



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Сборник задач
по дисциплине
«Теплогазоснабжение и вентиляция»

**«Гидравлическая
устойчивость тепловых
сетей»**



Авторы
Тихомиров С.А.,
Гришин Г.С.,
Федоровский В.Г.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Методические указания предназначены для обучающихся по очной и заочной формам по направлению 08.03.01 «Строительство», профиль «Теплогазоснабжение и вентиляция».

Рассматривается устройство гидравлического стенда, имитирующего работу двухтрубной водяной системы теплоснабжения, производится изучение гидравлических режимов тепловой сети, в том числе с насосной подстанцией на обратной линии теплосети, а также гидравлическая устойчивость тепловых сетей.

Авторы

к.т.н., доцент, заведующий каф. «ТиВ» Тихомиров С.А.,
ассистент кафедры «ТиВ» Гришин Г.С.,
ассистент кафедры «ТиВ» Федоровский В.Г.



Оглавление

Лабораторная работа №1 «Моделирование гидравлических режимов двухтрубных тепловых сетей»	4
1. Введение	4
2. Цель работы	4
3. Устройство и принцип работы гидравлического стенда	4
4. Подготовка гидравлического стенда к проведению лабораторной работы	9
5. Последовательность проведения лабораторной работы	9
Контрольные вопросы	11
Лабораторная работа №2 «Графики давлений»	12
1. Введение	12
2. Цель работы	14
3. Подготовка гидравлического стенда к проведению лабораторной работы	14
4. Последовательность проведения лабораторной работы	15
Контрольные вопросы	16
Лабораторная работа №3 «Гидравлическая устойчивость тепловых сетей»	18
1. Введение	18
2. Цель работы	20
3. Подготовка гидравлического стенда к проведению лабораторной работы	20
4. Последовательность проведения лабораторной работы	21
Контрольные вопросы	23
Литература	24

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

«МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ДВУХТРУБНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ»

1. Введение

Современные водяные системы теплоснабжения представляют собой сложные гидравлические системы, в которых работа отдельных звеньев находится во взаимной зависимости. Гидравлический режим тепловых сетей находится под влиянием большого числа различных факторов, таких как: профиль местности; высота присоединяемых систем теплоснабжения; количество работающих сетевых, подпиточных, смесительных и других насосов; конфигурация сети и т.д.

Разработка гидравлического режима является важнейшим этапом проектирования и эксплуатации систем теплоснабжения. Правильный гидравлический режим системы является основой надежного и качественного снабжения потребителей тепловой энергией. Практическое изучение гидравлических режимов водяных тепловых сетей весьма удобно производить на действующих моделях таких систем.

2. Цель работы

1. Изучение устройства и принципа работы гидравлического стенда, представляющего собой модель двухтрубной водяной тепловой сети.
2. Изучение порядка подготовки гидравлического стенда к проведению последующих лабораторных работ.
3. Приобретение навыков моделирования на лабораторном стенде характерных гидравлических режимов тепловой сети – гидростатического и гидродинамического.
4. Изучение влияния работы насосных подстанций и запорно-регулирующей арматуры на гидравлические режимы в тепловых сетях.

3. Устройство и принцип работы гидравлического стенда

Гидравлический стенд представляет собой действующую модель двухтрубной водяной тепловой сети, которая состоит из следующих основных элементов (рис.1):

- источник тепла (котельная);
- тепловая сеть;

Гидравлическая устойчивость тепловых сетей

- абонентские вводы;
- контрольно-измерительные приборы (КИП) и запорно-регулирующая арматура.

3.1. Котельная

Котельная представлена сетевым насосом **1**, подпиточным насосом **2**, пультом управления насосными установками **4** и сборным баком **3**, служащим также подпиточным при работе насоса **2** в режиме подпитки сети. Циркуляционный насос предназначен для обеспечения циркуляции теплоносителя и изменения гидравлического режима в тепловой сети. Подпиточный насос необходим для заполнения тепловой сети и ее подпитки – возмещение потери (утечки) воды в процессе эксплуатации. В отличие от сетевого насоса, подпиточный насос должен перемещать незначительное количество воды и развивать сравнительно большое давление, превышающее гидростатическое.

3.2. Тепловая сеть

Тепловая сеть – система трубопроводов, по которой транспортируют и распределяют между потребителями теплоноситель. Тепловая сеть – основное звено системы теплоснабжения, в значительной степени определяющее надежность, качество и экономичность подачи теплоты потребителям. Для регулирования сопротивления сети на каждом ее участке установлена запорно-регулирующая арматура. На четвертом участке тепловой сети установлена перемычка **2** для проведения гидравлических испытаний трубопроводов.

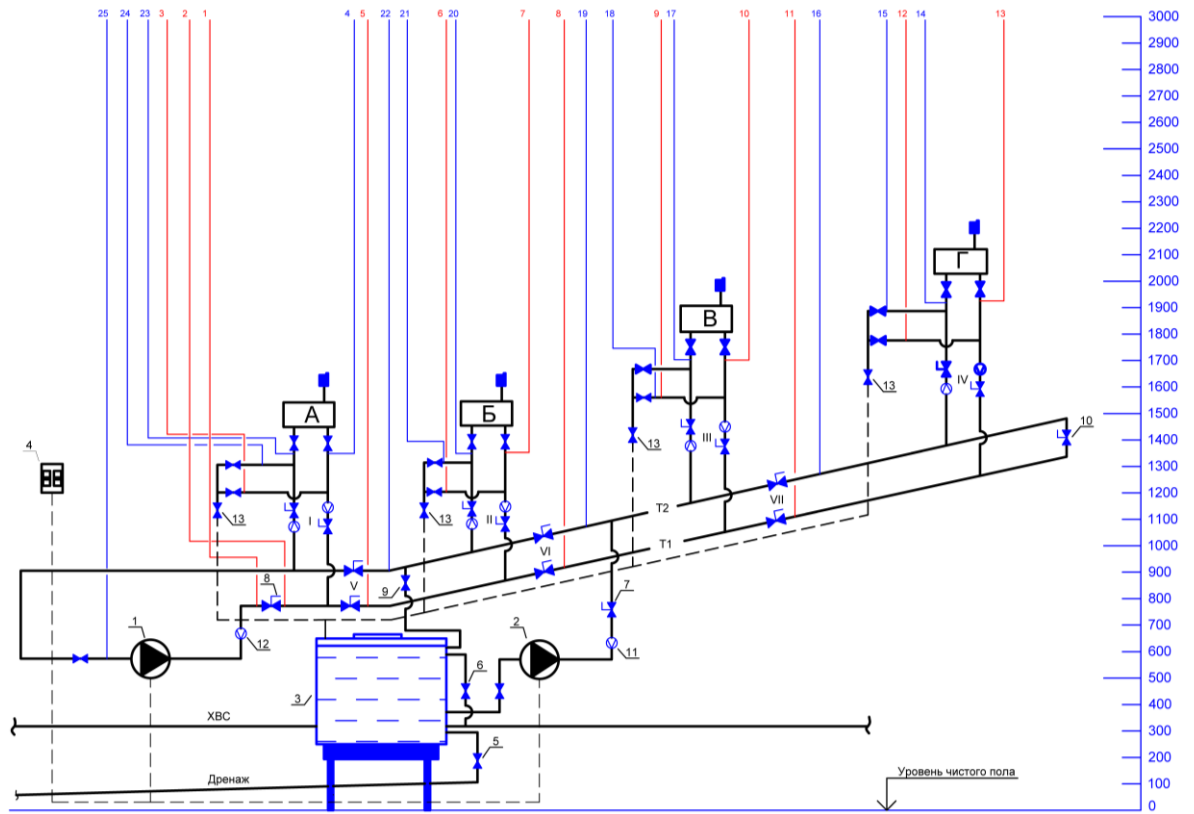


Рис.1. Принципиальная схема гидравлического стенда

3.3. Абонентские вводы

Абонентский ввод, располагаемый в тепловом пункте – комплекс оборудования, с помощью которого системы отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, а также технологические установки промышленных зданий присоединяются к тепловым сетям. Абонентским вводом заканчиваются тепловые сети системы централизованного теплоснабжения и начинаются местные системы теплопотребления. К тепловой сети присоединены четыре абонентских ввода (рис. 2) «А», «Б», «В», и «Г». В тепловых пунктах абонентов предусмотрено подключение систем отопления и систем горячего водоснабжения (ГВС), оборудованных измерительными приборами, запорно-регулирующей арматурой и воздухоотводчиками.

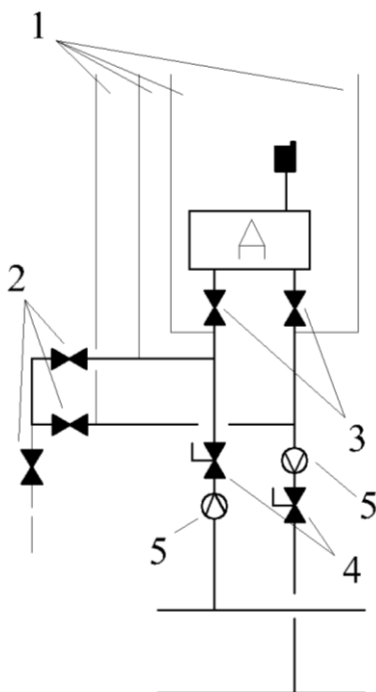


Рис. 2. Схема подключения абонентских систем
 1 – пьезометры; 2 – запорная арматура системы ГВС; 3 – запорная арматура системы отопления; 4 – регулирующий вентиль на абонентском вводе (шайба); 5 – расходомер.

3.4. Контрольно-измерительные приборы (КИП) и запорно-регулирующая арматура

Контрольно-измерительные приборы – средство измерений, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне. На лабораторном стенде представлены пьезометрическими трубками, служащими для измерения напора (давления) в характерных точках тепловой сети. Каждый пьезометр имеет свой номер. Все пьезометры можно разбить на следующие группы:

а) пьезометры на котельной:

25 – для измерения давления перед сетевым насосом;

1 – для измерения давления после сетевого насоса.

б) пьезометры на участках тепловой сети:

2,25 – для измерения давления на первом участке тепловой сети;

5,22 – для измерения давления на втором участке тепловой сети;

8,19 – для измерения давления на третьем участке тепловой сети;

11,16 – для измерения давления на четвертом участке тепловой сети.

в) пьезометры абонентов:

4, 23, 7, 20, 10, 17, 13, 14 – для измерения давления в подающем и обратном трубопроводах системы отопления абонента;

3, 24, 6, 21, 9, 18, 12, 15 – для измерения давления в подающем и обратном трубопроводах системы горячего водоснабжения абонента.

Управление потоками в трубопроводных системах осуществляется с использованием устройств, объединенных общим названием трубопроводная арматура. К арматуре относят и соединительные элементы трубопроводов – фланцы, тройники, муфты и т.д. Запорно-регулирующей арматурой называются устройства, предназначенные для перекрытия или распределения потока среды. Также к регулирующей арматуре относится и дроссельная (дросселирующая) арматура, предназначенная для значительного снижения давления среды и работающая в условиях больших перепадов давления.

4. Подготовка гидравлического стенда к проведению лабораторной работы

Прежде чем приступить к работе на стенде, следует получить от преподавателя необходимые указания и вычертить схему лабораторной установки (рис.1), а также ознакомиться с устройством и принципом работы гидравлического стенда.

Перед выполнением лабораторной работы необходимо заполнить установку водой, для этого нужно закрыть дренажный кран **5**, открыть кран **6** и заполнить сборный бак **3** холодной водопроводной водой выше уровня оси подпиточного насоса **2**. Далее следует открыть все шаровые краны и регулирующие вентили на тепловой сети и абонентских вводах, кроме дренажных кранов **13** и вентиля **10** на перемычке тепловой сети.

Выполнив вышеперечисленные действия необходимо включить подпиточный насос и регулируя подачу насоса вентилем **7** заполнить систему. Заполнение тепловой сети водой следует вести до того момента пока показания пьезометрических трубок на наиболее удаленном абонентском вводе не достигнут отметки ≈ 2200 мм.вод.ст. После этого необходимо выключить подпиточный насос и проверить показания пьезометров на всей тепловой сети.

Для опорожнения гидравлического стенда после проведения лабораторной работы необходимо выключить сетевой и подпиточный насосы, открыть кран **9** и слить воду из сети в сборный бак. При необходимости полного опорожнения лабораторной установки следует открыть кран **5** и слить воду из сборного бака в дренажную систему.

5. Последовательность проведения лабораторной работы

5.1. Установление гидростатического режима системы теплоснабжения

После выполнения п. 4 в тепловой сети установится гидростатический режим. Задачей гидростатического режима является обеспечение заполнения систем теплоснабжения абонентов при отсутствии циркуляции. При установившемся гидростатическом режиме тепловой сети, давление в точках присоединения систем отопления абонентов должно быть выше статической высоты системы отопления и в то же время ниже давления допустимого по условиям прочности отопительных систем. Статический режим обеспечивается работой подпиточных насосов и соответствующих

регулирующих устройств. На основе гидростатического режима из условия непревышения допустимого давления во всех элементах оборудования, включая абонентские установки, проверяют возможность установления общей статической зоны для всей системы теплоснабжения, т.е. возможность поддержания одного и того же статического напора во всей системе, а также выявляют причины, препятствующие такому решению.

При установившемся гидростатическом режиме в системе теплоснабжения все без исключения пьезометры должны показывать одну и ту же величину давления, определенную заданным уровнем гидростатического давления.

5.2. Установление гидродинамического режима системы теплоснабжения

Гидродинамический режим в тепловой сети устанавливается после включения в работу сетевого насоса **1**. Задачей гидродинамического режима является обеспечение циркуляции теплоносителя во всех звеньях системы теплоснабжения (теплообменниках источника теплоты, трубопроводах тепловой сети, потребителях).

К гидродинамическому режиму предъявляются следующие требования:

- напоры перед тепловыми пунктами должны быть достаточными для подачи соответствующего расхода воды в местные системы теплоснабжения;
- давление в обратном трубопроводе должно быть выше статической высоты большинства отопительных систем для обеспечения их заполнения;
- давление в обратном трубопроводе не должно превышать максимальное рабочее давление оборудования отопительных систем.

Динамический режим обеспечивается: работой сетевых насосов, устанавливаемых на источнике теплоты и в промежуточных точках сети (на подстанциях), работой подпиточных насосов, дроссельными устройствами, устанавливаемых в промежуточных точках сети. С помощью сетевых насосов создается необходимый напор перед тепловыми пунктами. Подпиточные насосы служат для восполнения потерь сетевой воды при утечках через неплотности в трубопроводах и поддержания в тепловой сети давлений на требуемом уровне.

При установившемся гидродинамическом режиме в системе теплоснабжения все пьезометры, присоединенные к подающим

трубопроводам тепловой сети и абонентских систем должны показывать большее давление чем пьезометры, подключенные к обратным трубопроводам.

5.3. Установление гидродинамического режима системы теплоснабжения с работой насосной подстанции на обратной линии

Для установления в системе указанного режима необходимо установить гидродинамический режим согласно п.5.2 и задать расход воды путем открытия кранов **13**. Включить подпиточный насос **2** и регулируя степень закрытия вентиля **7** установить расход воды через него необходимый для покрытия заданных потерь. С помощью счетчика горячей воды **11** следует определить объем воды для подпитки тепловой сети и присоединенных к ней абонентских вводов. При работе подпиточного насоса давление на участке обратной линии тепловой сети, расположенном до места включения подстанции (по ходу теплоносителя) понизится; давление на участке обратной линии от места включения подпиточного насоса до источника тепла возрастет по сравнению с теми величинами давлений, которые имели место до включения подпиточного насоса.

Контрольные вопросы

1. Из каких основных элементов состоит гидравлический стенд?
2. Как подготовить гидравлический стенд к проведению лабораторных работ?
3. Работа тепловой сети при характерных гидравлических режимах.
4. Как установить характерные гидравлические режимы тепловой сети?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 «ГРАФИКИ ДАВЛЕНИЙ»

1. Введение

Гидравлическим режимом определяется взаимосвязь между расходом теплоносителя и давлением в различных точках системы в данный момент времени. Гидравлические режимы систем теплоснабжения характеризуются распределением теплоносителя в соответствии с тепловой нагрузкой абонентов. В процессе эксплуатации расход воды в системе изменяется. Переменный расход вызывается неравномерностью водопотребления на горячее водоснабжение, наличием местного количественного регулирования разнородной нагрузки, а также различными переключениями в сети. Изменение расхода воды и связанное с ним изменение давления приводят к нарушению как гидравлического, так и теплового режима абонентов.

Для удобства и наглядности гидравлические режимы систем теплоснабжения обычно интерпретируются графическим путем. График давлений, называемый также пьезометрическим графиком (рис. 3), показывает располагаемое давление (разность давлений в подающем и обратном трубопроводах) теплоносителя в любой точке системы теплоснабжения, что необходимо для решения ряда важнейших вопросов при проектировании, строительстве, наладке и эксплуатации всех элементов системы. К таким вопросам относятся:

- проверка правильности подбора диаметров тепловых сетей, определенных ранее сделанным гидравлическим расчетом трубопроводов;
- определение давлений при разных режимах работы, что необходимо для выбора сетевых и подпиточных насосов;
- выявление располагаемого давления в водяных тепловых сетях на вводе у каждого потребителя тепла при различных режимах работы системы теплоснабжения.

Гидравлическая устойчивость тепловых сетей

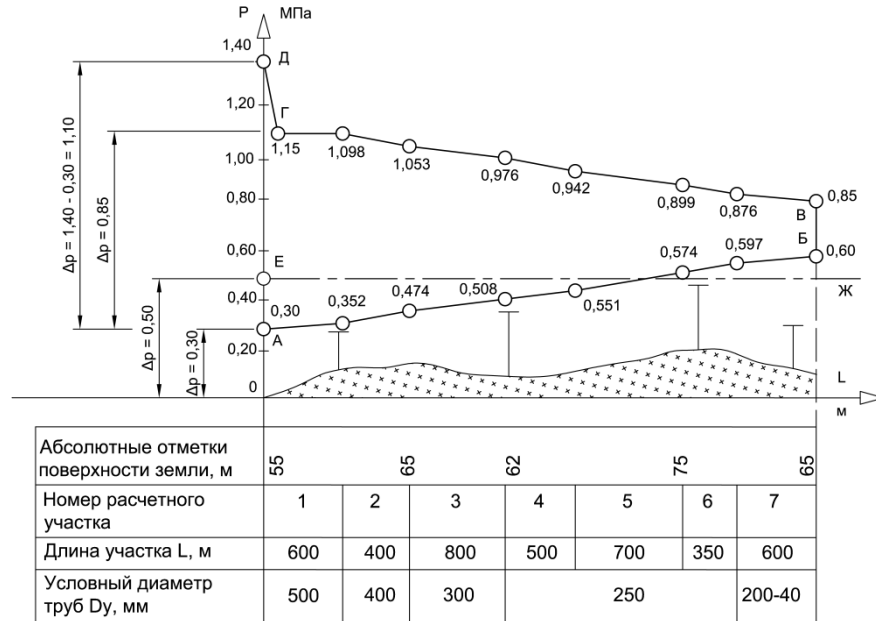


Рис. 3. Пьезометрический график двухтрубной водяной тепловой сети

АВ – линия давления в обратном трубопроводе; ВБ – располагаемое давление на вводе теплового пункта наиболее удаленного потребителя тепла; ВГ – линия давления в подающем трубопроводе; ДГ – потери давления в источнике тепла; ЕЖ – линия статического давления; ДА – разность давлений, создаваемая сетевыми насосами; ГА – суммарные потери давления в тепловых сетях; ЕО – давление в системе, создаваемое подпиточными насосами в условиях статического режима; АО – то же в условиях динамического режима.

Построение пьезометрического графика (рис. 3) выполняется обычно в следующем порядке. На координатную сетку в соответствующем масштабе наносят профиль поверхности земли по трассе тепловой сети на участке от источника тепла до наиболее удаленного потребителя тепла. Для построения профиля земной поверхности пользуются абсолютными геодезическими отметками. На графике отмечают начальные и конечные точки каждого участка тепловой сети согласно данным расчетной схемы сети и в соответствующие колонки графика вписывают номер и длину расчетного участка. Далее в соответствующие колонки по данным сводной таблицы гидравлического расчета сети записывают условные диаметры трубопроводов. По полученным данным вычерчивают линии давления теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах в динамическом и статическом режимах системы.

2. Цель работы

1. Изучение сущности пьезометрических графиков и приобретение навыков их построения для действующих систем теплоснабжения.
2. Построение графика давлений при гидродинамическом режиме в системе теплоснабжения.
3. Построение графика давлений системы теплоснабжения при гидродинамическом режиме с работой насосной подстанции на обратной линии тепловой сети.

3. Подготовка гидравлического стенда к проведению лабораторной работы

Прежде чем приступить к работе на стенде, следует получить от преподавателя необходимые указания, заполнить установку водой и подготовить протокол измерений (таблица 1).

Таблица 1

Протокол измерений

Тепловая сеть										
№ опыта	На коллекторе котельной		Участок тепловой сети №1		Участок тепловой сети №2		Участок тепловой сети №3		Участок тепловой сети №4	
	1	25	2	25	5	22	8	19	11	16
1	Линия гидростатического давления _____ мм.вод.ст									
2										
3										
Абонентские вводы										
Наименование системы теплоснабжения			А		Б		В		Г	
Система отопления			4	23	7	20	10	17	13	14
Система ГВС			3	24	6	21	9	18	12	15

4. Последовательность проведения лабораторной работы

Для проведения опыта №1 необходимо установить заданный гидростатический режим и убедившись в стабильности показаний пьезометров занести их в протокол измерений.

Для проведения опыта №2 следует задать гидродинамический режим в тепловой сети. Далее, убедившись в стабильности работы сетевого насоса (отсутствие колебаний уровня воды в пьезометрах), снять показания всех измерительных приборов и занести их в протокол измерений.

Для проведения опыта №3 необходимо установить заданный гидродинамический режим тепловой сети с включением в работу насосной подстанции на обратной линии, снять показа-

Гидравлическая устойчивость тепловых сетей

ния с пьезометров, подключенных к трубопроводам тепловой сети и занести их в протокол измерений.

После выполненных замеров следует выключить сетевой и подпиточный насосы, опорожнить лабораторную установку, подготовить форму отчета о выполнении лабораторной работы (таблица 2) и приступить к обработке полученных результатов. Обработка результатов заключается в следующем:

а) В отчете в произвольном масштабе вычерчивается координатная сетка пьезометрического графика, наносится профиль местности по трассе тепловой сети. Далее на график наносятся: линия гидростатического давления; линии давлений в подающей и обратной магистралях тепловой сети при заданном гидродинамическом режиме; линии давлений в подающей и обратной магистралях после включения в работу насосной подстанции на обратной линии тепловой сети.

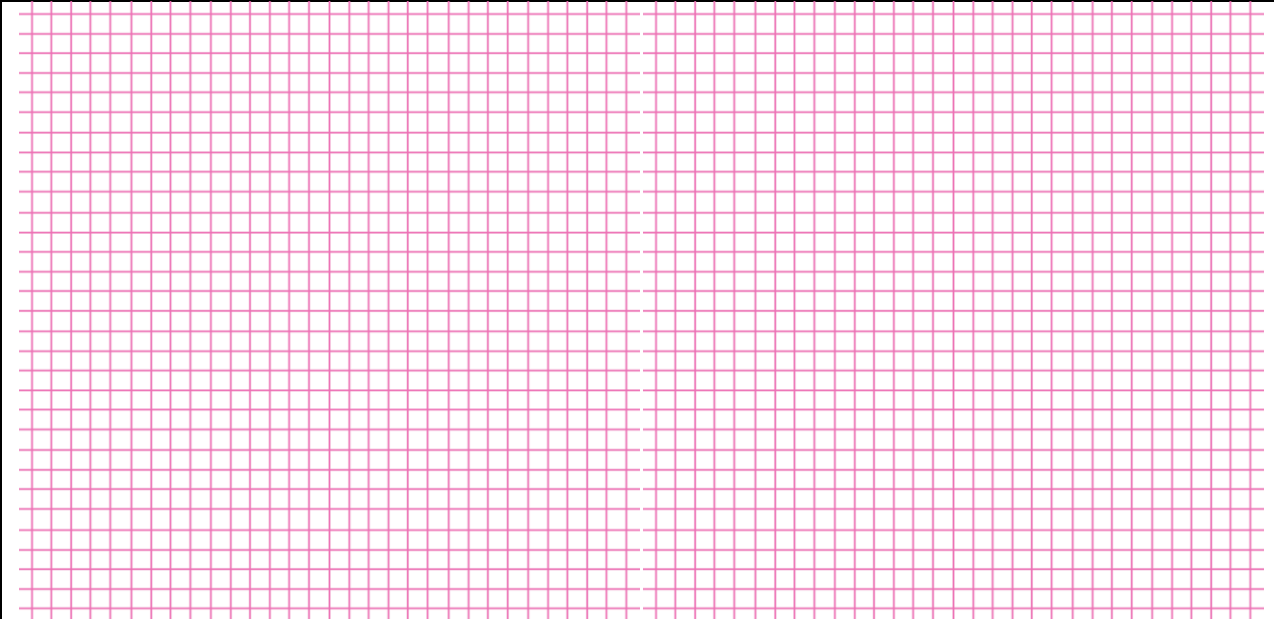
б) По полученному графику определяется: разность давлений, создаваемая сетевым насосом $\Delta P_{С.Н.}^1$; суммарные потери давления в тепловой сети $\Delta P_{Т.С.}$; разность давлений на источнике тепла после включения насосной подстанции на обратной линии $\Delta P_{С.Н.}^2$; давление, создаваемое подстанцией на обратной линии $\Delta P_{П.Н.}$; разность давлений на каждом абонентском вводе до и после включения насосной подстанции на обратной линии $\Delta P_i^1, \Delta P_i^2$.

в) По данным протокола измерений определяются гидравлические сопротивления систем отопления и горячего водоснабжения каждого абонента.

Контрольные вопросы

1. Понятие пьезометрических графиков.
2. Методика построения пьезометрических графиков.
3. Как по графику давлений определить давление в отдельных точках системы?

Отчет о выполнении лабораторной работы

Пьезометрический график двухтрубной водяной тепловой сети				
				
суммарные потери давления в тепловой сети $\Delta P_{Т.С.} =$				мм.вод.ст
разность давлений на источнике тепла:				
до включения насосной подстанции		после включения насосной подстанции		
$\Delta P_{С.Н.}^1 =$	мм.вод.ст	$\Delta P_{С.Н.}^2 =$	мм.вод.ст	
давление, создаваемое подстанцией на обратной линии $\Delta P_{П.Н.} =$				мм.вод.ст
разность давлений на абонентском вводе:				
до включения насосной подстанции		после включения насосной подстанции		
$\Delta P_A^1 =$	мм.вод.ст	$\Delta P_A^2 =$	мм.вод.ст	
$\Delta P_B^1 =$	мм.вод.ст	$\Delta P_B^2 =$	мм.вод.ст	
$\Delta P_B^1 =$	мм.вод.ст	$\Delta P_B^2 =$	мм.вод.ст	
$\Delta P_G^1 =$	мм.вод.ст	$\Delta P_G^2 =$	мм.вод.ст	
гидравлические сопротивления систем теплоснабжения:				
абонентский ввод А	$\Delta P_{С.О.} =$	мм.вод.ст	$\Delta P_{ГВС} =$	мм.вод.ст
абонентский ввод Б	$\Delta P_{С.О.} =$	мм.вод.ст	$\Delta P_{ГВС} =$	мм.вод.ст
абонентский ввод В	$\Delta P_{С.О.} =$	мм.вод.ст	$\Delta P_{ГВС} =$	мм.вод.ст
абонентский ввод Г	$\Delta P_{С.О.} =$	мм.вод.ст	$\Delta P_{ГВС} =$	мм.вод.ст

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

«ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ»

1. Введение

Под гидравлической устойчивостью системы понимается ее способность поддерживать заданный гидравлический режим (расчетное распределение расхода воды) при изменении расхода отдельными потребителями.

Регулирование водяных тепловых сетей заключается в распределении расхода теплоносителя между всеми подключенными системами теплоснабжения пропорционально их расчетной тепловой нагрузке. Наиболее эффективным и малозатратным вариантом является комплексная регулировка гидравлического режима на основании расчетных данных и проектных решений. Повышение гидравлической устойчивости сети возможно проведением дополнительного дросселирования теплоносителя в индивидуальных тепловых пунктах потребителей (индивидуальное регулирование), а также в тепловых камерах магистральных тепловых сетей на квартальных ответвлениях (местное регулирование) и источнике теплоты (нейтральное регулирование). В результате все системы теплоснабжения становятся гидравлически равноудаленными от источника теплоснабжения. Сокращение расхода сетевой воды при регулировке системы способствует уменьшению потерь в сети, что увеличивает гидравлическую устойчивость последней. Гидравлическая устойчивость тепловых сетей тем выше, чем больше удельное значение гидравлического сопротивления тепловых вводов в общем гидравлическом сопротивлении системы теплоснабжения.

Критериями правильности регулирования тепловых сетей являются следующие показатели: установление расчетного расхода теплоносителя в тепловой сети и в каждой из систем теплоснабжения; соблюдение необходимого температурного перепада в каждой из систем теплоснабжения; поддержание в отапливаемых зданиях расчетной температуры воздуха.

Количественно гидравлическая устойчивость для тепловых систем оценивается коэффициентом гидравлической устойчивости:

$$K = \sqrt{\frac{\Delta H_{\text{пот}}}{\Delta H_{\text{сети}} + \Delta H_{\text{пот}}}} = \sqrt{\frac{\Delta H_{\text{пот}}}{\Delta H_{\text{расп}}}}, \quad (1)$$

Гидравлическая устойчивость тепловых сетей

где $\Delta H_{\text{пот}}$ – потери напора в системе теплоснабжения;
 $\Delta H_{\text{сети}}$ – потери напора в тепловой сети от теплоисточника до потребителя;
 $\Delta H_{\text{расп}}$ – располагаемый напор в тепловой сети на выходе из источника.

Коэффициент гидравлической устойчивости может изменяться от «0» до «1». Чем выше значение коэффициента K , тем более гидравлически устойчивой считается система, что имеет место при снижении потерь напора в сетях до потребителя и может вызвать увеличение количества перекачиваемой сетевой воды сверх нормативных объемов, т.е. повлечь гидравлическую разрегулировку системы.

Регулировка системы оценивается отношением расходов:

$$X = \frac{G_{\text{ф}}}{G_{\text{р}}}, \quad (2)$$

где $G_{\text{ф}}$ – фактический расход воды в системе;
 $G_{\text{р}}$ – расчетный расход сетевой воды при проектном температурном графике.

Зависимость между степенью разрегулировки гидравлического режима X и коэффициентом гидравлической устойчивости K выражается формулой:

$$K = \frac{G_{\text{ф}}}{G_{\text{р}}} = \sqrt{\frac{\Delta H_{\text{пот}}}{\Delta H_{\text{расп}}}} = \frac{1}{X}, \quad (3)$$

Анализ формулы (3) позволяет сделать вывод, что гидравлическая система со степенью разрегулировки $X=1$, или хорошо отрегулированная система, в которой фактически расход теплоносителя соответствует расчетному значению, имеет коэффициент устойчивости равный $K=1$, т.е. наилучший показатель по устойчивости.

2. Цель работы

1. Изучение понятия «гидравлическая устойчивость тепловой сети».
2. Изучение способов регулирования количества тепловой энергии.
3. Определение коэффициента гидравлической устойчивости.
4. Выполнение наладки тепловой сети на гидравлическом стенде.

3. Подготовка гидравлического стенда к проведению лабораторной работы

Прежде чем приступить к работе на стенде, следует получить от преподавателя необходимые указания, заполнить установку водой и подготовить протокол измерений (таблица 3).

Таблица 3

Протокол измерений

Показания расходомеров						
		Источник тепла	Абонент			
			А	Б	В	Г
До наладки системы, м ³	В начале замера					
	В конце замера					
Продолжительность эксперимента t, мин.						
После наладки системы, м ³	В начале замера					
	В конце замера					
Продолжительность эксперимента t, мин.						
Показания пьезометров						
			До наладки	После наладки		
Потери напора в системе теп- лопотребления, $\Delta H_{\text{пот}}$						
Потери напора в тепловой сети от теплоисточника до потребителя, $\Delta H_{\text{сети}}$						
Располагаемый напор в тепловой сети на выходе из источника, $\Delta H_{\text{расп}}$						

4. Последовательность проведения лабораторной работы

Перед проведением опыта №1 необходимо снять показания с расходомеров на абонентских вводах, а также расходомера **12** на котельной, и занести их в протокол измерений (таблица 3). Получив от преподавателя информацию о длительности проведения опыта, следует включить сетевой насос. Убедившись в стабильности работы сетевого насоса, определить по показаниям пьезометров потери напора в системе теплопотребления и в тепловой сети от теплоисточника до потребителя, а также располагаемый напор в тепловой сети на выходе из источника тепла. По-

Гидравлическая устойчивость тепловых сетей

сле истечения заданного времени опыта необходимо выключить сетевой насос, снять показания со всех расходомеров и занести их в протокол измерений.

Для проведения опыта №2 необходимо включить сетевой насос, при помощи регулирующих вентилей на абонентских вводах **I, II, III, IV** и вентилей **V, VI, VII, 8** на тепловой сети и источнике тепла, выровнять расходы теплоносителя у потребителей, тем самым повысив гидравлическую устойчивость всей системы. Затем следует выключить сетевой насос, снять показания со всех расходомеров и по аналогии с опытом №1 провести ряд измерений.

После выполненных замеров следует выключить сетевой насос, опорожнить лабораторную установку, подготовить форму отчета о выполнении лабораторной работы (таблица 4) и приступить к обработке полученных результатов. Обработка результатов заключается в следующем:

а) По данным протокола измерений определяется коэффициент гидравлической устойчивости до наладки системы и после ее наладки по формуле (1).

б) По данным протокола измерений определяются расходы теплоносителя в тепловой сети и абонентских вводах по следующей формуле:

$$G = \frac{m_2 - m_1}{t}, \quad (4)$$

где m_1 и m_2 – показания расходомеров в начале и конце замера;

t – продолжительность замеров.

в) На основании полученных данных проводится анализ влияния коэффициента гидравлической устойчивости на расходы теплоносителя в тепловой сети и абонентских вводах.

Таблица 4

Отчет о выполнении лабораторной работы

		В тепловой сети	А	Б	В	Г
Расход теплоносителя	До наладки системы					
	После наладки системы					
Коэффициент гидравлической устойчивости			До наладки системы			
			После наладки системы			
Выводы						

Контрольные вопросы

1. Критерии правильности регулирования тепловых сетей.
2. Способы регулирования количества тепловой энергии.
3. Что такое гидравлическая устойчивость тепловой сети и как она определяется?

ЛИТЕРАТУРА

1. Отопление и тепловые сети: учебное пособие для ВУЗов Ю.М. Варфоломеев, О.Я. Кокорин – М.: Инфра-М, 2006.
2. СП 124.13330.2012 Тепловые сети / Минрегион России. – М., 2012.
3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов. – М.: Издательство МЭИ, 2009. – С. 472.