

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ВОЛОГОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра теплогазоснабжения и вентиляции

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ
ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
ОТ ОТОПИТЕЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ
КОТЕЛЬНОЙ**

**Методические указания и задания
к курсовому проекту (курсовой работе)
по дисциплине «Горячее и холодное водоснабжение»**

Инженерно-строительный факультет

Направление подготовки: 13.03.01 – «Теплоэнергетика и теплотехника»

Профиль подготовки: «Промышленная теплоэнергетика»

ВОЛОГДА
2016

Проектирование системы горячего водоснабжения промышленного предприятия от отопительно-производственной котельной: методические указания к курсовому проекту (курсовой работе). – Вологда: ВоГУ, 2016. – 32 с.

В методических указаниях даны рекомендации по проектированию и методике расчета наружных систем горячего водоснабжения производственных зданий в соответствии со СНиП 2.04.01-85. Приведены основные сведения по определению расходов воды и теплоты на горячее водоснабжение зданий, расчету подающих и циркуляционных трубопроводов, подбору основного оборудования водоподогревательной установки отопительно-производственной котельной. Методические указания предназначены для бакалавров направления 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», профиль «Промышленная теплоэнергетика».

Данные методические указания являются переработанным и дополненным изданием методических указаний «Проектирование систем горячего водоснабжения от отопительно-производственной котельной», изданных в 2006 году, составитель Загребина Н.А., старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции.

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГУ

Составитель: О.В. Стратунов, старший преподаватель

Рецензент: С.М. Щекин, доцент кафедры теории и проектирования машин и механизмов

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с программой курса «Горячее и холодное водоснабжение» студенты, обучающиеся по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», профиль «Промышленная теплоэнергетика», выполняют курсовой проект «Проектирование системы горячего водоснабжения промышленного предприятия от отопительно-производственной котельной». Целями выполнения проекта являются закрепление теоретических знаний по основным вопросам курса, приобретение навыков самостоятельной работы при решении практических задач в области проектирования централизованных производственных инженерных сетей, ознакомление и приобретение опыта работы со справочной и нормативной литературой по горячему водоснабжению.

В курсовом проекте разрабатывается проект циркуляционной системы централизованного горячего водоснабжения (ГВ) промышленного предприятия с нагревом воды в котельной. В качестве исходных данных задаются: генплан предприятия, общее число рабочих и ИТР в цехах, располагаемое давление воды в водопроводе на вводе в котельную.

Основное внимание в курсовом проекте уделяется конструктивной разработке системы горячего водоснабжения, расчету внутризаводских трубопроводов, подбору циркуляционных или циркуляционно-повысительных насосов, расчету подогревателей горячего водоснабжения.

1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

В проекте разрабатывается в сокращённом объёме и упрощённом виде централизованная система горячего водоснабжения промышленного предприятия.

Во введении дать краткое описание системы горячего водоснабжения (СГВ) промышленного предприятия с указанием основных принятых конструктивных решений.

1. Определение среднечасовых и максимальных часовых расходов воды и теплоты на горячее водоснабжение, а также коэффициентов часовой неравномерности потребления горячей воды для всех зданий предприятия.

2. Разработка плана трассы сети горячего водоснабжения промышленного предприятия от котельной до каждого здания.

3. Подготовка расчетной схемы трубопроводов ГВ внутризаводской сети.

4. Гидравлический расчет подающих трубопроводов в режиме водоразбора и потерь давления в них в режиме циркуляции.

5. Гидравлический расчет циркуляционных трубопроводов внутризаводской сети горячего водоснабжения с увязкой потерь давления в циркуляционных кольцах.

6. Подбор оборудования для приготовления горячей воды в котельной (водомеры, циркуляционные или циркуляционно-повысительные насосы, подогреватели горячей воды).

7. Разработка мероприятия по защите трубопроводов горячего водоснабжения от внутренней и внешней коррозии.

В графическую часть курсового проекта входит:

1. Схема трубопроводов сети горячего водоснабжения предприятия в масштабе 1:1000.

2. Принципиальная схема горячего водоснабжения предприятия с показом водонагревательной установки, насосов, подающих и циркуляционных трубопроводов, водоразборных и контрольно-измерительных приборов.

3. Схема главной магистрали и одного из ответвлений для режима максимального водоразбора и режима циркуляции.

4. Спецификация на систему горячего водоснабжения.

2. СОСТАВ И ОБЪЕМ ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из расчётно-пояснительной записки объёмом не более 30 страниц формата А4 (210*297) машинописного текста и графической части, выполняемой на одном листе формата А1.

Расчётно-пояснительная записка включает в себя следующие разделы:

Введение

1. Исходные данные

2. Определение расчетных расходов горячей воды

3. Определение часовых расходов воды на горячее водоснабжение.

4. Определение расчетных расходов теплоты на горячее водоснабжение

5. Определение расчетных расходов воды на участках сети

5.1. Определение расчетных секундных расходов воды

5.2. Определение циркуляционных расходов воды

6. Гидравлический расчет трубопроводов системы горячего водоснабжения

6.1. Расчет подающих трубопроводов

6.2. Расчет циркуляционных трубопроводов

7. Подбор оборудования водоподогревательной установки в котельной
 - 7.1. Подбор подогревателя горячего водоснабжения
 - 7.2. Подбор циркуляционных насосов
 - 7.3. Подбор водосчетчиков

Заключение

Список использованных источников

Приложения

В записке должны быть приведены следующие графики и схемы:

Расчетная схема системы горячего водоснабжения

На чертежах приводится:

1. Схема трубопроводов сети горячего водоснабжения предприятия в масштабе 1:1000.
2. Принципиальная схема водонагревательной установки системы горячего водоснабжения промышленного предприятия.
3. Пьезометрический график.
4. Спецификация на систему горячего водоснабжения.

3. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ЗАПИСКИ

Оформление расчетно-пояснительной записки должно соответствовать требованиям ГОСТ 7.32-2001 и методическим рекомендациям по оформлению выпускных квалификационных работ, курсовых работ/проектов для студентов очной, очно-заочной (вечерней) и заочной форм обучения.

Записка представляется в сброшюрованном виде с титульным листом общепринятой формы. После титульного листа в записке приводится задание (бланк) на проект. Страницы следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту. Номер страницы проставляют в центре нижней части листа без точки.

Титульный лист включают в общую нумерацию страниц записки, но номер страницы на нем не проставляют. Приложения должны иметь общую с остальной частью записки сквозную нумерацию.

Размеры полей в записке должны быть следующие: левое – 30 мм, правое – 10 мм, нижнее и верхнее – 20 мм. Рамки на страницах наносить не допускается.

Структурными элементами расчетно-пояснительной записки являются: титульный лист, оглавление, введение, основная часть (разделы, подразделы, пункты), заключение, список использованных источников, приложения.

Заголовки структурных элементов располагаются в середине строки, без точки в конце, прописными буквами. Переносы слов в заголовках не допускаются.

Оглавление включает введение, номера и наименование всех разделов, подразделов и пунктов, заключение, список использованных источников, номера и наименование приложений с указанием номеров страниц, с которых начинаются эти элементы записки.

Введение должно содержать оценку современного состояния решаемой технической задачи, актуальность и новизну темы, основание и исходные данные для выполнения работы. Введение не нумеруется.

Основная часть делится на разделы, подразделы, пункты и подпункты (при необходимости). Она должна содержать выбор и обоснование технических решений, существо, методику и результаты выполненной работы.

Разделы должны иметь порядковую нумерацию в пределах основной части записки и обозначаться арабскими цифрами без точки, например 1, 2, 3 и т. д. Номер подраздела или пункта включает номер раздела и порядковый номер подраздела или пункта, разделенные точкой, например 1.1, 1.2, 1.3 и т. д. Если раздел или подраздел имеет только один пункт, то нумеровать его не следует.

Заключение должно содержать краткие выводы по результатам выполненной работы, оценку полноты решения поставленных задач, оценку технико-экономической эффективности или социальной значимости работы. Заключение не нумеруется.

Список использованных источников (учебников, справочников, статей и т. п.) составляется в порядке появления ссылок на них в тексте записки. Ссылки на источники следует указывать порядковым номером по списку в квадратных скобках, например [4, с. 102].

В приложения включаются дополнительные и вспомогательные материалы, в частности распечатки расчетов на компьютере, листинги программ, таблицы вспомогательных цифровых данных и т. п.

Приложения оформляют как продолжение данного документа на последующих его листах или выпускают в виде самостоятельного документа. На все приложения должны быть даны ссылки. Приложения располагают в порядке появления ссылок в тексте.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы. Слово «ПРИЛОЖЕНИЕ» и его порядковый номер (арабскими цифрами) располагаются в середине строки, без точки в конце, прописными буквами. Строкой ниже в скобках указывают «обязательное», «рекомендуемое» или «справочное». Приложение должно иметь заголовок, который записывают посередине.

Текст каждого приложения, при необходимости, может быть разделен на разделы, подразделы, пункты, подпункты, которые нумеруют в пределах каждого приложения. Перед номером ставится обозначение этого приложения. Приложения должны иметь общую с остальной частью документа сквозную нумерацию страниц.

Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Формулы набираются во встроенном редакторе формул. Порядок изложения в записке математических уравнений такой же, как и формул. Выше и ниже каждой формулы или уравнения должно быть оставлено не менее одной свободной строки.

Формулы следует нумеровать порядковой нумерацией в пределах всей записки арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке. Допускается нумерация формул в пределах главы. В этом случае номер формулы состоит из номера главы и порядкового номера формулы, разделенные точкой. Если в записке только одна формула, то ее не нумеруют.

После формулы ставят запятую и далее приводят пояснения к ней, т.е. расшифровку буквенных обозначений. Пояснения значений символов и числовых коэффициентов следует приводить непосредственно под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле. Первую строку пояснения к формуле начинают с двух пробелов и слова “где” без двоеточия, за ним следует буквенное обозначение, тире и расшифровка. Значение каждого символа и коэффициента следует давать с новой строки. Расшифровки отделяются друг от друга точкой с запятой.

Таблицы и иллюстрации (схемы, графики, рисунки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминается впервые, или на следующей странице. Таблицы и иллюстрации должны быть расположены так, чтобы их было удобно рассматривать без поворота записки или с поворотом ее по часовой стрелке. Таблицы и иллюстрации следует нумеровать арабскими цифрами порядковой нумерацией в пределах записки или раздела.

Ширина таблицы на странице должна соответствовать ширине текста раздела. Таблицу с большим числом строк допускается переносить на другой лист (страницу). При переносе части таблицы на другой лист (страницу) слово «Таблица», ее номер и наименование указывают один раз слева над первой частью таблицы, а над другими частями также слева пишут слова «Продолжение таблицы» и указывают номер таблицы.

Наименование таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

Иллюстрации, при необходимости, могут иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Под пояснениями пишут слово “Ри-

сунок” и указывают его номер и наименование по середине строки, например: Рисунок 1 – Расчетная схема трубопроводов горячего водоснабжения.

4. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Для выполнения курсового проекта вместе с заданием выдаются генплан завода с производственно-отопительной котельной в масштабе 1:2000.

По проекту на территории завода построены 19 зданий, в том числе три склада и две проходные. В складах и проходных горячее водоснабжение отсутствует. Режим работы завода в курсовом проекте принимаем односменным.

Число рабочих и ИТР, работающих на прямом производстве и производящих товарную продукцию, приведено в задании.

Число административных работников и служащих в заводоуправлении составляет примерно 10% от числа работающих в цехах.

При расчете расходов воды и теплоты на горячее водоснабжение отдельных цехов общее число рабочих и ИТР в курсовом проекте следует распределить по пяти цехам пропорционально их площади, принимаемой по генплану завода.

В бытовых помещениях производственных цехов, кроме умывальников для рабочих, расположены душевые, т.е. два разных потребителя в одном здании. Расчетная продолжительность работы душевых составляет 45 минут после каждой смены. Расход воды на одну душевую сетку за 45 минут по нормам равен 270 л [2, прил. 3]. Отсюда следует, что за этот период одной сеткой могут воспользоваться 4,5 потребителя ($60 \cdot 4,5 = 270$ л).

В обычных производствах группы 1б на каждые 15 человек по нормам должна быть одна душевая сетка, следовательно, душем после смены в таких цехах в среднем пользуются $4,5 \cdot 100 / 15 = 30\%$ от общего числа работающих в цехе. В производствах групп 1в, IIа, IVа на одну душевую сетку по нормам приходится 7 человек, т.е. душем в таких производствах пользуется примерно $4,5 \cdot 100 / 7 = 64,3\%$ от общего числа работающих в цехе.

Число работающих (ИТР, операторы котлов, лаборанты, слесари-ремонтники, обходчики тепловых сетей, электрики) в газовой котельной мощностью 30...50 Гкал/ч в среднем равно 30...40 человек.

В бытовых помещениях котельной также располагаются умывальники и душевые сетки. Следовательно, необходимо учесть количество работников, принимающих душ после смены.

Количество людей, пользующихся заводской столовой, ориентировочно можно оценить величиной 50...80% от общей численности работающих.

Нормы расхода горячей воды на предприятиях общественного питания приведены в литрах на одно условное блюдо (12,7 л/усл.бл), которое эквивалентно одному посетителю столовой.

5. КОНСТРУКТИВНАЯ РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

При конструировании систем горячего водоснабжения следует руководствоваться указаниями [1], [2].

Для горячего водоснабжения 9 заводских зданий в котельной устанавливается водоподогревательная установка, состоящая из пароводяных водоподогревателей, циркуляционных насосов и вспомогательного оборудования. При таком решении котельная является одновременно центральным тепловым пунктом (ЦТП) для предприятия.

Прокладка наружных сетей горячего водоснабжения по территории предприятия от котельной до каждого здания выполняется надземная, по низким опорам, а также по стенам зданий.

Подающие трубопроводы ТЗ прокладываются справа, а циркуляционные Т4 – слева по ходу движения воды от источника теплоты к зданиям. Для защиты от коррозии в наружных сетях ГВ используются стальные водогазопроводные оцинкованные трубы по ГОСТ 3262-75 с ППУ изоляцией. При диаметре более 150 мм применяются стальные электросварные трубы по ГОСТ 10704 с ППУ изоляцией.

Условный диаметр труб независимо от расчетного расхода воды должен приниматься для подающих трубопроводов ТЗ не менее 32 мм, а для циркуляционных трубопроводов Т4 – не менее 25 мм. Для компенсации тепловых удлинений трубопроводов используются П-образные или сильфонные (волнистые) компенсаторы, а также естественные повороты трассы с углом 90-135 градусов (самокомпенсация). Уклон трубопроводов для обеспечения спуска воды и выпуска воздуха независимо от способа прокладки и направления движения воды должен быть не менее 0,002.

Для отключения отдельных потребителей или ветвей устанавливается запорная арматура. На трубопроводах диаметром 50 мм и выше применяются задвижки (шаровые краны), при диаметрах менее 50 мм – вентили (шаровые краны до Ø50).

В нижних точках трассы располагаются устройства для спуска воды (спускники), в верхних точках устанавливаются вентили (шаровые краны) для выпуска воздуха (воздушники). В наружных тепловых сетях должна использоваться стальная арматура.

Дроссельные диафрагмы (шайбы), используемые для увязки потерь давления в циркуляционных системах горячего водоснабжения, следует выполнять из латуни или нержавеющей стали. Толщина диафрагмы в зависимости от диаметра, обычно 2-3 мм, диаметр отверстия во избежание засорения накипью и шламом должен быть не менее 10 мм. Если по расчету диаметр диафрагмы получается менее 10 мм, то разрешается вместо диафрагмы предусматривать установку балансировочных кранов для регулирования давления. Типоразмер балансировочного клапана подбирают по циркуляционному расходу и перепаду давления.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ

6.1. Максимальные секундные расходы воды

Подающие трубопроводы рассчитываются на максимальные секундные расходы воды $G_{\text{сек}}$, л/с, определяемые по формуле [2]:

$$G_{\text{сек}} = 5 \cdot g_0 \cdot \alpha, \quad (6.1)$$

где g_0 – секундный расход воды одним водоразборным прибором, л/с, принимаемый по приложению 3 [2];

α – вспомогательная безразмерная величина, зависящая от общего количества N водоразборных приборов на расчетном участке сети и вероятности их действия P . Значения α приведены в приложении 4 [2].

Вероятность действия водоразборных приборов систем водоснабжения для отдельного здания или группы зданий одинакового типа и назначения определяется по формуле [2]

$$P = \frac{m \times G_{\text{ч.наиб}}}{3600 \times g_0 \times N}, \quad (6.2)$$

где m – количество потребителей горячей воды в здании;

$G_{\text{ч.наиб}}$ – норма расхода горячей воды одним потребителем в час наибольшего водопотребления, принимаемая по приложению 3 [2];

Поскольку секундный расход воды на участке $G_{\text{сек}}$ зависит от произведения $P \times N$, то в расчетах удобно определять эту величину непосредственно без промежуточных вычислений

$$P \times N = \frac{m \times G_{\text{ч.наиб}}}{3600 \times g_0}. \quad (6.3)$$

Для участков наружной сети системы ГВ, обслуживающих группу зданий различного типа и назначения, вероятность действия приборов Р и секундный расход воды одним прибором g_o должны определяться как средневзвешенные величины по всем зданиям по формуле (1) и (4) СНиП 2.04.01-85* [2]. Подставляя в эти формулы произведения $N_i \times P_i$ из выражения (4) для отдельных зданий, получаем:

$$g_o = \frac{\sum_1^n (m \times G_{\text{ч.наиб}})}{\sum_1^n \left(\frac{m \times G_{\text{ч.наиб}}}{g_o} \right)_i}, \quad (6.4)$$

$$P \times N = \sum_1^n \left(\frac{m \times G_{\text{ч.наиб}}}{3600 \times g_o} \right)_i. \quad (6.5)$$

Например, по участку сети снабжаются горячей водой 2 здания:

столовая ($m=378$ чел, $G_{\text{ч.наиб}} = 12,7$ л/(ч×чел), $g_o=0,2$ л/с),

бытовой корпус механического цеха ($m=192$ чел, $G_{\text{ч.наиб}}=4,4$ л/(ч×чел), $g_o=0,1$ л/с) и душевые кабины этого цеха на 60 человек ($m=60$ чел, $G_{\text{ч.наиб}} = 5$ л/(ч×чел), $g_o=0,14$ л/с).

Расчетный расход горячей воды одним прибором по формуле (5) равен

$$g_o = \frac{(378 \cdot 12,7 + 192 \cdot 4,4 + 60 \cdot 5)}{\left(\frac{378 \cdot 12,7}{0,2} + \frac{192 \cdot 4,4}{0,1} + \frac{60 \cdot 5}{0,14} \right)} = 0,172 \text{ л/с}.$$

Произведение $N \times P$ на участке сети по формуле (6.5) равно

$$N \times P = \frac{378 \cdot 12,7}{3600 \cdot 0,2} + \frac{192 \cdot 4,4}{3600 \cdot 0,1} + \frac{60 \cdot 5}{3600 \cdot 0,14} = 9,61.$$

По таблице 2 приложения 4 [2]

при $N \times P = 9,61$ находим $\alpha=4,01$ и тогда максимальный секундный расход горячей воды на участке сети к двум зданиям будет равен

$$G_{\text{сек}} = 5 \cdot g_o \cdot \alpha = 5 \cdot 0,172 \cdot 4,01 = 3,449 \text{ л/сек.}$$

В крупных системах горячего водоснабжения от котельной в период максимального водоразбора на головных участках сети может сохраняться частичная циркуляция воды. В таких случаях, если $\frac{G_{\text{сек}}}{G_{\text{ц}}} \leq 2,1$, то расчетный

расход горячей воды на головных участках сети определяется с учетом остаточной циркуляции по формуле (14) СНиП 2.04.01-85* [2].

6.2. Циркуляционные расходы горячей воды

По пути движения горячей воды от водоподогревательной установки до водоразборных приборов потребителей, вследствие тепловых потерь подающими трубопроводами в окружающую среду, происходит остывание. При отсутствии водоразбора (в ночное время) вода может остывать до 25–35°C, поэтому возможен слив потребителями остывшей воды в канализацию, что приводит к потерям чистой воды и теплоты. Для предотвращения сливов остывшей воды в системах централизованного ГВ предусматривают устройство циркуляционных трубопроводов, с помощью которых вода непрерывно циркулирует в системе и дополнительно подогревается в водоподогревательной установке.

Минимальное количество воды, которое должно циркулировать в системе ГВ при отсутствии водоразбора, зависит от величины потерь теплоты подающими трубопроводами $Q_{т.п.под}$ и допустимого остывания горячей воды при ее движении от водоподогревательной установки до наиболее удаленного водоразборного прибора.

В закрытых системах теплоснабжения температура горячей воды в водоразборных приборах по нормам должна быть не менее 60°C [2], а максимально допустимая величина остывания равна $\delta t_{ост}=10^\circ\text{C}$.

Для вычисления циркуляционных расходов воды в первую очередь необходимо определить потери теплоты подающими трубопроводами $Q_{т.п.под}$.

В курсовом проекте система водоснабжения зданий не разрабатывается и неизвестны диаметры и длины трубопроводов внутренних систем ГВ, поэтому при расчете внутризаводской сети допускается определять потери теплоты в системах ГВ зданий по следующей упрощенной формуле [5, с. 42]

$$Q_{тп.зд.} = \frac{c \cdot m \cdot G_{ср.сут} \cdot (t_{ср.гв} - t_x) \cdot \rho \cdot K_{т.п.}}{24} 10^{-3}, \quad (6.6)$$

где c – теплоемкость воды, $c=4,19 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$;

m – количество потребителей горячей воды в здании;

$G_{ср.сут}$ – средняя суточная норма расхода горячей воды на одного потребителя [2];

$t_{ср.гв}$ – средняя температура горячей воды, разбираемой потребителями, в закрытых системах теплоснабжения;

t_x – средняя за отопительный сезон температура холодной воды в водопроводе, обычно $t_x = 5^\circ\text{C}$;

ρ – плотность воды, при средней температуре воды $t_{\text{ср.ГВ}} = 55^\circ\text{C}$
 $\rho = 985,7 \text{ кг/м}^3$;

$K_{\text{т.п}}$ – коэффициент, учитывающий потери теплоты трубопроводами горячего водоснабжения здания, например, для зданий без полотенцесушителей и неизолированными стояками $K_{\text{т.п}}=0,2$, для наружных сетей ГВ $K_{\text{т.п}}=0,05$.

Циркуляционный расход воды на здание, л/с, вычисляется по формуле:

$$G_u = \frac{b \cdot Q_{\text{тп.зд}}}{(3,6 \cdot c \cdot \rho \cdot \delta t_{\text{ост}})}, \quad (6.7)$$

где b – коэффициент разрегулировки циркуляционной сети, принимаемый при расчете наружной сети ГВ $b=1,3$, [2, с.9];

$\delta t_{\text{ост.}}$ – величина остывания воды в системе ГВ здания, при установке подогревателей горячего водоснабжения в котельной $\delta t_{\text{ост}}=8,5^\circ\text{C}$, а в индивидуальном тепловом пункте (ИТП) – $\delta t_{\text{ост.}}=10^\circ\text{C}$.

7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ НА УЧАСТКЕ СЕТИ

Общие потери давления Δp , кПа, на отдельном участке сети, определяются по формуле [5, с.235]

$$\Delta p = R \cdot L \cdot (1 + k_m) \cdot k_{\text{экс}} \cdot 10^{-3}, \quad (7.1)$$

где R – удельные потери давления на трение, Па/м;

L – длина участка, м;

k_m – коэффициент, учитывающий соотношение потерь давления в участке трубопровода на местные сопротивления и на трение [2];

- для магистралей и распределительных трубопроводов $k_m=0,2$;

- для водоразборных стояков с полотенцесушителями и трубопроводов в пределах теплового пункта $k_m=0,5$;

- для водоразборных и циркуляционных стояков без полотенцесушителей $k_m=0,1$;

$K_{\text{экс}}$ -коэффициент, учитывающий увеличение в процессе эксплуатации потерь давления в квартальных сетях и в результате заноса шламом и загрязнениями П-образных компенсаторов и коррозии трубопроводов.

Значения $K_{\text{экс}}$ зависят от качества исходной водопроводной воды и должны в каждом городе определяться по эксплуатационным данным. При отсутствии таких опытных данных допускается использовать значения $K_{\text{экс}}$, полученные для условий города Москвы и равные: для подающих трубопроводов квартальной сети $K_{\text{экс}}=5$, для циркуляционных трубопроводов квартальной сети $K_{\text{экс}}=2,5$, для остальных трубопроводов $K_{\text{экс}}=1$. В системах горячего водоснабжения, в которых вода проходит противонакипную и противокоррозийную обработку, для всех трубопроводов $K_{\text{экс}}=1$ [5].

Удельные потери давления на трение в Па/м определяются по формуле Дарси-Вейсбаха

$$R = \frac{1}{d_p} \lambda \cdot \frac{\rho w^2}{2}, \quad (7.2)$$

где λ – коэффициент трения, определяемый по формуле Прандтля [5];

ρ – плотность воды, при $t_{\text{ср.гв}} = 55^\circ\text{C}$ $\rho = 985,7 \text{ кг/м}^3$;

w – скорость воды, м/с;

$d_p = d_{\text{вн}} - \Delta d$ – расчетный диаметр трубопровода в метрах, который принимается меньше внутреннего диаметра чистой трубы на величину Δd , учитывающую зарастание трубопровода накипью; для систем ГВ, присоединенных к закрытым системам теплоснабжения, значения Δd допускается принимать по [4, с.102]; зарастание трубопроводов систем ГВ с непосредственным водоразбором из тепловых сетей не учитывается, т.е. $\Delta d=0$;

Скорость воды на участке трубопровода

$$w = \frac{0,001 \cdot G_{\text{сек}}}{0,785 \cdot d_p^2} = \frac{G_{\text{сек}}}{f}, \quad (7.3)$$

где $G_{\text{сек}}$ – секундный расход воды в л/с;

$f = 785 \times d_p^2$ – расчетное внутреннее сечение трубопровода, увеличенное в 1000 раз.

Подставляя значение скорости воды в формулу (7.2), получаем удобное выражение для определения удельных потерь давления на трение

$$R = S \cdot G_{\text{сек}}^2, \quad (7.4)$$

где S – характеристика гидравлического сопротивления трубопроводов, $(\text{Па/м})/(\text{л/с})^2$, равная

$$S = \frac{\lambda \cdot \rho}{785^2 \cdot d_p^5} \cdot \quad (7.5)$$

Значения Δd , f и S в зависимости от диаметров трубопроводов приведены в приложении Б.

8. РАСЧЕТ НАРУЖНОЙ СЕТИ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

На генплан предприятия наносится трасса сети горячего водоснабжения от котельной до каждого здания. После составляется расчетная схема внутризаводских трубопроводов.

На расчетной схеме показываются номера и длины участков, а также максимальные секундные и циркуляционные расходы воды. Нумерация расчетных участков производится следующим образом. Начальную точку сети в котельной обозначают цифрой 0. Конечные точки присоединения потребителей обозначают числами от 1 до K , где K – количество потребителей (зданий). Остальные узловые участки сети обозначают числами от $K+100$ до M , где M – общее количество расчетных участков в сети. Пример оформления расчетной схемы приведен на рисунке 1.

Расчет сети ведется в следующей последовательности:

Вначале рассчитываются подающие трубопроводы.

Определяются максимальные секундные расходы горячей воды на всех участках сети по формулам (6.1) – (6.6).

Прокладывается трасса сети горячего водоснабжения и определяются маршруты.

Путь воды от начальной точки сети (котельной) до каждой конечной точки (здания) называется маршрутом. Совокупность последовательного соединенных участков трубопроводов, по которым подается вода к каждому зданию называется ветвью сети.

Гидравлический расчет любой сети всегда начинают с расчетной ветви, снабжающей водой потребителя, находящегося в наиболее неблагоприятных условиях. В системах горячего водоснабжения это обычно или наиболее удаленный или наиболее высоко расположенный водоразборный прибор. Устанавливается это по средней величине удельных потерь давления на маршруте R_{cp} , Па/м, определяемой по формуле

$$R_{cp} = \frac{\Delta p_{расп} \times 10^3}{\sum L_m \times (1 + k_m) \times K_{экс}}, \quad (8.1)$$

где $\Delta p_{расп}$ – располагаемый перепад давлений для ветви, кПа, который может быть потерян в подающих трубопроводах на маршруте к рассматриваемому зданию;

$\sum L_m$ – сумма длин последовательно соединенных участков на маршруте от котельной к зданию, м;

k_m , $K_{экс}$ – коэффициенты, учитывающие местные сопротивления и степень эксплуатации системы трубопроводов.

Располагаемый перепад давлений находится из выражения

$$\Delta p_{расп} = p_{вод} - (\Delta p_{впу} + \Delta p_{зд} + p_{приб} + 9,81 \cdot H_{зд} + 9,81 \cdot H_{геод}), \quad (8.2)$$

где $p_{вод}$ – давление в водопроводе на вводе в котельную, кПа, приведенное в задании на курсовой проект;

$\Delta p_{впу}$ – потери давления в оборудовании, трубопроводах и арматуре водоподогревательной установки котельной для режима максимального водоразбора; в курсовом проекте можно принять $\Delta p_{впу} = 100 \div 120$ кПа;

$\Delta p_{зд}$ – потери давления во внутридомовой сети здания в режиме максимального водоразбора; поскольку в курсовом проекте внутренние системы ГВ во всех зданиях не разрабатываются, то потери давления в домовой сети с учетом подводок к приборам можно ориентировочно принять в зависимости от количества этажей $n_{эт}$ в здании $\Delta p_{зд} = (3 \div 7) \times n_{эт}$ кПа;

$p_{приб}$ – необходимое для свободного излива воды рабочее давление перед водоразборным прибором, принимаемое по приложению 2 [2]; для душевой кабины $p_{приб} = 30$ кПа;

$H_{зд}$ – геометрическая высота здания (высота одного этажа в производственных зданиях $3 \div 4$ м);

$\Delta H_{\text{геод}}$ – разность геодезических отметок земли у котельной и здания; в курсовом проекте разрабатывается небольшое предприятие со спокойным рельефом земли, поэтому можно принять $\Delta H_{\text{геод}} = 0$.

Значения $R_{\text{ср}}$ определяются для всех зданий предприятия. Расчет ведется в табличной форме. В графах 1, 2, 3, 4 приводятся номера расчетных точек на схеме, назначение здания, его этажность и длина маршрута $\sum L_{\text{м}}$ от котельной до здания. В графы 5, 6 помещаются значения $\Delta p_{\text{зд}}$ и $H_{\text{зд}}$, а в графы 6, 7 вычисленные значения $\Delta p_{\text{расп}}$, $R_{\text{ср}}$.

Если минимальное значение $R_{\text{ср}}$ для расчетной ветви окажется менее 20-30 Па/м, то это приведет к завышению диаметров трубопроводов и удорожанию наружной сети горячего водоснабжения. В таком случае в котельной для повышения давления целесообразно установить циркуляционно-повысительные насосы. Подбирая насосы необходимо учитывать, что рабочее давление у водоразборных приборов не должно превышать по условиям их прочности 600 кПа. При небольшой величине водоразбора давление перед приборами на первых этажах зданий, расположенных рядом с котельной, будет мало отличаться от давления после насоса, поэтому можно принять в формуле (8.2) $P_{\text{вод}} = 600$ кПа и по формуле (8.1) вычислить новые значения $R_{\text{ср}}$ для всех ветвей сети.

Гидравлический расчет начинается с расчетной ветви, для которой значение $R_{\text{ср}}$ оказалось наименьшим, и ведется в табличной форме.

В графах 1, 2, 3 записываются номера участков (начиная от котельной по направлению к потребителю), длины участков L в метрах и максимальные секундные расходы горячей воды $G_{\text{сек}}$.

По величине $G_{\text{сек}}$ подбирают такой диаметр трубопровода d_y , чтобы удельные потери давления R , вычисленные по формуле (7.4), были близки к значению $R_{\text{ср}}$ для рассчитываемой ветви. Выбранный диаметр заносится в графу 4 таблицы, а в графы 5, 6, 7 помещаются вычисленные по формулам (7.3), (7.4), (7.1) значения w , R , Δp для рассчитываемого участка.

При подборе диаметров следует соблюдать телескопичность сети, т.е. по ходу воды от котельной диаметр может только уменьшаться. Максимальный диаметр подающих трубопроводов наружной сети ГВ должен быть не менее 32 мм [1].

Основная задача гидравлического расчета заключается в максимально возможном использовании располагаемого давления на каждом маршруте, т.е. в соблюдении условия

$$\sum \Delta p_i < \Delta p_{\text{расп}}, \quad (8.3)$$

где $\sum \Delta p_i$ – сумма потерь давления в участках сети по пути воды от котельной до каждого конечного на маршруте потребителя. Чем более полно используется располагаемое давление, тем меньше диаметры участков и соответственно экономичнее сеть.

Потери давления в подающих трубопроводах определяются как в режиме максимального водоразбора $\Delta p_{\text{под}}$, так и в режиме циркуляции $\Delta p_{\text{под}}^{\text{ц}}$. Для отдельного здания циркуляционный расход горячей воды $G_{\text{ц}}$ находится по формуле (6.7). Для участка сети циркуляционный расход равен арифметической сумме расходов $G_{\text{ц}}$ для тех зданий, которые снабжаются водой по этому участку. Величина $G_{\text{ц}}$ заносится в графу 8 таблицы, а в графе 9 приводятся потери давления $\Delta p_{\text{под}}^{\text{ц}}$, вычисляемые по формуле

$$\Delta p_{\text{под}}^{\text{ц}} = \Delta p_{\text{под}} \cdot \left(\frac{G_{\text{ц}}}{G_{\text{сек}}} \right)^2. \quad (8.4)$$

Все остальные маршруты от котельной до потребителей рассчитываются аналогично расчетной ветви в порядке возрастания $R_{\text{ср}}$.

Расчет циркуляционных трубопроводов наружной сети горячего водоснабжения в целом ведется аналогично подающим трубопроводам, отличаясь в следующих частностях [2]:

1. Коэффициент $K_{\text{экс.ц}}$ в формуле (7.1) принимается равным $K_{\text{экс.ц}} = 0,5 \times K_{\text{экс.}}$, таким образом формула для расчета потерь давления в циркуляционных трубопровода преобразуется

$$\Delta p = R \cdot L \cdot (1 + k_{\text{м}}) \cdot k_{\text{ц.экс}} \cdot 10^{-3}. \quad (8.5)$$

2. Гидростатическое давление в системе ГВ, т.е. высота здания, не оказывает влияния на режим циркуляции, поэтому при одинаковых сопротивлениях СГВ зданий в наиболее неблагоприятных условиях (расчетная ветвь) оказывается наиболее удаленный от котельной потребитель. Расчет всех маршрутов производится в порядке уменьшения их суммарной длины от котельной до каждого здания. Для главной магистрали средние удельные потери давления на трение должны составлять около 100 Па/м.

3. Суммарные потери давления в циркуляционном кольце от котельной до потребителя определяются по формуле

$$\Delta p_{\text{ц.к}} = \sum \Delta p_{\text{ц}} + \sum \Delta p_{\text{под}}^{\text{ц}} + \Delta p_{\text{зд}}^{\text{ц}}, \quad (8.6)$$

где $\sum \Delta p_{\text{ц}}$ – сумма потерь давления в циркуляционном трубопроводе по рассматриваемому от начальной точки (котельная) до конечного потребителя, кПа;

$\sum \Delta p_{\text{под}}^{\text{ц}}$ – сумма потерь давления в подающих трубопроводах в режиме циркуляции по рассматриваемому маршруту от начальной точки (котельная) до конечного потребителя, кПа;

$\Delta p_{\text{зд}}^{\text{ц}}$ – потери давления внутридомовой сети здания в циркуляционном кольце, кПа.

4. Потери давления от котельной до наиболее удаленных стояков не должны отличаться для разных ветвей более чем на 10%. Невязка потерь давления между рассматриваемыми кольцами определяется по формуле (8.4)

$$\Delta = \frac{\Delta p_{\text{ц.к}} - \Delta p_{\text{ц.к}}^{\text{расч}}}{\Delta p_{\text{ц.к}}} \cdot 100\% = \pm 10\%. \quad (8.7)$$

При невозможности увязки потерь давления в кольцах путем соответствующего подбора диаметров труб следует предусматривать установку на циркуляционном трубопроводе дроссельной диафрагмы.

5. Минимальный диаметр циркуляционных трубопроводов наружной сети должен быть не менее 25 мм.

6. Расчет циркуляционных трубопроводов ведется в табличной форме.

Если потери давления в циркуляционном кольце в режиме циркуляции будут отличаться от потерь давления в расчетном кольце более чем на 10%, то следует установить дроссельную диафрагму, диаметр отверстия которой определяется по формуле (17) [2, с.10]. Допускается в курсовой работе диаметр отверстия диафрагмы находить по упрощенной формуле

$$d_{\text{отв}} = 38 \cdot \sqrt[4]{\frac{G_{\text{ц}}^2}{\Delta p_{\text{изб}}}}, \quad (8.8)$$

где $G_{\text{ц}}$ – циркуляционный расход воды, проходящей по трубопроводу, на котором устанавливается диафрагма, л/с;

$\Delta p_{\text{изб}}$ – избыточное давление в трубопроводе, которое необходимо погасить диафрагмой, кПа.

Избыточным давлением $\Delta p_{\text{изб}}$ в трубопроводе называется превышение потерь давления на главном циркуляционном кольце и определяется по формуле (8.9)

$$\Delta p_{изб} = \Delta p_{ц.к} - \Delta p_{ц.к}^{расч}. \quad (8.9)$$

Во избежание засорения диафрагмы продуктами коррозии и шламом, диаметр ее отверстия должен быть не менее 10 мм. Если по расчету диаметр диафрагмы получается менее 10 мм, то разрешается вместо диафрагмы предусматривать установку балансировочных кранов для регулирования давления. Эти краны не должны использоваться в качестве запорной арматуры.

9. ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

9.1. Подбор пароводяного подогревателя горячего водоснабжения

Водоподогревательная установка (ВПУ) в котельной, снабжающая горячей водой здания предприятия, состоит из пароводяных подогревателей, автоматических регуляторов температуры и расхода воды, устройств для противонакипной и противокоррозионной обработки воды, насосов, контрольно-измерительных приборов и другого оборудования. Представлена на рисунках 2а, 2б.

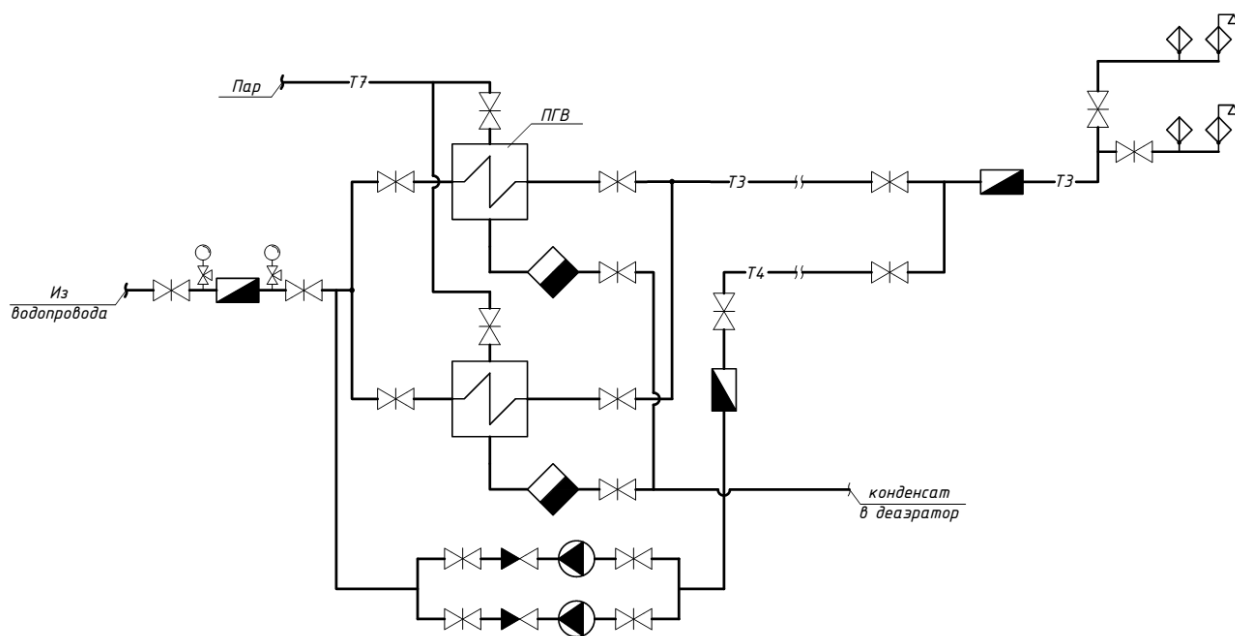


Рисунок 2а – Схема водоподогревательной установки с циркуляционными насосами

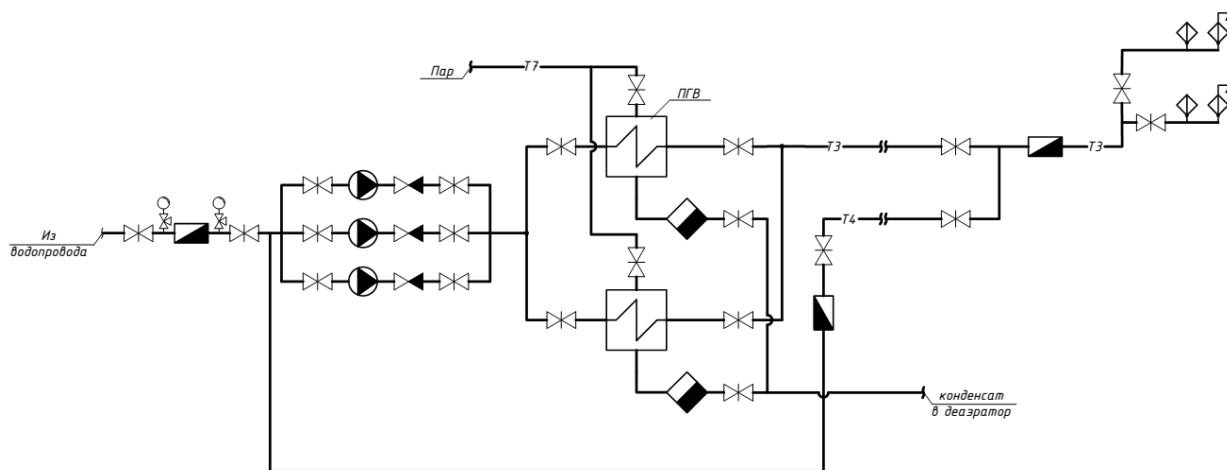


Рисунок 2б – Схема водоподогревательной установки с циркуляционными насосами

В курсовом проекте по горячему водоснабжению производится расчет подогревателей горячего водоснабжения, подбор циркуляционных или циркуляционно-повысительных насосов и водомеров, а остальное оборудование рассчитывается и подбирается в курсовом проекте по теплоснабжению, выполняемому на 4-м курсе.

Расчет подогревателей производится на максимальный часовой расход теплоты на горячее водоснабжение предприятия. Расчетная поверхность нагрева водоподогревателя определяется по формуле

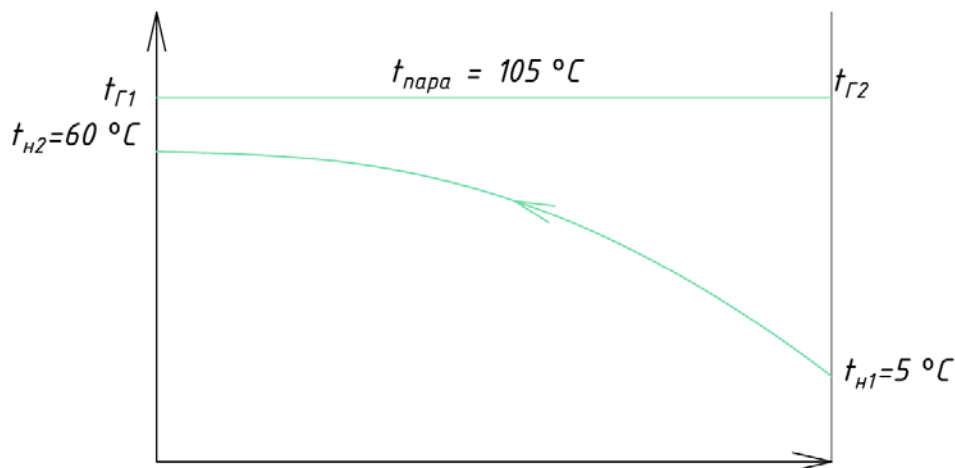
$$F = \frac{Q_{\text{ГВ}}^{\text{макс}}}{k \cdot \Delta t}, \quad (9.1)$$

где $Q_{\text{ГВ}}^{\text{макс}}$ – максимальный часовой расход теплоты на горячее водоснабжение, МДж/ч;

k – коэффициент теплопередачи, в курсовом проекте для пароводяных подогревателей можно принять $k=4000 \div 6000$ кДж/(ч·м²·град);

Δt – среднелогарифмический температурный напор, °С.

Среднелогарифмический температурный напор определяется по формуле



$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}}. \quad (9.2)$$

9.2. Подбор насосов для водоподогревательной установки

В котельной обычно устанавливаются центробежные насосы. Подбор типоразмера насоса производится в зависимости от его производительности G в $\text{м}^3/\text{ч}$ и напора H , м.

Циркуляционные насосы обеспечивают циркуляцию воды в системах централизованного горячего водоснабжения с целью предотвращения сливов остывшей в трубопроводах воды.

Производительность циркуляционного насоса $G_{\text{ц.н.}}$ зависит от потерь теплоты подающими трубопроводами и принимается равной циркуляционному расходу воды на головном участке сети, $G_{\text{ц}}$, (9.3)

$$G_{\text{ц.н.}} = 3,6 \cdot G_{\text{ц}}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (9.3)$$

Напор насоса должен быть не менее потерь давления в расчетном циркуляционном кольце и определяется по формуле

$$H_{\text{ц.н.}} = 0,1 \cdot \left[\left(\Delta p_{\text{впу}}^{\text{ц}} + \sum \Delta p_{\text{под}}^{\text{ц}} \right) \cdot \left(\frac{G_{\text{ц}} + \alpha \cdot G_{\text{сек}}}{G_{\text{ц}}} \right) + \Delta p_{\text{зд}}^{\text{ц}} + \sum \Delta p_{\text{ц}} \right], \quad (9.4)$$

где $\Delta p_{\text{впу}}^{\text{ц}}$ – потери давления в подогревателе ГВ и трубопроводах ВПУ при циркуляционном расходе воды $G_{\text{ц}}$; в курсовом проекте можно без расчета принять $\Delta p_{\text{впу}}^{\text{ц}} = 15 \div 25$ кПа;

$\sum \Delta p_{\text{под}}^{\text{ц}}$ – потери давления в подающих трубопроводах расчетной ветви при циркуляционном расходе, кПа;

x – доля максимального водоразбора $G_{\text{сек}}$, учитываемая при подборе циркуляционных насосов и в зависимости от мощности котельной принимаемая равной $x = 0,5 \div 0,7$ [4, с.110]; в курсовом проекте можно принять $x = 0$;

$\Delta p_{\text{зд}}^{\text{II}}$ – потери давления в здании в режиме циркуляции, кПа;

$\sum \Delta p_{\text{ц}}$ – потери давления в циркуляционных трубопроводах на расчетном маршруте, кПа.

По значениям $G_{\text{ц.н}}$ и $H_{\text{ц.н}}$ подбираются марка и типоразмер насоса с ближайшими табличными значениями G и H . Количество циркуляционных насосов принимается не менее двух, один из которых резервный. Схема установки циркуляционных насосов приведена в [4, с. 91], [5, с. 111].

Если при гидравлическом расчете подающих трубопроводов наружной сети ГВ выяснилось, что располагаемое давление в водопроводе на вводе в котельную $p_{\text{вод}}$ недостаточно, то для его повышения используются циркуляционно-повысительные насосы. Количество циркуляционно-повысительных насосов обычно принимается не менее трех, каждый из которых рассчитан на 50% общей производительности $G_{\text{цпн}}$.

Если принять давление после насосов 600 кПа, то требуемая величина их напора будет равна

$$H_{\text{пцн}} = 0,1 \cdot (600 - p_{\text{вод}}), \text{ м.} \quad (9.5)$$

Общая производительность насосов, $\text{м}^3/\text{ч}$, определяется в зависимости от максимального секундного расхода горячей воды на головном участке сети по формуле

$$G_{\text{цпн}} = 3,6 \cdot G_{\text{сек}} \cdot (1 + k_{\text{ц}}), \quad (9.6)$$

где $k_{\text{ц}}$ – коэффициент, учитывающий остаточную циркуляцию воды при максимальном водоразборе, значения которого приведены в прил.5[2]; при соотношении расходов воды на головном участке сети $G_{\text{сек}}/G_{\text{ц}} \geq 2,1$ $k_{\text{ц}} = 0$ [2].

После подбора насосов из справочной литературы и каталогов выписываются их технические характеристики: марка, паспортная производительность, полный напор, мощность на валу насоса и электродвигателя, коэффициент полезного действия насоса, диаметр рабочего колеса, скорость вращения.

9.3. Подбор водосчетчиков

Учет расхода воды предусматривается счетчиками холодной и горячей воды, устанавливаемыми перед подогревателями ГВ и на циркуляционном трубопроводе. Скоростные крыльчатые счетчики устанавливаются при рас-

четном максимальном расходе воды до 15 м³/ч, а турбинные – при большем расходе.

Потери давления, м, в счетчиках при расчетном расходе воды определяются по формуле

$$\Delta p_{\text{вод}} = S_{\text{вод}} G^2, \quad (9.7)$$

где $S_{\text{вод}}$ – гидравлическое сопротивление счетчика, принимаемое в зависимости от его диаметра (калибра), м/(м³/ч)², [2];

G – расчетный расход воды, м³/ч.

Потери давления в крыльчатых счетчиках не должны превышать 2,5 м, в турбинных – 1 м.

Калибр водосчетчика определяется исходя из расчетного расхода воды и допустимых потерь давления в водосчетнике. Полученное значение $S_{\text{вод}}^{\text{расч}}$ сравнивается со значением $S_{\text{вод}}^{\text{табл}}$ из таблицы 4 [2], выбирается ближайшее значение. По $S_{\text{вод}}^{\text{табл}}$ определяем типоразмер водосчетчика и уточняем потери давления.

10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСОВЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ И ТЕПЛОТЫ

10.1. Определение расчетных расходов воды

Средний часовой расход горячей воды, л/ч, на здание определяется в зависимости от количества потребителей m и средней суточной нормы расхода воды $G_{\text{сут.ср}}$ по формуле

$$G_{\text{ч.ср}} = \frac{m \cdot G_{\text{ср.сут}}}{24}, \text{ л/ч.} \quad (10.1)$$

Значения средней суточной нормы расхода горячей воды для различных потребителей приведены в приложении А методических указаний [2, прил.3].

Максимальный часовой расход горячей воды на здание в сутки наибольшего водопотребления, л/ч, определяется по формуле [2]

$$G_{\text{ч.макс}} = 5 \cdot G_0 \cdot \alpha_{\text{ч}}, \quad (10.2)$$

где G_0 – характерный (наибольший) часовой расход воды одним водоразборным прибором, значения которого для различных потребителей приведены в приложении 1;

$\alpha_{\text{ч}}$ – вспомогательная безразмерная величина, определяемая по приложению 4 [2] в зависимости от общего количества водоразборных приборов N в здании и вероятности использования их в час наибольшего водопотребления $P_{\text{ч}}$, равной

$$N \times P_{\text{ч}} = \frac{(m \cdot G_{\text{ч.наиб}})}{G_0}. \quad (10.3)$$

Максимальный часовой расход воды определяется в следующем порядке. Определяется величина произведения $N \times P_{\text{ч}}$, находится значение $\alpha_{\text{ч}}$ и по формуле (10.2) вычисляется $G_{\text{ч.макс}}$.

В инженерной практике максимальный часовой расход горячей воды в ряде случаев более удобно определять по формуле

$$G_{\text{ч.макс}} = k_{\text{ч}} \cdot G_{\text{ч.ср}}, \quad (10.4)$$

где $k_{\text{ч}}$ – коэффициент часовой неравномерности потребления горячей воды, показывающий, во сколько раз максимальный часовой расход воды больше среднечасового расхода.

Коэффициент часовой неравномерности может быть определен из выражения (10.4), если в него подставить значения $G_{\text{ч.ср}}$ и $G_{\text{ч.макс}}$ из формул (10.1) и (10.2)

$$k_{\text{ч}} = \frac{120 \cdot G_0 \cdot \alpha_{\text{ч}}}{m \cdot G_{\text{сут.ср}}}. \quad (10.5)$$

Также для определения $k_{\text{ч}}$ можно воспользоваться формулой

$$k_{\text{ч}} = \frac{120 \cdot G_{\text{ч.наиб}}}{G_{\text{сут.ср}}} \cdot \left(0,2 + \frac{0,6}{\sqrt{\frac{m \cdot G_{\text{ч.наиб}}}{G_0}}} + \frac{0,18}{\frac{m \cdot G_{\text{ч.наиб}}}{G_0}} \right), \quad (10.6)$$

где $G_{\text{ч.наиб}}$ – норма расхода воды в час наибольшего водопотребления, л/ч;

G_0 – часовая норма расхода воды одним водоразборным прибором здания, принимается по приложению 3 [2].

Из выражений (10.5) и (10.3) видно, что для зданий определенного назначения при известных значениях G_o , $G_{сут.ср.}$ и $G_{ч.наиб.}$ коэффициент часовой неравномерности зависит только от количества потребителей m , причем чем меньше величина m , тем больше неравномерность потребления горячей воды, т.е. больше k_q .

10.2. Определение расчетных расходов теплоты

Часовые расходы теплоты на горячее водоснабжение (средний $Q_{ГВ}^{ср}$ и максимальный $Q_{ГВ}^{макс}$), мДж/ч, определяются по формулам [2]

$$Q_{ГВ}^{ср} = c \cdot \rho \cdot G_{ср.ч} \cdot (t_{ГВ.ср} - t_x) \cdot (1 + k_{т.п.}) \cdot 10^{-3}, \quad (10.7)$$

$$Q_{ГВ}^{ср} = c \cdot \rho \cdot G_{ср.ч} \cdot (t_{ГВ.ср} - t_x) \cdot (k_q + k_{т.п.}) \cdot 10^{-3}, \quad (10.8)$$

где c – теплоемкость воды, $c=4,19$ кДж/кг $\cdot$ °C;

ρ – плотность горячей воды; при температуре 55°C, $\rho = 985,7$ кг/м³;

$G_{ч.ср}$ – средний часовой расход горячей воды, л/ч, определяемый по формуле (10.1);

$t_{ГВ.ср}$ – средняя температура горячей воды в трубопроводах водоразборных стояков; в закрытых системах теплоснабжения $t_{ГВ.ср} = 55^\circ\text{C}$;

t_x – средняя за отопительный сезон температура холодной воды в сети водопровода, обычно $t_x = 5^\circ\text{C}$;

$k_{т.п.}$ – коэффициент, учитывающий долю потерь теплоты трубопроводами горячей воды. $Q_{т.п.}$ – потери теплоты подающими и циркуляционными трубопроводами системы ГВ в окружающую среду, определяемые расчетом.

k_q – коэффициент часовой неравномерности потребления горячей воды.

Значения $K_{тп}$ приведены в [5, с.42]. Потери теплоты трубопроводами в окружающую среду происходят в наружных сетях и во внутренних системах ГВ зданий, т.е. коэффициент $K_{тп}$ складывается из двух частей $K_{тп} = K_{тп.н} + K_{тп.зд.}$. Коэффициент $K_{тп.н}$, учитывающий потери теплоты наружными сетями ГВ, при ЦТП принимается $K_{тп.н} = 0,05$, а при ИТП – $K_{тп.н} = 0$. Коэффициент $K_{тп.зд.}$, учитывающий потери теплоты трубопроводами внутренней сети ГВ здания, зависит от наличия полотенцесушителей тепловой изоляции стояков в системе ГВ.

Для системы ГВ здания без полотенцесушителей и с изолированными стояками $K_{тп.зд.} = 0,1$; для системы ГВ здания без полотенцесушителей и с не-

изолированными стояками $K_{\text{тп.зд}}=0,2$; для системы ГВ здания с полотенцесушителями и изолированными стояками $K_{\text{тп.зд}}=0,2$; для системы ГВ здания с полотенцесушителями и неизолированными стояками $K_{\text{тп.зд}}=0,3$ [7, с.33].

Определение расходов воды и теплоты для всех зданий предприятия ведется в табличной форме. В 1-й и 2-й графах таблицы записывается номер по схеме, назначение и характеристика здания, а в последующих 13 графах последовательно приводятся значения m , $G_{\text{сут.ср}}$, $G_{\text{ч.наиб}}$, G_o , $G_{\text{сут}}$, $G_{\text{ч.ср}}$, $N \times P_{\text{ч}}$, $\alpha_{\text{ч}}$, $G_{\text{ч.макс}}$, $Q_{\text{сут}}$, $Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср}}$, $k_{\text{ч}}$, $Q_{\text{ГВ}}^{\text{макс}}$.

При расчете расходов теплоты на ГВ в бытовках, в котельной и в гараже следует учитывать по 2 вида потребления горячей воды. В цехах и в котельной потребители используют воду на бытовые нужды (11 литров в смену на одного работающего) и на прием душа частью рабочих после смены (60 л/чел). В гараже предприятия стоят легковые машины ($G_{\text{сут}}=175$ литров на машину) и грузовые ($G_{\text{сут}} = 250$ литров на машину).

Для определения максимального часового расхода теплоты в целом по заводу коэффициент часовой неравномерности потребления горячей воды $k_{\text{ч}}$ можно принять как для жилых зданий в зависимости от условного числа потребителей $m_{\text{усл}}$, определяемого по формуле

$$m_{\text{усл}} = \frac{\sum G_{\text{сут}}}{G_{\text{сут}}^{\text{ж}}}, \quad (10.9)$$

где m – число потребителей в общественных зданиях, чел;

$\sum G_{\text{сут}}$ – общий расход горячей воды за сутки по предприятию, л/сут;

$G_{\text{сут}}^{\text{ж}}$ – суточная норма потребления горячей воды в жилых зданиях,

$G_{\text{сут}}^{\text{ж}}=105$ л/(сут·чел).

Значения коэффициентов часовой неравномерности $k_{\text{ч}}$ для жилых зданий в зависимости от количества потребителей m приведены в таблице [7].

Таблица

m	150	250	350	500	700	1000	1500	2000	2500	3000	4000	5000	6000
$k_{\text{ч}}$	5,15	4,5	4,1	3,75	3,5	3,27	3,09	2,97	2,9	2,85	2,78	2,74	2,7

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 124.13330.2012. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003: утв. Минрегионом России 30.06.2012 № 280. – Введ. 01.01.2013. – Москва: ФГУП ЦПП, 2013. – 73 с.
2. СП 30.13330.2012. Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*: утв. 29.12.2011 № 626. – Введ. 01.01.2013. – Москва: ФГУП ЦПП, 2013. – 61 с.
3. Внутренние санитарно-технические устройства: в 3-х ч. Ч. 2. Водопровод и канализация / под. ред. И.Г. Старовойтова и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва: Стройиздат, 1990. – 247 с.
4. Теплоснабжение: учеб. для вузов / А.А. Ионин, Б.М. Хлыбов, В.Н. Братенков, К.И. Терлецкая; под ред. А.А. Ионина. – Москва: Стройиздат, 1982. – 336 с.
5. Чистяков, Н.Н. Повышение эффективности работы систем горячего водоснабжения / Н.Н. Чистяков, М.М. Грудзинский, В.И. Ливчак и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Стройиздат, 1988. – 314 с.
6. Наладка и эксплуатация водных тепловых сетей: справочник / В.И. Манюк, Я.Н. Каплинский, Э.Б. Чиж и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Стройиздат, 1988. – 432 с.
7. СП-41-101-95. Своды правил по проектированию и строительству. Проектирование тепловых пунктов: утв. Минстроем России 01.07.1996. – введ. – Москва: ГУП ЦПП, 1997. – 78 с.
8. Основы современного теплоснабжения: учебник для студентов специальности 270109 – теплогазоснабжение и вентиляция / А.Л. Шкаровский, В.И. Шаврин. – СПбГАСУ. – Санкт-Петербург, 2011. – 384 с.
9. Проектирование систем горячего водоснабжения от отопительно-производственной котельной: методические указания к курсовым проектам / сост. Н.А. Загребина. – Вологда: ВоГТУ, 2006. – 29 с.

Приложение А
(обязательное)

Нормы расхода горячей воды потребителями

Назначение здания	Измери- тель	$G_{\text{сут.ср}}$, л/сут	$G_{\text{ч.наиб}}$, л/ч	G_o , л/ч
Жилые дома с ваннами длиной 1500-1700 мм, оборудованными душами	1 житель	105	10	200
Общеобразовательные школы с душевыми в спортзалах и столовыми на полуфабрикатах	1 ученик и 1 препода- ватель	3,0 3,4	1,0 1,0	60 60
Детские ясли-сады с дневным пребыванием детей и столовыми на полуфабрикатах	1 ребенок	11,5	4,5	60
То же, со столовыми, работающими на сырье, и прачечными		25,0	8,0	60
Поликлиники и амбулатории	1 больной	5,2	1,2	60
Административные здания, промтоварные магазины	1 работник	5,0	2,0	60
Предприятия общественного питания для пи- щи, реализуемой в зале	1 условное блюдо	12,7	12,7	200
Цехи с тепловыделениями свыше 84 кДж·ч/м ³	1 чел в смену	24	8,4	40
Обычные цехи (бытовые нужды работающих)		11	4,4	40
Прием душа в бытовке, спортзале, бассейне	1 чел	60	5,0	50
Гаражи при ручной мойке легковых машин	1 машина	175	17,5	200
Гаражи при ручной мойке грузовых машин	1 машина	250	25,0	200
Магазин продовольственный	1 продавец или 20 м ² торг.зала	65	9,6	200
Общежития с общими душевыми	1 житель	50	6,3	60
Общежития с общими кухнями и блоками ду- шевых в каждой секции		80	7,5	60
Гостиницы, пансионаты с общими душевыми	1 житель	70	8,2	200
Больницы с общими ваннами и душами	1 койка	75	8,4	60

П р и м е ч а н и я:

$G_{\text{сут.ср}}$ – норма расхода горячей воды в средние сутки на 1 потребителя;

$G_{\text{ч.наиб}}$ – норма расхода горячей воды в час наибольшего водопотребления;

G_o – часовой расход горячей воды прибором, л/час.

Нормы расхода горячей воды взяты из приложения 3 СНиП 2.04.01-85.

Приложение Б
(обязательное)

Гидравлические характеристики трубопроводов горячего водоснабжения

Условный диаметр	Закрытая система теплоснабжения			Открытая система теплоснабжения $\Delta d = 0$	
d_y , мм	Δd , мм	f	$S, \frac{\text{Па/м}}{(\text{л/с})^2}$	f	$S, \frac{\text{Па/м}}{(\text{л/с})^2}$
15	3,6	0,1149	$282,2 \times 10^3$	0,1935	$67,22 \times 10^3$
20	3,8	0,2377	$38,24 \times 10^3$	0,3528	$12,98 \times 10^3$
25	4,0	0,4189	$8,131 \times 10^3$	0,5765	$3,41 \times 10^3$
32	4,2	0,7888	$1,456 \times 10^3$	1,012	742,5
40	4,3	1,057	659,1	1,320	362,2
50	4,5	1,846	146,4	2,205	90,83
65	4,6	3,106	36,20	3,577	24,79
80	4,8	4,498	13,41	5,087	9,650
100	5,0	7,850	3,027	8,655	2,333
125	5,2	12,42	0,8904	13,47	0,7177
150	5,4	17,80	0,3418	19,10	0,2835
200	5,7	31,81	0,0732	33,64	0,0632
250	5,9	51,08	0,0209	53,47	0,0185

Приложение В
(обязательное)

Параметры счетчиков расхода воды

Условный диаметр, D_y , мм	15	20	25	32	40	50	65	80	100
Минимальный расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$	0,03	0,05	0,07	0,1	0,16	0,3	1,5	2,0	3,0
Эксплуатационный расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$	1,2	2,0	2,8	4,0	6,4	12	17	36	65
Максимальный расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$	3	5	7	10	16	30	70	110	180
Гидравлическое сопротивление S , $\text{м}/(\text{м}^3/\text{ч})^2$	1,11	0,4	0,204	0,1	0,039	0,011	0,0063	0,002	$5,9 \times 10^{-5}$

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	3
2. СОСТАВ И ОБЪЕМ ПРОЕКТА	4
3. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ЗАПИСИ.....	5
4. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.....	8
5. КОНСТРУКТИВНАЯ РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ	9
6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ	10
6.1. Максимальные секундные расходы воды	10
6.2. Циркуляционные расходы горячей воды	12
7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕРЬ ДАВЛЕНИЯ НА УЧАСТКЕ СЕТИ.....	13
8. РАСЧЕТ НАРУЖНОЙ СЕТИ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ.....	15
9. ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ВОДОПОДОГРЕВАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ	21
9.1. Подбор пароводяного подогревателя горячего водоснабжения	21
9.2. Подбор насосов для водоподогревательной установки	23
10. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСОВЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ И ТЕПЛОТЫ	25
10.1. Определение расчетных расходов воды	25
10.2. Определение расчетных расходов теплоты.....	27
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	29
Приложение А. Нормы расхода горячей воды потребителями.....	30
Приложение Б. Гидравлические характеристики трубопроводов горячего водоснабжения.....	31
Приложение В. Параметры счетчиков расхода воды.....	31

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ОТ ОТОПИТЕЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ КОТЕЛЬНОЙ

Методические указания и задания к курсовому проекту (курсовой работе)
по дисциплине «Горячее и холодное водоснабжение»

Редактор – Л.А. Перерукова
Оригинал-макет – О.М. Ванчугова

Подписано в печать 21.12.2015 г. Формат 60 × 84/16.

Усл. п. л. 2,0. Тираж 20 экз. Заказ №

РИО ВоГУ. 160000, г. Вологда, ул. С. Орлова, 6.