

Методические указания
к выполнению курсовой работы

“Горячее водоснабжение”

*для студентов специальности 270109
“Теплогазоснабжение и вентиляция”*

Составители

профессор, доктор технических наук **В.Н. Братенков**

доцент, кандидат технических наук **А.С. Кулешов**

доцент **Н.А. Харламова**

Рецензент

профессор, кандидат технических наук **В.А. Жила**

Студенты факультета ТГВ выполняют курсовую работу «Горячее водоснабжение» на основе индивидуальных заданий, выдаваемых преподавателем, используя библиографию [1, 2, 3] и другие источники.

СОСТАВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1. *Расчетно-пояснительная записка*, которая включает: характеристику квартала и жилого здания; обоснование и описание принятой системы горячего водоснабжения.

В характеристике здания необходимо указать количество и тип квартир, установленные водоразборные приборы. При описании инженерных систем отметить, где прокладываются трубопроводы, их материал; основные принятые конструктивные решения.

На отдельных листах миллиметровой бумаги, подшитых к записке, выполнить:

а) расчетную схему водоразборного узла и квартальной сети горячего водоснабжения;

б) график давлений (пьезометрический) в подающем трубопроводе (на входе в ЦТП) в режиме водоразбора и требуемую разность давлений в режиме циркуляции.

В записке необходимо представить формулы, использованные для расчета. На графики, таблицы и номограммы дать ссылки в тексте.

2. *Графическая часть*. На листах чертежей разместить:

- генплан квартала с нанесением квартальной сети горячего водоснабжения (подающий и циркуляционный трубопроводы);

- план первого (типового) этажа зданий (М 1:100). На плане показать приборы и трубопроводы системы горячего водоснабжения, обозначить номера водоразборных и циркуляционных стояков;

- аксонометрическую схему системы горячего водоснабжения квартала (М 1:100), указав на ней диаметры, длины участков и расходы воды;

- чертеж в аксонометрии квартирного водоразборного узла (М 1:100).

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. На плане первого (типового) этажа жилого дома нанести водоразборные приборы горячей воды, полотенцесушители, водоразборные стояки и разводящие трубы в квартирах; разводящие трубы в подвале обозначить штрихом.

Систему горячего водоснабжения зданий до 16 этажей проектируют с нижней разводкой трубопроводов по подвалу. Места расположения водоразборных приборов принимают в соответствии с планом типовой секции. В современных жилых зданиях, как правило, трубопроводы горячей воды в квартирах подводят к смесителям мойки, установленной на кухне, а также умывальника и ванны, установленных в ванной комнате. В настоящее время полотенцесушители подключают, как правило, к системе горячего водоснабжения здания, а конструктивно они являются составной частью водоразборных (подающих) стояков. Трубопроводы систем горячего водоснабжения следует проектировать из стальных оцинкованных труб.

2. Составить и вычертить аксонометрическую схему системы горячего водоснабжения зданий и квартальной сети.

В жилых и общественных зданиях высотой выше 4 этажей от 3 до 7 водоразборных стояков объединяются кольцующими перемычками в секционные узлы с присоединением каждого секционного узла одним циркуляционным стояком к сборному циркуляционному трубопроводу системы. Кольцующие перемычки прокладываются по чердаку или под потолком верхнего этажа при подаче воды снизу или по подвалу при подаче воды сверху. Диаметры кольцующих перемычек принимаются не менее наибольшего диаметра водоразборного стояка.

В жилых зданиях, оборудованных стандартными санитарно-техническими кабинками, диаметры всех водоразборных стояков в секционном узле (здание в целом или секция здания) одинаковы.

В жилых зданиях водоразборные стояки обычно прокладывают в шахтах сантехкабин. Там же, на ответвлении в квартиру от водоразборного стояка, устанавливают отключающее устройство (чаще всего вентиль). Циркуляционный стояк также помещают в шахте сантехкабины. Для подающих и циркуляционных трубопроводов систем горячего водоснабжения, включая внутриквартирную разводку, а также стояки в зданиях (кроме подводов к водоразборным приборам и полотенцесушителей), следует предусмотреть тепловую изоляцию. Для обеспечения выпуска воздуха и спуска воды трубопроводы горячего водоснабжения прокладывают с уклоном не менее 0,002. Устройства для выпуска воздуха предусматривают в верхних точках трубопроводов системы горячего водоснабжения. Выпуск воздуха возможен также через водоразборную арматуру, расположенную на верхних этажах. В нижних точках трубопроводов систем следует устанавливать спускные устройства. Спуск воды можно осуществлять также и из нижних водоразборных приборов, при этом дополнительных спускных устройств не требуется. В системе трубопроводов должна быть предусмотрена компенсация температурных удлинений.

Установить запорную арматуру на ответвлениях трубопроводов к секционным узлам водоразборных стояков и к отдельным зданиям; на ответвлениях трубопровода в каждую квартиру; у основания подающих и циркуляционных стояков в зданиях высотой 3 этажа и более.

3. Определить для участков квартальной сети расчетные расходы горячей воды в режиме водоразбора.

Особенностью системы горячего водоснабжения является то, что в разное время суток расходы воды в трубопроводах различны и зависят от величины разбора воды потребителями. Так, в часы максимального водопотребления в подающих трубопроводах расход воды максимальный, а циркуляционный расход воды или полностью отсутствует, или минимален (в зависимости от параметров циркуляционного насоса). Этот режим принято называть режимом максимального водопотребления. При минимальном водоразборе (или полном его отсутствии) в ночные часы расход воды в циркуляционных трубопроводах будет наибольшим. Этот режим принято называть режимом циркуляции.

Расчет подающих трубопроводов производится в режиме максимального водопотребления, а расчет циркуляционных трубопроводов – в режиме циркуляции.

Согласно СНиП 2.04.01-85 [1] максимальные расчетные расходы воды на участках подающего трубопровода определяются по требуемым (нормированным) расходам воды через водоразборные приборы (которые установлены экспериментально по необходимой скорости истечения воды), в зависимости от общего числа присоединенных приборов и вероятности их действия.

При этом учитывается, что одновременное включение в работу всех присоединенных приборов маловероятно. Поэтому максимальные расчётные расходы воды определяются по уровню доверительной вероятности, равной 99,73%, при котором практически обеспечивается большинство режимов в периоды наибольшего водопотребления, а возможность превышения расхода (как по величине, так и по продолжительности) настолько незначительна, что ей можно пренебречь.

Максимальный расход воды в л/с на участках подающего трубопровода в режиме водоразбора определяется по формуле

$$G_0 = 5g_0 \cdot \alpha = m \cdot g_0, \quad (1)$$

где g_0 – секундный расход воды в конкретном, расчётном или условно расчётном водоразборном приборе, л/с;

α – коэффициент, определяемый по принятому уровню доверительной вероятности в зависимости от общего числа присоединенных приборов N и вероятности их действия P по прил.4 [1];

m – число одновременно работающих водоразборных приборов с расходами воды g_0 , определяемое по принятому уровню доверительной вероятности.

Секундные расходы воды g_0 конкретными приборами и различными приборами, обслуживающими одинаковых потребителей (например, жилые здания), представлены в прил.2 и 3 [1].

Для различных приборов, обслуживающих разных потребителей (жилые и общественные здания или др.), секундный расход через условно расчётный прибор определяется как

$$g_0 = \frac{\sum_{i=1}^i N_i P_i g_{0i}}{\sum_{i=1}^i N_i P_i},$$

где g_{0i} - секундный расход через расчётный прибор для i -й группы потребителей, принимаемый по прил.3 [1];

P_i – вероятность действия расчётного прибора для i -й группы потребителей;

N_i - число установленных расчётных приборов для i -й группы потребителей.

Вероятность действия водоразборных приборов для участков сети определяется по следующим формулам:

- при одинаковых потребителях в зданиях и сооружениях

$$P = \frac{g_{hч,u} \cdot U}{3600 \cdot g_0 \cdot N};$$

- при отличающихся группах потребителей в зданиях и сооружениях различного назначения

$$P_{\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^i N_i P_i}{\sum_{i=1}^i N_i},$$

где $g_{hч,u}$ – норма расхода горячей воды на 1 потребителя в час наибольшего водопотребления, л/с, принимаемая по прил.3 [1] в зависимости от характеристики оборудования и приборов;

U – число потребителей.

Остальные обозначения представлены выше.

Число одновременно работающих приборов, включенных параллельно, каждый из которых функционирует независимо от других, может быть определено по теории вероятности из частной теоремы о повторении опытов: если вероятность появления события A (включение прибора) в одном опыте равна P , то вероятность того, что событие A появится в N независимых опытах m раз, будет определяться по формуле

$$P_{N,m} = C_N^m P^m (1-P)^{N-m},$$

где C_N^m - число сочетаний из N по m .

Рассмотрим участок, к которому присоединены 5 приборов.

Возможны следующие состояния системы:

- все приборы включены: $m_0 = 0$;
- включен один прибор: $m_1 = 1$;
- включены два прибора: $m_2 = 2$;
- включены три прибора: $m_3 = 3$;
- включены четыре прибора: $m_4 = 4$;
- включены пять приборов: $m_5 = N$.

Вероятности каждого состояния системы при $P = 0,014$ по формуле (2) см. в табл.1.

Таблица 1

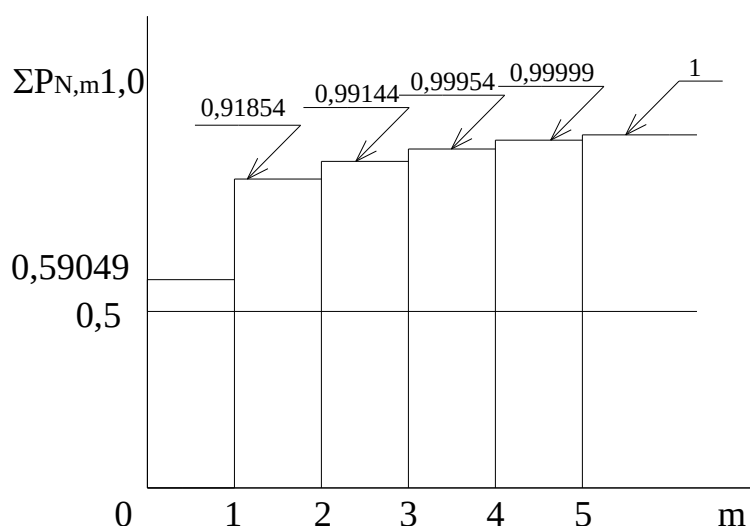
Значение случайной величины	$P_{N,m}$	Значение случайной величины	$P_{N,m}$
--------------------------------	-----------	--------------------------------	-----------

m_0	0.59049	m_3	0.0081
m_1	0.32805	m_4	0.00045
m_2	0.0729	m_5	0.00001

Так как рассмотрены все состояния, то сумма всех вероятностей $\sum_m^N P_{N,m} = 1$, т.е., уровень доверительной вероятности равен $P_{д.в} = 100\%$.

Для определения различных уровней доверительной вероятности построим функцию распределения случайной величины (возможных состояний системы).

Из рисунка видно, что чем выше уровень доверительной вероятности, тем большее количество возможных состояний системы учитывается в расчёте, т.е. больше расчётный расход воды. При $P_{д.в} = 0,99144$ из 5-ти установленных приборов будут работать не менее 2-х, при $P_{д.в} = 0,99954$ – не менее 3-х, и т.д.



Расчёт следует начинать с водоразборного стояка. При кольцующих перемычках расход на водоразбор будет поступать сверху и снизу, поэтому в качестве расчётного принимают определённый по формуле (1) расход воды для стояка с коэффициентом 0,7.

Для водонагревателей и начальных участков системы до первого водоразборного узла (стояка) расчётный расход горячей воды определяется с учётом циркуляционного расхода по формуле

$$G_0^{h,cir} = G_0(1 + K_{cir}),$$

где K_{cir} – коэффициент, принимаемый по прил.5 [1] в зависимости от отношения $\frac{G_0}{G_y}$ для системы в целом.

Циркуляционный расход горячей воды в системе при этом может быть определён по формуле

$$G_{ц} = 1,3 \frac{\sum Q_{ТП}}{4,19 \cdot \Delta t_{oon}},$$

где $\sum Q_{ТП}$ – теплотери всех водоразборных стояков, кВт;

$$\Delta t_{oon} = 8,5^\circ\text{C}.$$

Результаты расчётов расходов воды в подающих трубопроводах в режиме водоразбора сводятся в табл.2.

Форма табл.2

Номер участка	Кол-во жителей U	Кол-во водоразборных приборов N	Вероятность	NP	α	Расчетный расход воды G_0
---------------	------------------	---------------------------------	-------------	----	----------	-----------------------------

4. Подобрать диаметры стояков и участков квартальных подающих трубопроводов по вычисленным расходам, допуская максимальную скорость движения воды в трубах не более 3,0 м/с. Диаметр подводов принимают, как правило, равным $D_y = 15$ мм.

Здесь и в дальнейшем скорости воды и соответственно потери давления в трубах следует определять с учётом уменьшения внутренних диаметров труб вследствие образования наростов.

5. Найти потери давления в подающих трубопроводах квартальной системы. Потери давления на участках $\Delta P_{\text{под}}$ (Па) определить по формуле

$$\Delta P_{\text{под}} = K_M \cdot K_3 \cdot R \cdot \ell,$$

где R – удельные потери давления на трение при расчётном расходе воды на участке трубопровода, Па/м;

ℓ – длина участка трубопровода, м;

K_3 – коэффициент, учитывающий увеличение потерь давления вследствие зарастания внутренних поверхностей труб (значение K_3 можно принять равным 2,0);

K_M – коэффициент, учитывающий соотношение потерь давления на участке на трение и на местные сопротивления (1,2 – для подающих (распределительных) трубопроводов; 1,5 – для трубопроводов водоразборных стояков с полотенцесушителями; 1,1 – для циркуляционного стояка).

Расчёт потерь давления в узле в период водоразбора следует производить от точки присоединения данного узла к подающей магистрали до расчётной точки самого дальнего стояка. За расчётную точку принимают среднюю по высоте точку дальнего стояка, при этом необходимо принимать фактическую длину трубопровода стояка, учитывая полотенцесушители.

Результаты гидравлических расчётов подающих трубопроводов в режиме водоразбора следует свести в табл.3.

Форма табл.3

Номер участка	Длина участка ℓ , м	Расход воды G_0 , л/с	Диаметр участка D_y , мм	Скорость воды V , м/с		Удельные потери давления R , Па/м	Потери давления $\Delta P_{\text{под}}$, Па
				табличная	действительная		

6. Для дальнего водоразборного узла определить требуемый циркуляционный расход воды G_u^{∂} (кг/с) по формуле

$$G_u^{\partial} = \frac{Q_{ТП}}{c \cdot \Delta t_{\text{доп}}},$$

где $Q_{ТП}$ – потери тепла подающими трубопроводами узла, Вт;

c – теплоёмкость воды;

$\Delta t_{\text{доп}}$ – допустимое снижение температуры воды в трубопроводах (для узла $\Delta t_{\text{доп}}$ принимают равным 8,5⁰С).

Как отмечалось ранее, магистрали (в том числе и в подвале зданий) и подающие стояки должны иметь тепловую изоляцию. Не изолируются подводы к водоразборным приборам и полотенцесушители. Потери тепла трубопроводами $Q_{ТП}$ (Вт) определяют по формуле

$$Q_{ТП} = \pi \cdot k \cdot \ell \cdot D_n (t_z^{cp} - t_{окр.ср.}) (1-\eta),$$

где k – коэффициент теплопередачи неизолированной трубы, принимаемый равным 10 Вт/м² · град);

D_n – наружный диаметр трубы, м;
 t_z^{cp} – средняя температура воды в трубе (для систем горячего водоснабжения принимается равной 55°C);

$t_{окр.ср}$ – температура окружающей (воздуха):

- для шахт сантехкабин $t_{окр.ср} = 23^0C$,

- для подвала $t_{окр.ср} = 10^0C$,

- для чердака $t_{окр.ср} = 5^0C$,

- для стояков $t_{окр.ср} = 18^0C$;

ℓ – длина участка, м;

η – КПД изоляции, в зависимости от типа изоляции обычно составляет 0,6...0,8.

Суммарные теплотери узла состоят из теплотерь всех стояков с полотенцесушителями, теплотерь трубопроводов в подвале и на чердаке.

Подобрать диаметр циркуляционного стояка. Согласно СНиП 2.04.01-85 потери давления при циркуляционном расходе в узле от места присоединения водоразборного узла к распределительному подающему трубопроводу до места присоединения к распределительному циркуляционному трубопроводу должны быть $\Delta P_{уз}^u = 30...60$ кПа. Таким образом, удельную располагаемую потерю давления для циркуляционного стояка следует определять по формуле

$$R_{ц}^{cm} = \frac{\Delta P_{уз}^u - \Delta P_{нод}^u}{K_z \cdot K_m \cdot \ell_{ц.см}},$$

где $\Delta P_{нод}^u$ – потери давления в подающих трубопроводах узла при циркуляционном расходе, Па;

$\ell_{ц.см}$ – длина циркуляционного стояка, м;

K_z – коэффициент для циркуляционных трубопроводов (принять равным 1,3).

После подбора диаметра циркуляционного стояка вычислить фактические потери давления в дальнем узле в режиме циркуляции.

8. Определить расходы воды в трубопроводах в циркуляционном режиме и произвести гидравлический расчёт распределительного циркуляционного трубопровода.

Для обеспечения гидравлической устойчивости системы горячего водоснабжения суммарную потерю напора в циркуляционной магистрали от дальнего водоразборного узла до наиболее близкого к ЦТП ответвления можно принять равной фактической потере давления в дальнем узле в циркуляционном режиме. При этом ориентировочное значение удельной потери давления в циркуляционной магистрали составит

$$R_{ц.мп}^u = \frac{\Delta P_{уз}^u}{K_z \cdot K_m \cdot L_{ц.мп}}.$$

Расчёт начинается с последнего участка распределительного трубопровода, циркуляционный расход воды на котором определён по дальнему водоразборному узлу. По циркуляционному расходу воды и удельным падениям давления находят диаметр на участке циркуляционной магистрали и фактические падения давления. При этом скорость движения воды в трубопроводах не должна превышать 3 м/с.

$$\Delta P_{ц}^i = R_{ц.мп}^d \cdot \ell_{ц.мп}^i \cdot K_z \cdot K_m.$$

Потеря давления в подающем трубопроводе, на участке в циркуляционном режиме, могут быть определены из выражения

$$\frac{\Delta P_{нод,i}^u}{\Delta P_{нод,i}^s} = \left(\frac{G_{ц,i}}{G_{с,i}} \right)^2.$$

Располагаемая разность давлений и циркуляционный расход воды в ближайшем (по сравнению с дальним) водоразборном узле составят:

$$\Delta P_{yz,i-1} = \Delta P_{ц,i} + \Delta P_{под,i}^u + \Delta P_{yz,i};$$

$$G_{ц,i-1} = G_{ц,i} \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_{yz,i-1}}{\Delta P_{yz,i}}}.$$

Суммарный циркуляционный расход воды в распределительном трубопроводе, обслуживающем рассмотренные водоразборные узлы, будет равен

$$G_{ц,mp,i-1} = G_{ц,i-1} + G_{ц,i}.$$

Аналогично рассчитываются остальные участки распределительных трубопроводов.

Расчёт ответвлений от основного направления производится по равенству потерь давления в местах их присоединения. Предварительно оценивается удельное падение давления в циркуляционной магистрали ответвления из условия

$$R_{омв} \cdot L_{омв} = R_{ц,mp} \cdot \Delta L_{ц,mp}^{омв},$$

где $\Delta L_{ц,mp}^{омв}$ - расстояние от конца основного направления до начала ответвления;

$R_{ц,mp}$ - удельное падение давления по основному направлению.

Приняв циркуляционный расход воды в последнем водоразборном узле ответвления одинаковым с расходом в дальнем водоразборном узле, производится гидравлический расчёт участков ответвления так же, как и для основного направления. При этом скорость движения воды в трубопроводах не должна превышать 3 м/с, а потери давления для каждой ветви системы могут отличаться не более, чем на 10 %. При невозможности увязки давлений путём подбора диаметров труб следует предусмотреть установку диафрагм или регуляторов давления на циркуляционных трубопроводах.

Участок циркуляционного трубопровода от ЦТП до ближайшего ответвления рассчитывается по суммарному циркуляционному расходу воды и скорости движения воды не более 3 м/с.

Результаты гидравлического расчёта распределительных трубопроводов в циркуляционном режиме и циркуляционных расходов в водоразборных узлах сводятся в табл.4 и 5.

Форма табл.4

Номер участка	Длина участка ℓ , м	Расход циркуляционной воды $G_{ц}$, л/с	Диаметр участка циркуляционной магистрали D_y , мм	Фактическое удельное падение давления $R_{ц,mp}$, П/м	Падение давления по циркуляц. трубопроводам $\Delta P_{ц,mp}$, Па	Падение давления по подающему трубопроводу $\Delta P_{под}^u$, Па
---------------	--------------------------	--	--	--	--	--

Форма табл.5

Номер водоразборного узла	Падение давления в водоразборном узле ΔP_{yz} , Па	Расход циркуляционной воды в водоразборном узле G_{yz}^u , л/с
---------------------------	--	--

9.Произвести проверку гидравлической устойчивости системы по выражению

$$\Delta G = \frac{G_{ц}^{\phi} - n \cdot G_{ц}^{\partial}}{G_{ц}^{\phi}} \cdot 100 \leq 30\%$$

и при необходимости повторить расчёт, приняв меньшую величину удельного падения давления в циркуляционном трубопроводе.

10. Определить необходимое давление в подающем трубопроводе (на входе в ЦТП) в режиме водоразбора и требуемую разность давлений в системе в режиме циркуляции по зависимостям

$$P_{вод} = P_{геом} + P_{св} + \sum \Delta P_{под}^6 + 1,5 \cdot \Delta P_{н.у}^6 + \Delta P_{сч};$$

$$\sum P = \sum \Delta P_{ц} + \sum \Delta P_{под}^u + \Delta P_{уз} + 1,5 \cdot \Delta P_{н.у}^u,$$

где $P_{геом} = 0,01H$, МПа (H- геометрическая высота здания, м);

- $P_{св}$ - свободный напор перед водоразборным прибором;

- $\Delta P_{н.у}^6$ и $\Delta P_{н.у}^u$ - потери давления в водонагревательной установке (теплообменнике) в режимах водоразбора и циркуляции. Коэффициент 1,5 учитывает дополнительные потери в коммуникациях ЦТП. Ориентировочно $\Delta P_{н.у}^6 = 0,1 \text{ МПа}$;

$$\Delta P_{н.у}^u = \Delta P_{н.у}^6 \left(\frac{G_u}{G_6} \right)^2;$$

$\Delta P_{сч} = S \cdot G_6^2$ - падение давления в водомере по табл.4 [1];

$\Delta P_{уз}$ - потери давления в дальнем узле.

11. Построить графики давлений в системе в режимах водоразбора и циркуляции, приняв давление в водопроводе равным 0,6 МПа, определить схему присоединения и параметры хозяйственного, циркуляционного и циркуляционно-повысительного насоса.

12. Определить максимальный часовой расход воды на горячее водоснабжение, $\text{м}^3/\text{ч}$, по формуле

$$G_u = 0,005 \cdot g_{o,hx} \cdot \alpha_{hc},$$

где $g_{o,hc}$ – часовой расход горячей воды водоразборным прибором, л/ч, принимаемый:

- при одинаковых потребителях в зданиях или сооружениях по прил.3 [1];
- при разных потребителях в зданиях или сооружениях:

$$g_{o,hc} = \frac{\sum_1^i N_i \cdot P_i \cdot g_{o,hc,i}}{\sum_1^i N_i \cdot P_{hc,i}};$$

$P_{hc,i}$ - вероятность использования водоразборных приборов для системы в целом i-группы одинаковых потребителей, определяемая из выражения

$$P_{hc} = \frac{3600 \cdot P \cdot g_o}{g_{o,px}};$$

α_{hc} - коэффициент, определяемый по принятому уровню доверительной вероятности в зависимости от общего числа присоединенных приборов N и вероятности их действия по прил.4[1].

13. Найти средний часовой расход горячей воды за сутки (смену) максимального водопотребления, $\text{м}^3/\text{ч}$ по формуле

$$G_{cp} = \frac{\sum_i g_{qi} \cdot U_i}{1000 \cdot T};$$

где $g_{q,i}$ – норма расхода горячей воды, л, одним потребителем в сутки (смену) при наибольшем водопотреблении; принимается по прил.3[1];

T- расчетный период, ч.

14. Определить среднюю и максимальную часовую тепловую мощность (нагрузку) системы горячего водоснабжения, кВт:

$$Q_{cp} = 1,16 \cdot G_{cp} (55 - t_x) + \sum Q_{mn};$$

$$Q_u = 1,16 \cdot G_u (55 - t_x) + \sum Q_{mn}$$

$\sum Q_{mn}$ - тепловые потери трубопроводами, определяемые по [л.3].

15. Найти коэффициент часовой неравномерности:

$$K_u = Q_u / Q_{cp}$$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.04.01-85. Внутренний водопровод и канализация зданий. Нормы проектирования. М.: Стройиздат, 1986.
2. Теплоснабжение / А.А. Ионин, Б.А. Хлыбов, В.Н. Братенков, Е.Н.Терлецкая: Учебник для вузов. М.: Стройиздат. 1982
3. СП 41-101-95 Проектирование тепловых пунктов.М.: АВОК, 1996г.