МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Тульский государственный университет»

Кафедра «Санитарно-технические системы»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К КУРСОВОЙ РАБОТЕ
по дисциплине
Теплоснабжение

«Горячее водоснабжение микрорайона города»

Направление подготовки: *270800 – "Строительство"*
Профиль подготовки: " *Теплогазоснабжение и вентиляция* "
Квалификация выпускника: *бакалавр*

Тула –2012 г

1 Цели и задачи курсовой работы

Курсовая работа выполняется с целью закрепления знаний по дисциплине «Теплоснабжение» и развития навыков самостоятельного проектирования системы горячего водоснабжения (ГВС)микрорайона.

Задачами курсовой работы являются:

- практическое овладение методикой проектирования систем ГВС населенных пунктов;
- анализ вариантов схематических решений прокладки трубопроводов и выбор оптимального решения;
- получение элементарных навыков конструкторского проектирования систем ГВС;
- освоение методов расчета различных видов теплового потребления;
- выполнение гидравлических расчетов трубопроводов ГВС;
- приобретение практических навыков оформления и выпуска конструкторской документации в соответствии с ГОСТ.

Для решения перечисленных задач необходимо знание не только курса «Теплоснабжение», но и ряда смежных дисциплин, изучаемых в 1-7 семестрах, а также умение пользоваться действующими нормативными документами и справочной литературой [1-16]

2 Основные требования к курсовой работе

2.1. Тематика курсовой работы

В соответствии с вариантом задания необходимо запроектировать систему ГВС микрорайона города. Основное внимание должно быть уделено выбору оптимального варианта схемы сети, технологии выполнения гидравлических расчетов трубопроводов и методике увязки секционных узлов системы ГВС, изложенной в действующих нормативных документах.

2.2. Исходные данные к курсовой работе

Исходные данные для выполнения курсовой работы содержатся в задании на курсовое проектирование.

2.3. Объем курсовой работы

Работа состоит из расчетно-пояснительной записки и графической части.

Графическая часть работы выполняется на одном листе формата А1 и должна содержать:

1) генплан и принципиальную схему системы ГВС микрорайона;
2) планы типового этажа, чердака и подвала
3) аксонометрические схемы отдельных элементов системы;
4) схему абонентского ввода;

Пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

1) определение расчетных расходов горячей воды;
2) гидравлический расчет системы ГВС в режиме подачи;
3) подбор счетчика горячей воды;
4) определение теплопотерь на участках трубопровода;
5) определение циркуляционного расхода;
6) гидравлический расчет системы ГВС в режиме циркуляции;
7) увязка секционного узла системы ГВС.

2.4. Защита курсовой работы

Курсовая работа подписывается руководителем к защите, если ее объем и содержание соответствуют настоящим указаниям. После этого работа отдается на рецензирование одному из преподавателей кафедры.

Защита курсовой работы студентом производится в назначенные сроки перед комиссией. В процессе защиты студент должен кратко доложить результаты каждого из этапов выполненной им работы и ответить на вопросы членов комиссии. Оценка курсовой работы производится в соответствии с уровнем знаний, выявленным в процессе защиты и качеством выполненной работы.

В случае неудовлетворительной оценки студенту выдается новое задание на проектирование.

3. Методические указания по выполнению курсовой работы

3.1 Конструирование системы ГВС

Системы горячего водоснабжения (ГВС) подразделяют на централизованные и местные. В централизованных системах одна система горячего водоснабжения обслуживает одно или несколько зданий квартала (микрорайона). Радиус местной системы зачастую ограничивается одной квартирой.

Системы горячего водоснабжения предназначены для подачи потребителям горячей воды, температура которой должна быть не менее 50 °С. При пользовании горячей водой потребитель имеет возможность снижать температуру воды до необходимой величины, смешивая горячую воду с холодной в смесителях, устанавливаемых в местах водоразбора. В систему горячего водоснабжения в общем случае входят следующие основные элементы:

- устройство для нагрева воды (котел или теплообменник);
- подающая трубопроводная сеть, состоящая из разводящего трубопровода и водоразборных стояков;
- циркуляционная сеть, состоящая из циркуляционных стояков и сборного циркуляционного трубопровода;
- водоразборная, регулирующая и запорная арматура;
- циркуляционный или циркуляционно-повысительный насос.

Системы горячего водоснабжения могут быть открытыми и закрытыми. В открытых системах на водоразбор используется сетевая вода из тепловых сетей. В закрытых системах на нужды горячего водоснабжения используется водопроводная вода, подогретая до температуры 60–65 °С в теплообменниках, устанавливаемых в индивидуальных или центральных тепловых пунктах (далее соответственно ИТП или ЦТП).

В предлагаемом учебном пособии основное внимание уделено проектированию закрытых квартальных систем горячего водоснабжения. В нем приведены также примеры расчетов открытой системы горячего водоснабжения здания.

Системы горячего водоснабжения могут быть бесциркуляционные и циркуляционные, с верхней и нижней разводкой разводящих магистралей, с баками-аккумуляторами и без них.

Наиболее простыми и дешевыми по стоимости являются тупиковые бесциркуляционные системы . Основным недостатком таких систем является остывание воды в трубопроводах при отсутствии водоразбора и ее бесполезный слив до появления в водоразборных кранах горячей воды. Поэтому бесциркуляционные системы применяют только в местных системах, работающих при длительном непрерывном разборе воды (в банях, прачечных, технологических установках).

Все централизованные системы в настоящее время проектируют с циркуляционными трубопроводами, наличие которых позволяет потребителям получать горячую воду в любой период времени суток. Системы горячего водоснабжения жилых зданий следует принимать с циркуляцией воды в разводящих трубопроводах и стояках.

Системы горячего водоснабжения могут быть с верхней и нижней разводкой разводящих трубопроводов. В системах с верхней разводкой разводящие трубопроводы прокладываются на чердаках, технических этажах или под потолком верхнего этажа.

Прокладку разводящих трубопроводов систем с нижней разводкой следует предусматривать в подпольях, подвалах, подпольных каналах. При наличии в здании технического подполья следует отдавать предпочтение системам с нижней разводкой.

В системах горячего водоснабжения могут применяться баки-аккумуляторы. Баки-аккумуляторы служат для выравнивания

неравномерности потребления теплоты системой горячего водоснабжения при ограниченной мощности источника теплоты, оптимизации давления в трубопроводах сетей горячего и холодного водоснабжения и повышения устойчивости их работы. Наличие бака-аккумулятора в закрытой системе горячего водоснабжения позволяет уменьшить поверхность нагрева водонагревателей.

В зданиях высотой более 50 м (16 этажей) системы горячего водоснабжения делят на отдельные зоны по вертикали. Это обусловлено тем, что при большей этажности здания статическое давление воды на нижних этажах превышает допустимые пределы (максимальным рабочим давлением для водоразборной арматуры считается давление 600 кПа).

Каждая зона двухзонной системы горячего водоснабжения, как правило, представляет собой самостоятельную систему со своими водонагревательными установками и насосами.

Прокладку стояков систем ГВС следует осуществлять скрыто в шахтах, бороздах, нишах санузлов. Допускается открытая прокладка стояков в кухнях, душевых, на лестничных клетках. В ванных комнатах следует предусматривать установку постоянно обогреваемых полотенцесушителей, присоединяемых к водоразборным стоякам.

Если в здании проектируется система горячего водоснабжения с индивидуальными циркуляционными стояками у каждого водоразборного, то эти циркуляционные стояки необходимо обвязать в подвале индивидуальным трубопроводом и затем участком повышенного сопротивления присоединить этот трубопровод к циркуляционной магистрали квартальной сети.

Кольцевание водоразборных стояков в секционные узлы не производится в тех случаях, когда суммарная протяженность индивидуальных (у каждого водоразборного) циркуляционных стояков меньше длины кольцующей перемычки, а также когда отсутствует возможность прокладки кольцующей перемычки по чердаку здания или под потолком верхнего этажа.

В жилых зданиях высотой свыше 4 этажей следует объединять группы водоразборных стояков кольцующими перемычками в секционные узлы с присоединением каждого секционного узла одним циркуляционным трубопроводом к сборному циркуляционному трубопроводу системы. В секционные узлы следует объединять от трех до семи водоразборных стояков. Кольцующие перемычки при подаче воды в водоразборные стояки снизу следует прокладывать по теплому чердаку, по холодному чердаку под слоем теплоизоляции, при отсутствии чердака под потолком верхнего этажа. При подаче воды в водоразборные стояки сверху кольцующие перемычки прокладывают по подвалу.

Квартирную разводку трубопроводов от водоразборных стояков к водоразборным приборам следует вести на высоте 0,2 м от уровня пола.

Смесители ванн устанавливаются на высоте 0,8 м, смесители моек – на высоте 0,85 м, смесители умывальников – на высоте 1,0 м от уровня пола. Присоединение водоразборных приборов к циркуляционным стоякам и циркуляционным трубопроводам не допускается. В верхних точках системы горячего водоснабжения следует предусматривать устройства для выпуска воздуха, в нижних точках – спускные устройства. Допускается использовать для указанных целей расположенные в таких точках водоразборные приборы. Горизонтальные трубопроводы системы горячего водоснабжения должны прокладываться с уклоном не менее 0,002. Уклон разводящих трубопроводов внутри здания обычно направлен в сторону ввода в здание наружной сети.

При проектировании трубопроводов систем горячего водоснабжения следует предусматривать возможность компенсации температурных деформаций. Компенсация температурных деформаций трубопроводов может быть решена с помощью П-образных и сильфонных компенсаторов, а также естественной компенсации.

Трубопроводы квартальных сетей горячего водоснабжения должны быть теплоизолированы. Внутри здания тепловую изоляцию следует предусматривать для подающих и циркуляционных трубопроводов, включая стояки, кроме подводок к водоразборным приборам.

Прокладку квартальных трубопроводов систем горячего водоснабжения следует предусматривать подземную в непроходных каналах либо бесканальную. Допускается использовать для прокладки трубопроводов систем горячего водоснабжения технические подполья зданий. В местах ответвлений трубопроводов с установкой арматуры и контрольно-измерительных приборов при подземной прокладке следует предусматривать устройство тепловых камер.

При трассировке квартальных сетей горячего водоснабжения следует стремиться, из условий экономичности, к наименьшей протяженности трубопроводов, к наименьшему количеству тепловых камер, применяя, по возможности, двухстороннее присоединение ответвлений.

При проектировании наружных сетей горячего водоснабжения следует руководствоваться требованиями [1, 2, 4, 6]. Трубопроводы систем горячего водоснабжения следует выполнять из стальных оцинкованных или эмалированных труб, а также из других материалов, в том числе пластмасс, разрешенных для этих целей Госкомсанэпиднадзором России.

В системах горячего водоснабжения следует применять промышленную трубопроводную арматуру общего пользования. Запорную арматуру диаметром до 50 мм включительно для внутренних трубопроводов зданий следует применять бронзовую, латунную или из термостойких пластмасс. Для наружных сетей следует применять стальную или чугунную

арматуру. В ЦТП устанавливают стальную арматуру. Установку запорной арматуры в системах горячего водоснабжения следует предусматривать:

а) на ответвлениях трубопроводов к секционным узлам водоразборных стояков и к отдельным зданиям;
б) на ответвлениях трубопроводов в каждую квартиру или помещение, в котором установлены водоразборные приборы;
в) у оснований и на верхних концах закольцованных водоразборных и циркуляционных стояков;
г) на всех подающих и циркуляционных трубопроводах на вводе и выводе из ЦТП;
д) на всасывающем и на нагнетательном патрубках каждого насоса;
е) на подводящих и отводящих трубопроводах каждого водоподогревателя.

Установку обратных клапанов в системах горячего водоснабжения следует предусматривать:

а) на циркуляционном трубопроводе перед присоединением его к водоподогревателям;
б) на нагнетательном патрубке каждого насоса до задвижки;
в) на обводном трубопроводе у подкачивающих насосов;
г) на трубопроводе холодной воды перед водоподогревателями системы горячего водоснабжения за расходомером по ходу воды.

В закрытых системах горячего водоснабжения должны предусматриваться следующие контрольно-измерительные приборы:

а) манометры и термометры показывающие – на вводе в здание подающего и циркуляционного трубопроводов; на входе и выходе трубопроводов греющей и нагреваемой воды для каждой ступени водоподогревателей;
б) манометры показывающие – перед всасывающими и после нагнетательных патрубков насосов.

Автоматизация ЦТП в закрытых системах горячего водоснабжения должна обеспечить:

а) заданную температуру воды в системе горячего водоснабжения путем установки регулятора температуры на трубопроводе греющей воды перед водоподогревателем;
б) заданное давление в системе горячего водоснабжения путем установки на подающем трубопроводе перед водоподогревателем регулятора давления “после себя”;
в) включение резервного насоса при отключении рабочего.

Для управления циркуляционными и повысительно-циркуляционными насосами, работающими периодически, может быть предусмотрена установка программных реле времени.

Здания отдельно стоящих ЦТП должны быть, как правило, из унифицированных бетонных или железобетонных конструкций с огнестойкостью не ниже IIIа степени. Двери и ворота должны открываться наружу. Стены и потолки должны быть побелены, а панели стен на высоту 1,5 м от пола покрашены масляной краской. Покрытие полов должно быть бетонное или плиточное. Высота помещений должна быть не менее 4,2 м. В ЦТП с постоянным обслуживанием следует предусматривать уборную с умывальником, шкаф для хранения одежды, место для приема пищи.

Следует предусматривать ремонтную площадку, размеры которой в плане определяются габаритами наиболее крупной единицы оборудования и необходимых проходов, а также место для установки верстака.

Секционные кожухотрубные водоподогреватели могут устанавливаться на кронштейнах у стен или на стойках-опорах, пластинчатые водоподогреватели и насосы устанавливаются на фундаментах. При необходимости в ЦТП могут быть также установлены баки-аккумуляторы, оборудование для противокоррозионной и противонакипной обработки воды.

Оборудование для противокоррозионной и противонакипной обработки воды предусматривается в зависимости от качества используемой водопроводной воды в тех случаях, когда трубопроводную сеть и оборудование необходимо защищать от коррозии и накипеобразования.

Качество горячей воды, подаваемой в систему горячего водоснабжения жилых зданий, должно соответствовать требованиям ГОСТ 2874-82.

Давление в системе горячего водоснабжения у санитарных приборов должно быть не более 0,45 МПа (4,5 кг/см^2).

Температуру горячей воды t^h в местах водоразбора следует предусматривать для закрытых систем горячего водоснабжения не ниже 50 ^{o}C, для систем централизованного горячего водоснабжения, присоединяемых к открытым системам теплоснабжения, не ниже 60 ^{o}C и не выше 75 ^{o}C для закрытых и открытых систем. Согласно рекомендациям [1] температуру горячей воды t^h на выходе из водоподогревателя в ЦТП следует принимать равной 60 ^{o}C, а в ЦТП с вакуумной деаэрацией – 65 ^{o}C. При определении расчетных расходов горячей воды в трубопроводах и стояках систем горячего водоснабжения зданий ее среднюю температуру рекомендуется принимать равной 55 ^{o}C.

3.2. Определение расчетных расходов горячей воды

Максимальный секундный расход воды на расчетном участке сети горячего водоснабжения q^{h}, л/с, при гидравлическом расчете подающих трубопроводов определяется по формуле

$$q^{\mathrm{h}} = 5 q_{\mathrm{o}}^{\mathrm{h}} \alpha ,$$

где $q_{\mathrm{o}}^{\mathrm{h}}$ – секундный расход воды, величина которого согласно [1] для жилых зданий квартирного типа с централизованным горячим водоснабжением при наличии ванн, умывальников и моек принимается равным 0,2 л/с;

α – коэффициент, определяемый согласно прил. 4 в зависимости от произведения общего количества приборов N на расчетном участке сети и вероятности их действия P.

Вероятность действия санитарно-технических приборов P в жилых зданиях определяется по формуле

$$P = \frac{q_{\mathrm{hr,u}}^{\mathrm{h}} U}{3600 q_{\mathrm{o}}^{\mathrm{h}} N},$$

где $q_{\mathrm{hr,u}}^{\mathrm{h}}$ – расход горячей воды одним потребителем, л/ч, в час наибольшего водопотребления, принимаемый по прил.3;

U – количество потребителей (жителей) в здании;

N – количество водоразборных приборов.

Максимальный секундный расход горячей воды q^{h} на концевом участке сети (на подводке к водоразборному прибору) следует принимать для умывальника и мойки со смесителями не менее 0,14 л/с, для ванны со смесителем не менее 0,2 л/с.

Максимальный часовой расход горячей воды $q_{\mathrm{hr}}^{\mathrm{h}}$, м^3/ч, следует определять по формуле

$$q_{\mathrm{hr}}^{\mathrm{h}} = 0,005 q_{\mathrm{o,hr}}^{\mathrm{h}} \alpha_{\mathrm{hr}} ,$$

где $q_{\mathrm{o,hr}}^{\mathrm{h}}$ – часовой расход воды водоразборным прибором, л/ч, принимаемый по прил. 2 (для жилых зданий, оборудованных ваннами, умывальниками и мойками, допускается принимать $q_{\mathrm{o,hr}}^{\mathrm{h}}$ = 200 л/ч);

α_{hr} – коэффициент, определяемый согласно прил. 4 в зависимости от произведения общего числа приборов N, обслуживаемых проектируемой системой, на вероятность их использования P_{hr},

которая определяется по формуле

$$P_{\text{hr}} = \frac{3600\, P\; q_{\text{o}}^{\text{h}}}{q_{0,\text{hr}}^{\text{h}}}.$$

Максимальный часовой расход горячей воды q_{hr}^{h} используют в последующих расчетах при определении поверхностей нагрева водоподогревателей закрытых систем горячего водоснабжения.

Средний часовой расход q_{T}^{h}, м^3/ч, за период (сутки) наибольшего водопотребления T, час, определяется по формуле

$$q_{\text{T}}^{\text{h}} = \frac{q_{\text{и}}^{\text{h}} U}{1000\, T},$$

где $q_{\text{и}}^{\text{h}}$ – норма расхода горячей воды, л, одним потребителем в сутки наибольшего водопотребления, принимаемая по прил. 3;

U – количество потребителей (жителей).

Средний часовой расход воды за сутки наибольшего водопотребления q_{T}^{h} используется для последующих расчетов по подбору счетчика воды, при определении емкости бака-аккумулятора и других расчетов.

Средний часовой расход воды за средние сутки $q_{\text{т,m}}^{\text{h}}$, м^3/ч, определяется по формуле

$$q_{\text{т,m}}^{\text{h}} = \frac{q_{\text{и,m}}^{\text{h}} U}{1000 T},$$

где $q_{\text{и,m}}^{\text{h}}$ – расход горячей воды, л/сут, одним потребителем в средние сутки, принимаемый по прил. 3.

Средний часовой расход воды в средние сутки используется при выполнении технико-экономических и коммерческих расчетов.

Для жилых зданий квартирного типа, оборудованных умывальниками, мойками, душами или ваннами, нормы расхода воды потребителями могут быть приняты по табл. 3.1.

Т а б л и ц а 3.1

Нормы расхода воды водопотребителями

Водопотребители	Расход воды				
	q_{o}^{h} л/	q_{hr}^{h} л/	$q_{\text{o,}}^{\text{h}}$ л/	л/	ч л/
1. Жилые дома оборудованные умывальниками, мойками и	0,14	7,9	60	100	85

душами					
То же с сидячими ваннами	0,2	9,2	200	110	90
То же с ваннами длиной 1 500–1 700 мм	0,2	10	200	120	105
2. Жилые дома квартирного типа высотой свыше 12 этажей и повышенными требованиями к их благоустройству	0,2	10,9	200	130	115

3.3. Определение расчетных тепловых потоков на нужды горячего водоснабжения

Среднечасовой тепловой поток за сутки наибольшего водопотребления $Q_{\text{т}}^{\text{h}}$, кВт, определяется по формуле

$$Q_{\text{т}}^{\text{h}} = 1{,}16 q_{\text{т}}^{\text{h}} (55 - t^{\text{c}}) + Q^{\text{ht}}.$$

Среднечасовой тепловой поток за средние сутки, $Q_{\text{т,m}}^{\text{h}}$, кВт, определяется по формуле

$$Q_{\text{т,m}}^{\text{h}} = 1{,}16 q_{\text{т,m}}^{\text{h}} (55 - t^{\text{c}}) + Q^{\text{ht}}.$$

Максимальный тепловой поток в течение часа максимального теплового потребления Q_{hr}^{h}, кВт, определяется по формуле

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

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

Q^{ht} – теплопотери трубопроводами системы горячего водоснабжения, кВт.

Методика определения тепловых потерь приведена на с. 24. При предварительных расчетах величина Q^{ht} может быть определена в долях K^{t} от среднечасового расхода $Q_{\text{т}}^{\text{h}}$ по формуле

$$Q^{ht} = K^t Q_т^h .$$

Для приближенных расчетов тепловых потерь величина коэффициента K^t в зависимости от типа системы ГВС и степени изоляции стояков может быть принята по табл.3.2.

Таблица 3.2

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

Тип системы горячего водоснабжения	Значения K^t	
	При наличии наружных распределительных сетей ГВС от ЦТП	Без наружных распределительных сетей ГВС
Без полотенцесушителей с изолированными стояками	0,15	0,1
С полотенцесушителями и изолированными стояками	0,25	0,2
С полотенцесушителями и неизолированными стояками	0,35	0,3

При отсутствии данных о количестве и характеристике водоразборных приборов максимальный тепловой поток Q_{hr}^h для жилых районов допускается (для приближенных расчетов) определять по формуле

$$Q_{hr}^h = K_ч \, Q_т^h ,$$

где $K_ч$ — коэффициент часовой неравномерности водопотребления,

3.4. Гидравлический расчет трубопроводов подающей сети системы ГВС

После разработки внутридомовой схемы трубопроводов и трассировки наружной сети составляется расчетная схема системы ГВС, включающая

аксонометрическую схему внутридомовой сети и однолинейную схему квартальных трубопроводов. Выбирается главная ветвь системы как наиболее протяженная и загруженная (от ввода холодного водопровода в ЦТП до дальнего водоразборного прибора, наиболее удаленного от ЦТП здания). На расчетной схеме нумеруются участки (начиная от водоразборного прибора и до ЦТП), проставляются длины участков с округлением до 0,1 м, максимальные секундные расходы воды в литрах в секунду.

Расчетный секундный расход горячей воды $q^{\mathrm{h,cir}}$, л/с, на участках подающей сети при гидравлическом расчете следует согласно [1] определять с учетом циркуляционного расхода по формуле

$$q^{\mathrm{h,cir}} = q^{\mathrm{h}}(1+K_{\mathrm{cir}}),$$

где q^{h} – секундный расход на участке, л/с, определяемый по формуле

K_{cir} – коэффициент, принимаемый для водоподогревателей и начальных участков системы до первого водоразборного стояка по прил. 14, для остальных участков сети равным нулю.

Поскольку величины циркуляционных расходов q^{cir} (определяемые впоследствии на основании тепловых потерь подающими трубопроводами) предварительно неизвестны, гидравлический расчет подающей сети следует выполнять по максимальным секундным расходам q^{h}, но с ограничением допускаемых скоростей в стояках, распределительных трубопроводах, наружных сетях до 1,0–1,2 м/с. Скорость воды в квартирных разводках может быть выше (диаметр разводки принимается равным 15 мм). После определения циркуляционных расходов и величины коэффициента K_{cir} необходимо выполнить повторный гидравлический расчет участков сети от ЦТП до первого водоразборного стояка, для которых K_{cir} не равен нулю и на которых следует учитывать согласно формуле циркуляционные расходы. При выполнении повторного гидравлического расчета скорость движения воды в трубопроводах не должна превышать 3 м/с.

Потери напора на участках трубопроводов закрытых систем горячего водоснабжения следует определять с учетом зарастания труб по формуле

$$H = i\,l\,(1 + K_l)\,,$$

где i – удельные потери напора, принимаемые по номограмме или таблице прил. 6;

l – длина участка в м;

K_l – коэффициент, учитывающий потери напора в местных сопротив-

лениях, значения которого следует принимать:

- 0,2 – для подающих и циркуляционных распределительных трубопроводов;
- 0,5 – для трубопроводов в пределах тепловых пунктов, а также трубопроводов водоразборных стояков с полотенцесушителями;
- 0,1 – для трубопроводов водоразборных стояков без полотенцесушителей и циркуляционных стояков.

3.5. Подбор счетчика воды

В тепловых пунктах закрытых систем для учета потребления воды на нужды горячего водоснабжения счетчики холодной воды следует устанавливать на трубопроводах, подающих водопроводную воду к водоподогревателям. В открытых циркуляционных системах горячего водоснабжения количество потребленной горячей воды определяется по разности показаний счетчиков горячей воды, установленных на подающем и циркуляционном трубопроводах системы ГВС.

Диаметр условного прохода счетчика следует выбирать исходя из среднечасового расхода воды за сутки наибольшего водопотребления $q_{\text{т}}^{\text{h}}$ (см. формулу (1.5)) , который не должен превышать ближайший по величине эксплуатационный, принимаемый по прил. 5.

Счетчик с принятым диаметром условного прохода надлежит проверить на величину потерь напора $H_{\text{сч}}$ при пропуске максимального секундного расхода q^{h} в системе, при котором потери напора не должны превышать в крыльчатых счетчиках 5 м, в турбинных 2,5 м.

Потери напора в счетчиках $H_{\text{сч}}$, м, при расчетном секундном расходе воды q^{h}, л/с, следует определять по формуле

$$H_{\text{сч}} = S(q^{\text{h}})^2, \qquad (1.14)$$

где S – гидравлическое сопротивление счетчика, принимаемое по прил. 5.

При значении $H_{\text{сч}}$, превышающем допустимые значения, следует принять счетчик с большим диаметром условного прохода.

3.6. Определение теплопотерь и циркуляционных расходов в подающих трубопроводах системы ГВС

Циркуляционный расход горячей воды в системе q^{cir}, л/с, следует определять по формуле

$$q^{cir} = \beta \frac{\sum Q^{ht}}{4{,}2\Delta t}, \qquad (1.15)$$

где $\sum Q^{ht}$ – суммарные теплопотери подающими трубопроводами систе - мы ГВС, кВт;

Δt – разность температур в подающих трубопроводах системы от водоподогревателя до наиболее удаленной водоразборной точки, °С ;

β – коэффициент разрегулировки циркуляции.

Для системы с переменным сопротивлением циркуляционных стояков величину q^{cir} следует определять по подающим трубопроводам и водоразборным стоякам при $\Delta t =$ 10 °С и $\beta =$ 1; при одинаковом сопротивлении секционных узлов или стояков величину q^{cir} следует определять по водоразборным стоякам при $\Delta t =$ 8,5 °С и $\beta =$ 1,3.

Теплопотери участком трубопровода Q^{ht} следует определять по формуле

$$Q^{ht} = ql, \qquad (1.16)$$

где q – теплопотери на 1 м трубопровода, Вт/м;

l – длина участка трубопровода, м.

Длина водоразборного этажестояка должна включать длину полотенцесушителя. Допускается при расчете теплопотерь участков водоразборных стояков теплопотери каждого полотенцесушителя принимать равными 100–150 Вт, но при этом его длина должна быть исключена из длины этажестояка. Значения q в зависимости от условий прокладки приведены в прил. 7. Пример расчета теплопотерь и циркуляционных расходов приведен на с. 53.

3.7. Гидравлический расчет циркуляционного кольца системы ГВС

Расчетное циркуляционное кольцо закрытой системы ГВС состоит из двух частей: подающего трубопровода от водоподогревателей ЦТП до точки подключения к водоразборному стояку квартирной разводки к наиболее

удаленному водоразборному прибору и циркуляционного трубопровода от указанной точки до водоподогревателей ЦТП.

Диаметры циркуляционных трубопроводов принимают из расчета пропуска найденных ранее циркуляционных расходов с учетом допускаемых скоростей при выполнении следующих условий:

а) потери давления при требуемых циркуляционных расходах как в подающих, так и в циркуляционных трубопроводах от водоподогревателей до наиболее удаленных водоразборных приборов в каждой ветви системы не должны отличаться для разных ветвей более чем на 10 %;

б) суммарные потери давления в подающих и циркуляционных стояках секционных узлов между точками присоединения их к распределительному подающему и сборному циркуляционному трубопроводам не должны отличаться более чем на 10 %;

в) потери давления в секционных узлах при расчетном циркуляционном расходе должны составлять 0,03–0,06 МПа.

Увязку потерь давления между различными ветвями системы, а также между секционными узлами здания следует выполнять путем соответствующего подбора диаметров циркуляционных трубопроводов, а при невозможности увязки диаметрами следует предусматривать установку дроссельных диафрагм на циркуляционном трубопроводе. Диаметр диафрагмы не следует принимать менее 10 мм. Диаметр отверстий регулирующих диафрагм $d_д$, мм, рекомендуется определять по формуле

$$d_д = 20\sqrt{\frac{q}{0{,}0316\sqrt{H_{ер}} + 350\frac{q}{d^2}}},$$

где q – расход воды через диафрагму, л/с;

$H_{ер}$ – избыточный напор, который следует погасить диафрагмой, м;

d – внутренний диаметр трубопровода, мм.

3.8. Рекомендации по проектированию секционных водоразборных узлов

Стояки, закольцованные в секционный узел, могут проектироваться с переменными или одинаковыми диаметрами по всей их длине. Во втором случае диаметр водоразборного стояка определяется при суммарном расчетном расходе воды в стояке с коэффициентом 0,7 и скорости не более 1,5 м/с. Диаметры трубопроводов кольцующих перемычек допускается принимать равными наибольшему диаметру водоразборного стояка сек-

ционного узла.

После выбора схемы внутридомовой системы и диаметров водоразборных стояков подключающих участков и кольцующих перемычек определяются теплопотери трубопроводами узла и требуемый циркуляционный расход. Циркуляционный расход горячей воды в системе q^{cir}, л/с, следует определять по формуле (1.15)

$$q^{\mathrm{cir}} = \beta \frac{\sum Q^{\mathrm{ht}}}{4,2\Delta t}.$$

При одинаковом сопротивлении секционных узлов или стояков величину q^{cir} следует определять по водоразборным стоякам при Δt = 8,5 °С и β = 1,3.

Требуемый циркуляционный расход секционного узла распределяется равными долями по всем водоразборным стоякам узла независимо от их диаметров и места расположения. При этих расходах определяются суммарные потери напора через каждый водоразборный стояк от точки (точек) присоединения секционного узла к подающей магистрали до точки присоединения циркуляционного стояка к кольцующей перемычке. Полученные потери напора по различным стоякам узла отличаются по величине, но после определения средней арифметической величины получаем потери напора подающей части секционного узла. Зная потери напора в подающей части узла, можно подбирать циркуляционный стояк. Диаметр циркуляционного стояка подбирается из условия гашения в нем при требуемом циркуляционном расходе перепада давления 0,03–0,06 МПа.

4 Пример расчета СГВ микрорайона города

4.1. Исходные данные для проектирования

Микрорайон застроен девятью двух-, трех-, а также четырехсекционными девятиэтажными зданиями. План секции изображен на рис. 4.1. В каждой квартире установлены мойка со смесителем, умывальник со смесителем, ванна со смесителем и душем. Высота типового этажа здания принята 3 м. Количество жителей в квартире определено исходя из нормы общей площади на одного человека f = 17 м^2. Общее количество жителей в одной секции здания составит 147 человек, в микрорайоне – 3 822 человека.

Общая полезная площадь жилых зданий микрорайона составляет 64 650 м^2. Расчетная температура наружного воздуха для проектирования систем отопления $t_{\text{о}} = -20$ °С. Температура сетевой воды для точки излома

повышенного температурного графика в подающем трубопроводе $\tau_1' = 80$ °С, в обратном трубопроводе $\tau_2' = 40$ °С. Расчетная температура сетевой воды в подающем трубопроводе $\tau_1 = 150$ °С, в обратном трубопроводе $\tau_2 = 70$ °С. Температура холодной водопроводной воды на входе в водоподогреватель $t^{\text{c}} = 5$ °С. Температура горячей воды на выходе из водоподогревателя $t^{\text{h}} = 60$ °С. Гарантированный напор городского водопровода на вводе в ЦТП $H_{\text{g}} = 60$ м.

4.2. Гидравлический расчет подающих трубопроводов системы горячего водоснабжения

После трассировки квартальных сетей горячего водоснабжения микрорайона и разработки аксонометрической схемы внутренних трубопроводов наиболее удаленного от ЦТП здания составляют расчетную схему системы горячего водоснабжения, состоящую из расчетной аксонометрической схемы трубопроводов здания (рис. 4.2) и расчетной схемы квартальных сетей горячего водоснабжения микрорайона (рис. 4.3). Далее выбирают расчетную ветвь системы как наиболее протяженную и загруженную от дальнего и наиболее высоко расположенного водоразборного прибора двухсекционного здания № 3 до ЦТП. В данном примере принята система горячего водоснабжения здания с нижней разводкой, с секционными водоразборными узлами, образованными закольцованными поверху тремя водоразборными и одним циркуляционным стояками. Длина водоразборного этажестояка с присоединенным по проточной схеме полотенцесушителем принята равной 5 м. Согласно схеме (рис. 2.2) наиболее удаленным от ЦТП водоразборным прибором будет смеситель умывальника водоразборного стояка Ст.ГВ-1 на девятом этаже здания. На расчетной ветви проставляются номера участков, их длины в метрах, определяемые по формуле расчетные секундные расходы q^{h}. Секундный расход одним водоразборным прибором согласно рекомендациям [1] принят равным 0,2 л/с. Безразмерная величина α определяется по прил. 4 в зависимости от произведения количества приборов на участке *N* на вероятность их действия *P*.

Вероятность действия приборов определяется по формуле

$$P = \frac{q_{\text{hr,u}}^{\text{h}} U}{3600 q_{\text{o}}^{\text{h}} N} = \frac{10 \cdot 147}{3600 \cdot 0,2 \cdot 108} = 0,019,$$

где $U = 147$ – количество жителей в секции здания;

$N = 108$ – количество водоразборных приборов в секции;

$q^{\mathrm{h}}_{\mathrm{hr,u}}$ – расход горячей воды одним потребителем в час наибольшего водопотребления (10 л/ч);

$q^{\mathrm{h}}_{\mathrm{o}}$ – расход воды водоразборным прибором (0,2 л/с).

После определения секундных расходов на участках приступают к гидравлическому расчету подающих трубопроводов расчетной ветви. Диаметры участков стояков водоразборного узла в данном примере приняты переменными. Ориентируясь на рекомендуемые скорости 0,8–1,2 м/с, по номограмме прил. 6 определяют диаметры трубопроводов d, мм, скорости движения воды w, м/с, удельные потери напора i, мм/м. Затем определяют потери напора на участках H_{l} и суммарные потери всей расчетной ветви $\sum H_{\mathrm{l,tot}}$.

Результаты предварительного гидравлического расчета подающих трубопроводов сведены в табл. 4.1.

Примечание. Поскольку диаметры трубопроводов подключающих участков водоразборных приборов (участки 1, 2, 3) обычно принимают не более 15 мм, скорости воды на этих участках могут превышать рекомендованные выше 0,8–1,2 м/с.

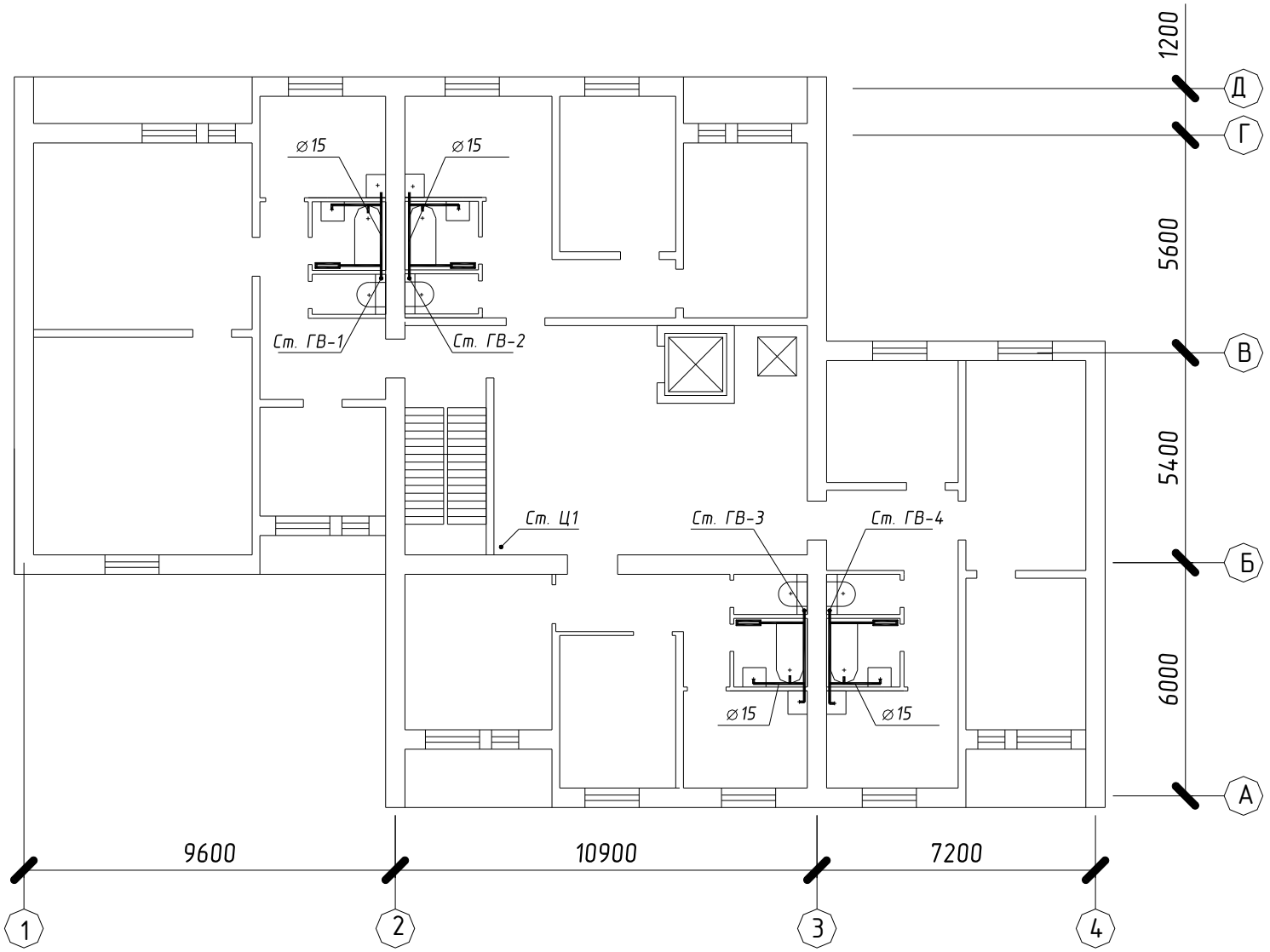


Рис. 4.1. План типовой секции здания

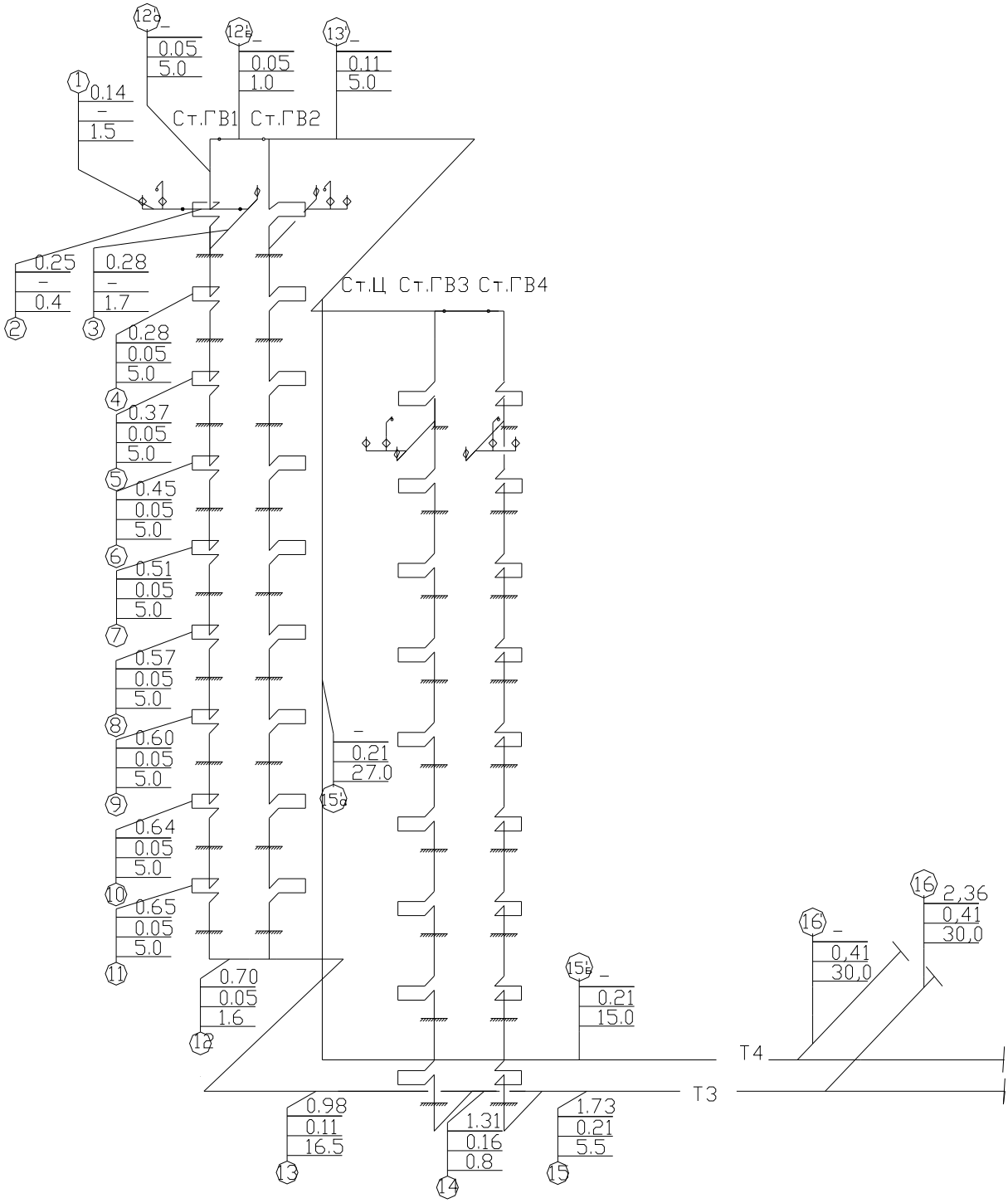


Рис. 4.2. Расчетная аксонометрическая схема системы горячего водоснабжения секции здания

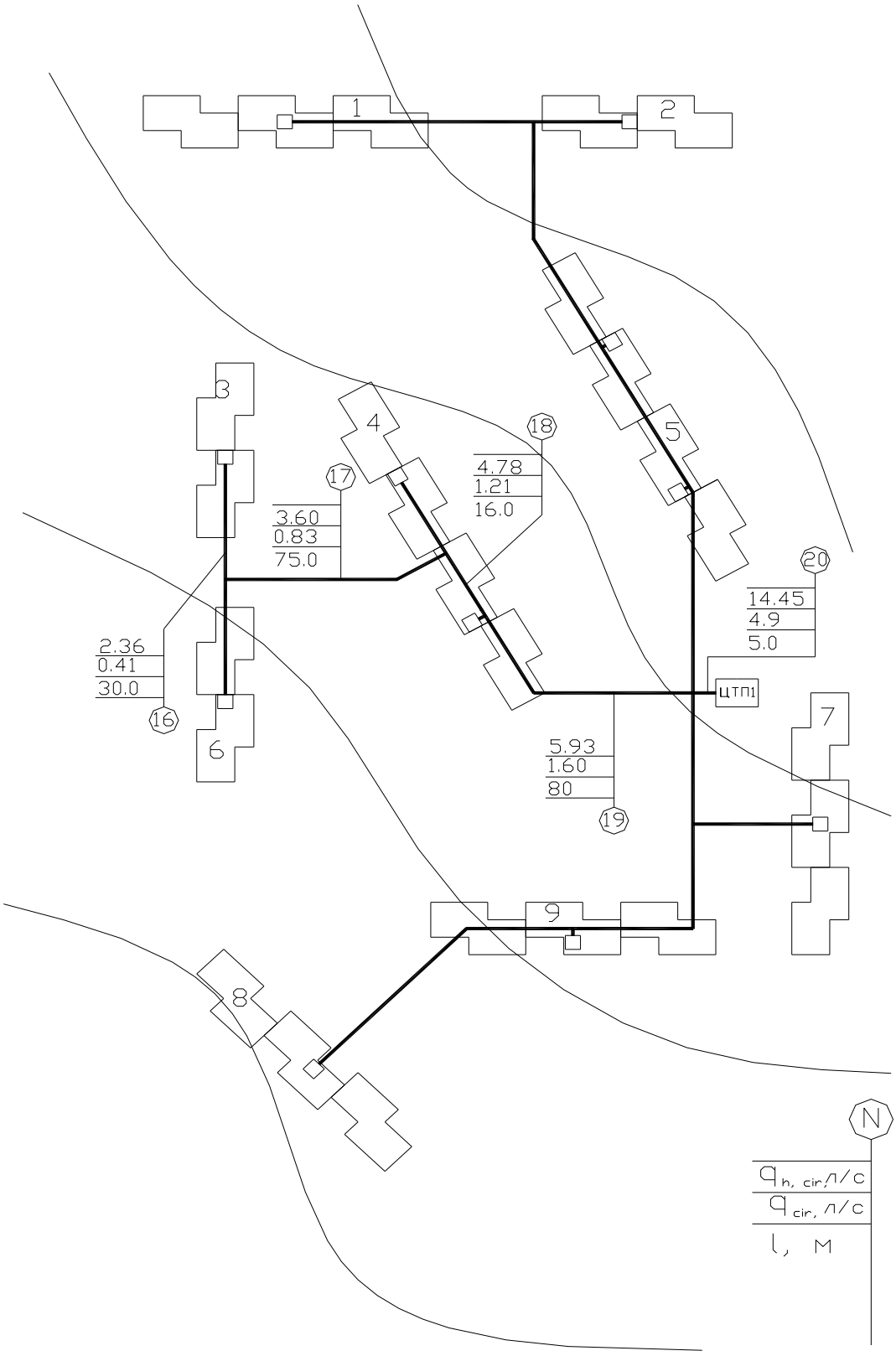


Рис. 4.3. Расчетная схема квартальной сети горячего водоснабжения микрорайона

Т а б л и ц а 4.1

Гидравлический расчет подающей сети

№ уч.	l, м	N, шт.	NP	α	q^{h}, л/с	d, мм	w, м/с	i, мм/м	K_l	H_l, мм	$\sum H_{l,tot}$, мм
1	1,5	1	0,019	0,215	0,14	15	1,22	589	0,5	1 326	1 326
2	0,4	2	0,038	0,252	0,25	15	2,00	1718	0,5	1 031	2 357
3	1,7	3	0,057	0,285	0,28	15	2,10	1800	0,5	4 590	6 947

и т.д

Суммарные потери напора в расчетной ветви составили 26,3 м (0,263 МПа).

4.3. Подбор счетчика воды

Для определения диаметра условного прохода счетчика по формуле (1.5) определяется среднечасовой расход воды за сутки, м^3/ч, который не должен превышать эксплуатационный, принимаемый по прил. 5:

$$q_{\text{т}}^{\text{h}} = \frac{q_{\text{и}}^{\text{h}} U}{1000\,T} = \frac{120 \cdot 3822}{1000 \cdot 24} = 23{,}4 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $q_{\text{и}}^{\text{h}}$ – норма водопотребления горячей воды, принята по табл. 1.1 120 л/(сут·чел.);

U – количество жителей в микрорайоне, которое составляет 3 822 чел.;

T – период работы системы горячего водоснабжения в сутки, принят 24 ч.

По прил. 5 принимаем счетчик с диаметром условного прохода 80 мм, имеющий эксплуатационный расход 36 м^3/ч. По формуле (1.14) определяем потери давления в счетчике $H_{\text{сч}}$, м, при пропуске расчетного секундного расхода q^{h}:

$$H_{\text{сч}} = S\left(q^{\text{h}}\right)^2 = 0{,}00264\left(14{,}45\right)^2 = 0{,}55 \text{ м}.$$

Расчетные потери напора не превышают максимально допустимых для турбинных счетчиков 2,5 м. Принимаем данный счетчик к установке.

4.4. Расчет тепловых потерь и циркуляционных расходов

В данном примере трубопроводы системы горячего водоснабжения (кроме полотенцесушителей и квартирных разводок) приняты теплоизолированными. Разность температур горячей воды в подающих трубопроводах системы от водоподогревателей ЦТП до наиболее удаленной водоразборной точки Δt принята равной 10 °С. Теплопотери на участках трубопроводов определяются по формуле .

При определении теплопотерь водоразборного стояка следует учитывать теплопотери примыкающей к стояку части верхней кольцующей перемычки (участок 12а). Теплопотери полотенцесушителей приняты равными 150 Вт. При этом их длина из длины этажестояка вычитается.

В данном примере суммарные теплопотери нерасчетных водоразборных стояков приняты равными теплопотерям расчетного стояка 1 и составили 1 727 Вт на каждом.

Правая нерасчетная ветвь является симметричной по отношению к расчетной ветви. В соответствии с этим условием теплопотери правой ветви приняты равными теплопотерям левой расчетной ветви и составили 7 362 Вт. Для несимметричных нерасчетных ветвей их теплопотери $\Sigma Q^{\text{ht}}_{\text{н.в}}$ могут быть приближенно определены по формуле

$$\Sigma Q^{\text{ht}}_{\text{н.в}} = \Sigma Q^{\text{ht}}_{\text{р.в}} \frac{n_{\text{н.в}}}{n_{\text{р.в}}}, \qquad (2.1)$$

где $\Sigma Q^{\text{ht}}_{\text{р.в}}$ – суммарные теплопотери расчетной ветви, Вт;

$n_{\text{р.в}}$ – количество водоразборных стояков на расчетной ветви, шт;

$n_{\text{н.в}}$ – количество водоразборных стояков на нерасчетной ветви, шт.

Теплопотери подающих трубопроводов остальных зданий приняты равными теплопотерям подающих трубопроводов здания № 3 и составили для каждых двух секций зданий 15 381 Вт. Суммарные теплопотери подающими трубопроводами системы горячего водоснабжения микрорайона составили 205 635 Вт ≈ 206 кВт.

После определения теплопотерь приступаем к расчету циркуляционных расходов. Общий циркуляционный расход системы на участке 20 от ЦТП составит

$$q^{20}_{\text{cir}} = \beta \frac{\Sigma Q^{\text{ht}}_{20}}{4,2\Delta t} = 1,0 \frac{206}{4,2 \cdot 10} = 4,9 \text{ л/с}.$$

На остальных участках расчетной ветви циркуляционные расходы определяются пропорционально теплопотерям.

На участке 19:

$$q_{\text{cir}}^{19} = q_{\text{cir}}^{20} \frac{\Sigma Q_{19}^{\text{ht}}}{\Sigma Q_{20}^{\text{ht}} - Q_{20}^{\text{ht}}} = 4,9 \frac{66,9}{206 - 0,223} = 1,6 \text{ л/с}.$$

На участке 18:

$$q_{\text{cir}}^{18} = q_{\text{cir}}^{19} \frac{\Sigma Q_{18}^{\text{ht}}}{\Sigma Q_{19}^{\text{ht}} - Q_{19}^{\text{ht}}} = 1,6 \frac{48,8}{66,9 - 2,84} = 1,21 \text{ л/с}.$$

Аналогично определяются циркуляционные расходы на других участках. Следует учитывать, что расчет циркуляционных расходов выполняется при условии отсутствия водоразбора. Поэтому циркуляционный расход на всех участках водоразборного стояка Ст.ГВ1 одинаков (в данном примере 0,05 л/с). Расчет теплопотерь и циркуляционных расходов сведен в табл. 4.2. Величины циркуляционных расходов должны быть указаны на соответствующих участках расчетной схемы. После определения циркуляционных расходов необходимо согласно формуле определить расчетные расходы горячей воды $q^{\text{h,cir}}$ на начальных участках системы до первого водоразборного стояка (участки 20, 19, 18, 17, 16). Для указанных участков по прил. 14 в зависимости от отношения расходов $q^{\text{h}} / q^{\text{cir}}$ определяем величину коэффициента K_{cir}. Для всех указанных участков величина отношения $q^{\text{h}} / q^{\text{cir}} > 2,1$, соответственно для них $K_{\text{cir}} = 0$. Поэтому на указанных участках циркуляционные расходы q^{cir} при выполнении гидравлического расчета подающего трубопровода не учитываются. На основании этого выполненный ранее предварительный гидравлический расчет подающей сети по секундным расходам q^{h} (табл. 4.1) принимаем как окончательный.

Т а б л и ц а 4.2

Расчет тепловых потерь и циркуляционных расходов

№ участка	Длина l, м	Диаметр d, мм	Потери теплоты, Вт			Циркуляционный расход q^{cir}, л/с	K_{cir}
			Удельные q	На участке Q^{ht}	Суммарные ΣQ^{ht}		
12'б	1,0	20	11,6	12	12	0,05	0
12'а	5,0	20	12,6	188	199	0,05	0
4	3,0	20	12,6	188	387	0,05	0
5, 6, 7	9,0	25	12,6	563	951	0,05	0
8, 9, 10, 11	12,0	32	15,7	751	1 702	0,05	0
12	1,6	32	15,7	25	1 727	0,05	0
Стояк 2					1 727		

и т.д.

4.5. Гидравлический расчет трубопроводов циркуляционного кольца

Расчетное циркуляционное кольцо состоит из участков подающего трубопровода (от ЦТП до участка 4) и участков циркуляционного трубопровода (от участка 12D'а до ЦТП). Сначала определяют потери напора и скорости движения воды на участках подающего трубопровода при пропуске циркуляционных расходов q^{cir} для принятых в режиме водоразбора диаметров трубопровода. Затем выполняют гидравлический расчет участков циркуляционного трубопровода. Учитывая невысокий напор насосов типа К, рекомендуемых в качестве циркуляционных насосов в системах ГВС, следует стремиться к тому, чтобы суммарные потери давления в циркуляционном трубопроводе не превышали 0,12–0,15 МПа. Поэтому при подборе диаметров участков циркуляционного трубопровода следует ограничиваться скоростью воды до 0,5–0,7 м/с.

Результаты гидравлического расчета циркуляционного кольца сведены в табл. 4.3. Потери напора (давления) в подающем трубопроводе при пропуске циркуляционного расхода $H_{п}^{cir}$ составили 0,745 м (0,00745 МПа), потери напора (давления) в циркуляционном трубопроводе $H_{ц}^{cir}$ составили 10,3 м (0,103 МПа). Потери напора (давления) в секционном водоразборном узле № 1, включающем участки 15, 14, 13, 12, 11, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 12', 13', 15'а, 15'б составили 5,123 м (0,051 МПа) (находятся в пределах 0,03–0,06 МПа), что соответствует требованиям [1].

При несоответствии потерь напора в секционном водоразборном узле указанным выше требованиям их величину следует корректировать, изменяя диаметры кольцующей перемычки и циркуляционного стояка. Возможно также применение составного (состоящего из двух частей с различными диаметрами) циркуляционного стояка.

Таблица 4.3

Гидравлический расчет циркуляционного кольца

№ уч-ка	l, м	q^{cir}, л/с	d, мм	w, м/с	i, мм/м	K_l	H_l мм	$\sum H_{l,tot}$, мм
20	5,0	4,90	125	0,4	2,2	0,2	13	13
19	80,0	1,60	90	0,26	1,6	0,2	154	167
18	16,0	1,21	80	0,26	4,1	0,2	79	246
17	75,0	0,83	65	0,27	2,9	0,2	261	507
16	30,0	0,41	50	0,16	2,4	0,2	86	593

и т.д.

Суммарные потери напора составили 11,059 м, в том числе в подающем трубопроводе 0,745 м, в циркуляционном трубопроводе составляют 10,314м.

Литература:

1. СНиП 2.04.01-85*. Внутренний водопровод и канализация зданий / Минстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2003. – 60 с.
2. СНиП 41-02-2003. Тепловые сети / Госстрой России. М.: 2003.– 50 с.
3. СП 41-101-95. Проектирование тепловых пунктов Минстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 1997. – 79 с.
4. Внутренние санитарно-технические устройства. Ч, 2. / Под ред. И. Г. Староверова и Ю. И. Шиллера. – М.: Стройиздат, 1990. – 247 с.
5. Повышение эффективности работы систем горячего водоснабжения / Н. Н. Чистяков, М. М. Грудзинский, В. И. Ливчак, и др. – М.: Стройиздат, 1988. – 314 с.
6. Апарцев М. М. Наладка водяных систем централизованного теплоснабжения. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 204 с.
7. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию / И. В. Беляйкина, В. П. Витальев, Н. К. Громов и др.; Под ред. Н. К. Громова, Е. П. Шубина. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 376 с.
8. Копко В. М., Зайцева Н. К., Базыленко Г. И. Теплоснабжение. – Минск: Высшая школа, 1985. – 139 с.
9. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 472 с.
10. Справочник по наладке и эксплуатации водяных тепловых сетей / В. И. Манюк, Я. И. Каплинский, Э. Б. Хиж и др. – М.: Стройиздат, 1988. – 215 с.
11. Теплоснабжение / Ионин А. А. и др. – М.: Стройиздат, 1982. – 336 с.
12. Теплоснабжение / Козин В. Е. и др. – М.: Высшая школа, 1980. – 408 с.
13. Витальев В. П., Николаев В. П., Сельдин Н. Н. Эксплуатация тепловых пунктов и систем теплопотребления. – М.: Стройиздат, 1988. – 623 с.
14. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кон-
15. диционирования воздуха / Л. Д. Богуславский, В. И. Ливчак,
16. В. П. Титов и др. – М.: Стройиздат, 1990. – 624 с.