

4. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

КРАТКОЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ.

При проектировании и эксплуатации тепловых сетей широко используют пьезометрический график.

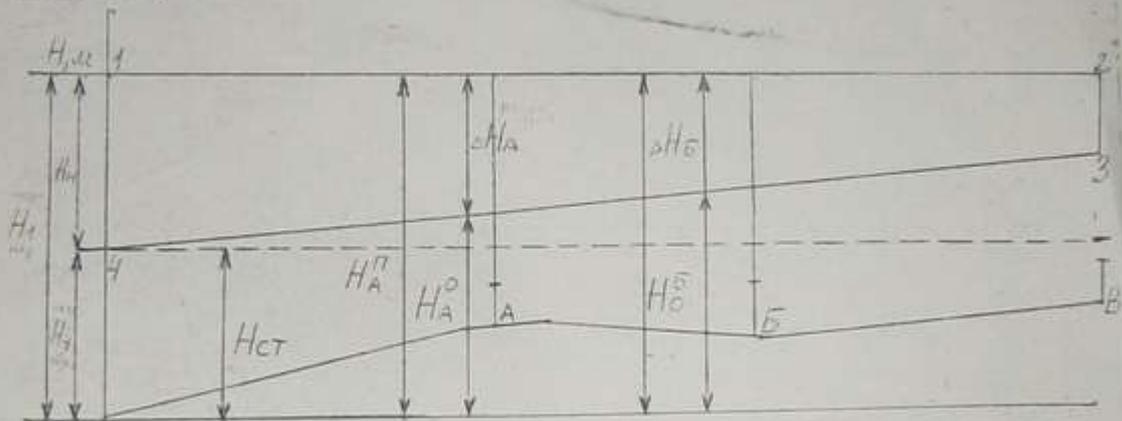


Рис. I. Пьезометрический график двухтрубной водяной тепловой сети.

На ось ординат графика в определенном масштабе наносятся геодезические отметки местности, высоты присоединяемых зданий и напоры в тепловой сети. За горизонтальную плоскость отсчета напоров принята наименьшая геодезическая отметка местности.

Напор, который устанавливается в тепловой сети при работающем подпиточном насосе и при отключенном сетевом насосе, называется статическим. Минимальный статический напор должен обеспечить "залив" систем отопления всех зданий, присоединенных к тепловой сети по зависимой схеме, с небольшим запасом (5 м).

На пьезометрическом графике статический напор изображается горизонтальной линией; полный статический напор одинаков для всех точек тепловой сети.

Пьезометрический статический напор неодинаков для различных точек тепловой сети, так как величина его зависит от уровня расположения каждой точки. Обычно на графике пьезометрические напоры отсчитываются от оси трубопроводов. (При построении пьезометрического графика для реальной системы теплоснабжения условно принимают, что ось трубопроводов совпадает с поверхностью трубы.)

Гидродинамический режим тепловой сети (т.е. режим при работающем сетевом насосе) изображается на графике наклонными линиями 1-2 и 3-4.

Линия 1-2—график напоров подающей линии сети;

линия 3-4—график напоров обратной линии сети;

H_1 —полный напор на нагревательном коллекторе источника тепла;

H_4 —полный напор на обратном коллекторе источника тепла;

H_H —напор, развиваемый сетевым насосом;

$H_{ст}$ —полный напор, развиваемый подпиточным насосом или, что то же, полный статический напор в тепловой сети;

$H_A^П$ —полный напор в точке А^В подающей линии тепловой сети;

H_A^O —полный напор в той же точке А в обратной линии тепловой сети.

Если геодезическая высота оси трубопровода над плоскостью отсчета в этой точке сети равна Z_A , то пьезометрический напор в точке А в подающей линии равен $(H_A^П - Z_A)$, а пьезометрический напор в точке А в обратной линии равен $(H_A^O - Z_A)$.

Располагаемый напор в точке А тепловой сети равен разности пьезометрических напоров подающей и обратной линии тепловой сети. Располагаемый напор в тепловой сети в точке присоединения абонента Б

$$H_B = H_B^П - H_B^O,$$

где $H_B^П$ и H_B^O —полные напоры в подающей и обратной линиях тепловой сети в точке Б.

Желательно, располагаемый напор в точках присоединения абонентов был равен или несколько превышал потерю напора в местной системе присоединяемого абонента. Иначе на вводах в местные системы абонентов приходится устанавливать насосные установки.

Потеря напора в подающей линии тепловой сети на участке между коллектором источника тепла и абонентом В

$$H_{1-2} = H_1 - H_2.$$

Потеря напора в обратной линии тепловой сети на том же участке

$$H_{3-4} = H_3 - H_4.$$

Исходя из условий надежности работы системы теплоснабжения и режиму

напоров в водяных тепловых сетях предъявляется ряд требований.

1. Величина максимально допустимого гидродинамического пьезометрического напора определяется: для подающей линии системы из условия механической прочности труб, арматуры и оборудования источника тепла; для обратной линии при зависимой схеме присоединения абонентов из условия механической прочности нагревательных приборов местных систем отопления и вентиляции, при независимой схеме присоединения абонентов из условия механической прочности водо-водных подогревателей.

2. Для предупреждения подсоса воздуха в тепловую сеть и кавитации насосов давление во всех элементах системы теплоснабжения должно быть выше атмосферного, минимальное значение избыточного напора — 5 м.

3. При циркуляции перегретой воды в системе теплоснабжения во всех точках должно поддерживаться давление, превышающее давление насыщения водяного пара при температуре воды в системе.

Описание стенда.

Лабораторный стенд представляет собой модель тепловой сети с присоединенными к ней системами отопления. Стенд служит для моделирования гидравлических режимов возникающих в тепловой сети.

Стенд состоит из следующих элементов:

- насосной установки;
- тепловой сети;
- абонентов;
- измерительных приборов;
- расширительного и подпиточного баков.

Насосная установка представлена:

- а) циркуляционным насосом, предназначенным для перемещения теплоносителя по трубопроводам тепловой сети;
- б) подпиточным насосом, который служит для создания статического давления в тепловой сети и восполнения утечек из неё.

Подпиточная вода берется из подпиточного бака.

Статическое давление в тепловой сети может быть создано также расширительным баком. Расширительный бак установлен выше в высшей точке сист-

емы и присоединен к обратной трубе перед циркуляционным насосом. Двухтрубная водяная тепловая сеть представлена двумя ветвями — левой, иллюстрирующей повышающиеся профили местности по мере удаления от источника теплоты; и нижней, иллюстрирующей понижающиеся профили местности.

Абоненты. К тепловой сети присоединены 6 абонентов.

Абоненты А, Б, В являются моделями двухтрубных систем отопления, присоединенных к тепловой сети непосредственно, и систем горячего водоснабжения, присоединенных по схеме с непосредственным водоразбором.

Абоненты Г, Д, Е — это модели двухтрубных систем отопления.

Измерительные приборы.

Для измерения избыточных давлений в отдельных точках тепловой сети установлены пружинные манометры. Манометры установлены на подающей и обратной трубах в точке присоединения абонентов, а также до и после циркуляционного насоса, после подпиточного насоса.

Показание манометров используется для построения графика пьезометрических напоров. При этом следует пользоваться соотношением

$$1 \text{ МПа} = 10^{\text{кг}} / \text{см}^2 = 10000 \text{ мм. в. ст.}$$

Запорная арматура.

В качестве запорной арматуры использованы вентили. Вентили имеют следующие назначения. Вентили 1, 2, 3, 4 служат для отключения левой и правой ветвей и для изменения расходов воды в них.

Вентиль 5 на расширительной трубе служит для отключения расширительного бака от тепловой сети. Вентиль 6 отключает подпиточный насос. Вентили 7–18, установленные в основаниях стояков позволяют отключать абоненты от тепловой сети или изменить гидравлический режим в них.

Вентили 19–24 на левой ветви позволяют смоделировать отбор воды на горячее водоснабжение из подающей или обратной труб.

Вентили 25–28 на резервной перемычке позволяют присоединить резервную перемычку к подающей или обратной трубе обеих ветвей для моделирования аварийной ситуации.

Вентили 29–38 служат для увеличения гидравлического сопротивления участков и для моделирования аварийных ситуаций.

Подготовка стенда к проведению лабораторных работ. Вода, необходимая для заливки стенда находится в подпиточном баке. Перед заполнением стенда водой слезет полностью открыть все вентили, кроме вентиля 19-24, спускающих воду в канализацию и воздушные краны в верхних точках абонентов.

Включить подпиточный насос. При заполнении стенда следить за воздушными кранами, и немедленно закрывать их, как только в них покажется вода. Когда расширительный бак будет заполнен водой до уровня переливной трубки закрыть вентиль 4 и выключить подпиточный насос.

РАБОТА N 1

ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКА ПЬЕЗО МЕТРИЧЕСКИХ НАПОРОВ ДВУХВЕТВУНОЙ ВОДЯНОЙ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ.

Цель работы: по данным замеров избыточных давлений в отдельных точках тепловой сети построить пьезо метрические графики при различных расходах воды.

Изменение подачи циркуляционного насоса и, следовательно, расхода воды происходит при изменении сопротивления тепловой сети. При полностью открытых вентилях 1,2,3,4 сопротивление трубопроводов стенда наименьшее, а подача циркуляционного насоса максимальная. При частичном закрытии вентилей 1,2,3,4 сопротивление трубопроводов стенда увеличивается, подача циркуляционного насоса и, следовательно, расход воды уменьшается. Изменение напора циркуляционного насоса при этом происходит в соответствии с его характеристикой.

При полностью закрытых вентилях 1,3 сопротивление тепловой сети максимальное, подача и расход воды равны нулю, циркуляция прекращается и в трубопровода устанавливается статический режим. Избыточное давление в трубопроводах поддерживается расширительным баком.

Величина избыточного давления (или пьезометрического напора) зависит от высоты расположения точки трубопровода.

Подготовка стенда к работе.

Заполнить расширительный бак водой, включив подпиточный насос. При полном заполнении расширительного бака вентиль 6 на подпиточной линии закрыть. Вентили 1,2,3,4 на верхней и нижней ветвях открыть полностью.

Последовательность проведения работы.

1. Включить циркуляционный насос. Установить 1-ый режим работы, соответствующий максимальному расходу воды.
2. Частично закрыть вентили 1,3. Установить 2-ой режим работы при меньшем расходе воды.
3. Полностью закрыть вентили 1,3. Установить 3-ий режим работы (статический) при полном отсутствии циркуляции, расход воды при этом равен нулю.
4. При работе стенда на каждом из трех режимов заполнить журнал наблюдений.

Графическое оформление работы.

1. Построить систему координат $H-L$.
На оси ординат нанести шкалу для графического изображения напоров H от условного нуля до 18м в масштабе.
На оси абсцисс следует откладывать протяженность обеих ветвей (в метрах).
2. В системе координат $H-L$ построить продольный профиль трубопроводов обеих ветвей тепловой сети.
3. Указать на продольном профиле высоты присоединяемых систем отопления, изобразив их в виде вертикальных линий от точки присоединения к трубопроводам тепловой сети до отметки, соответствующей верхней точке системы отопления.
4. По данным замеров построить три пьезо метрических графика, соответствующих трем режимам.
5. На пьезо метрических графиках отметить напоры, развиваемые циркуляционным насосом в трех режимах работы, располагаемые напоры у абонентов, пьезо метрические напоры в подающем и обратном трубопроводах для произвольной точки тепловой сети.

РАБОТА N 2

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ.

При отсутствии на абонентских вводах автоматических регуляторов постоянства расхода воды в тепловых сетях возникает явление, называемое разрегулировкой. Явление разрегулировки заключается в отклонении фактического расхода воды, поступающего в систему отопления от расчетного. Это происходит при изменении гидравлического режима в тепловой сети. Разрегулировку вызывают два фактора: а) переменная нагрузка горячего водоснабжения, б) изменение количества присоединенных к тепловой сети абонентов.

При отключении от действующей тепловой сети одного или нескольких абонентов проводимость тепловой сети уменьшается, сопротивление увеличивается, подача сетевого насоса уменьшается, соответственно уменьшается расход воды по тепловой сети, потери давления уменьшаются, пьезометрический график становится более пологим, увеличивается располагаемая разность давлений у оставшихся абонентов, вследствие чего увеличивается расход воды у них. Таким образом, при уменьшении общего расхода воды, циркулирующего в тепловой сети у отдельных абонентов он увеличивается. При подключении дополнительных абонентов происходит противоположное изменение гидравлического режима. Аналогичные процессы идут при изменении нагрузки горячего водоснабжения.

Разрегулировка нежелательна, т.к. приводит к перегреву или недогреву систем отопления.

Для уменьшения разрегулировки следует повышать гидравлическую устойчивость тепловой сети. Количественно гидравлическая устойчивость оценивается коэффициентом гидравлической устойчивости

$$Y = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{\Delta P_{сети}}{\Delta P_{аб}}}}$$

где $\Delta P_{сети}$ — потеря давления в тепловой сети при расчетном расходе воды,

$\Delta P_{аб}$ — потеря давления в системе отопления абонента при расчетном расходе воды.

Из приведенного выражения видно, что для повышения гидравлической устойчивости тепловой сети следует уменьшать потери давления в магистралях и увеличивать их в абонентских системах.

Для повышения гидравлической устойчивости следует увеличивать диаметры магистралей тепловой сети с целью снижения потерь напора. Но этот путь неэкономичен, следовательно, более предпочтительно все избытки напора, имеющиеся в сети, поглощать при помощи сопротивлений (сопла элеваторов, шайбы) или при помощи регулирующих клапанов на абонентских вводах.

На данном лабораторном стенде моделируется явление разрегулировки при отключении части абонентов от тепловой сети. Кроме того, лабораторная работа иллюстрирует один из способов повышения гидравлической устойчивости — увеличения сопротивления абонентов.

Так как на стенде не предусмотрено прямое измерение расхода воды у абонентов, то степень разрегулировки можно определить косвенным путем по изменению потерь давления. Потеря давления в трубопроводе связана с расходом воды известной квадратичной зависимостью

$$\Delta P = S \cdot G^2$$

где S — сопротивление трубопровода

Так как при отключении части абонентов сопротивление оставшихся не изменяется, то по изменению потерь давления в циркуляционном контуре абонента можно судить о степени его

разрегулировки, т.е.

$$\frac{G_1}{G_2} = \sqrt{\frac{\Delta P_1}{\Delta P_2}}$$

Цель работы: -уяснить: 1) что такое гидравлическая устойчивость тепловой сети, 2) влияния соотношения потерь давления по сети и у абонентов на гидравлическую устойчивость сети, 3) значение диафрагмирования абонентов как наиболее простого метода повышения гидравлической устойчивости тепловой сети.

Последовательность проведения работы.

1-ый режим.

1. Включить циркуляционный насос. При полностью открытых вентилях у всех абонентов записать показания манометров у циркуляционного насоса и абонентов В и Е.

2. Отключить абоненты А, Б, Г, Д и записать показания манометров у циркуляционного насоса и абонентов В и Е.

2-ой режим.

1. На половину прикрыть вентили у всех абонентов.

2. Включить циркуляционный насос. При частично прикрытых вентилях (т.е. увеличенном их сопротивлении) записать показания манометров у циркуляционного насоса и абонентов В и Е.

3. Отключить полностью абоненты А, Б, Г, Д и записать показания манометров у циркуляционного насоса и абонентов В и Е.

Графическое оформление работы.

1. В системе координат $H-L$ построить пьезометрические графики, отражающие 1-ый режим. Один график соответствует случаю когда все абоненты включены, другой график - при части отключенных абонентов. Вычислить относительное изменение расхода у абонентов В и Е по приведенному выше выражению.

2. Отдельно также в системе координат $H-L$ построить два пьезометрических графика, соответствующих 2-ому режиму. Вычислить относительное изменение расхода воды у оставшихся абонентов В и Е при увеличенном сопротивлении.

3. Сравнить степень разрегулировки в обоих случаях.

РАБОТА N 4

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РЕЖИМЫ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ.

При аварии на тепловых сетях крупных систем теплоснабжения большое число потребителей не получают тепловую энергию, что приводит к снижению температуры внутри отапливаемых помещений. Чем больше диаметр трубопровода, на котором произошло повреждение, тем длительнее его ремонт, тем, следовательно, ниже опускается температура в помещениях. Для повышения надежности тепловой сети магистрали соединяют резервными перемычками. При аварии на одной из магистралей в теплоноситель поступает к потребителям из соседней магистрали через резервную перемычку так как одновременное повреждение подающего и обратного трубопроводов маловероятно, то перемычка может быть однотруной. При аварии на подающей трубе перемычка используется как подающая труба, при аварии на обратной магистрали, перемычка соединяет обратные трубы. При этом возникают сложные гидравлические режимы, так как путь движения теплоносителя значительно увеличивается. Для того чтобы уменьшить потери давления в магистралях при аварии на одной из них можно: а) снизить расход теплоносителя, подаваемый каждому потребителю; б) ввести транспортный резерв, т.е. увеличить диаметры магистралей или предусмотреть аварийную насосную подстанцию.

Значение аварийного расхода теплоносителя определяют так, чтобы температура внутри отапливаемых помещений за время ремонта трубы не опустилась ниже заданного предела.

Мощность транспортного резерва определяют так, чтобы при аварии на головных участках магистралей гидравлический режим тепловой сети отвечал предъявляемым к нему требованиям.

Цель работы: 1) моделирование гидравлического режима, возникающего в тепловой сети при аварии на подающем и обратном трубопроводах одной из магистралей;

2) уяснить, как можно изменять аварийный гидравлический режим, уменьшая расход теплоносителя.

Подготовка стенда к работе.

- 1) Отключить вентиль 6 на подпиточной линии.
- 2) Открыть вентиль 5 на расширительной трубе.

Последовательность проведения работы.

1-ый режим - расчетный.

1. Включить циркуляционный насос. Записать показания манометров у циркуляционного насоса и у всех абонентов.

2-ой режим - авария на подающей трубе.

2. Закрыть вентили 1, 30 на подающей трубе. Открыть вентили 25, 27, соединив перемычкой подающие трубы двух ветвей.

3. Включить циркуляционный насос. Записать показания манометров у насоса и у всех абонентов, кроме абонента А.

4. Прикрыть частично вентиль 3, уменьшив расход воды. Записать показания манометров, указанных в п.3 при уменьшенном расходе воды.

3-ий режим - авария на обратной трубе.

5. Вентили 1, 30 открыть. Закрыть вентили 2, 29 на обратной трубе. Открыть вентили 26, 28, соединив перемычкой обратные трубы двух ветвей.

6. Включить циркуляционный насос. Записать показания манометров у насоса и у всех абонентов, кроме абонента А.

7. Прикрыть частично вентиль 1, уменьшив расход воды. Записать показания манометров у насоса и у всех абонентов, кроме абонента А.

Графическое оформление работы.

- 1) В координатных осях H-L построить следующие графики:
 - а) пьезо метрический график, иллюстрирующий 1-ый режим (расчетный);
 - б) пьезо метрический график, иллюстрирующий 2-ой режим при расчетном расходе воды;
 - в) пьезо метрический график, иллюстрирующий 2-ой режим при аварийном расходе воды.

ИЗУЧЕНИЕ СХЕМЫ И ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО ПУНКТА.

Изучаемый центральный тепловой пункт комплекса зданий МГСУ присоединенных к магистрали от ТЭЦ-23.

Потребителями тепловой энергии комплекса зданий МГСУ являются системы отопления, приточной вентиляции и горячего водоснабжения. Общая тепловая мощность теплоснабжающих систем составляет.

Регулирование отпуска тепловой энергии на ТЭЦ-23 центральное качественное по нормальному отопительному графику. Расчетные температуры теплоносителя 150-70 С, расчетные температуры в системе отопления 105-70 С.

Системы отопления всех зданий, кроме ректората, присоединены по зависимой элеваторной схеме. Система отопления ректората присоединена по независимой схеме через скоростной водоводяной подогреватель, установленный в подвале ректората. Кроме того, там же установлены циркуляционные и подпиточные насосы системы отопления ректората. Расширительный бак установлен на верхнем этаже ректората.

Калориферы приточной вентиляции присоединены непосредственно к отдельному трубопроводу, подающему к ним теплоноситель из наружной тепловой сети.

Нагрев воды на горячее водоснабжение осуществляется в скоростных водонагревателях, присоединенных к тепловой сети по последовательной двухступенчатой схеме. Системы горячего водоснабжения в зданиях циркуляционные.

Достоинством последовательной схемы присоединения водонагревателей является меньший расход теплоносителя по сравнению с параллельной и смешанной схематипи что обеспечивает меньшие диаметры труб тепловых сетей и меньший расход электроэнергии на привод сетевых насосов.

Недостатком указанной схемы работающей при нормальном отопительном температурном графике в тепловой сети является постоянство расхода воды, поступающей в системы отопления, который поддерживается регулятором постоянства расхода РР. Постоянство расхода воды приводит к перегреву систем отопления в течении отопительного сезона. Чем ниже температура наружного воздуха, тем больше перегрев отопления.

В тепловом пункте установлено следующее оборудование:

- два скоростных секционных водоводяных подогревателя горячего водоснабжения марки кажом состоит из двух ступеней нагрева водопроводной воды, 5 секций в одной ступени, 4 секции во второй ступени (длина секции 4 м, диаметр корпуса 325 мм)
- регуляторы температуры РТ, чувствительный орган регулятор биметаллическое реле ТГБ, исполнительный орган РР
- регуляторы постоянства расхода воды марки УРРД
- повысительные насосы на вводе холодного водопровода 3 шт
- циркуляционные насосы для горячего водоснабжения 4 шт
- грязевики
- арматура (задвижки, обратные клапаны)
- контрольно-измерительные приборы (термометры, манометры, теплосчетчик)

Цель работы:

Изучить схему и оборудование центрального теплового пункта в закрытой системе теплоснабжения.

Содержание работы.

1. Зарисовать принципиальную схему теплового пункта.
2. Изучить правила технической эксплуатации и правила техники безопасности эксплуатации тепловых пунктов.
3. Изучить принцип работы, достоинства и недостатки двухступенчатой последовательной схемы присоединения подогревателей горячего водоснабжения.
4. Изучить назначение, конструкцию и принцип работы оборудования и приборов автоматического регулирования, установленных в тепловом пункте.

РАБОТА № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ.

Скоростной секционный водоводяной подогреватель служит для подогрева водопроводной воды на нужды горячего водоснабжения. Водопроводная нагреваемая вода проходит по трубам подогревателя. Содержащиеся в водопроводной воде соли кальция и магния при нагреве выпадают в осадок и образуют на поверхности трубок слой накипи. Накипь снижает коэффициент теплопередачи и увеличивает гидравлическое сопротивление подогревателя. Сетевая (греющая) вода проходит по межтрубному пространству подогревателя. Так как сетевая вода на ТЭЦ подвергается химической обработке, накипь на внешней поверхности трубок не выпадает.

Движение греющей и нагреваемой воды организовано по принципу противотока.

На испытываемом теплообменнике установлены следующие приборы:

- термометры на входе и выходе греющей сетевой воды
- термометры на входе и выходе нагреваемой водопроводной воды
- расходомер для измерения расхода нагреваемой воды
- дифманометр для измерения потери давления по нагреваемой воде.

Техническая характеристика скоростного секционного подогревателя:

- тип подогревателя МВН 2052-36/2
 - диаметр корпуса 325 мм
 - трубки латунные диаметром 16/14 мм
 - количество трубок в секции 151
 - длина секции 4 м
 - поверхность нагрева одной секции 29,4 м²
 - количество секций 5
 - эквивалентный диаметр межтрубного пространства
 - площадь живого сечения трубок 0,025 м²
 - площадь живого сечения межтрубных пространств 0,0446 м²
- Водоподогреватель рассчитан на давление в трубках и межтрубного пространства 1,0 МПа.

Цель работы:

Изучить конструкцию скоростного секционного водоводяного подогревателя. Исследовать влияние накипи на коэффициент теплопередачи и гидравлическое сопротивление теплообменника.

Последовательность проведения работы.

При установившемся стационарном режиме (т.е. при постоянном расходе воды в течении 10-15 мин, когда показания всех 4-х термометров остаются постоянными) снимаются показания всех приборов. Записать температуры греющей и нагреваемой воды на входе и выходе, расход нагреваемой воды и фактическое гидравлическое сопротивление подогревателя по ходу нагреваемой воды.

Провести 2-3 испытания при различных расходах нагреваемой воды. Произвести обработку опытных данных в следующем порядке.

1. Определить скорость нагреваемой воды в трубах теплообменника по формуле:

$$V_n = G_n / \rho \cdot F_{тр}$$

2. Вычислить расчетную потерю давления по ходу нагреваемой воды при чистых трубах

$$\Delta R_{тр}^p = 7,35 \cdot V_{тр}^2 \cdot n$$

3. Определить коэффициент, показывающий влияние накипи и загрязнения в трубах на гидравлическое сопротивление теплообменника

$$\psi = \Delta R_{тр} / \Delta R_{тр}^p$$

4. Найти фактическую тепловую производительность теплообменника

$$Q = Gv \cdot c (t_{n2} - t_{n1})$$

5. Вычислить средний температурный напор

$$\Delta t_{cp} = \frac{at_5 - at_u}{\ln at_5 / at_u}$$

6. Определить фактический коэффициент теплопередачи

$$K_{\phi} = \frac{Q}{F \cdot \Delta t_{cp}}$$

7. Определить расход греющей сетевой воды

$$G_r = G_n \frac{t_{n2} - t_{n1}}{t_{r1} - t_{r2}}$$

8. Определить скорость греющей воды в межтрубном пространстве

$$V_{m.r} = \frac{G_r}{\rho \cdot f_{m.r}}$$

9. Вычислить расчетные коэффициенты теплоотдачи от греющей воды к стенкам трубок к нагреваемой воде

$$\alpha_r = (1630 + 21 t_r - 0,041 t_r^2) V_{m.r}^{0,75} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{С}$$

$$\alpha_n = (1630 + 21 t_n - 0,041 t_n^2) V_{m.n}^{0,75} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{С}$$

10. Определить расчетный коэффициент теплопередачи при чистых трубках. (Толщина латунных трубок равна 0,001 м; теплопроводность латуни 100 Вт/мК)

$$K_p = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_r} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_n}}$$

11. Определить коэффициент, показывающий влияние накипи на коэффициент теплопередачи

$$\psi = K_{\phi} / K_p$$

12. Определить усредненную толщину слоя накипи в трубках (принять теплопроводность накипи 2 Вт/мК)

$$\delta_{нак} = \frac{\lambda_{нак} \cdot 10^3}{K_p} \left(\frac{1}{\psi} - 1 \right)$$

В приведенных выше формулах принять следующие обозначения:

V_n - скорость нагреваемой воды в трубках подогревателя горячего водоснабжения, м/с

V_r - скорость греющей воды в межтрубном пространстве, м

G_n - расход нагреваемой воды, кг/с

G_r - расход греющей воды, кг/с

ρ - плотность воды, кг/м³

f_{tr} - площадь живого сечения трубок, м²

f_{mp} - площадь живого сечения межтрубного пространства, м²

ΔP_{tr} - расчетная потеря давления в подогревателе по ходу нагреваемой воды при чистых трубках, КПа

ΔP_{tr} - то же при загрязненных трубках

ψ - коэффициент, учитывающий влияние накипи на гидравлическое сопротивление

Q - тепловая производительность подогревателя, Вт

t_{n1}, t_{n2} - температура нагреваемой воды соответственно на входе и выходе, °С

t_{r1}, t_{r2} - температура греющей воды соответственно на входе и выходе, °С

c - теплоемкость воды дж/кг град

Δt_{cp} - средний температурный напор в подогревателе, °С

K_{ϕ} - фактический коэффициент теплоотдачи подогревателя, Вт/м² С

F - поверхность нагрева подогревателя, м²

α_r, α_n - соответственно коэффициенты теплоотдачи от греющей воды к

трубкам и от трубок к нагреваемой воде, Вт/м²С
 t_r, t_n - среднеарифметическая температура соответственно грею-
щей и нагреваемой воды, °С
 $\alpha_{\text{экв}}$ - эквивалентный диаметр межтрубного пространства, м
 $\alpha_{\text{тр}}$ - внутренний диаметр трубок, м
 K_p - расчетный коэффициент теплоотдачи при чистых трубках, Вт/
м²С
 $\delta_{\text{ст}}$ - толщина стенок латунных трубок, м
 $\lambda_{\text{лат}}$ - теплопроводность латуни, Вт/м²С
 $\delta_{\text{нак}}$ - усредненная толщина слоя накипи, мм

РАБОТА N 7

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТЕПЛОПРОВОДОВ.

Одним из сложных вопросов в энергетике является сохранение теплозащитных свойств теплоизоляционных конструкций в стабильном состоянии за весь эксплуатационный период. В процессе эксплуатации теплоизоляционных конструкций трубопроводов при подаемной прокладке, воздушной подвергается воздействию окружающей среды и температурных колебаний. За счет увлажнений и температурного воздействия происходят деструктивные изменения в структуре теплоизоляционных материалов.

Все это приводит не только к значительному снижению теплозащитных свойств конструкций, но к возникновению интенсивной коррозии металлической поверхности трубопроводов.

Поэтому одной из важных задач эксплуатационных служб является современная диагностика состояния теплоизоляционных конструкций и проведение соответствующих ремонтно-восстановительных работ.

Существующие в настоящее время приборы и методики основаны на определении тепловых потоков и сравнение их с расчетными данными. Проведение диагностики тепловых трасс осуществляется при непосредственном контакте датчиков измерительных приборов с поверхностью теплоизоляционных конструкций и без него.

В первом случае для проведения диагностических работ необходимо производить вскрытие тепловых трасс, во втором случае датчики располагаются на поверхности земли или же над землей. В последнем варианте диагностика проводится с помощью тепловизоров, которые размещаются на вертолетах. Этот способ позволяет выявлять только общую картину состояния теплотрасс на большой площади. Поэтому целесообразным является последовательное использование всех методов диагностики. В настоящем лабораторном практикуме проводятся работы с использованием приборов непосредственного контакта датчиков с теплоизоляционной конструкцией и приборов с кантакном датчиком с поверхностью земли.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ТЕПЛОПРОВОДА. ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ.

Лабораторная установка состоит: из термостата 1, фрагмента трубопровода с тепловой изоляцией из вспененного полистирола 2, соединительных трубок 3, потенциометра 4, и термопар 5. Тепловые потоки определяют с помощью измерителя тепловых потерь ИТП-6.

В термостате вода нагревается в автоматическом режиме до определенной температуры с помощью токов и контактного термометра.

Выход на стабильный режим определяется по потенциометру. Циркуляция воды в стенде осуществляется с помощью насоса термостата. Для регистрации температур на поверхности трубопровода и тепловой изоляции закреплены термопары, связанные с потенциометром. Расчет коэффициента теплопроводности осуществляется по формуле:

$$\lambda_{из} = \frac{q_e}{2\pi(t_{гр} - t_{из})} \ln \frac{d_{из}}{d_{гр}} \quad \text{Вт/(м, } ^\circ\text{C)}$$

Где q_e - тепловой поток по длине, Вт/м

t_{tp} - температура на поверхности трубопровода С
 $t_{та}$ - температура на поверхности тепловой изоляции С
 $d_{та}$ - диаметр трубопровода с изоляцией, м
 $d_{тр}$ - диаметр трубопровода, м

Так как прибор ИТП-6 дает показания теплового потока с площади q_f то эти показания необходимо пересчитать по выражению:

$$q_e = q_f \frac{d_{та}}{d_{тр}}$$

В процессе проведения лабораторной работы периодически на различных температурных режимах по показаниям потенциометра снимаются значения температур $t_t, t_{та}$ с помощью ИТП-6 определяются тепловые потоки q_f . Полученные данные записываются в журнал наблюдений. По результатам опытов рассчитывается коэффициент теплопроводности. Строятся зависимости

$$\lambda_{из} = f(t_{tp}) \text{ и } q_e = f(t_{tp})$$

УСТРОЙСТВО ПРИБОРА ИТП-6

Измеритель тепловых потерь ИТП-6 (рис. 1) включает в себя вторичный прибор, соединенный с ним витым проводом с датчиком и футляр для хранения.

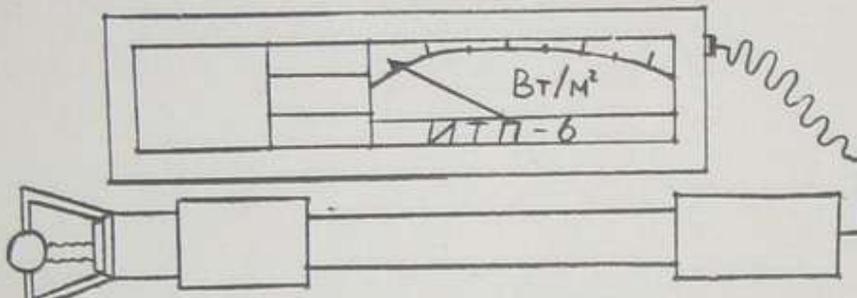


Рис. 1. Измеритель тепловых потерь ИТП-6.

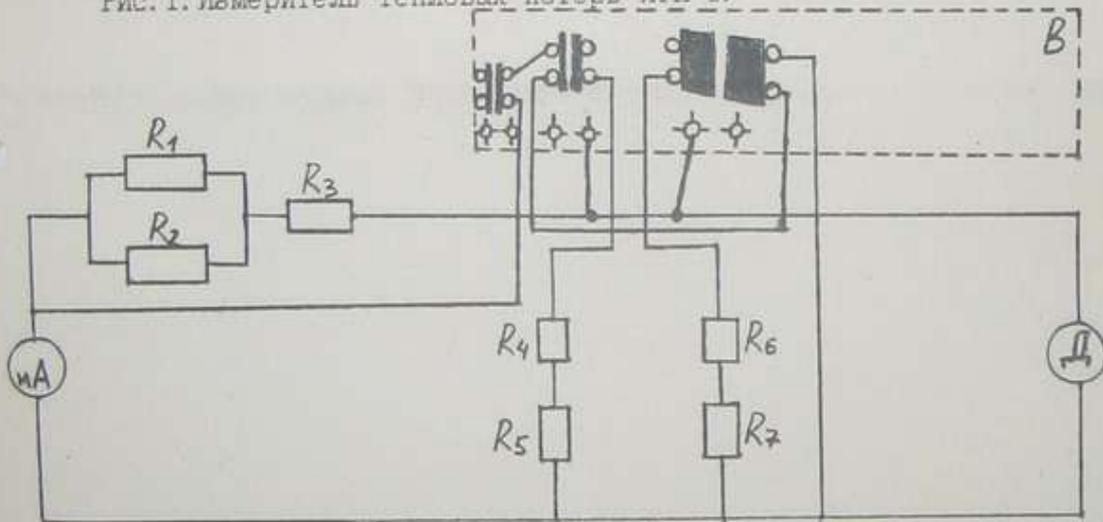


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема прибора.
Транспортировка прибора.

Действия измерителя тепловых потерь основано на явлении термоэлектрического эффекта, возникающего в датчике при прохождении через него теплового потока. Датчик представляет собой батарею из большого числа последовательно включенных термоэлементов, обеспечивающих высокую его чувствительность при сравнительно малом термическом сопротивлении. Благодаря этому положению датчика на испытуемую поверхность теплообмена не вносит заметных искажений в физическую картину распределения полей тепловых пото-

ков и температур. Малые размеры чувствительного элемента позволяют регистрировать локальные значения тепловых потоков, следовательно, распределение тепловых потерь по поверхности изоляции. Вторичный прибор состоит из высокочувствительного микроамперметра, шкала которого проградуирована в единицах плотности теплового потока Вт/м², клавишного переключателя и платы с резисторами. На рис 2, представлена схема прибора. Термозлектрический ток от датчика Д проходит через рамку измерительного механизма вторичного прибора и отключает его подвижную часть на соответствующий угол. Изменения пределов измерения достигается шунтированием рамки измерительного механизма соответствующими резисторами и осуществляется клавишным переключателем, встроенным в корпус вторичного прибора.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.

1. Ознакомиться с лабораторной установкой и зарисовать ее.
2. Определить диаметр фрагмента трубы $d_{тр}$ и теплоизоляционной конструкции $d_{из}$.
3. Замерить с помощью КСП-4 температуры трубопровода ($t_{тр}$), поверхности тепловой изоляции ($t_{из}$), окружающей среды ($t_{в}$) и занести показания в журнал измерений табл. . .
4. С помощью прибора ИТП-6 определить тепловой поток и занести данные в журнал измерений. (Измерения производить на первом диапазоне).
5. Пересчитать тепловой поток (q_f) на тепловые потери по длине (q_e) и рассчитать коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала ($\lambda_{из}$). Результаты занести в журнал измерений.
6. По данным журнала измерений построить зависимость $\lambda_{из} = f_{из}(t_{тр})$ и $q_e = f(t_{тр})$.
7. Сравнить полученн

ые тепловые потери с нормированными.

Таблица

N опыта	$t_{тр}, ^\circ C$	$t_{из}, ^\circ C$	$t_{в}, ^\circ C$	$q, Вт/м^2$	$q_e, Вт/м$	$\lambda_{из}$
1						
2						
3						

среднее
значение