаметр подбираемого стандартного трубопровода вычисляется по формуле:

$$d_{i,\text{ст}} = 0,5 \cdot (2 \cdot d_{i,\text{н}} + \Delta d_{i,\text{н}} - 4 \cdot s_i - 2 \cdot \Delta s_i), \text{ мм}, \quad (3.21)$$

где $d_{i,\text{н}}$ – наружный диаметр стандартной трубы, мм;

$\Delta d_{i,\text{н}}$ – допуск на наружный диаметр стандартной трубы, мм;

s_i – толщина стенки стандартной трубы, мм;

Δs_i – допуск на толщину стенки стандартной трубы, мм.

Сведения о номенклатуре и сортаментах применяемых трубопроводов, допусках на их размеры для полипропиленовых труб представлены в [9, табл. 4.1], для стальных обыкновенных труб – в [10, табл. 1].

В курсовой работе расчет внутреннего диаметра стандартной трубы допускается определять традиционным путем по упрощенной формуле:

$$d_{i,\text{ст}} = d_{i,\text{н}} - 2 \cdot s_i, \text{ мм}. \quad (3.22)$$

Важные замечания.

Замечание 1. При выборе стандартных диаметров участков трубопроводов следует учитывать указания ТНПА [2, прил. А, табл. А.1, графа 9] о минимальном условном проходе подводок к санитарно-техническим приборам. В большинстве случаев в многоквартирных жилых домах массовой застройки он составляет 10 мм, что соответствует наружному диаметру стальной трубы 17 мм, а полипропиленовой трубы – 16 мм. Однако необходимо иметь в виду, что при реальном проектировании трубы с условным проходом менее 15 мм ($\frac{1}{2}$ дюйма) для прокладки трубопроводов СГВ практически не используются. Таким образом, минимальный применимый диаметр труб при проектировании трубопроводов горячего водоснабжения составляет по условному проходу 15 мм. Этому соответствуют наружные диаметры для стальной трубы 21,3 мм, для полимерной – 20 мм. К тому же, присоединительный размер квартирной водоразборной арматуры в подавляющем большинстве случаев равен $\frac{1}{2}$ дюйма, таким образом, диаметры подводок к ней соответствуют условному проходу 15 мм, чем и следует руководствоваться.

Замечание 2. К выбору стандартных диаметров для участков трубопроводов не следует подходить формально. Необходимо внимательно изучить полученную совокупность диаметров труб и откорректировать ее перед дальнейшим расчетом. В частности, следует уменьшить число переходов с одного диаметра на другой в пределах одного стояка. Желательно при числе этажей в доме не более семи сконструировать водоразборный стояк с участками, имеющими одинаковые диаметры (кроме, разумеется, полотенцесушителей, диаметры которых определены их конструкцией). При большем числе этажей водоразборный стояк можно, если возникнет необходимость, собрать из двух-трех протяженных участков, в пределах каждого из которых диаметры остаются неизменными.

Замечание 3. Необходимо стандартизировать подход к конструкции квартирных узлов ввода и квартирной разводки, применяя одинаковые технические решения и одинаковые по диаметру трубопроводы.

Только после учета всех перечисленных выше замечаний можно окончательно на основании выполненных расчетов по формулам (3.19)–(3.22) выбрать диаметры для каждого участка водоразборной трубопроводной сети. Главным критерием при этом является скорость движения воды в трубопроводах, которая не должна превышать 1,5 м/с.

В итоге в столбец 13 таблицы 3.3 вносятся значения внутренних диаметров, выбранных для каждого участка стандартных труб.

После этого вычисляется фактическая скорость движения воды на каждом участке при выбранном стандартном внутреннем диаметре трубы $d_{i,\text{ст}}$:

$$\omega_i = \frac{4000 \cdot q_i}{\pi \cdot d_{i,\text{ст}}^2}, \text{ м/с,} \quad (3.23)$$

где величина $d_{i,\text{ст}}$ выражена в миллиметрах (столбец 13), а расход воды q_i при расчете таблицы 3.3 принимается равным q_i^h , л/с (столбец 9).

Вычисленные по формуле (3.23) значения фактических скоростей движения воды на участках водоразборной трубопроводной сети заносятся в соответствующие строки *столбца 14* таблицы 3.3. Согласно ТНПА, фактическая скорость движения воды на участке трубопровода не должна превышать предельное значение 1,5 м/с. Однако в некоторых случаях скорость воды в подводках к водоразборным приборам при стандартном размере присоединительной резьбы в $\frac{1}{2}$ дюйма, требующей применения подводки с условным проходом в 15 мм, может несколько превысить этот предел. Такое можно допустить при небольшой протяженности подводки (до 2,5 м – рекомендуемая нами величина), чтобы не устраивать дополнительные монтажные переходы с одного присоединительного размера на другой.

Столбцы 15–18 таблицы 3.3 относятся к определению *потерь давления* в трубопроводах СГВ в режиме водоразбора. Основные теоретические положения по расчету потерь давления были изложены ранее в подразделе 3.3.1 данных Методических указаний.

В соответствующие строки *столбца 15* таблицы 3.3 вносятся вычисленные или определенные с помощью таблиц и номограмм значения R_i – удельные потери давления на участке трубопровода, кПа/м. Для определения R_i на каждом участке необходимо знать внутренний диаметр трубопровода $d_{i,\text{ст}}$ (см. столбец 13, табл. 3.3) и расход воды q_i^h (см. столбец 9, табл. 3.3), а также сведения о виде и материале используемых труб.

В соответствующие строки *столбца 16* таблицы 3.3 вносятся значения коэффициента, учитывающего на участке трубопровода суммарные потери давления в местных сопротивлениях, $K_{\pi,i}$, который следует принимать: 0,1 – для трубопроводов водоразборных стояков без полотенцесушителей и циркуляционных стояков; 0,2 – для подающих и циркуляционных распределительных трубопроводов; 0,5 – для трубопроводов в пределах тепловых пунктов, а также для трубопроводов водоразборных стояков с полотенцесушителями.

В соответствующие строки *столбца 17* таблицы 3.3 для каждого трубопроводного участка вносятся значения корректирующего коэффициента K_{Ri}

к величине удельных потерь давления, учитывающего зарастание трубопроводов накипью в процессе их эксплуатации, принимаемого по таблице 3.1. Если зарастание труб учитывать не надо (например, в открытых СГВ или в случае применения полимерных труб), то $K_{R,i} = 1$.

После определения значений R_i для каждого участка и заполнения столбцов 15–17 таблицы 3.3 вычисляются потери давления ΔP_i на каждом участке по формуле (3.11). Полученные результаты заносятся в соответствующие строки столбца 18 таблицы 3.3. После чего суммируются потери давления по каждому расчетному направлению и полученные результаты сравниваются между собой.

Различия в суммарных потерях давления по разным расчетным направлениям не должны быть больше 10% [2, пп. 7.9]. Если невязка превышает 10%, то за счет изменения диаметров отдельных участков нужно добиться приемлемой сходимости, увеличивая диаметры отдельных участков тех расчетных направлений, по которым суммарные потери давления завышены, и уменьшая диаметры тех расчетных направлений, суммарные потери давления по которым занижены.

Если добиться увязки потерь давления подбором диаметров не удалось, то согласно указаниям [2, пп. 7.9] устанавливают диафрагмы и другие дросселирующие устройства. Диаметр отверстий дроссельных диафрагм d_{dia} , мм, определяют по формуле:

$$d_{dia} = 33,5 \cdot \sqrt[4]{\frac{q^2}{\Delta P}}, \quad (3.24)$$

где q – расход воды через диафрагму, л/с;
 ΔP – перепад давления, гасимый диафрагмой, кПа.

После этого гидравлический расчет трубопроводов в режиме водоразбора считается завершенным.

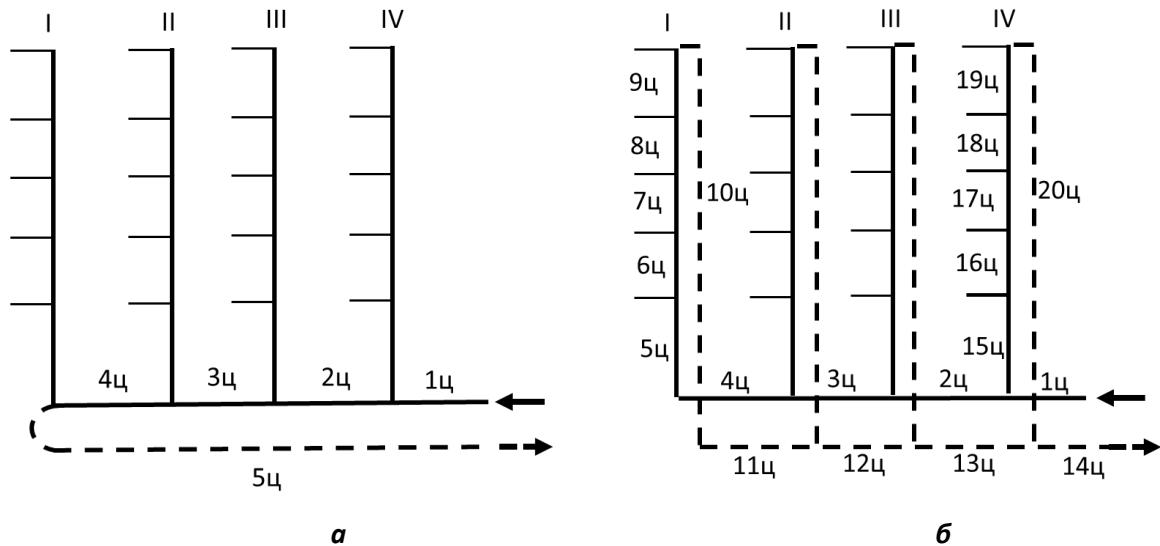
3.3.3 Определение потерь теплоты трубопроводами и вычисление циркуляционных расходов горячей воды

При движении горячей воды по трубопроводам она остывает вследствие тепловых потерь в окружающую среду. Для обеспечения в водоразборных точках требуемой температуры воды необходимо сохранить ее циркуляцию при всех режимах водоразбора, в том числе при его существенном снижении или прекращении.

Циркуляция воды в СГВ может быть организована следующими способами:

- циркуляция предусматривается только в подающих и разводящих трубопроводах, а циркуляция в стояках отсутствует (рисунок 3.3, *а*);
- предусматривается циркуляция в водоразборных стояках, а также в подающих и разводящих трубопроводах (рисунок 3.3, *б*).

Схему, показанную на рисунке 3.3, *а*, рекомендуется применять в зданиях малой этажности (не выше 4...5 этажей) с небольшими диаметрами стояков. Схему, представленную на рисунке 3.3, *б*, рекомендуется применять в зданиях высотой пять и более этажей. Разновидностью схемы, изображенной на рисунке 3.3, *б*, является схема с кольцевыми перемычками, соединяющими верхние точки стояков (см. рисунок 2.1, *е*).



а – только в подающих и разводящих трубопроводах;
б – в стояках, подающих и разводящих трубопроводах

Рисунок 3.3. – Способы организации циркуляции в СГВ

Циркуляционный расход горячей воды, подаваемый в СГВ в отсутствие водоразбора, должен определяться по формуле [2, пп. 7.12] (при плотности воды 1000 кг/м³):

$$q^{cir} = \frac{\beta}{c \cdot \Delta t} \cdot Q^{ht}, \text{ л/с,} \quad (3.25)$$

где β – коэффициент разрегулировки циркуляции, определяемый по правилам, зависящим от конструктивных особенностей СГВ;

Q^{ht} – суммарные потери теплоты всеми рассматриваемыми участками и элементами СГВ в окружающую среду, правила определения которых зависят от конструктивных особенностей СГВ, кВт;

c – удельная теплоемкость воды, кДж(кг·°С);

Δt – разность температур воды в подающих трубопроводах системы от водонагревателя до наиболее удаленной водоразборной точки (величина остыивания), выбираемая в зависимости от конструктивных особенностей СГВ, °С.

Значения коэффициента разрегулировки циркуляции β , величины остыивания воды Δt , порядок определения величины Q^{ht} зависят от избранной конструктивной схемы СГВ. Они должны приниматься и применяться **по правилам**, изложенным в [2, пп. 7.12] и уточненным нами с учетом рекомендаций, содержащихся в [13, с. 103–105]:

– *правило 1.* Для систем, в которых *не предусматривается циркуляция* воды по водоразборным стоякам, принимаются $\Delta t = 10$ °С и $\beta = 1$, при этом тепловые потери Q^{ht} определяются как сумма теплопотерь всеми участками подающих и разводящих трубопроводов (без учета водоразборных стояков);

– *правило 2.* Для систем, в которых *предусматривается циркуляция* воды по водоразборным стоякам или по секционным водоразборным узлам, имеющим *разные* гидравлические сопротивления циркуляционных стояков или узлов (то есть, если в режиме циркуляции будет выполняться гидравлическая увязка потерь давления в различных циркуляционных кольцах), принимается $\Delta t = 10$ °С и $\beta = 1$, при этом величина Q^{ht} определяется как сумма теплопотерь всеми участками подающих и разводящих трубопроводов, а также водоразборных стояков или секционных узлов, включая кольцующие перемычки;

– *правило 3.* Для систем, в которых *предусматривается циркуляция* воды через секционные узлы и стояки, имеющие *одинаковые* гидравлические сопротивления (не будет гидравлической увязки), расчет циркуляционного расхода сначала выполняется только для самого удаленного от ИТП секционного узла или стояка [13, с. 105], при этом $\Delta t = 8,5$ °С и $\beta = 1,3$, а величина Q^{ht} определяется как сумма теплопотерь подающих участков этого самого удаленного секционного узла или стояка, включая кольцующие перемычки, если они есть; циркуляционные расходы через остальные узлы или стояки в этом случае определяются в процессе гидравлического расчета с учетом разностей давлений в точках их присоединения к подающим, разводящим и сборным циркуляционным трубопроводам.

Если при конструировании трубопроводов СГВ была выбрана схема *а*, приведенная на рисунке 3.3, то следует руководствоваться *правилом 1* из приведенного выше перечня правил.

Если при конструировании трубопроводов СГВ были выбраны схемы *б*, *е*, *ж*, показанные на рисунке 2.1, или схема *б* (см. рисунок 3.3), и предполагается за счет подбора диаметров циркуляционных стояков в процессе гидравлической увязки уравнять потери давления разных циркуляционных колец в режиме циркуляции путем изменения гидравлических сопротивлений, то они соответствуют *правилу 2* из приведенного выше перечня.

Если были выбраны схемы *е*, *ж* (см. рисунок 2.1) или *б* (см. рисунок 3.3) и при этом гидравлические сопротивления секционных узлов или стояков одинаковы (гидравлическую увязку потерю давления по разным циркуляционным кольцам проводить не предполагается), то эти схемы соответствуют *правилу 3* из приведенного выше перечня.

Таким образом, можно предложить **следующие подходы**:

- если в сконструированной трубопроводной системе каждому водоразборному стояку соответствует отдельный циркуляционный стояк, причем диаметры этих циркуляционных стояков будут подбираться в процессе гидравлической увязки с таким расчетом, чтобы потери давления в режиме циркуляции по всем циркуляционным кольцам были бы одинаковыми, то при расчете циркуляционных расходов следует руководствоваться *правилом 2*;

- если несколько водоразборных стояков объединены и присоединены к одному общему для них циркуляционному стояку, причем в процессе гидравлической увязки за счет изменения гидравлических сопротивлений разных водоразборно-циркуляционных узлов потери давления во всех циркуляционных кольцах будут уравнены, то в этом случае также следует применить *правило 2*;

- если меры к увязке потерь давления по разным циркуляционным кольцам предприниматься не будут, конструкция и диаметры всех стояков и узлов одинаковы или сходны, а значит одинаковы и их гидравлические сопротивления, то следует применить *правило 3*.

Что же касается *правила 1*, то в современных многоквартирных жилых домах такие варианты применяются крайне редко, поэтому в *данной курсовой работе* в заданиях на проектирование их не будет.

В связи с изложенным рекомендуется в процессе выполнения курсовой работы ориентироваться на *правило 2* и предусмотреть в режиме циркуляции гидравлическую увязку различных циркуляционных колец между собой. В этом случае общий циркуляционный расход воды будет распределяться в режиме циркуляции по отдельным частям трубопроводной сети пропорционально заранее известным теплопотерям этих частей, и его не придется распределять в зависимости от складывающихся потерь давления по разным расчетным направлениям.

Если же руководствоваться *правилом 3*, то циркуляционный расход придется распределять не пропорционально известным величинам тепловых потерь, а пропорционально заранее не известным перепадам давлений между точками подключения водоразборно-циркуляционных узлов к подающим и циркуляционным трубопроводам, что усложнит расчеты и потребует многочисленных итераций.

Вместе с тем это не означает, что системы, отвечающие *правилу 2*, эффективнее систем, отвечающих *правилу 3*. И те, и другие обладают рядом преимуществ и недостатков и, как указывается в [13, с. 102], точное решение задачи выбора в данном случае возможно только на основании соответствующих технико-экономических расчетов.

Предлагается **следующая последовательность действий** при определении тепловых потерь трубопроводов и вычислении циркуляционных расходов:

1) разработать конструктивную схему циркуляции воды, соответствующую сформулированному выше *правилу 2*;

2) разделить проектируемую трубопроводную систему на отдельные циркуляционные кольца, разбить их на участки, которые необходимо пронумеровать;

3) определить тепловые потери участков водоразборных трубопроводов (кроме квартирных узлов ввода и подводок к водоразборной арматуре), стояков (включая полотенцесушители) и суммарные тепловые потери, используя для этого уравнения (3.26)–(3.29), а также значения диаметров труб, подобранных при гидравлическом расчете системы в режиме водоразбора (см. табл. 3.3);

4) вычислить по формуле (3.25), используя найденную величину суммарных тепловых потерь, циркуляционный расход в режиме циркуляции для всей проектируемой СГВ;

5) распределить вычисленный по формуле (3.25) циркуляционный расход между отдельными частями СГВ, разделяя его в точках разветвления трубопроводов пропорционально тепловым потерям этих отдельных частей;

6) определить циркуляционные расходы в режиме циркуляции на каждом участке ранее сформированной (см. табл. 3.3) водоразборной трубопроводной сети;

7) определить циркуляционные расходы в циркуляционных стояках и на участках сборных циркуляционных трубопроводов;

8) внести все полученные значения в таблицы расчетов.

Разделение трубопроводной системы на циркуляционные кольца, разбиение ее на участки, порядок нумерации полученных участков проиллюстрированы на рисунке 3.1 данных Методических указаний, исходя из того, что циркуляционным кольцом считается направление движения воды в режиме циркуляции по кругу от ИТП через каждый стояк назад к ИТП.

Все необходимые исходные данные, а затем и получаемые в ходе выполнения расчетов результаты промежуточных и конечных вычислений, следует по мере их появления заносить в таблицу, возможная форма которой представлена ниже в виде таблицы 3.4, составленной в качестве примера для схемы, изображенной на рисунке 3.1 в случае применения сформулированного ранее *правила 2*.

Номера водоразборных участков, их длины и диаметры необходимо перенести из соответствующих строк и столбцов таблицы 3.3 в соответствующие строки столбцов 1–3 таблицы 3.4, так как эти величины в ходе гидравлического расчета в режиме циркуляции меняться не будут.

В таблице 3.4, форма которой составлена для расчетной схемы, приведенной в качестве примера на рисунке 3.1, под «частями системы» подразумеваются левая и правая по отношению к ИТП половины СГВ. Под отдельными «элементами системы» имеются в виду функциональные части конструкции: трубопроводы, отдельные стояки и стояки, объединенные в водоразборные узлы. Форма этой таблицы является рекомендуемой, может быть разработана и другая. Главное, чтобы она позволяла определить теплопотери в окружающую среду как всей СГВ в целом, так и каждой отдельной частью или элементом системы, при этом тепловые потери трубопроводами квартирных вводов и подводками к водоразборной арматуре могут не рассчитываться.

Таблица 3.4. – Определение тепловых потерь водоразборными участками стояков, подающих и разводящих трубопроводов СГВ (на примере схемы, изображенной на рисунке 3.1 данных Методических указаний)

Номера строк данных таблицы	№№ участков по ходу воды, i	Наружный диаметр участка, $d_{i,n}$, мм	Длина участка, l_i , м	Средняя температура воды в СГВ, $t_{i,ср}$, °С	Температура окружающей среды, $t_{o,c}$, °С.	КПД тепловой изоляции трубопроводов и стояков, η	Теплопотери участка, элемента Q_i^{ht} , кВт	Теплопотери полотенцесушителей, Q_{ht_nc} , кВт	Суммарные теплопотери Q^{ht} по участку, элементу, части, кВт
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Часть 1: левая половина дома									
Элемент 1: подающие и разводящие трубопроводы									
1	12								x
2	11								x
3	10								x
4									
Всего по элементу 1:						Σ		x	Σ
Элемент 2: водоразборный узел из стояков Т3-1 и Т3-2									
Стойк Т3-1, включая подающий к нему трубопровод									
5	9								x
6	1.8								x
7	1.7								x
8	1.6								x
9	1.5								x
10	1.4								x
11	½ а-б								x
12									
Всего по стояку Т3-1 с учетом полотенцесушителей:						Σ	Σ	Σ	
Стойк Т3-2									
13	2.8								x
14	2.7								x
15	2.6								x
16	2.5								x
17	2.4								x
18	½ а-б								x
19									
Всего по стояку Т3-2 с учетом полотенцесушителей:						Σ	Σ	Σ	
20									
Всего по элементу 2:						Σ	Σ	Σ	
Элемент 3: стойк Т3-3									
21	3.8								x
22	3.7								x
23	3.6								x
24	3.5								x
25	3.4								x
26									
Всего по элементу 3 с учетом полотенцесушителей:						Σ	Σ	Σ	
27									
Всего по части 1:						Σ	Σ	Σ	

Окончание таблицы 3.4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Часть 2: правая половина дома									
Всего по части 2							Σ	Σ	Σ
ИТОГО по всей СГВ всего дома:							Σ	Σ	Σ

Примечание.

- Знаком \times помечены клетки таблицы, относящиеся к участкам трубопроводов, к теплопотерям которых не прибавляются потери теплоты полотенцесушителями.
- Потери теплоты полотенцесушителями учитываются отдельно в составе теплопотерь водоразборных стояков (столбец 8, строки 12, 19, 20, 26, 27) и рассчитываются по формуле (3.29) в зависимости от числа полотенцесушителей на стояке.
- Итог теплопотерь по строкам 4, 12, 19, 20, 26, 27 столбца 9 представляет собой сумму соответствующих строк столбцов 7 и 8.

Тепловые потери для каждого отдельного участка подающих, распределительных трубопроводов, трубопроводов водоразборных стояков, полотенцесушителей могут быть определены по следующим формулам:

$$Q^{ht} = Q_{tp}^{ht} + Q_{pc}^{ht}, \text{ кВт}; \quad (3.26)$$

$$Q_{tp}^{ht} = \sum_{i=1}^{i=n} Q_i^{ht}, \text{ кВт}; \quad (3.27)$$

$$Q_i^{ht} = \pi \cdot \frac{d_{i,h}}{1000} \cdot k \cdot l_i \cdot (t_m^h - t_{o.c.}) \cdot (1 - \eta) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}; \quad (3.28)$$

$$Q_{pc}^{ht} = 0,1 \cdot p, \text{ кВт}, \quad (3.29)$$

где Q_{tp}^{ht} и Q_{pc}^{ht} – теплопотери соответственно водоразборными трубопроводами и полотенцесушителями, составляющими всю СГВ либо ее отдельную часть или элемент, кВт;

Q_i^{ht} – теплопотери отдельным водоразборным трубопроводным участком, входящим в СГВ, ее отдельную часть, элемент, кВт;

$d_{i,h}$ и l_i – соответственно наружный диаметр, мм, и длина, м, участка водоразборного трубопровода (принимается по данным таблиц 3.3, 3.4 данных Методических указаний);

k – коэффициент теплопередачи через стенку неизолированного трубопровода от воды к окружающему воздуху, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; может приниматься равным $11,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ [12, с. 75];

t_m^h – средняя температура воды в СГВ, $^\circ\text{C}$; согласно указаниям [1, пп. 5.4], может быть принята равной $55 \text{ }^\circ\text{C}$;

$t_{\text{o.c.}}$ – температура окружающего воздуха в месте прокладки участка трубопровода, $^\circ\text{C}$; принимается согласно указаниям пособия [2, табл. Г.1, прил. Г];

η – КПД тепловой изоляции участка трубопровода (при ее наличии); может приниматься в пределах от 0,6 до 0,8 [12, с. 75];

p – количество полотенцесушителей в рассчитываемой части или элементе СГВ, шт.

После выполнения расчетов по формулам (3.26)–(3.29) и заполнения необходимых граф таблицы 3.4 следует по формуле (3.25) вычислить циркуляционный расход воды в режиме циркуляции для всей проектируемой СГВ, приняв суммарные тепловые потери системой в окружающую среду равными величине, полученной в таблице 3.4 в соответствующей ячейке столбца 9 строки «ИТОГО по всей СГВ всего дома». При этом величины разрегулировки циркуляции β и остывания воды Δt принимаются в соответствии с выбранным ранее правилом 1, 2 или 3.

Распределение полученного циркуляционного расхода воды в режиме циркуляции осуществляется в местах разделения трубопроводов по ходу движения воды между частями и элементами СГВ пропорционально их тепловым потерям. Рассмотрим этот процесс на примере расчетной схемы, приведенной на рисунке 3.1 и в таблице 3.4 данных Методических указаний.

Согласно этой схеме, циркуляционный расход в объеме, равном вычисленной по формуле (3.25) величине q^{cir} , движется по участку 12 и разделяется между левой и правой частями СГВ пропорционально тепловым потерям этих частей. Поскольку была выбрана конструкция, при которой указанные части симметричны относительно участка 12, то их тепловые потери равны. Следовательно, циркуляционный расход всей системы q^{cir} , идущий по участку 12 (очевидно, что $q_{12}^{cir} = q^{cir}$), делится между частями 1 и 2 поровну. Таким образом, $q_{11}^{cir} = q_{\text{ч.1}}^{cir} = q_{\text{ч.2}}^{cir} = 0,5 \cdot q_{12}^{cir}$.

Далее циркуляционный расход q_{11}^{cir} движется по участку 11 до границы с участком 10. На этой границе (в этом узле) происходит деление циркуляционного расхода q_{11}^{cir} между участком 10 и стояком ТЗ-3, соединенным

поверху с циркуляционным стояком Т4-2. Деление циркуляционного расхода в этом узле происходит в соответствии с соотношением:

$$q_{10}^{cir} = q_{11}^{cir} \cdot \frac{Q_{\text{эл.2}}^{ht} + Q_{10}^{ht}}{Q_{\text{эл.2}}^{ht} + Q_{10}^{ht} + Q_{\text{эл.3}}^{ht}}, \text{ л/с,} \quad (3.30)$$

где $Q_{\text{эл.2}}^{ht}$ – теплопотери элемента 2, включающего стояки Т3-1, Т3-2 вместе с установленными на них полотенцесушителями, подводящий трубопроводный участок 9 и перемычку **а-б** (см. табл. 3.4, строка 20, столбец 9);

$Q_{\text{эл.3}}^{ht}$ – теплопотери элемента 3, состоящего из стояка Т3-3, (см. табл. 3.4, строка 26, столбец 9);

Q_{10}^{ht} – теплопотери трубопроводного участка 10 (см. табл. 3.4, строка 3, столбец 9).

Циркуляционный расход q_{10}^{cir} трубопроводного участка 10, в свою очередь, разделяется на границе участков 10 и 9 на два потока между стояками Т3-1 и Т3-2 в соответствии с соотношением:

$$q_9^{cir} = q_{\text{ст.Т3-1}}^{cir} = q_{10}^{cir} \cdot \frac{Q_{\text{ст.Т3-1}}^{ht} + Q_9^{ht}}{Q_{\text{эл.2}}^{ht}}, \text{ л/с,} \quad (3.31)$$

где $Q_{\text{ст.Т3-1}}^{ht}$ – теплопотери стояка Т3-1 (см. табл. 3.4, строка 12, столбец 9);

Q_9^{ht} – теплопотери трубопроводного участка 9 (см. табл. 3.4, строка 5, столбец 9).

Далее циркуляционный расход равный Q_9^{ht} следует по всем участкам стояка Т3-1, по перемычке **а-б** (участок 1_ц) и, соединившись с циркуляционным расходом, выходящим из стояка Т3-2, поступает в циркуляционный стояк Т4-1 (участок 2_ц), а из него – в трубопроводный участок 3_ц (номера участков указаны в соответствии со схемой, изображенной на рисунке 3.1).

Очевидно, что циркуляционный расход, поступивший в стояк Т3-2 из трубопроводного участка 10, равен расходу:

$$q_{\text{ст.Т3-2}}^{cir} = q_{10}^{cir} - q_9^{cir}, \text{ л/с.} \quad (3.32)$$

Циркуляционный расход, поступивший в стояк Т3-3, равен:

$$q_{\text{ст.Т3-3}}^{cir} = q_{3.8}^{cir} = q_{11}^{cir} - q_{10}^{cir}, \text{ л/с.} \quad (3.33)$$

Тогда, исходя из балансов расходов в каждом узле системы, циркуляционный расход, следующий по участку 1 ζ , будет равен q_9^{cir} , циркуляционный расход, следующий по участку 2 ζ , будет равен q_{10}^{cir} , циркуляционный расход, следующий по участку 6 ζ , будет равен $q_{3.8}^{cir}$, циркуляционный расход на участке 4 ζ будет равен расходу q_{11}^{cir} , а циркуляционный расход на участке 5 ζ будет равен расходу q_{12}^{cir} .

Результаты вычислений циркуляционных расходов вносятся в соответствующие ячейки таблицы гидравлического расчета в режиме циркуляции, рекомендуемая форма которой представлена в виде таблицы 3.5 ниже.

3.3.4 Гидравлический расчет трубопроводов СГВ в режиме циркуляции

В ходе выполнения гидравлического расчета трубопроводов СГВ в режиме циркуляции производится:

- расчет потерь давления на участках водоразборных трубопроводов при циркуляционных расходах воды;
- определение диаметров участков циркуляционных трубопроводов и потерь давления на них при циркуляционных расходах воды;
- гидравлическая увязка различных циркуляционных колец при циркуляционных расходах воды на их участках.

В общем случае в режиме циркуляции должны рассчитываться и увязываться между собой все циркуляционные кольца. Однако при выполнении курсовой работы достаточно рассчитать и увязать только два циркуляционных кольца: самое протяженное и самое короткое. Для рассматриваемой нами в качестве примера схемы трубопроводов, приведенной на рисунке 3.1 и описанной в таблице 3.4, самым протяженным будет кольцо, состоящее из участков 12, 11, 10, 9, 1.8, 1.7, 1.6, 1.5, 1.4, 1 ζ , 2 ζ , 3 ζ , 4 ζ , 5 ζ , а самым коротким – кольцо, состоящее из участков 12, 11, 3.8, 3.7, 3.6, 3.5, 3.4, 6 ζ , 4 ζ , 5 ζ .

Как следует из принятой нумерации, участки, имеющие номер с использованием индекса « ζ », относятся к циркуляционным, а пронумерованные без этого индекса – к водоразборным. Диаметры участков водоразборных трубопроводов уже были определены ранее при выполнении гидравлического расчета в режиме водоразбора, в то время как диаметры участков

циркуляционных трубопроводов должны быть определены сейчас, при выполнении гидравлического расчета в режиме циркуляции, то есть на данном этапе проектирования.

Все необходимые исходные данные и полученные результаты вычислений заносятся в таблицу, рекомендуемая форма которой представлена ниже в виде таблицы 3.5. Номера участков водоразборных трубопроводов, их длины и диаметры, а также номера и длины участков циркуляционных трубопроводов переносятся в указанную таблицу из соответствующих ячеек таблицы 3.4. Величины циркуляционных расходов на каждом участке трубопроводов вносятся в форму таблицы 3.5 по результатам предыдущих вычислений.

Таблица 3.5. – Гидравлический расчет трубопроводов СГВ в режиме циркуляции (на примере схемы, изображенной на рисунке 3.1)

Номер строки данных		Номер участка, i		Длина участка, l_i , м		Циркуляционный расход воды на участке, q_i^{cir} , л/с		Расчетный внутренний диаметр участка, d_i , мм		Стандартные диаметр и толщина стенки, $d_{i,ст} \times s_i$, мм×мм		Внутренний стандартный диаметр участка, $d_{i,ст}$, мм		Скорость воды на участке при стандартном диаметре, $K_{\omega,i} \times \omega_i$, м/с		Удельные потери давления на участке, $K_{R,i} \times R_i$, кПа/м		Суммарный коэффициент местных сопротивлений $\sum Z_i$ или местных потерь $K_{n,i}$ на участке		Суммарные потери давления на участке, ΔP_i , кПа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10													
Самое протяженное циркуляционное кольцо																						
Участки водоразборных трубопроводов																						
1	12																					
2	11																					
3	10																					
4	9																					
5	1.8																					
6	1.7																					
7	1.6																					
8	1.5																					
9	1.4																					
10	Всего по водоразборным участкам:																					Σ

Окончание таблицы 3.5

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
Участки циркуляционных трубопроводов																			
11	1ц																		
12	2ц																		
13	3ц																		
14	4ц																		
15	5ц																		
16	Всего по циркуляционным участкам:									Σ									
17	Итого по протяженному кольцу:									Σ									
Короткое циркуляционное кольцо																			
Участки водоразборных трубопроводов																			
18	12																		
19	11																		
20	3.8																		
21	3.7																		
22	3.6																		
23	3.5																		
24	3.4																		
25	Всего по водоразборным участкам:									Σ									
Участки циркуляционных трубопроводов																			
26	6ц																		
27	4ц																		
28	5ц																		
29	Всего по циркуляционным участкам:									Σ									
30	Итого по короткому кольцу:									Σ									

Примечание.

1. Заливкой серого цвета выделены ячейки, данные в которые переносятся из соответствующих ячеек таблицы 3.4 и по результатам вычислений циркуляционных расходов в разделе 3.3.3 данных Методических указаний. Все остальные ячейки, не имеющие цветной заливки, заполняются по мере выполнения вычислений или определения соответствующих величин.
2. В ячейках с оранжевой заливкой записываются вычисленные величины суммарных потерь давления отдельно по водоразборным и циркуляционным трубопроводам и отдельно по рассчитываемым циркуляционным кольцам.
3. В столбце 9 для полимерных труб, а также для стальных труб в открытых СГВ указываются значения суммарных коэффициентов местных сопротивлений участка $\Sigma \zeta_i$ (см. стр. 35, последний абзац), а для стальных труб в закрытых СГВ – коэффициент местных потерь $K_{n,i}$ (стр. 31).
4. Скорости движения воды (столбец 7) и удельные потери давления (столбец 8) для участков стальных труб в закрытых СГВ должны приниматься с корректирующими коэффициентами $K_{w,i}$ и $K_{R,i}$ (см. табл. 3.1 и формулы (3.12) и (3.13)). Для полимерных труб и для открытых СГВ эти коэффициенты равны 1. Скорость воды определяется по формуле (3.23) с подстановкой в нее вместо q_i расхода воды q_i^{cir} , л/с, указанного в столбце 3 таблицы 3.5.

Определение потерь давления при гидравлическом расчете в режиме циркуляции (столбец 10 табл. 3.5) должно выполняться для полимерных труб (а также для стальных труб в открытых СГВ) по формуле (3.12),

а для стальных труб в закрытых СГВ – по формуле (3.11) с учетом примечаний 3 и 4 к таблице 3.5. При этом расходы воды на участках принимаются из столбца 3.

По итогам расчетов и заполнения таблицы 3.5 необходимо, подбирая диаметры циркуляционных стояков и циркуляционных участков, в обязательном порядке добиться равенства итоговых суммарных величин потерь давления по самому протяженному (см. табл. 3.5, строка данных 17, столбец 10) и по самому короткому (см. табл. 3.5, строка данных 30, столбец 10) циркуляционным кольцам. Однако исходные данные и результаты вычислений по водоразборным участкам менять не следует.

Суммарные потери давления по разным циркуляционным кольцам могут отличаться не более чем на 10%. В случае, если такого положения не удается добиться изменением диаметров циркуляционных трубопроводов, следует на циркуляционном стояке циркуляционного кольца с меньшими суммарными потерями давления установить дроссельную диафрагму, диаметр отверстия которой определить по формуле (3.24) данных Методических указаний.

Важные замечания.

Замечание 1. Выбирая диаметры участков циркуляционных трубопроводов, следует исходить из того, что диаметр кольцающей перемычки (см. участок 1ц в таблице 3.5 и на рисунке 3.1) принимается равным диаметру водоразборных стояков, которые она соединяет, а диаметры циркуляционных стояков принимаются на несколько калибров меньшими, чем диаметры водоразборных стояков, с которыми они соединены;

Замечание 2. Диаметры сборных циркуляционных трубопроводов, проходящих в подвале здания (см. участки 3ц, 4ц и 5ц в таблице 3.5 и на рисунке 3.1), следует принимать больше диаметров соединяемых с ними циркуляционных стояков, что обеспечит более равномерное распределение располагаемых давлений по циркуляционным кольцам.

После завершения гидравлического расчета в режиме циркуляции приступают к уточнению гидравлического расчета подающих трубопроводов для режима водоразбора с учетом циркуляционных расходов воды.

3.3.5 Гидравлический расчет трубопроводов СГВ в режиме водоразбора с учетом циркуляционных расходов

Задачей гидравлического расчета трубопроводов на этой стадии проектирования будет окончательное определение потерь давления в режиме

водоразбора при максимальных секундных расходах воды q_i^h , скорректированных путем применения повышающих коэффициентов K_{cir} , учитывающих циркуляционные расходы на тех участках, где это необходимо.

Результаты расчетов вносятся в таблицу, форма которой предложена ниже (таблица 3.6). Строки столбцов 1, 2, 3, 8, 9, 12 и 13 в указанной таблице заполняются путем переноса соответствующих данных из таблицы 3.3. Строки столбца 4 заполняются на основании данных таблицы 3.5.

При выполнении данного этапа гидравлического расчета суммарные потери давления (столбец 14 табл. 3.6) на отдельных участках для стальных труб в закрытых СГВ допускается определять по формуле (3.11), а для полимерных труб (а также для стальных труб в открытых СГВ) их следует определять по формуле (3.12). Входящие в эти формулы удельные потери давления R_i можно определять по формуле (3.13), или по таблицам и номограммам для гидравлического расчета при расходах воды, вычисляемых по формуле (3.34) (столбец 7) и выбранных диаметрах участков (столбец 9).

Фактическая скорость движения воды на участках (столбец 10) должна определяться по формуле (3.23), в которой расход воды q_i^h заменяется на скорректированный расход воды на участке с учетом циркуляционного расхода, $q_i^{h,cir}$, определяемый согласно требованиям ТНПА [2, пп. 7.15] по уравнению:

$$q_i^{h,cir} = q_i^h \cdot (1 + K_{cir}), \text{ л/с,} \quad (3.34)$$

где q_i^h – максимальный секундный расход воды на участке, л/с (эти расходы были рассчитаны ранее: см. столбец 9 табл. 3.3);

K_{cir} – коэффициент, принимаемый только для начальных участков трубопроводов СГВ (от водоподогревателя до первого водоразборного стояка) по [2, табл. Г.2, прил. Г] в зависимости от соотношения на каждом таком участке величин: q_i^h / q_i^{cir} (расходы q_i^{cir} были рассчитаны ранее: см. столбец 3 табл. 3.5); для остальных водоразборных участков внутридомовой трубопроводной системы принимается $K_{cir} = 0$.

Для стальных трубопроводов в закрытых СГВ скорости воды ω_i и удельные потери давления R_i принимаются с применением корректирующих коэффициентов, учитывающих застарение труб.

При выполнении гидравлического расчета нужно, как и на предыдущих этапах проектирования, добиться равенства суммарных потерь давления по всем расчетным направлениям путем подбора дросселирующих устройств по формуле (3.24). Различие в суммарных потерях давления по разным расчетным направлениям не должны быть больше 10%.

Таблица 3.6. – Гидравлический расчет трубопроводов разводящей (подающей) сети системы внутреннего централизованного горячего водоснабжения многоэтажного жилого дома в режиме водоразбора при скорректированных максимальных секундных расходах воды с учетом циркуляционного расхода

Номер участка, i	Длина участка, l_i , м	Максимальный секундный расход воды на участке, q_i^h , л/с	Циркуляционный расход на участке, q_i^{cir} , л/с	Соотношения на участке величин q_i^h/q_i^{cir}	Коэффициент K_{cir}	Скорректированный расход воды на участке с учетом циркуляционного расхода, $q_{i,cir}^h$, л/с	Стандартные диаметры и толщина стенки, $d_{i,H} \times S_i$, ммхмм	Внутренний стандартный диаметр участка, $d_{i,ct}$, мм	Скорость воды на участке при расходе $q_{i,cir}^h$ и стандартном диаметре, $K_{\omega_i} \times \omega_i$, м/с	Удельные потери давления на участке при расходе $q_{i,cir}^h$ и стандартном диаметре, $K_{R_i} \times R_i$, кПа/м	Коэффициент местных потерь на участке, K_{Γ_i} (для стальных труб в закрытых СГВ)	Суммарный коэффициент местных сопротивлений $\Sigma \zeta_i$ на участке	Суммарные потери давления на участке, ΔP_i , кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Главное расчетное направление													
Суммарные потери давления по направлению:													
Расчетное направление до ближней водоразборной точки дальнего водоразборного стояка													
Суммарные потери давления по направлению:													
Расчетное направление до дальней водоразборной точки ближнего водоразборного стояка													
Суммарные потери давления по направлению:													
Расчетное направление до ближней водоразборной точки ближнего водоразборного стояка													
Суммарные потери давления по направлению:													

Важные замечания к заполнению таблицы 3.6.

Замечание 1. В подпункте 7.15 пособия [2] вместо таблицы Г.2 приложения Г ошибочно дается ссылка на таблицу Г.3 этого же приложения.

Замечание 2. Новый расчетный расход воды по формуле (3.34) вычисляется только для начальных (головных) участков, расположенных на пути движения воды от водоподогревателя до первого водоразборного стояка (применительно к рассматриваемому в данных Методических указаниях примеру, для схемы, изображенной на рисунке 3.1, это будут участки 12 и 11). Для остальных участков внутридомовой водоразборной сети расчетные расходы воды не изменяются, так как для них коэффициент $K_{cir} = 0$. Поэтому, определяя величины этого коэффициента, необходимо уточнить, для каких именно участков трубопроводов они должны быть применены.

Замечание 3. Скорости движения воды (столбец 10) определяются по формуле (3.23) при подстановке в нее вместо q_i расхода воды $q_i^{h,cir}$, л/с (столбец 7). Скорости воды и удельные потери давления (столбец 11) для участков *стальных* труб в закрытых СГВ должны быть умножены на корректирующие коэффициенты в соответствии с формулами (3.12), (3.13) и таблицей 3.1. Для *полимерных* труб указанные коэффициенты равны единице.

Замечание 4. В столбце 13 таблицы 3.6 для *полимерных* труб (а также для *стальных* труб в *открытых* СГВ) проставляются суммы коэффициентов местных сопротивлений $\Sigma\zeta_i$ (см. стр. 35), располагающихся на участке; в столбце 12 для *стальных* труб в *закрытых* СГВ указывается коэффициент местных потерь $K_{p,i}$ (для *полимерных* труб в *закрытых* и *открытых* СГВ и для *стальных* труб в *открытых* СГВ в столбце 12 ставить прочерк).

3.4 Подбор и расстановка компенсаторов температурных деформаций и средств крепления трубопроводов

Общие требования действующих ТНПА к выбору и расстановке компенсаторов температурных деформаций, неподвижных опор и средств крепления трубопроводов были рассмотрены ранее в разделе 2.2 данных Методических указаний (с. 20, 21).

Компенсацию температурных линейных деформаций следует предусматривать при прокладке трубопроводов из полипропилена и других полимерных материалов, за исключением армированных многослойных полипропиленовых труб, которые можно прокладывать без компенсации температурных изменений их длины, если температура транспортируемой среды не превышает 70 °С.

При прокладке *стальных и медных* трубопроводов компенсация температурных линейных деформаций *не предусматривается*.

В случае применения трубопроводов из *полипропилена* для компенсации температурных линейных деформаций может быть использована естественная упругость отдельных элементов трубопровода (*«самокомпенсация»*), для чего прокладка труб выполняется так, чтобы они могли свободно перемещаться в пределах величины расчетной линейной температурной деформации. Это достигается за счет изгибов (поворотов, отступов) трассы трубопровода. Если таким способом добиться необходимой степени компенсации не удается, прибегают к *искусственной* компенсации – установке специальных компенсирующих устройств – компенсаторов.

Выбор способа компенсации (*самокомпенсация* или *искусственная*) и мест размещения компенсаторов производится одновременно с расстановкой неподвижных и подвижных опор трубопроводов.

Неподвижные опоры необходимо размещать так, чтобы температурные изменения длины участка трубопровода между ними не превышали совокупной компенсирующей способности отводов и компенсаторов, расположенных на данном участке, и распределялись пропорционально их компенсирующей способности. Иными словами, длина участка, заключенного между неподвижными опорами, не должна создавать температурные линейные деформации, величина которых превышает компенсирующую способность всех отводов и компенсаторов, расположенных на данном участке.

Неподвижные опоры рекомендуется также устанавливать в непосредственной близости от полотенцесушителей или других приборов с разъемными подсоединениями (у насосных установок, водоподогревателей, гидроаккумуляторов и технологического оборудования).

Запорная и водоразборная арматура должна *иметь неподвижное крепление* к строительным конструкциям для того, чтобы усилия, возникающие при пользовании данной арматурой, не передавались на напорные полипропиленовые трубы. Запорную арматуру диаметром до 32 мм с корпусом из полимерных материалов допускается устанавливать без крепления к строительным конструкциям.

В случае необходимости *неподвижные опоры* могут устанавливаться не только в указанных выше местах, но и на других участках трубопроводов.

При расстановке *неподвижных опор* следует учитывать, что температурная деформация трубы в плоскости, перпендикулярной стене, ограничивается расстоянием от наружной поверхности данной трубы до стены.

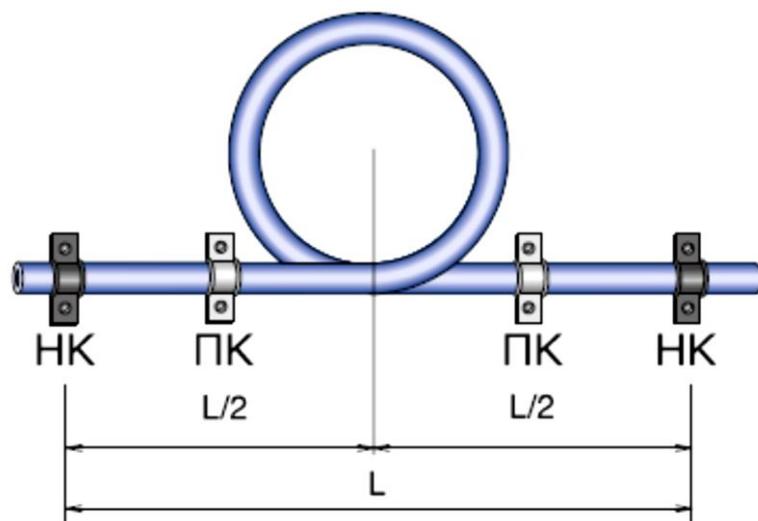
Расстояние между подвижными опорами выбирается в зависимости от диаметра и типа трубопроводов.

Минимальные расстояния от неподвижных креплений до осей отводов и тройников, выполненных из полимерных материалов, следует принимать с учетом температурного изменения длины трубы (слишком длинный участок может потребовать установки компенсатора, что нерационально), при этом указанные соединительные детали должны быть расположены на расстоянии не менее 50 мм от неподвижных креплений [3, пп. 4.8].

Средства крепления (кронштейны, подвески и др.) не следует располагать в местах соединения трубопроводов [3, пп. 6.1.4]. Опоры и подвески для полимерных трубопроводов должны предусматриваться с прокладками из такого же или более мягкого материала. Создание неподвижного крепления полимерного трубопровода на опоре путем сжатия трубопровода не допускается [3, пп. 6.1.13].

Компенсаторы, применяемые в СГВ, представляют собой петлеобразную или П-образную конструкцию.

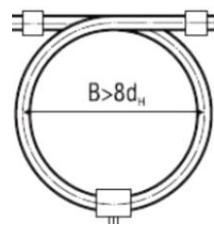
Петлеобразные компенсаторы (рисунок 3.4) применяются на трубопроводах с наружным диаметром до 40 мм включительно. П-образные компенсаторы (рисунок 3.6) целесообразно применять на участках трубопроводов с наружным диаметром 40 мм и более. Самокомпенсация производится за счет естественных поворотов трассы трубопровода (см. рисунок 3.7).



НК – неподвижное крепление (опора); ПК – подвижное крепление (опора);
L – расстояние между неподвижными креплениями (опорами)

Рисунок 3.4. – Схема расчета и монтажа петлеобразного компенсатора (компенсирующей петли) на полипропиленовом трубопроводе [25]

Стандартные петлеобразные компенсаторы изготавливаются из труб того же диаметра, что и участки трубопроводов, на которых они устанавливаются. Диаметр петли компенсатора B должен быть более восьми наружных диаметров трубопровода: $B \geq 8 \cdot d_h$.



Расстояния между неподвижными опорами, ограничивающими участок, на котором устанавливается петлеобразный компенсатор, может приниматься по таблице 3.7.

Таблица 3.7. – Определение расстояний между неподвижными опорами при установке на трубопроводе стандартного петлеобразного компенсатора, изготовленного из трубы того же диаметра, что и трубопровод [25]

Наружный диаметр трубопровода, мм	Расстояния между неподвижными креплениями (опорами), L , м	
	Многослойные трубы	Однослойные (цельнопластиковые) трубы
1	2	3
16	24	8
20	27	9
25	30	10
32	36	12
40	42	14

При больших размерах петли петлеобразного компенсатора она может крепиться к конструкциям здания отдельным неподвижным креплением, как это показано на рисунке 3.5.

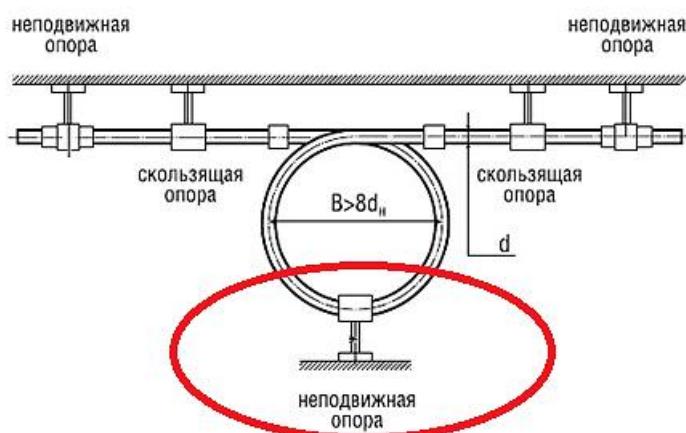
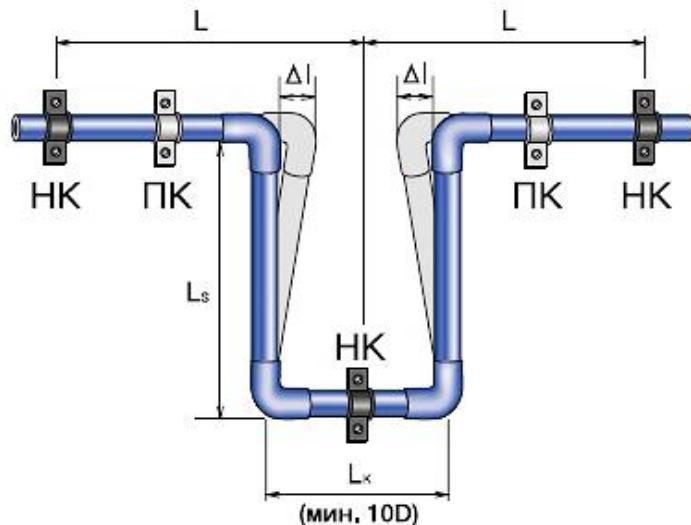


Рисунок 3.5. – Крепление петли компенсатора неподвижной опорой к стене здания

В случае применения П-образного компенсатора расчету подлежат величины компенсационной длины L_s и ширины (спинки) компенсатора L_k .



НК – неподвижное крепление (опора); ПК – подвижное крепление (опора);

L – расчетная длина трубопровода; L_s – компенсационная длина;

Δl – величина температурной линейной деформации;

L_k – ширина компенсатора; D – диаметр трубы

Рисунок 3.6. – Схема расчета и монтажа П-образного компенсатора на полипропиленовом трубопроводе [25]

Указанные на рисунке 3.6 величины температурной линейной деформации Δl , компенсационной длины L_s и ширины компенсатора L_k рассчитываются по формулам:

$$\Delta l = \alpha \cdot L \cdot \Delta t, \text{ мм}; \quad (3.35)$$

$$L_s = k \cdot \sqrt{(d_h \cdot \Delta l)}, \text{ мм}; \quad (3.36)$$

$$L_k = (2 \cdot \Delta l + 150) \geq 10 \cdot d_h, \text{ мм}, \quad (3.37)$$

где α – коэффициент линейного теплового расширения, $\text{мм}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, принимаемый для однослоинных труб равным $0,12 \text{ мм}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, а для трехслойных – равным $0,05 \text{ мм}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$;

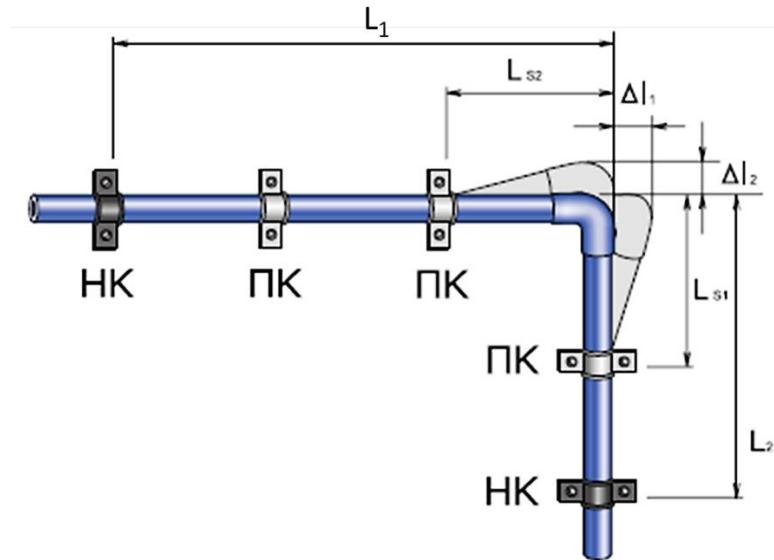
L – расчетные длины трубопроводов с каждой стороны компенсатора, принимаемые равными расстоянию от неподвижной опоры, расположенной справа и слева компенсатора, до неподвижной опоры, которой компенсатор крепится к конструкциям здания (см. рисунок 3.6), м;

Δt – величина изменения температуры трубопроводов в процессе монтажа и эксплуатации, принимаемая для СГВ равной 55...65 °C;

k – константа материала (для полипропиленовых труб $k = 20$);

d_h – наружный диаметр трубы, мм.

В случае применения самокомпенсации следует осуществить проверку ее достаточности.



НК – неподвижное крепление (опора); ПК – подвижное крепление (опора);
 L_1 и L_2 – расчетные длины плеч трубопровода; L_{s1} и L_{s2} – компенсационные длины;
 Δl_1 и Δl_2 – величины температурной линейной деформации плеч

Рисунок 3.7. – Схема расчета и монтажа участка самокомпенсации (поворот) на полипропиленовом трубопроводе [25]

Если, согласно расчетам, самокомпенсация позволит воспринять температурную деформацию трубопроводов на участке между двумя соседними неподвижными опорами, то можно обойтись без установки петлеобразных или П-образных компенсаторов.

При расчете самокомпенсации определению подлежат следующие величины: L_{s1} , L_{s2} – компенсационные длины плеч (длины участков деформации) и Δl_1 , Δl_2 – величины температурной линейной деформации плеч (см. рисунок 3.7). Их расчет выполняется по формулам:

$$\Delta l_1 = \alpha \cdot L_1 \cdot \Delta t, \text{ мм}; \Delta l_2 = \alpha \cdot L_2 \cdot \Delta t, \text{ мм}; \quad (3.38)$$

$$L_{s1} = k \cdot \sqrt{(d_h \cdot \Delta l_1)}, \text{ мм}; L_{s2} = k \cdot \sqrt{(d_h \cdot \Delta l_2)}, \text{ мм}, \quad (3.39)$$

где L_1 и L_2 – расчетные длины плеч трубопровода, м, а все прочие входящие величины уже были расшифрованы ранее и показаны на рисунке 3.7.

Вычисленная компенсационная длина L_s – это участок трубопровода без каких-либо опор или креплений, которые бы препятствовали температурному изменению длины трубопровода. Компенсационная длина должна превышать максимально допустимое расстояние между опорами, зависящее от диаметра трубопровода и температуры рабочей среды.

Таким образом, каждая вычисленная величина L_{s1} и L_{s2} должна быть меньше расстояния от угла поворота (без учета его деформации) до ближайшего к нему крепления (см. рисунок 3.7). Если это условие соблюсти не удается, то следует уменьшить длины плеч L_1 и L_2 на необходимую величину и повторить расчет. Если получить удовлетворительную самокомпенсацию не представляется возможным, то на плечах L_1 и L_2 рассчитывают и устанавливают дополнительные компенсирующие устройства точно так же, как это было описано в случае петлеобразного или П-образного компенсаторов.

Расстояние между двумя соседними подвижными опорами (креплениями) или между подвижной и расположенной рядом с ней неподвижной опорой не должно превышать расстояний, установленных для трубопроводов в зависимости от материала, из которого они изготовлены, их диаметра и температуры транспортируемой среды (см. с. 20 и 21 настоящих Методических указаний. В таблице 3.8 в качестве примера представлены указанные расстояния для цельнопластиковых (однослойных) неармированных полипропиленовых трубопроводов [25, с. 27]).

С учетом этих расстояний, и принимая во внимание места расположения неподвижных опор, размещают подвижные крепления (опоры) на трубопроводах СГВ.

Таблица 3.8. – Максимальное расстояние между опорами проложенного горизонтально полипропиленового трубопровода PN 16 [25, с. 27]

Наружный диаметр, мм	Расстояние между опорами, см, при температуре:			
	40 °C	50 °C	60 °C	80 °C
1	2	3	4	5
16	75	70	70	60
20	80	80	70	65
25	95	90	80	75
32	105	100	95	80
40	115	105	100	95
50	125	120	115	100
63	145	135	130	115
90	170	165	160	135

Примечание.

Для вертикальных трубопроводов максимальное расстояние между опорами умножается на коэффициент 1,3.

Внешний вид подвижных и неподвижных опор показан на рисунке 3.8 данных Методических указаний.



а – подвижные («клипсы»); б – неподвижные («хомуты»)

Рисунок 3.8. – Опоры (крепления) для полимерных трубопроводов СГВ

При выполнении данной курсовой работы необходимо осуществить расчет, подбор и расстановку подвижных и неподвижных креплений (опор) и компенсаторов температурных деформаций:

- для одного типового этажстояка;
- для всех водоразборных и циркуляционных стояков;
- для всех трубопроводов, проложенных в подвале и на чердаке.

Может быть предложен **следующий порядок действий:**

1) на уточненной по результатам выполненного гидравлического расчета аксонометрической схеме на всех стояках, разводящих и циркуляционных трубопроводах, этажстояках, включая полотенцесушители, квартирные вводы и подводки к водоразборным приборам, в зависимости от их диаметров намечается местоположение подвижных креплений в соответствии с данными таблицы 3.8;

2) с учетом данных таблицы 3.7, а также сведений, приведенных на с. 63 и 64 данных Методических указаний, определяются места размещения неподвижных опор;

3) на циркуляционных стояках, на водоразборных стояках без полотенцесушителей, а также на трубопроводах, проложенных в техническом подполье и на чердаке, посередине участков, заключенных между каждыми двумя соседними неподвижными опорами, устанавливаются петлеобразные компенсаторы, размеры которых определяются в зависимости от диаметра

трубопровода; если диаметр превышает 40 мм, то вместо петлеобразного выполняется расчет и установка П-образного компенсатора.

4) в соответствии с представленными выше в данном подразделе указаниями намечается местоположение неподвижных креплений на водоразборных стояках с полотенцесушителями, а также в пределах квартирных вводов и на подводках к водоразборным приборам, после чего выполняется расчет самокомпенсации этих участков и уточняется местоположение их креплений.

Результат проектирования опор и компенсаторов должен быть отражен на аксонометрической схеме, других чертежах и в спецификациях, а также в пояснительной записке.

3.5 Выбор тепловой изоляции трубопроводов

Общие требования к выбору тепловой изоляции трубопроводов изложены в подразделе 2.2 данных Методических указаний на с. 21.

При выполнении курсовой работы **необходимо**:

- определить места размещения теплоизоляционной конструкции на трубопроводах СГВ;
- выбрать конструкцию и материал тепловой изоляции;

– выбрать толщину тепловой изоляции в соответствии с каталогами изготовителей теплоизоляционных материалов на основании расчета, выполненного для какого-то одного выбранного участка трубопровода (в курсовой работе допускается не производить подробный расчет требуемой толщины теплоизоляционного слоя всех участков, однако при реальном проектировании такой расчет является обязательным и выполняется в соответствии с требованиями СН 4.02.02-2019 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Строительные нормы Республики Беларусь» [17]).

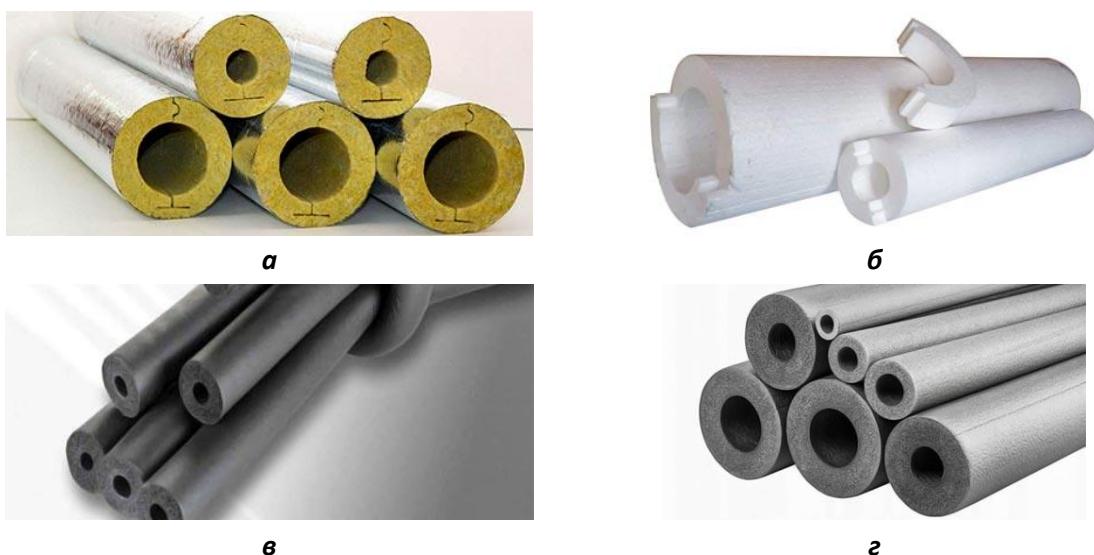
Тепловую изоляцию следует предусматривать для подающих и циркуляционных трубопроводов СГВ, включая водоразборные и циркуляционные стояки, кроме полотенцесушителей, квартирных вводов и подводок к водоразборным приборам.

В конструкциях тепловой изоляции трубопроводов и оборудования СГВ следует применять теплоизоляционные материалы и изделия плотностью не более 200 кг/м³ с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{из}$ в сухом состоянии (при средней температуре 25 °C) не более 0,06 Вт/(м·К) [17, пп. 5.1]. К теплоизоляционным материалам, удовлетворяющим этому условию,

относятся изделия из пенополиуретана, вспененных полиэтилена, полистирола каучука, а также из минеральной ваты, базальтового или супертонкого стекловолокна.

Теплоизоляционные изделия из минеральной ваты, базальтового или супертонкого стекловолокна применяют только в обкладках со всех сторон из стеклянной или кремнеземной ткани и под герметичным покровным слоем [17, пп. 5.9, часть 2]. Допускается не предусматривать покровный слой в теплоизоляционных конструкциях на основе изделий из волокнистых материалов с покрытием (кашированных) из алюминиевой фольги или стеклоткани (стеклохолста, стеклорогожи), вспененного синтетического каучука для изолируемых объектов, расположенных во внутренних помещениях, подвалах и на чердаках зданий [17, пп. 5.11].

Таким образом, для тепловой изоляции трубопроводов СГВ наиболее подходящими теплоизоляционными изделиями являются волокнистые материалы (минеральная вата, базальтовое и супертонкое стекловолокно), вспененные полиэтилен, полистирол и каучук в виде разрезных муфт-цилиндров, покрытых (кашированных) алюминиевой фольгой или стеклохолстом [18; 26]. Примеры теплоизоляционных изделий, которые целесообразно применить на трубопроводах СГВ, показаны на рисунке 3.9. Характеристики этих материалов приведены в таблице 3.9.



*а – минеральная вата в алюминиевой фольге; б – пенополистирол;
в – вспененный синтетический каучук; г – вспененный полиэтилен*

Рисунок 3.9. – Теплоизоляционные материалы для трубопроводов СГВ

Таблица 3.9. – Характеристика различных теплоизоляционных материалов, применяемых для тепловой изоляции трубопроводов СГВ [26]

Характеристики	Минеральная вата	Пенополистирол	Пенополиуретан	Вспененный каучук	Вспененный полиэтилен
Теплопроводность, $\lambda_{из}$, Вт/(м·К)	0,04	0,035-0,04	0,022-0,03	0,038-0,045	0,032
Плотность, кг/м ³	105-135	35-40	60	65	35
Водопоглощение, %	10...15	4	1...2	0,6	0,6
Температура применения, °С	От -180 до +680	От -60 до +75	От -180 до +140	От -60 до +105	От -80 до +100
Особенности монтажа	Намотка, фиксация стяжками, проволочными бандажами или собирается в короб	Склейивается, стягивается крепежными бандажами или собирается в короб	Надевается на трубу, фиксируется термолентой	Фиксируется на клей или с помощью зажимов	Крепится с помощью клея, скотча
Химическая и биостойкость	высокая	высокая	высокая	высокая	высокая
Группа горючести	НГ	Г3-Г4	Г2-Г4	Г1	Г1

Тепловая изоляция из **минеральной ваты** для трубопроводов выпускается в навивных цилиндрах, плитах и матах, в том числе с односторонним фольгированием. Она химически инертна, биостойка, негорюча. Обладает теплопроводностью $\lambda_{из}$ около 0,04 Вт/(м·К) и плотностью 100...150 кг/м³. Однако использование такой изоляции для утепления труб, проложенных на чердаках, в подвалах, технических подпольях, ограничено из-за ее склонности к слеживанию, впитыванию влаги, что приводят к намоканию материала, нарушению его структуры и ухудшению теплоизоляционных свойств.

Теплоизоляционные материалы из **экструзионного пенополистирола** и пенопласта изготавливают в виде плит, сегментов в форме полуцилиндров. Они обладают плотностью 35...40 кг/м³ и коэффициентом теплопроводности $\lambda_{из}$ около 0,035...0,04 Вт/(м·К). Предельная температура использования не превышает 75 °С. Имеют низкое водопоглощение, не подвержены гниению, удобны в монтаже. Однако материал горюч. При открытой прокладке изоляцию из этих материалов необходимо защищать от воздействия естественного ультрафиолетового излучения.

Тепловая изоляция из вспененного синтетического каучука производится в рулонах и трубках. Она негорюча, экологически безопасна, стойка к химическим, биологическим воздействиям, имеет плотность 65 кг/м³ и теплопроводность $\lambda_{из} = 0,04...0,047$ Вт/(м·К). Используется для изоляции трубопроводов, прокладываемых в помещениях. Может иметь покрытие из алюминиевой фольги для защиты от механических повреждений и воздействия естественного ультрафиолетового излучения. Существенным недостатком этого теплоизоляционного материала является его высокая стоимость.

Теплоизоляция из вспененного полиэтилена может применяться для прокладки в помещениях, на чердаке и в техническом подполье, тепловых пунктах. Не впитывает воду, сохраняет низкую теплопроводность 0,032 Вт/(м·К) при изменениях температуры. Выпускается в формате трубок, рулона, матов, легко и быстро устанавливается. Сохраняет теплозащитные свойства в течение всего назначенного срока службы. Благодаря невысокой стоимости может применяться на объектах средней и низкой ценовой категории.

Все рассмотренные теплоизоляционные конструкции относятся к однослойным.

Расчет тепловой изоляции трубопроводов СГВ следует вести по нормированной плотности теплового потока в соответствии с требованиями СН 4.02.02-2019 [17, раздел 6], принимая нормы плотности теплового потока по [17, табл. 4] при средней температуре воды 55 °С в зависимости от диаметра выбранного участка трубопровода. Промежуточные значения норм линейной плотности теплового потока следует определять интерполяцией.

В курсовой работе в целях упрощения можно пренебречь термическим сопротивлением стенки полимерной трубы. В этом случае определению подлежит толщина однослойной теплоизоляционной конструкции $\delta_{из}$ по нормированной плотности теплового потока для заданного диаметра $d_{i,h}$ неизолированного трубопровода.

Расчет ведется в следующем порядке:

- выбрать в качестве примера для расчета любой участок подающего трубопровода СГВ и записать его наружный диаметр $d_{i,h}$, выразив его в метрах;
- задать температуру воды в трубопроводе t_m^h , которая для расчетов СГВ принимается равной 55 °С;
- задать температуру окружающей среды в месте прокладки трубопровода $t_{o.c.}$, которая определяется по таблице Г.1 [2, прил. Г, табл. Г.1];

- по таблице, размещенной в СН 4.02.02-2019 [17, с. 9, табл. 4], по значениям температуры воды t_m^h и диаметра трубопровода $d_{i,h}$ определить норму линейной плотности теплового потока q_L , Вт/м;
- задать значения коэффициента теплоотдачи с наружной поверхности изоляции трубопровода в окружающую среду α_h , величина которого может быть принята равной $11,6$ Вт/(м²·°C);
- используя данные таблицы 3.9, выбрать вид теплоизоляционной конструкции и коэффициент теплопроводности ее материала λ_{iz} ;
- вычислить, используя метод последовательных приближений, требуемую толщину теплоизоляционного слоя δ_{iz} , найдя его из формулы, м:

$$\ln\left(\frac{d_{h,i} + 2 \cdot \delta_{iz}}{d_{h,i}}\right) = 2\pi\lambda_{iz} \cdot \left(\frac{t_m^h - t_{oc.}}{q_L} - \frac{1}{\pi(d_{h,i} + 2 \cdot \delta_{iz})\alpha_h} \right). \quad (3.40)$$

Важно: в уравнении (3.40) величина наружного диаметра трубопровода $d_{h,i}$ должна быть выражена не в миллиметрах, а в метрах.

Рекомендация: в качестве каждого приближения необходимо принимать очередное (от минимального к максимальному) стандартное значение толщины слоя выбранного вида теплоизоляционного изделия из каталога завода-изготовителя; расчет будет считаться выполненным, когда при каком-то значении δ_{iz} левая и правая части уравнения (3.40) максимально сойдутся;

– по найденной в ходе решения величине δ_{iz} , используя каталоги заводов изготовителей, подобрать изоляционное изделие, толщина слоя которого не меньше найденной величины δ_{iz} , но максимально близка к ней.

На этом выбор и расчет тепловой изоляции для целей курсовой работы можно считать завершенным.

4 ПОДБОР ОСНОВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО ПУНКТА

В ходе выполнения курсовой работы необходимо произвести расчет и подбор следующего основного оборудования индивидуального теплового пункта (ИТП) здания:

- водоподогревателя горячего водоснабжения;
- группового и индивидуальных счетчиков расхода воды;
- циркуляционных или повысительно-циркуляционных насосов СГВ.

Общие требования к оборудованию тепловых пунктов изложены в СП 4.02.03-2022 «Тепловые пункты» [8].

Водоподогреватели СГВ могут быть подключены к системе теплоснабжения с использованием одноступенчатой параллельной, двухступенчатой последовательной или двухступенчатой смешанной схем. Выбор схемы подключения в общем случае зависит от соотношения максимальных расходов тепловой энергии на нужды горячего водоснабжения и отопления [8, пп. 6.8]. При выполнении данной курсовой работы условно можно принять, что водоподогреватели СГВ подключены к системе теплоснабжения по одноступенчатой параллельной схеме. В ступени подогрева устанавливаются два водоподогревателя, каждый из которых рассчитан на 50% производительности [8, пп. 7.1.7].

Расчет поверхности нагрева водоподогревателей СГВ производится при температуре греющей воды на входе в водоподогреватель, равной температуре воды в подающем трубопроводе тепловой сети в точке излома температурного графика регулирования отпуска теплоты. Значение этой расчетной температуры, а также значение расчетной температуры сетевой воды на выходе из водоподогревателя СГВ указаны в задании на выполнение курсовой работы, либо, если они не заданы, принимаются самостоятельно.

Расчетная тепловая производительность водоподогревателей СГВ многоквартирного жилого дома принимается в соответствии с требованиями ТНПА [8, прил. Б] по расчетному расходу тепловой энергии на горячее водоснабжение в течение часа максимального водопотребления Q_{hr}^h . Величина этого расхода уже была определена ранее при выполнении данной курсовой работы по формуле (3.10) в разделе 3.2 настоящих Методических указаний. Однако результаты расчета, полученные по формуле (3.10), следует уточнить, применив уравнение (3.9) с учетом данных таблицы 3.4 о суммарных тепловых потерях Q^{ht} в СГВ.

В ИТП многоквартирных жилых домов для работы в СГВ чаще всего применяют пластинчатые водоподогреватели. В качестве примера-аналога пластинчатых водоподогревателей в данных Методических указаниях рассматривается продукция ООО «Теплосила ВК» [27].

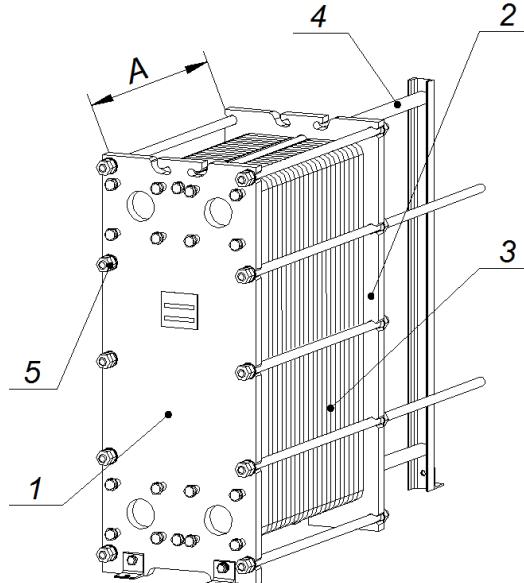
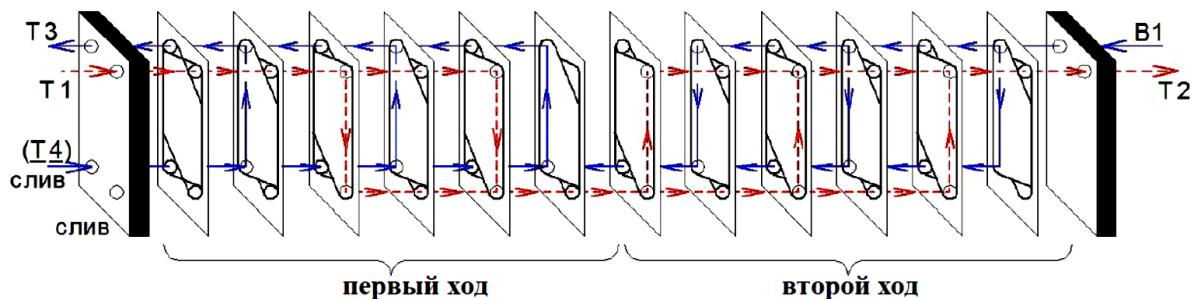


Рисунок 4.1. – Вид и конструкция пластинчатого теплообменника [27]

Теплообменник (рисунок 4.1) состоит из стальных передней 1 и задней 2 стяжных плит (в которых выполнены отверстия для подвода и отвода сред), между которыми плотно зажат пакет пластин 3 с прокладками. При помощи направляющих 4 пластины устанавливаются в нужном положении и стягиваются шпильками и гайками 5 до необходимого размера A , величина которого зависит от количества пластин. Пластины между собой уплотняются резиновыми прокладками [27].

Движение теплоносителей в пластинчатом теплообменнике организуется противотоком. Для обеспечения подогрева циркуляционного расхода в режиме отсутствия водоразбора пластинчатые теплообменники для СГВ компонуются, как правило, по двухходовой схеме (рисунок 4.2).



T1 – вход греющего теплоносителя; T2 – выход греющего теплоносителя;
 B1 – вход холодной водопроводной воды; T3 – выход нагретой воды в СГВ;
 T4 – вход воды из линии циркуляции СГВ (подается транзитом
 через первый ход на второй ход теплообменника

Рисунок 4.2. – Компоновка пластин двухходового теплообменника (с циркуляционной линией) [27]

Типоразмерный ряд пластин теплообменника представлен на рисунке 4.3.

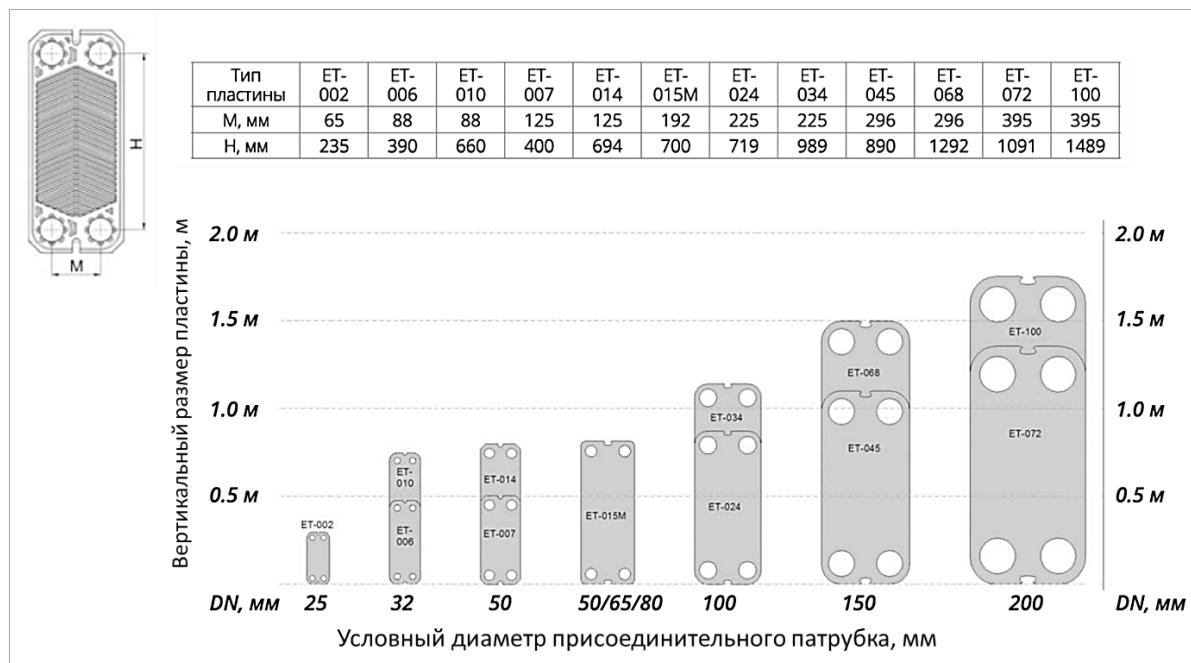


Рисунок 4.3. – Типоразмерный ряд пластин теплообменника [27]

Таблица 4.1. – Основные характеристики пластин теплообменника [27]

Марка теплообменника	Площадь теплообмена одной пластины, $f_{пл}$, м^2	Площадь живого сечения канала между пластинами, f_k , м^2	Максимальная площадь поверхности теплообмена, F_{max} , м^2	Максимальное количество пластин, n_{max} , шт.	Номинальный диаметр DN выходных (присоединительных) патрубков, мм
1	2	3	4	5	6
ET-002	0,027	0,000127	4,27	160	25
ET-006	0,054	0,000167	9,4	176	32/50
ET-010	0,101	0,000167	17,57	176	32/50
ET-007	0,073	0,00049	15,04	208	50
ET-014	0,150	0,00049245	30,9	208	50
ET-015M	0,223	0,000770	49,51	224	50/65/80
ET-024	0,240	0,0008465	54,24	228	100
ET-034	0,355	0,0008465	80,23	228	100
ET-045	0,450	0,00127	216,9	484	150
ET-068	0,680	0,00127	327,76	484	150
ET-072	0,680	0,00174	455,6	672	200
ET-100	1,000	0,00149	478	480	200

Задача выбора теплообменника состоит в определении его марки (типа пластин), числа каналов для движения нагреваемой среды и числа пластин, обеспечивающих расчетную величину требуемой поверхности теплообмена при заданном количестве ходов.

При выполнении данной курсовой работы следует произвести аналитический расчет теплообменника *по упрощенной методике* для наперед заданной величины коэффициента теплопередачи (без последующего уточнения его значения по результатам подбора теплообменника) с использованием приведенных ниже уравнений, а затем осуществить *окончательный выбор* с использованием специализированных *программных продуктов* предприятий-изготовителей. Полную методику теплотехнического и гидравлического расчета пластинчатых теплообменников можно найти в [28].

Расчет, выбор и компоновка теплообменников выполняются в предположении, что при параллельной схеме подключения в одной ступени подогрева установлены два двухходовых водоподогревателя, каждый из которых рассчитан на 50% расчетной производительности, с использованием следующей системы взаимосвязанных уравнений:

$$G_{\text{гр}} = \frac{0,5 \cdot Q_{hr}^h}{c \cdot (\tau'_{1e} - \tau'_{2e})}, \text{ кг/с; } \quad (4.1)$$

$$G_{\text{нагр}} = \frac{0,5 \cdot Q_{hr}^h}{c \cdot (t^h - t^c)}, \text{ кг/с; } \quad (4.2)$$

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{(\tau'_{2e} - t^c) - (\tau'_{1e} - t^h)}{\ln \frac{(\tau'_{2e} - t^c)}{(\tau'_{1e} - t^h)}}, \text{ } ^\circ\text{C; } \quad (4.3)$$

$$F_{\text{треб}} = \frac{0,5 \cdot Q_{hr}^h}{k \cdot \Delta t_{\text{cp}}} \cdot 10^3, \text{ м}^2; \quad (4.4)$$

$$m_{\text{нагр}} = \frac{G_{\text{нагр}}}{\rho \cdot \omega \cdot f_{\text{кан}}}, \text{ шт.; } \quad (4.5)$$

$$n = (2 \cdot m_{\text{нагр}} \cdot X - 1), \text{ шт.; } \quad (4.6)$$

$$F_{\text{факт}} = (n - 2) \cdot f_{\text{пл}} \geq F_{\text{треб}}, \text{ м}^2, \quad (4.7)$$

где $G_{\text{гр}}$ и $G_{\text{нагр}}$ – расход соответственно греющего теплоносителя и нагреваемой холодной водопроводной воды через один теплообменник ступени подогрева, кг/с;

Q_{hr}^h – расчетный расход тепловой энергии на горячее водоснабжение в течение часа максимального водопотребления, кВт; был вычислен ранее;

c – удельная теплоемкость воды, кДж/(кг·°С); принимается равной 4,19 кДж/(кг·°С);

τ'_{1e} и τ'_{2e} – расчетные температуры греющего теплоносителя соответственно на входе и выходе теплообменника в точке излома температурного графика регулирования по нагрузке отопления, °С; указаны в задании на выполнение курсовой работы, в противном случае принимаются самостоятельно в соответствии с указаниями, содержащимися в [6, пп. 9.4];

t^h и t^c – температуры нагреваемой водопроводной воды соответственно на выходе теплообменника и на входе, °С; указания о выборе значений этих температур были приведены ранее;

$F_{\text{треб}}$ – требуемая площадь поверхности теплообмена одного теплообменника в ступени подогрева, м^2 ;

k – коэффициент теплопередачи от греющей среды к нагреваемой, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$;

$\Delta t_{\text{ср}}$ – средний температурный напор (средняя разность температур) в теплообменнике между греющей и нагреваемой средами, °С;

$m_{\text{нагр}}$ – число каналов для движения нагреваемой среды;

ρ – плотность воды при ее температуре, $\text{кг}/\text{м}^3$; принимается равной 995 $\text{кг}/\text{м}^3$;

ω – скорость движения нагреваемой воды в каналах между пластинаами, $\text{м}/\text{с}$;

$f_{\text{кан}}$ – площадь живого сечения одного канала между пластинаами, м^2 ; принимается по таблице 4.1 данных Методических указаний после выбора марки теплообменника и размера пластины;

n – число пластин в теплообменнике;

X – число ходов теплообменника; для водоподогревателей СГВ при наличии циркуляционных трубопроводов принимается равным 2;

$F_{\text{факт}}$ – фактическая площадь поверхности теплообмена выбранного теплообменника, м^2 ;

$f_{\text{пл}}$ – площадь теплообмена одной пластины, м^2 ; принимается по таблице 4.1 после выбора марки теплообменника и размера пластины.

Рекомендуется следующий порядок выполнения аналитического расчета теплообменника.

1. Задать начальные и конечные температуры греющего теплоносителя τ'_{1e} и τ'_{2e} и нагреваемой воды t^c и t^h .

2. Задать расчетный расход тепловой энергии на горячее водоснабжение в течение часа максимального водопотребления Q_{hr}^h , кВт (из ранее выполненных расчетов).

3. Вычислить расходы греющего теплоносителя и нагреваемой воды по формулам (4.1) и (4.2).

4. Определить средний температурный напор в теплообменнике по формуле (4.3).

5. Вычислить требуемую площадь поверхности теплообмена по формуле (4.4), приняв предварительное значение коэффициента теплопередачи k равным 3900...4100 Вт/(м²·°C).

6. Рассчитать требуемое число каналов $m_{\text{нагр}}$ в теплообменнике для движения нагреваемой воды по формуле (4.5), приняв скорость ее движения ω в пределах от 0,25 до 0,3 м/с в зависимости от выбранной в предыдущем пункте величины коэффициента теплопередачи k (меньшее значение скорости соответствует меньшей величине коэффициента теплопередачи, большее – большей).

7. Найти требуемое число пластин теплообменника n по формуле (4.6).

8. Выбрать по данным графы 1 таблицы 4.1 подходящие марки теплообменников. Для этого следует сопоставить вычисленную по формуле (4.4) требуемую площадь поверхности теплообмена $F_{\text{треб}}$ с данными графы 4 таблицы 4.1, в которой приведены значения максимальной площади поверхности теплообмена F_{max} для различных марок теплообменников. Необходимо выбрать для дальнейшего расчета все марки теплообменников, для которых соблюдается рекомендуемое нами условие: $0,25 \cdot F_{\text{max}} < F_{\text{треб}} < 0,6 \cdot F_{\text{max}}$ или, что то же самое, $F_{\text{треб}} / F_{\text{max}} = 0,25 \dots 0,6$.

9. Определить по данным граф 3 и 2 таблицы 4.1 для всех выбранных марок теплообменников площадь живого сечения канала $f_{\text{кан}}$ и площадь теплообмена одной пластины $f_{\text{пл}}$.

10. Вычислить по формуле (4.5) для всех выбранных марок теплообменников число каналов $m_{\text{нагр}}$ для движения нагреваемой воды.

11. Определить по формуле (4.6), приняв число ходов $X = 2$, количество пластин n для всех выбранных марок теплообменников и сравнить его с данными графы 5 таблицы 4.1, в которой для каждой марки теплообменника указано максимально возможное число пластин n_{max} . Для всех выбранных марок теплообменников должно выполняться условие: $n < n_{\text{max}}$. Те марки теплообменников, для которых это условие не выполняется, должны быть исключены из дальнейших расчетов.

12. Для оставшихся к рассмотрению марок теплообменников по формуле (4.7) вычисляется фактическая площадь поверхности теплообмена $F_{\text{факт}}$, которая должна быть не меньше $F_{\text{треб}}$ и не должна превышать $F_{\text{треб}}$ больше, чем на 10%.

Расчет целесообразно выполнять в приложении Ms Excel в виде таблицы 4.2 по всей номенклатуре типоразмеров теплообменников, приведенной в таблице 4.1, с последующим выбором наиболее подходящего варианта. В таблице 4.2 приведен условный пример расчета и компоновки двухходового теплообменника СГВ для расчетной мощности одного теплообменника 800 кВт, при температурах греющего теплоносителя $\tau'_{1_e} = 60^{\circ}\text{C}$ и $\tau'_{2_e} = 30^{\circ}\text{C}$ и температурах нагреваемой воды $t^h = 55^{\circ}\text{C}$ и $t^h = 5^{\circ}\text{C}$.

Расчет и компоновка в рассматриваемом примере выполнены по всей номенклатуре марок теплообменников, выпускаемых ООО «Завод Теплосила» [27], выбранных в качестве аналога. Как следует из результатов этих расчетов, сформулированным выше требованиям, касающимся величины соотношения $F_{\text{треб}} / F_{\text{max}}$ и запаса поверхности, больше всего отвечают варианты расчетов под номерами 5, 6 и 7 в таблице 4.2.

Таким образом, для рассмотренного примера по предварительным результатам аналитического расчета следует выбрать один из вариантов марки теплообменника: ET-014, ET-015M или ET-024.

После этого необходимо выполнить окончательный расчет, для чего, для выбранной марки теплообменника, следует вычислить действительные значения скоростей движения теплоносителей, коэффициента теплопередачи и уточнить фактическую площадь поверхности теплообмена. Методика такого расчета изложена в [28, пп. 3.3.4].

В данной курсовой работе вместо окончательного аналитического расчета предлагается выполнить подбор теплообменника СГВ с использованием программного продукта ООО «Завод Теплосила» по ссылке («Вход для партнеров»): <https://teplo-sila.com/login>. Логины и пароли для входа необходимо получить у руководителя курсовой работы.

После авторизации на сайте и входа в программу подбора теплообменников следует выбрать вкладку «Теплообменник на ГВС», установить необходимые единицы измерения, ввести данные о расчетной тепловой производительности и температурах теплоносителей, в окне «Число ходов» вместо «Автовыбор» установить значение «/2», при необходимости уточнить другие параметры и нажать кнопку «Расчет». В результатах программного расчета выбрать наиболее подходящий вариант теплообменника, основываясь на данных предварительно выполненного аналитического расчета.

Таблица 4.2. – Пример выполнения расчета и компоновки теплообменника СГВ (расчетная производительность одного теплообменника 800 кВт, температуры греющего теплоносителя $\tau'_{1e} = 60^{\circ}\text{C}$ и $\tau'_{2e} = 30^{\circ}\text{C}$ и температуры нагреваемой воды $t^h = 55^{\circ}\text{C}$ и $t^h = 5^{\circ}\text{C}$

Номер варианта расчета и подбора	Мощность теплообменника, кВт	Требуемая площадь поверхности теплообмена $F_{\text{треб}}, \text{м}^2$	Марка теплообменника	Максимальная площадь поверхности теплообмена, $F_{\text{макс}}, \text{м}^2$	Отношение $F_{\text{треб}} / F_{\text{макс}}$	Поверхность теплообмена одной пластины $f_{\text{пл}}, \text{м}^2$	Площадь живого сечения одного канала, $f_{\text{кан}}, \text{м}^2$	Расход нагреваемой воды через теплообменник, $G_{\text{нагр}}, \text{кг/с}$	Скорость нагреваемой воды в каналах, $ω_{\text{нагр}}, \text{м/с}$	Число каналов для движения нагреваемой воды $n_{\text{нагр}}, \text{шт.}$	Требуемое число пластин, $n, \text{шт.}$	Максимально число пластин для данной марки теплообменника	Фактическая площадь теплообмена выбранного теплообменника $F_{\text{факт}}, \text{м}^2$	Запас теплообменной поверхности, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	800	16,09	ET-002	4,27	3,769	0,027	0,000127	3,821	0,260	116	464	160	12,53	-22%
2	800	16,09	ET-006	9,4	1,712	0,054	0,000167	3,821	0,260	88	353	176	19,05	18%
3	800	16,09	ET-010	17,57	0,916	0,101	0,000167	3,821	0,260	88	353	176	35,63	121%
4	800	16,09	ET-007	15,04	1,070	0,073	0,00049	3,821	0,260	30	120	208	8,73	-46%
5	800	16,09	ET-014	30,9	0,521	0,15	0,00049245	3,821	0,260	30	119	208	17,85	11%
6	800	16,09	ET-015M	49,51	0,325	0,223	0,00077	3,821	0,260	19	76	224	16,89	5%
7	800	16,09	ET-024	54,24	0,297	0,24	0,0008465	3,821	0,260	17	69	228	16,51	3%
8	800	16,09	ET-034	80,23	0,201	0,355	0,0008465	3,821	0,260	17	69	228	24,42	52%
9	800	16,09	ET-045	216,9	0,074	0,45	0,00127	3,821	0,260	12	46	484	20,49	27%
10	800	16,09	ET-068	327,76	0,049	0,68	0,00127	3,821	0,260	12	46	484	30,96	92%
11	800	16,09	ET-072	455,6	0,035	0,68	0,00174	3,821	0,260	8	33	672	22,41	39%
12	800	16,09	ET-100	478	0,034	1	0,00149	3,821	0,260	10	39	480	38,65	140%

Отчет о расчете, выполненном с использованием on-line программы, размещенной на сайте завода-изготовителя, должен быть приложен к пояснительной записке.

По итогам всех расчетов необходимо выбрать два одинаковых теплообменника, которые будут работать в составе одной ступни в подогревателя. Сведения о параметрах и компоновке окончательно выбранного теплообменника следует занести в таблицу 4.3.

Таблица 4.3. – Результаты расчета и подбора теплообменников для СГВ

Марка	Тепловая производительность, не менее, кВт	Количество теплообменников, шт.	Число ходов теплообменников, X , шт.	Число пластин, n_{pl} , шт.	Фактическая поверхность нагрева, $F_{факт}$, м ²	Фактический коэффициент теплопередачи, k , Вт/(м ² ·°C)	Скорость в каналах нагреваемой воды, $ω$, м/с	Потеря давления по тракту греющего теплоносителя, кПа	Потери давления по тракту нагреваемого теплоносителя, кПа	Номинальный диаметр порта присоединения, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Счетчики расхода воды (расходомеры). При проектировании системы водоснабжения зданий необходимо предусматривать приборы учета водопотребления: **групповые** (для здания в целом) и **индивидуальные** – для отдельных потребителей [1, п. 11].

Для подбора типа расходомера и его калибра необходимо иметь следующие исходные данные:

- расчетные расходы горячей воды: максимальный объем потребления воды за сутки, м³/сут, максимальный часовой, м³/ч, максимальный секундный, л/с, средний часовой за период потребления (сутки, смену), м³/ч;
- каталоги, справочники, стандарты, паспорта на счетчики производителей с указанием их технических характеристик;
- чертежи коммуникаций трубопроводов объекта и прилегающих к нему подводящих и отводящих трубопроводов с указанием их диаметров, расположения фасонных частей и арматуры;
- планы и разрезы помещений, где можно установить измерительные приборы.

Указанные выше расчетные расходы воды либо данные, необходимые для их расчета, были определены ранее в разделе 3.2 данных Методических указаний.

Счетчики подбираются по диаметру, исходя из среднесуточного и среднемесячного расходов воды, которые не должны превышать величин, приведенных в [2, табл. 8.1].

Для подбора группового счетчика используется среднесуточный расход воды $Q_{\text{сут}}^h$, который был определен ранее по уравнению (3.5) данных Методических указаний.

Среднемесячный расход воды для подбора группового счетчика рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{мес}}^h = z \cdot Q_{\text{сут}}^h, \text{ м}^3/\text{мес}, \quad (4.8)$$

где z – число дней в месяце, принимаемое равным 31 день.

По значениям $Q_{\text{сут}}^h$ и $Q_{\text{мес}}^h$, используя таблицу, приведенную в пособии П1-2019 к ТКП 45-4.01-319-2018 [2, пп. 8.4, табл. 8.1], определяют диаметр (номинальный условный проход) группового счетчика, устанавливаемого в ИТП здания. Счетчики для индивидуального (поквартирного) учета расхода воды в зданиях массовой застройки подбираются по диаметру квартирного ввода, указанному на ранее разработанной аксонометрической схеме СГВ (см. раздел 2.2 данных Методических указаний).

По диаметру счетчика с помощью каталогов заводов-изготовителей выбирают типоразмер счетчика. Для группового учета при диаметре 40 мм и менее используются крыльчатые счетчики, при больших диаметрах – турбинные. Для индивидуального учета используются индивидуальные счетчики, которые, как правило, также являются крыльчатыми (рисунок 4.4).



Рисунок 4.4. – Счетчики учета расхода воды [30]

В качестве аналогов в данной курсовой работе можно принять счетчики, выпускаемые Научно-производственным предприятием «ГРАН-СИСТЕМА-С» [29] или СООО «БелЦЕННЕР» [30].

При выборе счетчиков нужно обращать особое внимание на то, чтобы они были включены в Государственный реестр средств измерений Республики Беларусь. Средства измерения, не внесенные в этот реестр, не могут использоваться для коммерческого учета воды. Для СГВ выбирают счетчики, предназначенные для работы при температуре воды от 5 до 75 °С.

После выбора типоразмера счетчика определяют потери напора в нем по уравнению [2, пп. 8.5]:

$$h_{\text{сч}} = 10,2 \cdot \left(\frac{Q_{hr}^{\max}}{Q_{\text{сч}}^{\max}} \right)^2 \leq 5, \text{ м,} \quad (4.9)$$

где Q_{hr}^{\max} – расчетный максимальный часовой расход воды, определяемый по секундному расходу, м³/ч; $Q_{hr}^{\max} = 3,6 \cdot q^h$ (здесь q^h – максимальный секундный расход воды на головном участке СГВ, л/с; для примера, рассмотренного в подразделе 3.3.2 данных Методических указаний, это расход на участке 12 (см. рисунок 3.1), значение которого следует взять из ранее рассчитанной таблицы 3.3);

$Q_{\text{сч}}^{\max}$ – максимальный паспортный расход выбранного счетчика при давлении 0,1 МПа, м³/ч (в паспорте счетчика обозначен как максимальный расход Q_4 , м³/ч, при выбранном номинальном условном проходе счетчика).

Если при расчетах по формуле (4.9) $h_{\text{сч}}$ будет больше, чем 5 м.вод.ст., то следует принять другой счетчик с большим условным проходом.

В пояснительной записке к курсовой работе следует изложить ход подбора счетчиков, указать наименование и типоразмер подобранных группового счетчика учета расхода воды, вычисленную величину потерю давления в нем, а также наименование, типоразмер и количество подобранных счетчиков индивидуального (поквартирного учета) расхода воды. Полученные результаты заносятся в спецификацию материалов и оборудования.

Подбор насосного оборудования ИТП. Насосная установка в СГВ предназначена для обеспечения циркуляции горячей воды по трубопроводам с целью предотвращения остывания воды в трубах, а также для повышения напора, если его гарантированная величина в наружном водопроводе недостаточна. При подборе насосного оборудования и выборе места его размещения следует руководствоваться указаниями, приведенными в СН 4.01.03-2019 [1, пп. 12.2] и в пособии П1-2019 к ТКП 45-4.01-319-2018 [2, п. 9], а также рекомендациями учебного пособия «Горячее водоснабжение. Курс лекций» [12, с. 71, 81–84].

Насосные установки, подающие в жилые здания воду для хозяйствственно-питьевых нужд и циркуляции, следует располагать в помещениях тепловых пунктов при условии обеспечения гигиенических нормативов по шуму и вибрации. При монтаже насосных агрегатов на фундаментах их следует устанавливать на виброизолирующие основания. На напорных и всасывающих линиях следует предусматривать установку виброизолирующих вставок. Не допускается располагать насосные установки смежно в плане и по высоте с жилыми комнатами.

В закрытых системах теплоснабжения требуемый напор в водопроводе перед системой горячего водоснабжения $H_{\text{тр}}$ не должен превышать минимального гарантированного и определяется по формуле:

$$H_{\text{тр}} = \Delta H_{\text{под.тр}} + h_{\text{сч}} + h_{\text{то}} + H_{\text{геом}} + H_f \leq H_{\text{гар}}, \text{ м,} \quad (4.10)$$

где $\Delta H_{\text{под.тр}}$, $h_{\text{сч}}$, $h_{\text{то}}$ – потери напора соответственно в подающих трубопроводах СГВ и в водоподогревательной установке, м;

H_f – свободный напор у водоразборных приборов, м, принимаемый по таблице, приведенной в СН 4.01.03-2019 [1, прил. А, табл. А.1], равный 2...3 м;

$H_{\text{геом}}$ – геометрическая высота подъема воды, т.е. расстояние по вертикали от оси ввода водопровода до самого высоко расположенного водоразборного прибора, м, определяемое по разработанной ранее аксонометрической схеме СГВ;

$H_{\text{гар}}$ – минимальный гарантированный напор на вводе водопровода, м, (указан в задании на выполнение курсовой работы).

Величина суммарных потерь напора в подающих трубопроводах $\Delta H_{\text{под.тр}}$ принимается на основании ранее выполненных расчетов (см. табл. 3.6 данных Методических указаний, столбец 14, строка «суммарные потери по главному расчетному направлению», имея в виду, что 10 кПа \approx 1 м напора).

Величина потерь напора в счетчике $h_{\text{сч}}$ была определена ранее по формуле (4.9) данных Методических указаний. Величина потерь напора в водоподогревателе $h_{\text{то}}$ берется из ранее составленной таблицы 4.3 данных Методических указаний, имея в виду, что 10 кПа \approx 1 м напора.

Если в результате расчетов по формуле (4.10) окажется, что $H_{\text{тр}} \leq H_{\text{гар}}$, то насосы СГВ подбираются для работы по циркуляционной схеме. Если окажется, что $H_{\text{тр}} \geq H_{\text{гар}}$, то насосы подбираются для работы по повышительно-циркуляционной схеме.

Циркуляционный насос (при $H_{\text{тр}} \leq H_{\text{рап}}$).

Расчетный расход циркуляционного насоса равен циркуляционному расходу воды, определенному ранее по формуле (3.25) данных Методических указаний, увеличенному с учетом доли водоразбора, имеющего место при циркуляции, и определяется по формуле:

$$q_{\text{ц.н.}} = x \cdot q_{hr}^h + 3,6 \cdot q^{cir}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (4.11)$$

где q_{hr}^h – максимальный часовой расход горячей воды в СГВ в целом, $\text{м}^3/\text{ч}$, который уже был определен ранее по формуле (3.4) данных Методических указаний;

x – доля от максимального часового расхода горячей воды, принимаемая в соответствии с [2, прил. Г, табл. Г.3]: для СГВ протяженностью до 60 м равной 0,15, для систем протяженностью 100–150 м – 0,2...0,3, для квартальных систем горячего водоснабжения – 0,5...0,7;

q^{cir} – циркуляционный расход горячей воды, подаваемый в СГВ в отсутствие водоразбора, $\text{л}/\text{с}$, (был определен ранее по формуле (3.25) данных Методических указаний).

Требуемый напор циркуляционного насоса определяется по формуле [13, с. 110]:

$$H_{\text{ц.н.}} = \sum \Delta H_{\text{под}}^{cir} \cdot \left(\frac{q_{\text{ц.н.}}}{3,6 \cdot q^{cir}} \right)^2 + \sum \Delta H_{\text{ц}}^{cir}, \text{ м}, \quad (4.12)$$

где $\sum \Delta H_{\text{под}}^{cir}$ – сумма потерь напора в подающих (водоразборных) трубопроводах при циркуляционных расходах, м, (была определена ранее – см. табл. 3.5, столбец 10, строку 10 данных Методических указаний, имея в виду, что $10 \text{ кПа} \approx 1 \text{ м напора}$);

$\sum \Delta H_{\text{ц}}^{cir}$ – сумма потерь напора в циркуляционных трубопроводах при циркуляционных расходах, м, (см. табл. 3.5, столбец 10, строку 16 данных Методических указаний, имея в виду, что $10 \text{ кПа} \approx 1 \text{ м напора}$).

Необходимо отметить, что в пособии П1-2019 к ТКП 45-4.01-319-2018 [2, пп. 9.8] приведенное выше уравнение (4.12) дано с опечаткой: упущено обозначение степени при круглых скобках.

Повысительно-циркуляционный насос (при $H_{\text{тр}} \geq H_{\text{рап}}$).

Расчетный расход повышительно-циркуляционного насоса определяется по формуле:

$$q_{\text{п-ц.н.}} = q_{hr}^h + 3,6 \cdot q^{cir}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (4.13)$$

Требуемый напор повысительно-циркуляционного насоса определяется по формуле [12, с. 82]:

$$H_{\text{пп.н.}} = H_{\text{тр}} - H_{\text{гап}} + \sum \Delta H_{\text{пп.}}^{cir}, \text{ м.} \quad (4.14)$$

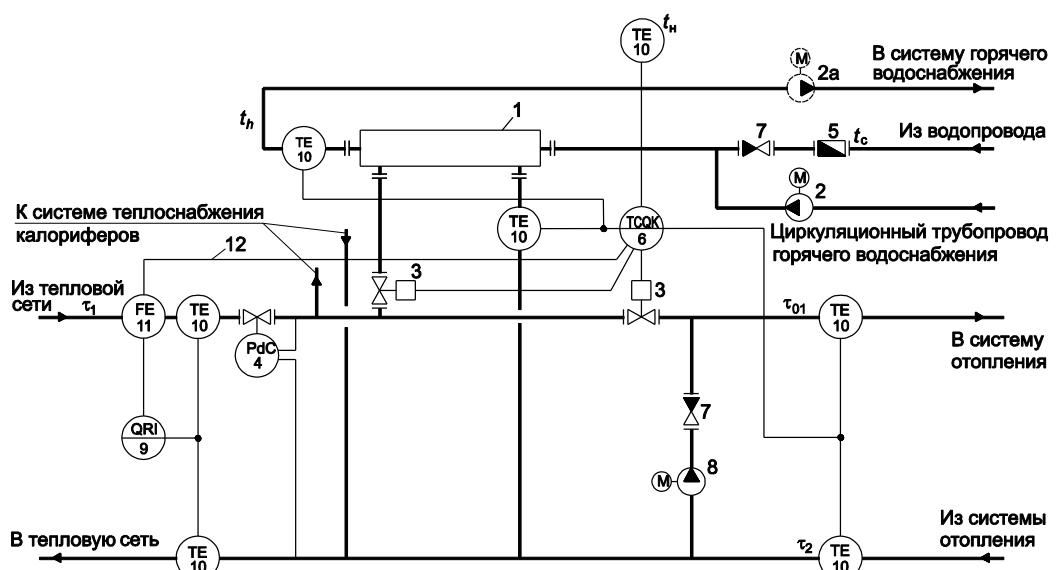
Величины, входящие в формулы (4.13) и (4.14), были расшифрованы ранее при описании формул (4.11) и (4.12).

Полученные по формулам (4.11) и (4.12) или по формулам (4.13) и (4.14) значения расчетного расхода горячей воды и требуемого напора используются для выбора насосов по каталогам заводов-изготовителей. При выборе насосов рекомендуется применение частотного регулирования числа оборотов двигателей (ЧРЭП).

Повысительно-циркуляционные насосы, устанавливаются в ИТП на подающем (водоразборном) трубопроводе СГВ (линия Т3) после водоподогревателя (по ходу воды), циркуляционные – на циркуляционном трубопроводе (линия Т4) перед водоподогревателем. Количество устанавливаемых насосов определяется в соответствии с указаниями СП 4.02.03-2022 [8, пп. 7.2.4, пп. 7.2.6].

Обоснование и результаты выбора насосов отображаются в пояснительной записке к курсовой работе и на чертежах.

По итогам выполнения раздела 4 данных Методических указаний разрабатывается принципиальная схема ИТП, пример которой приведен на рисунке 4.5.



1 – водоподогреватель СГВ; 2 – циркуляционный насос СГВ;
2а – вариант с повысительно-циркуляционным насосом

Рисунок 4.5. – Схема ИТП с одноступенчатым присоединением водоподогревателей СГВ

ЛИТЕРАТУРА

1. Системы внутреннего водоснабжения и канализации зданий. Строительные нормы Республики Беларусь = Сістэмы ўнутранага водазабеспячэння і каналізацыі будынкаў. Будаўнічыя нормы Рэспублікі Беларусь : СН 4.01.03-2019. – Введ. 16.08.2020. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 35 с.

2. Проектирование систем внутреннего водоснабжения зданий. Пособие к строительным нормам и правилам Республики Беларусь = Праектаванне сістэм унутранага водазабеспячэння будынкаў. Дапаможнік да будаўнічых нормаў і правілаў Рэспублікі Беларусь : П1-2019 к ТКП 45-4.01-319-2018. – Зарег. 30.12.2018. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 33 с.

3. Монтаж внутренних инженерных систем зданий и сооружений. Строительные правила Республики Беларусь = Мантаж унутраных інжынерных сістэм будынкаў і збудаванняў. Будаўнічыя правілы Рэспублікі Беларусь : СП 1.03.02-2020. – Введ. 23.06.2020. – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 35 с.

4. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества : СанПиН 10-124 РБ 99 : утв. постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 19.10.1999 № 46.

5. Гигиенические требования к устройству и эксплуатации систем централизованного горячего водоснабжения : СанПиН от 30.12.2009 № 142 : утв. постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 30.12.2009 № 142.

6. Тепловые сети. Строительные нормы Республики Беларусь = Цеплавыя сеткі. Будаўнічыя нормы Рэспублікі Беларусь : СН 4.02.01-2019. – Введ. 09.07.2020 (с отменой на территории РБ ТКП 45-4.02-322-2018). – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 42 с.

7. Тепловые сети. Строительные правила Республики Беларусь = Цеплавыя сеткі. Будаўнічыя правілы Рэспублікі Беларусь : СП 4.02.02-2022. – Введ. 01.07.2022. – Минск : Минстройархитектуры, 2022. – 38 с.

8. Тепловые пункты. Строительные правила Республики Беларусь = Цеплавыя пункты. Будаўнічыя правілы Рэспублікі Беларусь : СП 4.02.03-2022. – Введ. 01.07.2022. – Минск : Минстройархитектуры, 2022. – 34 с.

9. Трубы полимерные для систем отопления и горячего водоснабжения. Технические условия = Трубы палімерныя для сістэм ацяплення і гарачага водазабеспячэння. Тэхнічныя ўмовы : СТБ 1293-2001. – Введ. 01.07.2002. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2002. – 17 с.

10. Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия : ГОСТ 3262-75. – Введ. 01.01.77. – М. : Изд-во стандартов, 1997. – 10 с.

11. Краны шаровые, конусные и цилиндрические на номинальное давление не более PN 250. Общие технические условия : Межгосударственный стандарт ГОСТ 21345-2005. – Введ. 01.04.2008. – М. : Стандартинформ, 2008. – 39 с.

12. Копко, В. М. Горячее водоснабжение : курс лекций для студентов специальности 1-70 04 02 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» высших учебных заведений : в 3 ч. / В. М. Копко. – Минск : БНТУ, 2011. – Ч. 1. – 119 с.

13. Теплоснабжение : учеб. для вузов / А. А. Ионин, Б. М. Хлыбов, В. Н. Братенков, Е. Н. Терлецкая // Под ред. А. А. Ионина. – М. : Стройиздат, 1982. – 336 с.

14. Теплоснабжение : учеб. пособие для студентов вузов / В. Е. Козин, Т. А. Левина, А. П. Марков и др. – М. : Высшая школа, 1980. – 408 с.

15. Пожарная безопасность зданий и сооружений. Строительные нормы Республики Беларусь = Пажарная бяспека будынкаў і збудаванняў. Будаўнічыя нормы Рэспублікі Беларусь : СН 2.02.05-2020. – Введ. 04.04.2021. – Минск : Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2021. – 65 с.

16. Руководство по проектированию и монтажу напорных трубопроводов, изготовленных из полипропилена рандомсополимера PP-R [Электронный ресурс] // ГК Новые технологии. – Режим доступа: https://heisfit.net-rt.ru/images/manuals/RE_truboprovodov.pdf. – Дата доступа: 14.04.2024.

17. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Строительные нормы Республики Беларусь = Цеплавая ізоляцыя абсталявання і трубаправодаў. Будаўнічыя нормы Рэспублікі Беларусь : СН 4.02.02-2019. – Введ. 09.07.2020 (с отменой на территории РБ ТКП 45-4.02-323-2018). – Минск : Минстройархитектуры, 2020. – 23 с.

18. Трубная изоляция [Электронный ресурс] // Комп. Термафлекс. – Режим доступа: <http://thermafлекс.by/produktsiya/teploizolyatsiya/trubnaya-izolyatsiya>. – Дата доступа: 14.04.2024.

19. Разваляев, Ю. В. Теплоснабжение : учеб.-метод. комплекс для студентов спец. 1-700402 «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна» / Ю. В. Разваляев. – Новополоцк : ПГУ, 2008. – 412 с.

20. Горюнов, И. В., Кузнецов, П. А. Вероятностный метод определения расчетных расходов в системах внутреннего водопровода [Электронный ресурс] / И. В. Горюнов, П. А. Кузнецов // Умная вода. – Режим доступа: <https://smartwater.su/download/abok5.pdf>. – Дата доступа: 14.04.2024.

21. Для скачивания [Электронный ресурс] // WAVIN Ekoplastik Ltd. – Режим доступа: <https://www.wavinekoplastik.com/ru/dlya-skachivaniya>. – Дата доступа: 14.04.2024.
22. Таблицы потерь давления [Электронный ресурс] // WAVIN Ekoplastik Ltd. – Режим доступа: <https://www.wavinekoplastik.com/ru/tablitsy-poter-davleniya>. – Дата доступа: 14.04.2024.
23. Добротыслов, А. Я. Таблицы для гидравлического расчета напорных труб из полимерных материалов / А. Я. Добротыслов. – М. : ТОО Изд-во ВНИИМП, 2004. – 209 с.
24. Шевелев, Ф. А. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных водопроводных труб / Ф. А. Шевелев. – Изд. 5-е, доп. – М. : Стройиздат, 1973. – 112 с.
25. Инструкция по монтажу [Электронный ресурс] // WAVIN Ekoplastik Ltd. – Режим доступа: <https://www.wavinekoplastik.com/ru/instruktsiya-po-montazhu>. – Дата доступа: 14.04.2024.
26. Теплоизоляция труб отопления и ГВС [Электронный ресурс] // Завод технической изоляции ТЕПЛОФЛЕКС. – Режим доступа: <https://www.teploflex.com/primenie/teploizolyatsiya-trub-otopleniya-i-gvs>. – Дата доступа: 14.04.2024.
27. Теплообменники пластинчатые ЕТ [Электронный ресурс] // Группа компаний «Теплосила». – Режим доступа: <https://teplo-sila.com/produkciya/teploobmenniki-plastinchatye-et>. – Дата доступа: 14.04.2024.
28. Копко, В. М. Пластинчатые теплообменники в системах централизованного теплоснабжения. Курсовое и дипломное проектирование : учеб. пособие / В. М. Копко, М. Г. Пшоник. – Минск : БНТУ, 2005. – 199 с.
29. Счетчики воды крыльчатые JS (DN25; DN32; DN40) [Электронный ресурс] // НПООО «Гран-Система-С». – Режим доступа: <https://strumen.com/catalog/dlya-individualnogo-i-gruppovogo-ucheta/schetchiki-vody-krylchatye-j-s-dn25-dn32-dn40/>. – Дата доступа: 14.04.2024.
30. Продукция БелЦЕННЕР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://belzenner.by/production>. – Дата доступа: 14.04.2024.