



МОСКОВСКИЙ  
ФИНАНСОВО-  
ЮРИДИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Теплогазоснабжение с ОСНОВАМИ ТЕПЛОТЕХНИКИ

№ 4. Рассмотрение практических задач.

**Гидравлический расчет трубопроводов СГВ зданий.**

Автор: Ефремов Герман Иванович, профессор, д.т.н.

Контакты: [efremov\\_german@mail.ru](mailto:efremov_german@mail.ru)

Москва – 2017

# Содержание семинара

- \* Введение.
- \* Классификация систем горячего водоснабжения (СГВ).
- \* Основные требования к качеству горячей воды.
- \* Температура горячей воды.
- \* Источники теплоты для горячего водоснабжения
- \* Оборудование для нагрева воды в больших системах горячего водоснабжения (СГВ).
- \* Схемы СГВ от наружных тепловых сетей.
- \* Объем бака-аккумулятора.
- \* Гидравлический расчет трубопроводов СГВ зданий.



# Введение

**Теплоснабжение.** Теплоснабжение – один из видов энергоснабжения жилых домов, общественных и производственных зданий и сооружений. Тепло необходимо для отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха в помещениях любого назначения. Назначение теплоснабжения заключается в создании возможности широкого и экономичного использования тепла для обеспечения нормальных микроклиматических условий в помещениях, а также на рабочих местах в производственных помещениях. Жизнь и значительная часть трудовой деятельности человека протекает по большей части в помещениях. Благодаря теплоснабжению уменьшаются колебания температуры в помещениях.

Теплоснабжение в своем развитии прошло путь от первого очага, предназначенного для приготовления пищи и обогрева помещения, до крупных систем, предназначенных для обеспечения тепловой энергией городов и промышленных районов. Историю развития теплоснабжения делят на три этапа:

1. От первого очага до индивидуальных систем отопления.
2. От индивидуальных систем отопления до централизованных систем теплоснабжения.
3. От централизованных систем теплоснабжения до создания крупных энергоцентров - ТЭЦ.

Под системой теплоснабжения понимают совокупность устройств для производства тепловой энергии, ее транспортирования, распределения и использования. В общем случае система теплоснабжения состоит из следующих основных элементов:

1. Источник тепла, вырабатывающий тепловую энергию.
2. Тепловые сети, соединяющие источники тепла с тепловыми пунктами.
3. Тепловые пункты, служащие для распределения тепла по отдельным потребителям.
4. Теплопотребляющие установки, размещенные в зданиях.

Тепловые сети в зависимости от разбора теплоносителя делят на закрытые и открытые.

**Закрытыми** сетями называют сети, из которых не производится разбор теплоносителя.

**Открытыми** сетями называют сети, из которых теплоноситель полностью или частично разбирается на хозяйственные или производственные нужды - ГВС.

# Введение

Горячее водоснабжение предназначено для удовлетворения гигиенических (умывание, купание) и бытовых (стирка, мойка посуды и т. п.) нужд населения в воде с повышенной (до 75°C) температурой. Такой водой, называемой «бытовой», снабжаются жилые здания, большинство общественно-коммунальных зданий (больницы, поликлиники, бани, прачечные, детские учреждения, предприятия питания и т. п.), а также промышленные здания и сооружения с технологическим и гигиеническим (в бытовках) потреблением горячей воды.

В наиболее простом виде местная система горячего водоснабжения состоит из водоподогревательной установки и трубопроводов для транспортирования горячей воды к водоразборным приборам. Различают системы централизованные и децентрализованные. В **централизованных** системах одна подогревательная установка обслуживает как минимум одно здание, а во многих случаях даже несколько зданий в пределах одного квартала (микрорайона) или поселка. В **децентрализованных** системах приготовление горячей воды происходит вблизи водоразборных приборов (на месте потребления) и осуществляется мелкими генераторами тепла: газовыми нагревателями, колонками и т. п.

Централизованные системы горячего водоснабжения наиболее сложные, более экономичные и имеют преимущественное применение в современном строительстве. Основное внимание обычно уделяется системам горячего водоснабжения многоэтажных жилых зданий, как наиболее массовым потребителям горячей воды.

# Основные требования к качеству горячей воды

Горячая вода, подаваемая потребителям, должна соответствовать ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества (взамен ГОСТ 2874-82). Температура воды после подогревателей обуславливается санитарно-гигиеническими требованиями. За нижний предел принимается так называемая «температура пастеризации», равная  $60^{\circ}\text{C}$ , при которой погибает большинство болезнетворных бактерий; верхний предел ограничивается  $75^{\circ}\text{C}$  во избежание получения ожогов потребителями. Однако СНиП 11-34-76 регламентируют температуру воды не после подогревателя, а в точках водоразбора: не ниже  $50^{\circ}\text{C}$  — для систем централизованного горячего водоснабжения, присоединяемых к закрытым системам теплоснабжения; не ниже  $60^{\circ}\text{C}$  — для систем централизованного горячего водоснабжения, присоединяемых к открытым системам, теплоснабжения, а также для систем местного (децентрализованного) горячего водоснабжения; не выше  $75^{\circ}\text{C}$  — для всех вышерассмотренных случаев.

Обычно температура горячей воды, подводимой к смесителям умывальников и душей не выше  $37^{\circ}\text{C}$ . Она может быть и выше. Когда потребителям нужна горячая вода более высокой температуры, например на предприятиях общепита, где для мытья жирной посуды нужна вода с температурой  $75\text{—}80^{\circ}\text{C}$ , централизованное горячее водоснабжение должно дополняться местным догревом воды. По способу подачи тепла на ГВС различают открытые и закрытые системы. В открытых системах на ГВС подается вода из тепловой сети, в закрытых - сетевая вода используется для подогрева вторичной воды ГВС.

# Температура горячей воды

Благоустройство и комфортабельность зданий во многом определяется системами холодного и горячего водоснабжения, без которых невозможна нормальная жизнь и производственная деятельность людей.

Работа систем горячего водоснабжения связана с потреблением больших расходов воды, теплоты и электроэнергии. Поэтому обеспечение их рациональной и экономичной работы является актуальной задачей.

**Температуру** бытовой воды,  $^{\circ}\text{C}$ , по выходе ее из подогревательных установок в первом приближении следует принимать равной

$$t_{\text{Г}} = t_{\text{Г.мин}} + (5 \dots 10) \quad (1)$$

В закрытых системах это составит  $t_{\text{Г.закр}} = 50 + 10 = 60^{\circ}\text{C}$ , при открытых системах —  $t_{\text{Г.откр}} = 60 + 5 = 65^{\circ}\text{C}$ . Средняя расчетная температура горячей воды в системе —  $55^{\circ}\text{C}$ . Необходимость предварительной обработки нагреваемой водопроводной воды во избежание образования в подогревателях и местных СГВ коррозии и накипи возникает только при закрытых системах теплоснабжения, так как при открытых системах в местные системы поступает вода из тепловых сетей, уже прошедшая необходимую обработку у источника тепла. При подогреве воды в поверхностных теплообменниках СНиП П-36-73 предусматривают удовлетворение для нагреваемой водой (до  $t_{\text{Г}}=75^{\circ}\text{C}$ ) следующих требований:

- Содержание растворенного кислорода  $< 0,1$  мг/л ;
- Содержание взвешенных веществ  $< 5$  мг/л ;
- Карбонатная жесткость  $< 1,5$  мг-экв/л ;
- pH  $> 6,5$ .

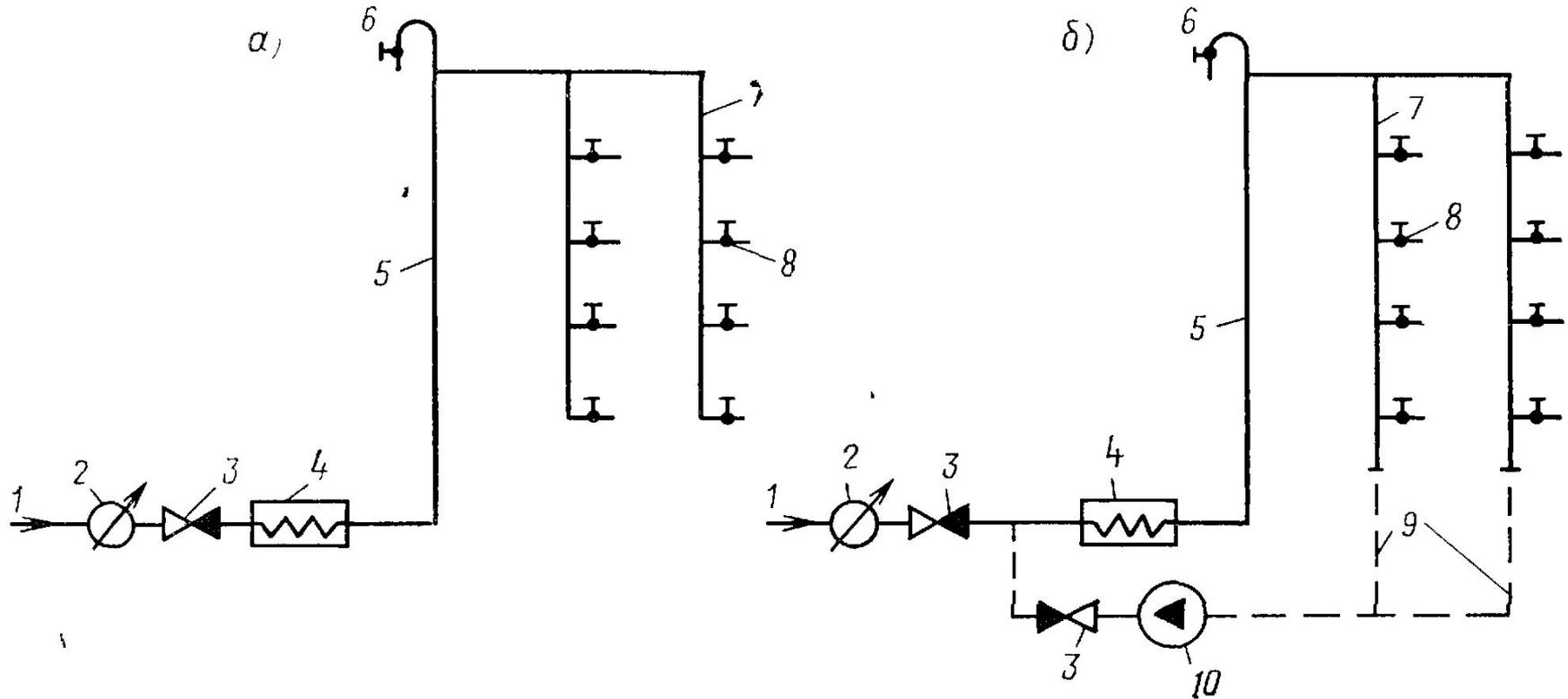
Необходимость в обработке водопроводной воды и вид обработки (противокоррозионная, противонакипная) следует определять в зависимости от конкретных показателей ее качества на основе указаний, изложенных в прил. 2 СНиП П-34-76.

# Системы горячего водоснабжения

Наиболее простыми по устройству и дешевыми по первоначальной стоимости являются **бесциркуляционные** (тупиковые) системы, состоящие только из подающих трубопроводов (рис. 1,а). Основным недостатком таких систем состоит в остывании воды в трубопроводах при перерывах в водоразборе или его малой величине. Открывая кран после перерыва в водоразборе, потребитель получает воду с пониженной температурой и начинает сливать эту воду в канализацию до появления воды с нужной ему температурой. Такие сливы при общем ухудшении обеспечения потребителя горячей водой приводят к перегрузке канализации и бесполезным потерям воды и тепла.

Из-за указанных недостатков бесциркуляционные системы устраивают только в тех случаях, когда возможные сливы воды в канализацию невелики, а именно: при длительном непрерывном разборе воды (в банях, в технологических установках) и при малом протяжении сети. Во всех остальных случаях, особенно там, где требуется непрерывное обеспечение потребителей горячей водой (жилые здания, больницы, поликлиники и т. п.), устраиваются более сложные **циркуляционные** системы, где вода в трубах не останавливается, а непрерывно циркулирует, проходя через подогреватель, чем обеспечивается заданная температура воды вблизи точек водоразбора. В зависимости от назначения систем циркуляция воды в них может осуществляться или непрерывно в течение суток, или периодически перед началом длительного водоразбора (например, в душевых с периодическим разбором воды).

# Схемы горячего водоснабжения

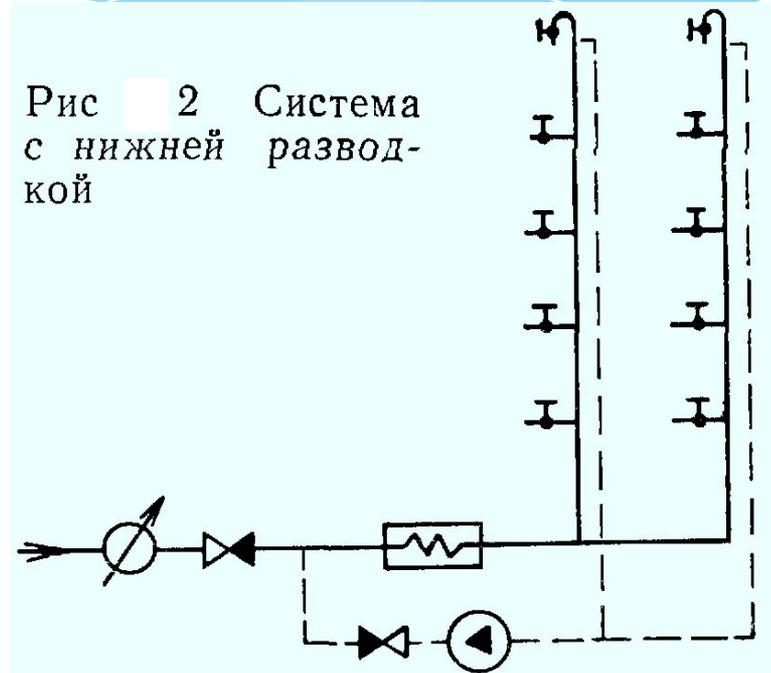


**Рис. 1.** Принципиальные схемы тупиковой (а) и циркуляционной (б) систем горячего водоснабжения (верхняя разводка).

1—водопровод, 2 — счетчик, 3 — обратный клапан, 4 — подогреватель, 5 — основной стояк, 6 — воздушник, 7 — водоразборные стояки; 8 — водоразборные краны, 9 — циркуляционные трубопроводы, 10 — циркуляционный насос.

# Разводки СГВ и тепловые пункты

По расположению подающей (разводящей) магистрали внутри дома различают системы с верхней (см. рис. 1) и нижней (рис.2) разводкой. Верхнюю разводку наиболее часто применяют при установке открытых (верхних) баков-аккумуляторов и при наличии в здании верхнего технического этажа или чердака. В зданиях высотой более 50 м (свыше 16 этажей) систему горячего водоснабжения делят по вертикали на зоны с самостоятельными разводками и отдельными стояками. Выносные подогревательные установки, размещают в специальных строениях и они обслуживают несколько зданий. Такие групповые подогревательные установки получили название **центральных тепловых пунктов** — ЦТП, а подогревательные установки, размещаемые в подвалах зданий (там, где это возможно) и обслуживающие только одно здание, называют **индивидуальными тепловыми пунктами** — ИТП. В тепловых пунктах используют баки-аккумуляторы горячей воды. Они позволяют уменьшить расчетный расход тепла в СГВ. Объемы аккумуляторов определяют на основе суточных графиков потребления тепла.



# Объем бака-аккумулятора

Объем бака-аккумулятора может быть определен на основе суточного интегрального графика расхода тепла (семинар №3). Обычно задаются равномерной подачей тепла абоненту в течение суток (линия 1 на Рис. 3). Отрезки ординат между линией подачи-1 и линией потребления-2 выражают в соответствующем масштабе тепло, запасенное в аккумуляторе. Наибольший из этих отрезков определяет максимальное количество тепла, которое должно быть запасено в аккумуляторе  $Q_a$ . Тогда объем аккумулятора

$$V_a = \frac{Q_a}{(t_{\max} - t_{\min}) c} \quad (1)$$

где:  $t_{\max}$  и  $t_{\min}$  - максимальная и минимальная температуры воды, выходящей из аккумулятора.

Если температура воды в аккумуляторе менее  $t_{\min}$ , то бесполезное, балластное количество тепла в аккумуляторе составит:

$$Q_{\text{бал}} = V_a (t_{\min} - t_x) c$$

где:  $t_x$  — температура водопроводной воды, °С;  $c$  — удельная теплоемкость воды, равная 4,19 кДж/(кг·°С).

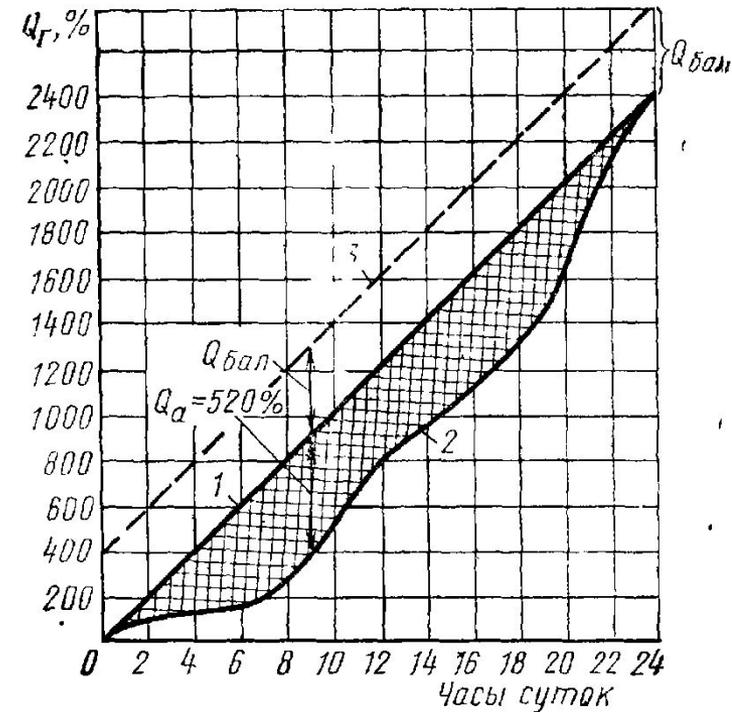


Рис. 3. Интегральный график потребления и подачи тепла

# Системы горячего водоснабжения

Важным является расчет системы отопления и подготовки воды для системы горячего водоснабжения (СГВ). Она осуществляется в центральном тепловом пункте (ЦТП) с использованием теплоносителя из тепловых сетей.

Обычно решаются следующие вопросы - конструктивная разработка системы горячего водоснабжения: внутридомовой системы, квартальных теплопроводов и ЦТП; расстановка оборудования и арматуры; определение расчетных расходов теплоты и горячей воды, построение графиков расхода теплоты; определение расчетных расходов сетевой воды; гидравлический расчет подающих и циркуляционных теплопроводов; подбор оборудования теплового пункта.

Исходными данными для расчетов являются: план типового этажа жилого дома, отражающий конструктивные особенности здания; этажность; генплан с указанием количества зданий, присоединяемых к ЦТП; схема системы, включая конструкцию стояков; схема подключения к тепловой сети водоподогревательной установки горячего водоснабжения и системы отопления; температура горячей воды на выходе из водоподогревательной установки и у наиболее удаленного водоразборного прибора; температура холодной воды; температура сетевой воды по графику центрального качественного регулирования; давление на вводе водопровода.

# Расположение приборов горячей воды

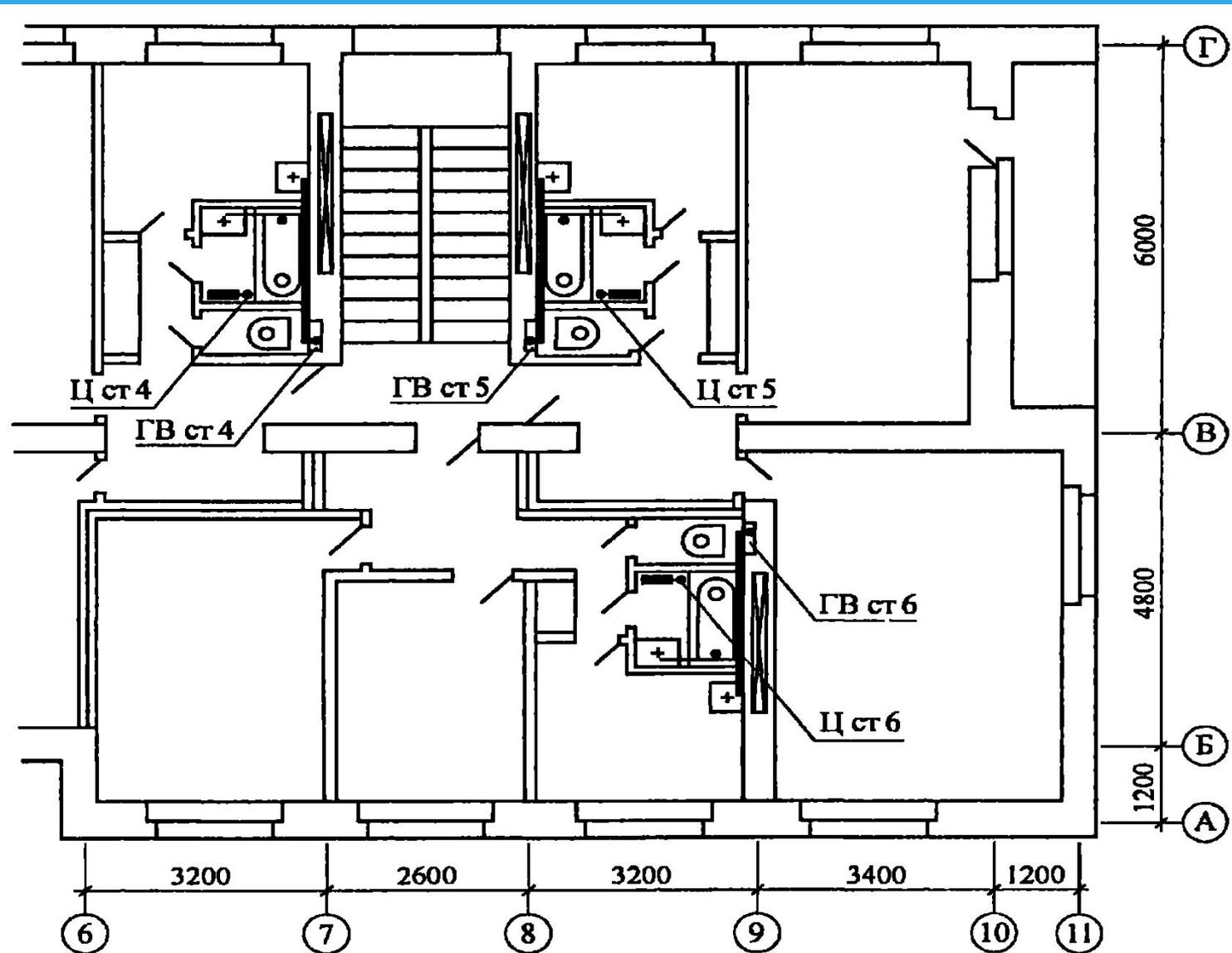
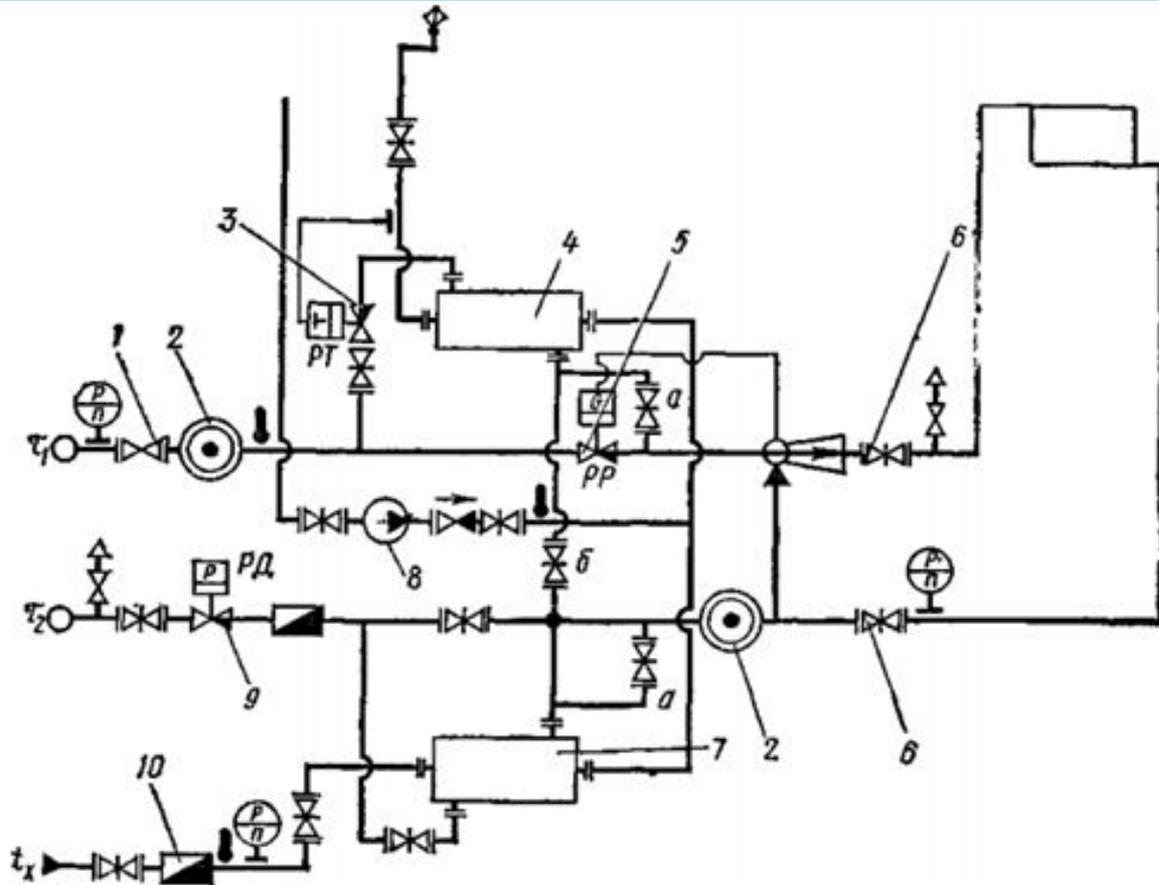


Рис. 4.

# Схема теплового пункта ГВС с двухступенчатым подогревателем

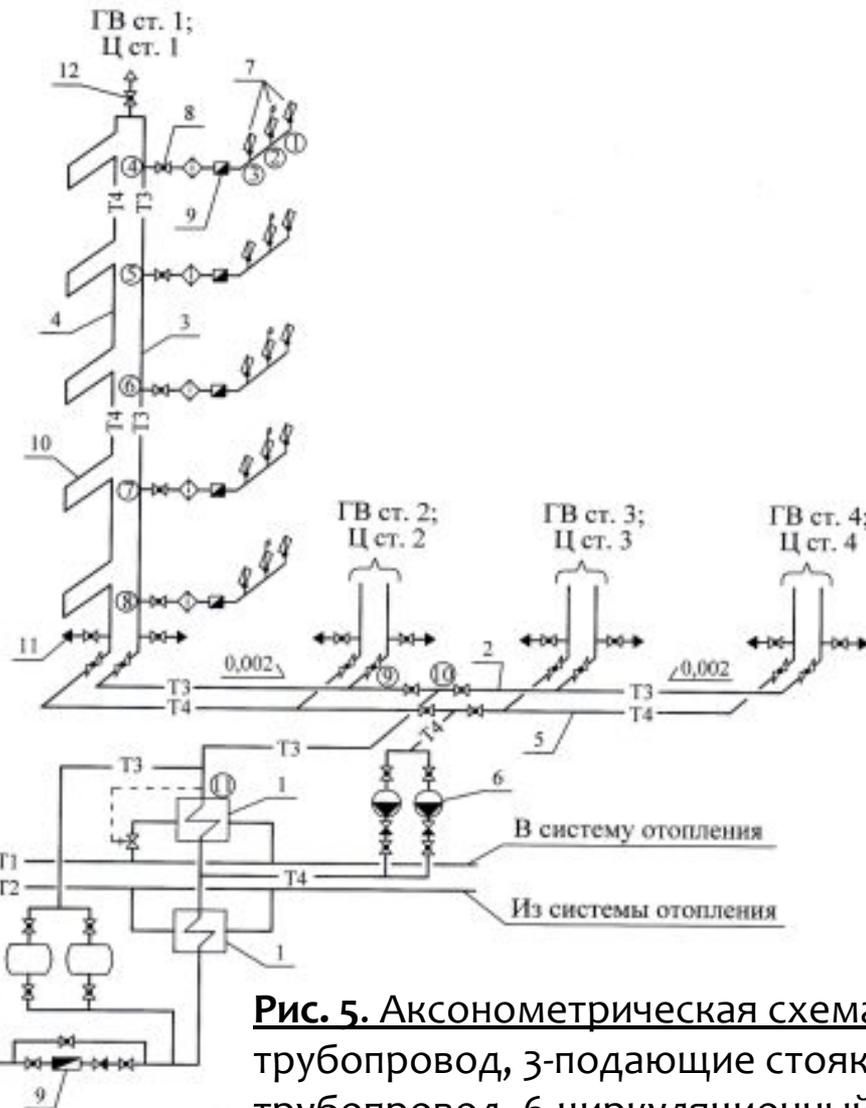


**Рис. 5.** Схема теплового пункта с двухступенчатым подогревателем горячего водоснабжения и зависимым присоединением отопительной системы: 1- задвижки, отделяющие тепловой пункт от сети; 2 - грязевик; 3 - регулятор температуры; 4 - подогреватель ступени II; 5 — регулятор расхода; 6 - задвижки, отделяющие тепловой пункт от отопительной системы; 7 - подогреватель ступени I; 8 - циркуляционный насос; 9 - регулятор подпора; 10 - водомер.

# АксонOMETрическая схема трубопроводов СГВ

Условные обозначения:

-  смеситель с душевой сеткой
-  смеситель
-  водомер
-  кран
-  бак закрытый с давлением выше атмосферного
-  подогреватель
-  циркуляционный насос
-  обратный клапан
-  фильтр
-  полотенцесушитель
-  регулятор температуры



**Рис. 5.** Аксонометрическая схема СГВ. 1- Подогреватели, 2-подающий трубопровод, 3-подающие стояки, 4-циркуляционные стояки, 5-циркуляц. трубопровод, 6-циркуляционный насос; 7-водоразборная и 8-запорная арматура, 9-водомер, 10-полотенцесушители, 11-спускники, 12- воздушники.

# Особенности системы ГВС

Для расчета СГВ выбирают только характерные, имеющие различное количество приборов и наиболее удаленные от подогревателя. Остальные стояки показываются в виде обрывов с соответствующей нумерацией (Рис. 5). Трубопроводы необходимо прокладывать с уклоном не менее 2 % в сторону теплового пункта, что обеспечит одновременно и удаление воздуха при водоразборе через верхние краны, и слив воды в тепловой пункт. Запорную арматуру располагают у оснований подающих и циркуляционных стояков (в подвале) и на подводках к приборам в каждую квартиру.

Трубопроводы, прокладываемые в подвале и на чердаке здания, должны иметь тепловую изоляцию. Водоразборные и циркуляционные стояки выполняются без тепловой изоляции. На основании рис. 5 выбирают расчетное направление от теплового пункта до наивысшей водоразборной точки самого удаленного стояка. Производят нумерацию отдельных участков и указывают их длины.

Ввиду неодновременного потребления горячей воды, фактический расход воды по трубопроводам существенно отличается от нормального. Этот расход принимается за расчетный и служит для определения диаметра трубопроводов. Расчетные секундные расходы горячей воды, л/с, при водоразборе и на участках трубопроводов следует определять по рассмотренным нами (семинар №3) формулам. Они воспроизведены ниже.

# Расчет расхода горячей воды

Максимальный секундный расход воды на расчетном участке сети  $g$ , л/с, при гидравлическом расчете теплопроводов системы горячего водоснабжения определяют по формуле

$$g = 5g_o \cdot \alpha, \quad (3)$$

где  $g_o$ , л/с - секундный расход горячей воды водоразборным прибором; следует определять отдельным прибором — в соответствии с Табл. 1.

**Таблица 1.** Нормы расхода горячей воды водоразборными приборами жилых домов, диаметр подводок трубопроводов к приборам и коэффициенты использования

Водоразборные приборы	Расход воды $g_o$ , л/с	Характерный расход воды за 1 час $g_{oh}$ , л	Условный диаметр трубопровода $d_y$ , мм	Коэффициент использования $K_{и}$
Смесители:	0,07	80	15	0,32
мойка	0,14	100	15	0,2
душ	0,1	150	15	0,42
ванна	0,2	200	15	0,28

**Примечание.** Характерным расходом воды следует считать наибольший ее расход по данным водоразборного прибора. Для жилых домов, в которых имеются ванны, этот расход принимается по смесителю ванны,  $g_o = 0,2$  л/с.

$\alpha$  - коэффициент, определяемый по [1, прил.4] в зависимости от общего количества приборов  $N$  на расчетном участке сети и вероятности их действия  $P$ .

# Расчет расхода горячей воды

$P$  - вероятность действия санитарно-технических приборов на участках сети при одинаковых водопотребителях в здании без учета изменения  $U/N$  находим из выражения

$$P = \frac{g_h \cdot U}{g_o \cdot N \cdot 3600} \quad (4)$$

где  $g_h$ , л/ч - норма расхода горячей воды в литрах одним потребителем в час наибольшего водопотребления, принимаемая согласно [Табл. 2].

$N$ — количество водоразборных приборов;  $U$  - количество водопотребителей.

Вероятность использования санитарно-технических приборов  $P_h$  для системы в целом определяем по формуле

$$P_h = \frac{3600 \cdot g_o \cdot P}{g_{oh}} \quad (5)$$

где  $g_{oh}$ , л/ч - часовой расход воды санитарно-техническим прибором [Табл. 1].

Часовой расход воды  $g_r$ , м<sup>3</sup>/сут (за сутки максимального водопотребления) находят для определения емкости бака-аккумулятора

$$g_r = 0,001 \cdot g_m \cdot U \quad (5)$$

где  $g_m$ , л/сутки - норма расхода горячей воды одним потребителем в сутки наибольшего водопотребления, принимается по [Табл. 2].

Расход горячей воды в средние сутки отопительного периода  $g_c$ , м<sup>3</sup>/сут. по уравнению

$$g_c = 0,001 \cdot g_{cr} \cdot U \quad (6)$$

где  $g_{cr}$  – среднесуточная норма расхода горячей воды, л/сут [Табл. 2].

Расход горячей воды  $g_{cr}$  используют при выполнении технико-экономических сравнений вариантов.

# Нормы расхода горячей воды

Таблица 2. Нормы расхода горячей воды одним потребителем жилого дома

Потребитель	Единица	Норма расхода горячей воды, л		
		Средняя в сутки за отопительный период $g_{ис}$	В сутки наибольшего водопотребления $g_m$	В час наибольшего водопотребления $g_h$
1. Жилые дома квартирного типа оборудованные:				
а) умывальниками, мойками, душами	<i>1 житель</i>	85	100	7,9
б) сидячими ваннами	<i>1 житель</i>	90	0	9,2
в) ваннами длиной от 1500 до 1700 мм	<i>1 житель</i>	105	120	10,0
2. Жилые дома при высоте более 12 этажей и повышенных требований к их благоустройству	<i>1 житель</i>	115	130	10,9

Значения коэффициентов  $\alpha$  ( $\alpha_{N,P}$ ) при  $P (P_{N,P}) \leq 0,1$  и любом числе  $N$ , а также при  $P (P_{N,P}) \leq 0,1$  и числе  $N > 200$

$NP$ или $NP_{N,P}$	$\alpha$ или $\alpha_{N,P}$								
0,015	0,200	0,072	0,307	0,33	0,558	1,20	1,071	5,1	2,592
0,015	0,202	0,074	0,309	0,34	0,565	1,25	1,096	5,2	2,626
0,016	0,205	0,076	0,312	0,35	0,573	1,30	1,120	5,3	2,660
0,017	0,207	0,078	0,315	0,36	0,580	1,35	1,144	5,4	2,693
0,018	0,210	0,080	0,318	0,37	0,588	1,40	1,168	5,5	2,726
0,019	0,212	0,082	0,320	0,38	0,595	1,45	1,191	5,6	2,760
0,020	0,215	0,084	0,323	0,39	0,602	1,50	1,215	5,7	2,793
0,021	0,217	0,086	0,326	0,40	0,610	1,55	1,238	5,8	2,826
0,022	0,219	0,088	0,328	0,41	0,617	1,60	1,261	5,9	2,858
0,023	0,222	0,090	0,331	0,42	0,624	1,65	1,283	6,0	2,891
0,024	0,224	0,092	0,333	0,43	0,631	1,70	1,306	6,1	2,924
0,025	0,226	0,094	0,336	0,44	0,638	1,75	1,328	6,2	2,956
0,026	0,228	0,096	0,338	0,45	0,645	1,80	1,350	6,3	2,989
0,027	0,230	0,098	0,341	0,46	0,652	1,85	1,372	6,4	3,021
0,028	0,233	0,100	0,343	0,47	0,658	1,90	1,394	6,5	3,053
0,029	0,235	0,105	0,349	0,48	0,665	1,95	1,416	6,6	3,085
0,030	0,237	0,110	0,355	0,49	0,672	2,00	1,437	6,7	3,117
0,031	0,239	0,115	0,361	0,50	0,678	2,1	1,479	6,8	3,149
0,032	0,241	0,120	0,367	0,52	0,692	2,2	1,521	6,9	3,181
0,033	0,243	0,125	0,373	0,54	0,704	2,3	1,563	7,0	3,212
0,034	0,245	0,130	0,378	0,56	0,717	2,4	1,604	7,1	3,244
0,035	0,247	0,135	0,384	0,58	0,730	2,5	1,644	7,2	3,275
0,036	0,249	0,140	0,389	0,60	0,742	2,6	1,684	7,3	3,307
0,037	0,250	0,145	0,394	0,62	0,755	2,7	1,724	7,4	3,338
0,038	0,252	0,150	0,399	0,64	0,767	2,8	1,763	7,5	3,369
0,039	0,254	0,155	0,405	0,66	0,779	2,9	1,802	7,6	3,400
0,040	0,256	0,160	0,410	0,68	0,791	3,0	1,840	7,7	3,431
0,041	0,258	0,165	0,415	0,70	0,803	3,1	1,879	7,8	3,462
0,042	0,259	0,170	0,420	0,72	0,815	3,2	1,917	7,9	3,493
0,043	0,261	0,175	0,425	0,74	0,826	3,3	1,954	8,0	3,524
0,044	0,263	0,180	0,430	0,76	0,838	3,4	1,991	8,1	3,555
0,045	0,265	0,185	0,435	0,78	0,849	3,5	2,029	8,2	3,585
0,046	0,266	0,190	0,439	0,80	0,860	3,6	2,065	8,3	3,616
0,047	0,268	0,195	0,444	0,82	0,872	3,7	2,102	8,4	3,646
0,048	0,270	0,20	0,449	0,84	0,883	3,8	2,138	8,5	3,677
0,049	0,271	0,21	0,458	0,86	0,894	3,9	2,174	8,6	3,707
0,050	0,273	0,22	0,467	0,88	0,905	4,0	2,210	8,7	3,738
0,052	0,276	0,23	0,476	0,90	0,916	4,1	2,246	8,8	3,768
0,054	0,280	0,24	0,485	0,92	0,927	4,2	2,281	8,9	3,798
0,056	0,283	0,25	0,493	0,94	0,937	4,3	2,317	9,0	3,828
0,058	0,286	0,26	0,502	0,96	0,948	4,4	2,352	9,1	3,858
0,060	0,289	0,27	0,510	0,98	0,959	4,5	2,386	9,2	3,888
0,062	0,292	0,28	0,518	1,00	0,969	4,6	2,421	9,3	3,918
0,064	0,295	0,29	0,526	1,05	0,995	4,7	2,456	9,4	3,948
0,065	0,298	0,30	0,534	1,10	1,021	4,8	2,490	9,5	3,978
0,068	0,301	0,31	0,542	1,15	1,046	4,9	2,524	9,6	4,008
0,070	0,304	0,32	0,550	1,20	1,071	5,0	2,558	9,7	4,037

# Значения коэффициента $\alpha$

NP или NP <sub>гр</sub>	α или α <sub>гр</sub>								
9,8	4,067	20,0	6,893	46,0	13,37	94	24,54	192	46,64
9,9	4,097	20,5	7,025	46,5	13,49	95	24,77	194	47,09
10,0	4,126	21,0	7,156	47,0	13,61	96	24,99	196	47,54
10,2	4,185	21,5	7,287	47,5	13,73	97	25,22	198	47,99
10,4	4,244	22,0	7,417	48,0	13,85	98	25,45	200	48,43
10,6	4,302	22,5	7,547	48,5	13,97	99	25,68	205	49,49
10,8	4,361	23,0	7,677	49,0	14,09	100	25,91	210	50,59
11,0	4,419	23,5	7,806	49,5	14,20	102	26,36	215	51,70
11,2	4,477	24,0	7,935	50	14,32	104	26,82	220	52,80
11,4	4,534	24,5	8,064	51	14,56	106	27,27	225	53,90
11,6	4,592	25,0	8,192	52	14,80	108	27,72	230	55,00
11,8	4,649	25,5	8,320	53	15,04	110	28,18	235	56,10
12,0	4,707	26,0	8,447	54	15,27	112	28,63	240	57,19
12,2	4,764	26,5	8,575	55	15,51	114	29,09	245	58,29
12,4	4,820	27,0	8,701	56	15,74	116	29,54	250	59,38
12,6	4,877	27,5	8,828	57	15,98	118	29,99	255	60,48
12,8	4,934	28,0	8,955	58	16,22	120	30,44	260	61,57
13,0	4,990	28,5	9,081	59	16,45	122	30,90	265	62,66
13,2	5,047	29,0	9,207	60	16,69	124	31,35	270	63,75
13,4	5,103	29,5	9,332	61	16,92	126	31,80	275	64,85
13,6	5,159	30,0	9,457	62	17,15	128	32,25	280	65,94
13,8	5,215	30,5	9,583	63	17,39	130	32,70	285	67,03
14,0	5,270	31,0	9,707	64	17,62	132	33,15	290	68,12
14,2	5,326	31,5	9,832	65	17,85	134	33,60	295	69,20
14,4	5,382	32,0	9,957	66	18,09	136	34,06	300	70,29
14,6	5,437	32,5	10,08	67	18,32	138	34,51	305	71,38
14,8	5,492	33,0	10,20	68	18,55	140	34,96	310	72,46
15,0	5,547	33,5	10,33	69	18,79	142	35,41	315	73,55
15,2	5,602	34,0	10,45	70	19,02	144	35,86	320	74,63
15,4	5,657	34,5	10,58	71	19,25	146	36,31	325	75,72
15,6	5,712	35,0	10,70	72	19,48	148	36,76	330	76,80
15,8	5,767	35,5	10,82	73	19,71	150	37,21	335	77,88
16,0	5,821	36,0	10,94	74	19,94	152	37,66	340	78,96
16,2	5,876	36,5	11,07	75	20,18	154	38,11	345	80,04
16,4	5,930	37,0	11,19	76	20,41	156	38,56	350	81,12
16,6	5,984	37,5	11,31	77	20,64	158	39,01	355	82,20
16,8	6,039	38,0	11,43	78	20,87	160	39,46	360	83,28
17,0	6,093	38,5	11,56	79	21,10	162	39,91	365	84,36
17,2	6,147	39,0	11,68	80	21,33	164	40,35	370	85,44
17,4	6,201	39,5	11,80	81	21,56	166	40,80	375	86,52
17,6	6,254	40,0	11,92	82	21,69	168	41,25	380	87,60
17,8	6,308	40,5	12,04	83	22,02	170	41,70	385	88,67
18,0	6,362	41,0	12,16	84	22,25	172	42,15	390	89,75
18,2	6,415	41,5	12,28	85	22,48	174	42,60	395	90,82
18,4	6,469	42,0	12,41	86	22,71	176	43,05	400	91,90
18,6	6,522	42,5	12,53	87	22,94	178	43,50	405	92,97
18,8	6,575	43,0	12,65	88	23,17	180	43,95	410	94,05
19,0	6,629	43,5	12,77	89	23,39	182	44,40	415	95,12
19,2	6,682	44,0	12,89	90	23,62	184	44,84	420	96,20
19,4	6,734	44,5	13,01	91	23,85	186	45,29	425	97,27
19,6	6,788	45,0	13,13	92	24,08	188	45,74	430	98,34
19,8	6,840	45,5	13,25	93	24,31	190	46,19	435	99,41

**Значения  
коэффициента α  
(продолжение)**

# Пример расчета расхода горячей воды

## Расход воды и гидравлический расчет ГВС ( Чудинов )

Расчет расхода ГВ на участке 3-4: приборов N=3, потребителей U=4

1. Потребители воды  $U := 4$  Секундный расход ГВ:  $g_0 := 0.2$  л/с (ванна, Табл.1)

2. Число смесителей  $N := 3$   $gh := 10$  - расход, л. в час на чел (Табл.2)

3. Вероятность работы смесителей  $P := \frac{gh \cdot U}{3600 \cdot g_0 \cdot N}$   $P = 0.0185$   $g_{oh} := 200$

4.Находим коэфф.  $\alpha := 0.282$  по значению  $P \cdot N = 0.0556$  (Прил.4)

5.Секундный расход ГВ в смесителе:  $g := 5 \cdot g_0 \cdot \alpha$   $g = 0.282$  л в сек

$g_{oh}$  - часовой расход воды, л. в сесителе (Табл.1)  $g_{oh} := 200$  л в час

Расчет расхода ГВ на участке 9-10: приборов N=30, потребителей U=40

1. Потребители воды  $U := 40$  Секундный расход ГВ:  $g_0 := 0.2$  л/с (ванна, Табл.1)

2. Число смесителей  $N := 30$   $gh := 10$  - расход, л. в час на чел (Табл.2)

3. Вероятность работы смесителей  $P := \frac{gh \cdot U}{3600 \cdot g_0 \cdot N}$   $P = 0.0185$   $g_{oh} := 200$

4.Находим коэфф.  $\alpha := 0.71$  по значению  $P \cdot N = 0.5556$  (Прил.4)

5.Секундный расход ГВ в смесителе:  $g := 5 \cdot g_0 \cdot \alpha$   $g = 0.71$  л в сек

$g_{oh}$  - часовой расход воды, л. в сесителе (Табл.1)  $g_{oh} := 200$  л в час

**Примеры расчетов выполнены в компьютерной среде MathCAD.**

# Результаты расчетов по определению расхода воды в системе ГВС

Таблица 3. Расчет секундных расходов по участкам системы ГВС (Рис.5)

Номера участков	Кол-во приборов $N$ , шт.	Кол-во потребителей $U$ , чел.	Расход воды прибором $g_0$ , л/с	Вероятность действия приборов $P$	Произведение $N \cdot P$	Коэффициент $\alpha$	Секундный расход на участке $g$ , л/с
1	2	3	4	5	6	7	8
1-2	1	-	0,14	0,0185	0,0185	0,211	0,211
2-3	2	-	0,2	0,0185	0,0370	0,250	0,250
3-4	3	4	0,2	0,0185	0,0555	0,282	0,282
4-5	3	4	0,2	0,0185	0,0555	0,282	0,282
5-6	6	8	0,2	0,0185	0,110	0,355	0,355
6-7	9	12	0,2	0,0185	0,1665	0,415	0,415
7-8	12	16	0,2	0,0185	0,222	0,467	0,467
8-9	15	20	0,2	0,0185	0,2775	0,510	0,510
9-10	30	40	0,2	0,0185	0,555	0,710	0,710
10-11	60	80	0,2	0,0185	1,110	1,025	1,025

# Гидравлический расчет ГВС

Полученные результаты расчетов по определению расхода воды на участках (Рис. 5) сведены в табл. 3. Расчет расхода тепла ГВС рассмотрены на предыдущем семинаре.

После определения расчетных секундных расходов выполняется предварительный гидравлический расчет. Окончательный гидравлический расчет выполняется с учетом циркуляционного расхода, компенсирующего теплопотери трубопроводами горячего водоснабжения. На основании гидравлического расчета определяются диаметры трубопроводов и потери давления в них. Далее выполняется подбор повысительных (при необходимости) и циркуляционных насосов.

Гидравлический расчет ведут сначала по наиболее удаленному направлению до наивысшей точки водоразбора. На рис. 5 таким направлением является 11-10-9-4-1. Затем рассчитывают ответвления исходя из давления в точке их присоединения к магистрали. Невязка потерь давления по ответвлениям и соответствующим частям основной ветви не должна превышать 10%.

При известном расходе воды  $g$  диаметр трубопровода  $d$  на участке подбирают по допустимой скорости движения воды  $w$ , которую в подающих трубах принимают не более 1,5 м/с, а в подводках к приборам – не более 2,5 м/с. Расход:  $g = w \cdot \pi d^2 / 4$ , (м<sup>3</sup>/с).

Расчет производится по табл. 4 (приведена ниже), которая составлена с учетом зарастания труб в процессе эксплуатации. Расход воды и ее скорость однозначно определяют диаметр трубы и удельные потери напора на участке.

Расход воды, л/с	Скорость движения воды W, м/с, и удельные потери давления в трубах R <sub>p</sub> , Па/м, с учетом зарастания труб при условном диаметре d <sub>y</sub> , мм												
	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100	123	150	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
0,05	0,3 172,6	0,14 33,4											
0,1	0,5 690	0,3 133,3	0,2 35,3	0,1 7,8									
0,2	1,0 2756	0,6 533,7	0,3 140,3	0,2 30,4	0,15 14,7								
0,3	1,5 6210	0,8 1200	0,5 315	0,3 68,7	0,29 33,4	0,14 8,3							
0,4	2,1 11046	1,1 2128	0,7 560	0,4 121,6	0,3 59,8	0,18 14,7	0,11 3,9						
0,5	2,6 17256	1,4 3335	0,9 875	0,5 190	0,4 99,2	0,23 23,5	0,14 6,8	0,1 2,5					
0,6		1,7 4797	1,0 1256	0,6 275	0,4 1334	0,27 33,4	0,17 9,8	0,12 3,9					
0,7		2,0 6533	1,2 1716	0,7 372,0	0,53 182,5	0,32 46,1	0,20 12,8	0,14 4,9	0,1 1,96				
0,8		2,3 8535	1,4 2236	0,8 4905	0,61 238,4	0,37 59,8	0,23 16,6	0,16 4,9	0,1 1,9				
0,9		2,5 10800	1,6 2835	0,9 617,0	0,7 301,2	0,41 75,5	0,25 21,6	0,18 7,8	0,1 3,96				
1,0		2,8 13332	1,7 3502	1,0 757,3	0,76 371,8	0,45 93,3	0,28 26,5	0,2 9,8	0,15 4,9				
1,5			2,6 7877	1,4 1716	1,14 836,8	0,68 209,9	0,42 59,8	0,29 22,6	0,22 9,8	0,17 5,4	0,1 1,4		
2,0				2,0 3051	1,5 1481	0,91 372,8	0,57 105,9	0,39 39,2	0,29 17,6	0,29 9,6	0,14 2,4		
2,5				2,5 4768	1,9 2325	1,1 582,7	0,71 165,8	0,49 61,8	0,36 28,4	0,29 14,7	0,17 3,7	0,12 0,12	
3,0				3,0 6857	2,3 3345	1,4 838,8	0,85 238,4	0,59 89,3	0,44 40,2	0,35 21,6	0,21 5,4	0,16 2,6	
3,5						2,6 4552	1,6 1138	0,99 324,7	0,69 121,6	0,51 54,9	0,4 29,4	0,24 7,4	0,18 3,5
4,0							1,8 1491	1,1 423,8	0,79 158	0,58 71,6	0,46 38,3	0,27 9,6	0,21 4,6
4,5							2,0 1884	1,3 536,6	0,88 200	0,66 91,2	0,52 48,1	0,31 11,8	0,23 5,9
5,0							2,3 2334	1,4 662,0	0,98 247	0,73 112,8	0,58 59,8	0,34 14,7	0,26 7,3
5,5							2,5 2815	1,6 800,0	1,1 299	0,8 136,4	0,63 7,3	0,38 18,6	0,29 8,8
6,0							2,7 3355	1,7 9534	1,2 356	0,88 162,0	0,69 86,3	0,41 21,6	0,31 10,8
6,5							2,9 3934	1,8 1118	1,3 418	0,95 101,0	0,75 101,0	0,45 25,5	0,34 12,8
7,0								2,0 1295	1,4 496	1,0 221,0	0,81 118,0	0,48 29,4	0,37 14,7
7,5								2,1 1491	1,5 557	1,1 253,0	0,87 134,0	0,52 34,3	0,39 16,7

# Потери давления в системе ГВС

Потери давления на отдельных участках сети ГВС определяют по формуле, Па:

$$\Delta P_{\text{уч}} = \rho \frac{w_i^2}{2} \left( \lambda \frac{L_i}{d_i} + \sum \xi_i \right) = P_{\partial} \left( \lambda \frac{L_i}{d_i} + \sum \xi_i \right) = R_i L_i + K_M \quad (7)$$

где  $\lambda$  – коэф. гидравлических потерь по длине труб,  $L$  – длина расчетного участка по плану, м;  $d$  – диаметр трубы, м;  $\sum \xi_i$  – сумма коэффициентов местных сопротивлений (Табл. 5 и 6);  $P_{\partial}$  – динамическое давление, Па;  $R_i$  – удельные потери давления на трение с учетом зарастания труб (Табл. 4), Па/м;  $w$  – скорость воды, м/с;  $\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $K_M = P_{\partial} \cdot \sum \xi$  – коэффициент, учитывающий потери на местных сопротивлениях, принимается по справочным данным [СНиП Н-34-76].

Общие потери давления в подающем трубопроводе от подогревателя до наиболее удаленной и высоко расположенной точки водоразбора определяют как сумма потерь на каждом из расчетных участков:  $\Delta P = \sum_{i=1}^n \Delta P_{\text{уч}.i}$  (8)

Предварительный гидравлический расчет подающих трубопроводов ограничивается определением диаметров трубопроводов и удельных потерь напора на участках, и его результаты заносятся в табл. 7. Окончательный гидравлический расчет выполняется с учетом гидравлических потерь в линиях циркуляционного расхода.

Для снижения начальных затрат на сооружение систем горячего водоснабжения применяются специальные аккумуляторы тепла. Объем аккумулятора рассчитывают на основе уравнения (1).

# Коэффициенты местных сопротивлений фитингов

Таблица 5. Коэффициенты местных сопротивлений фитингов

Вид местного сопротивления	Значение $\xi$	Примечание
Внезапное сужение в пределах перехода на следующий диаметр по ГОСТ 8731	0,35	Отнесен к участку с меньшим диаметром
Тройник проходной (на проходе $\xi_{\text{пр.}}$ )	1,0	Отнесен к участку с меньшим диаметром
Тройник поворотный (на ответвлении $\xi_{\text{от}}$ )	1,5	->>-
Крестовина проходная (на проходе $\xi_{\text{пр.}}$ )	2,0	->>-
Крестовина поворотная (на ответвлении $\xi_{\text{отв}}$ )	3,0	->>-
Отвод гнутый 90°	0,3	->>-

# Коэффициенты местных сопротивлений арматуры

Таблица 6. Коэффициенты местных сопротивлений арматуры

Вид местного сопротивления	Значение $\xi$ для диаметров, $d_y$ , мм					
	15	20	25	32	40	50 и более
Угольник 90 °	2,2	2,1	2	1,8	1,6	1,1
Пробочный кран	4	2	2	2	2	2
Вентиль прямой	11	7	6	6	6	6
Вентиль «косва»	3	3	3	2,5	2,5	2
Задвижка	0,5 $d_y=50-100$		0,25 $d_y=175-200$		0,15 $d_y=300$ и более	

Расчет потерь давления в системе ГВС  $i := 0..9$  - число участков

$w$  - скорость, м/с  $P_d$  - динамическое давление, Па  $K$  - коэф., учитывающий потери

$w :=$	$\begin{pmatrix} 1 \\ 1.3 \\ 1.4 \\ 0.8 \\ 1 \\ 0.7 \\ 0.8 \\ 0.5 \\ 0.7 \\ 0.78 \end{pmatrix}$
--------	---

$P_d :=$	$\begin{pmatrix} 490.3 \\ 833.6 \\ 961.1 \\ 314.8 \\ 490.3 \\ 240.7 \\ 314.8 \\ 122.6 \\ 240.7 \\ 292.2 \end{pmatrix}$
----------	--

$\Sigma \xi_i :=$	$\begin{pmatrix} 24.2 \\ 24.2 \\ 24.2 \\ 24.2 \\ 24.2 \\ 14.3 \\ 22.3 \\ 14.3 \\ 16.6 \\ 26.4 \end{pmatrix}$
-------------------	--

$K_i := P_{d_i} \cdot \Sigma \xi_i$	$K =$	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td><math>1.187 \cdot 10^4</math></td></tr> <tr><td>1</td><td><math>2.017 \cdot 10^4</math></td></tr> <tr><td>2</td><td><math>2.326 \cdot 10^4</math></td></tr> <tr><td>3</td><td><math>7.618 \cdot 10^3</math></td></tr> <tr><td>4</td><td><math>1.187 \cdot 10^4</math></td></tr> <tr><td>5</td><td><math>3.442 \cdot 10^3</math></td></tr> <tr><td>6</td><td><math>7.02 \cdot 10^3</math></td></tr> <tr><td>7</td><td><math>1.753 \cdot 10^3</math></td></tr> <tr><td>8</td><td><math>3.996 \cdot 10^3</math></td></tr> <tr><td>9</td><td><math>7.714 \cdot 10^3</math></td></tr> </table>		0	0	$1.187 \cdot 10^4$	1	$2.017 \cdot 10^4$	2	$2.326 \cdot 10^4$	3	$7.618 \cdot 10^3$	4	$1.187 \cdot 10^4$	5	$3.442 \cdot 10^3$	6	$7.02 \cdot 10^3$	7	$1.753 \cdot 10^3$	8	$3.996 \cdot 10^3$	9	$7.714 \cdot 10^3$
	0																							
0	$1.187 \cdot 10^4$																							
1	$2.017 \cdot 10^4$																							
2	$2.326 \cdot 10^4$																							
3	$7.618 \cdot 10^3$																							
4	$1.187 \cdot 10^4$																							
5	$3.442 \cdot 10^3$																							
6	$7.02 \cdot 10^3$																							
7	$1.753 \cdot 10^3$																							
8	$3.996 \cdot 10^3$																							
9	$7.714 \cdot 10^3$																							

# Расчет потерь давления СГВ в MathCAD

$R$  - удельные потери давления, Па/м  $\Delta P_{уч}$  - потери давления по участкам, Па

$R :=$	$\begin{pmatrix} 3100 \\ 4400 \\ 5530 \\ 1060 \\ 1700 \\ 615 \\ 760 \\ 202 \\ 390 \\ 395 \end{pmatrix}$
--------	---

$L :=$	$\begin{pmatrix} 1.5 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \\ 4 \\ 2 \\ 6 \end{pmatrix}$
--------	--

$\Delta P_{уч} := R \cdot L + K$	$\Delta P_{уч} =$	<table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td></td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td><math>4.834 \cdot 10^4</math></td></tr> <tr><td>1</td><td><math>5.665 \cdot 10^4</math></td></tr> <tr><td>2</td><td><math>5.973 \cdot 10^4</math></td></tr> <tr><td>3</td><td><math>4.409 \cdot 10^4</math></td></tr> <tr><td>4</td><td><math>4.834 \cdot 10^4</math></td></tr> <tr><td>5</td><td><math>3.992 \cdot 10^4</math></td></tr> <tr><td>6</td><td><math>4.349 \cdot 10^4</math></td></tr> <tr><td>7</td><td><math>3.823 \cdot 10^4</math></td></tr> <tr><td>8</td><td><math>4.047 \cdot 10^4</math></td></tr> <tr><td>9</td><td><math>4.419 \cdot 10^4</math></td></tr> </table>		0	0	$4.834 \cdot 10^4$	1	$5.665 \cdot 10^4$	2	$5.973 \cdot 10^4$	3	$4.409 \cdot 10^4$	4	$4.834 \cdot 10^4$	5	$3.992 \cdot 10^4$	6	$4.349 \cdot 10^4$	7	$3.823 \cdot 10^4$	8	$4.047 \cdot 10^4$	9	$4.419 \cdot 10^4$
	0																							
0	$4.834 \cdot 10^4$																							
1	$5.665 \cdot 10^4$																							
2	$5.973 \cdot 10^4$																							
3	$4.409 \cdot 10^4$																							
4	$4.834 \cdot 10^4$																							
5	$3.992 \cdot 10^4$																							
6	$4.349 \cdot 10^4$																							
7	$3.823 \cdot 10^4$																							
8	$4.047 \cdot 10^4$																							
9	$4.419 \cdot 10^4$																							

Суммарные потери давления:  $\Delta P := \sum_{i=0}^9 \Delta P_{уч_i} \quad \Delta P = 4.634 \times 10^5 = 463.4 \text{ кПа}$

# Таблица потерь давления в системе ГВ

Номер участка	Расход воды G, л/с	P <sub>0</sub> , Па	Длина по плану L, м	Предварительный расчет				
				Условный диаметр d <sub>y</sub> , мм	Скорость W, м/с	Удельные потери давления R <sub>p</sub> , Па/м	Сумма коэф. местных сопротивлений $\sum \xi_i$	Потери давления на участках ΔP <sub>уч</sub> , кПа
1-2	0,211	490,3	1,5	15	1,0	3100	24,2	48,34
2-3	0,250	833,6	1,0	15	1,3	4400	24,2	56,65
3-4	0,282	961,1	2,0	15	1,4	5530	24,2	59,73
4-5	0,282	314,8	3	20	0,8	1060	24,2	44,09
5-6	0,355	490,3	3	20	1,0	1700	24,2	48,34
6-7	0,415	240,7	3	25	0,7	615	14,3	39,92
7-8	0,467	314,8	3	25	0,8	760	22,3	43,49
8-9	0,510	122,6	4	32	0,5	202	14,3	38,23
9-10	0,710	240,7	2	32	0,7	390	16,6	40,47
10-11	1,025	292,2	6	40	0,78	395	26,4	44,19

# ЛИТЕРАТУРА

## Основная литература:

1. Свод правил СП 30.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85\*. Внутренний водопровод и канализация зданий" Дата введения 1 января 2013 г. (<http://www.center-pss.ru/stn/sp30-13330-2012.pdf>)
2. Теплоснабжение: Учебник для вузов/ Под ред. проф. А. А. Ионина/. — М.: Стройиздат, 1982.—336 с.
3. Тихомиров, К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция: учеб. для вузов/ К.В. Тихомиров, Э.С. Сергеенко.— М.: Стройиздат, 2007.— 480 с.
4. Кононова, М.С., Воробьева Ю.А. Теплогазоснабжение с основами теплотехники. Воронеж 2014, - 60 с.
5. СНиП 31-01-2003. Здания жилые многоквартирные. – Введен 2003-06-23. – М.: ГП ЦПП, 2003. – 20 с.
6. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. – Введ. 1999-06-11. –М.: ГУП ЦПП, 2000. – 71 с.
6. Теплогазоснабжение многоквартирного жилого дома. Учебно-методическое пособие/Д.М. Чудинов и др./ Изд.Воронежского ГАСУ, 2014,89 с.

# ЛИТЕРАТУРА

## Дополнительная литература:

1. Бирюзова Е.А. Теплоснабжение. Часть 1. Горячее водоснабжение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Бирюзова Е.А.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012.— 192 с
2. Подпоринов Б.Ф. Теплоснабжение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Подпоринов Б.Ф.— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2011.— 267 с.
3. Новопашина Н.А. Газопотребление и газораспределение. Часть 2. Надежность систем газоснабжения [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Новопашина Н.А., Филатова Е.Б.— Электрон. текстовые данные.— Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2011.— 152 с.
4. Шарапов В.И. Регулирование нагрузки систем теплоснабжения [Электронный ресурс]: монография/ Шарапов В.И., Ротов П.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Новости теплоснабжения, 2007.— 165 с.
5. Ефремов Г.И. Моделирование химико-технологических процессов. Учебник, М., ИНФРА-М, 2016.—255 с.