

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Институт повышения квалификации
и переподготовки

Кафедра «Электроснабжение»

НАЛАДКА И ИСПЫТАНИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
по выполнению лабораторных работ
для слушателей специальности переподготовки
1-43 01 78 «Диагностика и техническое
обслуживание энергооборудования организаций»
заочной формы обучения**

Гомель 2022

УДК 658.264(075.8)
ББК 31.386я73
Н23

*Рекомендовано кафедрой «Электроснабжение»
ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 3 от 14.10.2021 г.)*

Составитель *В. В. Киселевич*

Рецензент: проректор по воспитательной работе ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *А. В. Шаповалов*

Н23 **Наладка** и испытания теплотехнического оборудования : практикум по выполнению лаборатор. работ для слушателей специальности переподготовки 1-43 01 78 «Диагностика и техническое обслуживание энергооборудования организаций» заоч. формы обучения / сост. В. В. Киселевич. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2022. – 47 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Содержит материал для закрепления теоретических знаний по основным разделам дисциплины, а также для выполнения эксплуатационных измерений, обработки и анализа полученных данных и приобретения навыков наладки теплотехнического оборудования.

Для слушателей специальности переподготовки 1-43 01 78 «Диагностика и техническое обслуживание энергооборудования организаций» заочной формы обучения.

УДК 658.264(075.8)
ББК 31.386я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2022

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

НАЛАДКА ЭЛЕВАТОРНОГО УЗЛА В РУЧНОМ РЕЖИМЕ

Цель работы: ознакомиться с устройством и методами наладки водоструйного элеватора; выполнить экспериментальное определение коэффициента смешения элеватора; рассчитать располагаемый напор перед элеватором и диаметр его сопла для фактически установившегося расхода сетевой воды.

Теоретические сведения

Абонентский ввод является узлом управления присоединенной к нему отопительной системы здания и служит для регулирования расхода и параметров теплоносителя в соответствии с режимом теплопотребления, учета расхода тепла, распределения теплоносителя по отдельным веткам системы отопления, заполнения и опорожнения отопительной системы. Наиболее распространенным типом присоединения местных систем отопления зданий к тепловым сетям является схема с водоструйным элеватором, выполняющим функцию снижения температуры воды, поступающей из тепловой сети в местную систему, до необходимой температуры путем ее смешения с обратной водой системы отопления.

Элеватор состоит из приемной камеры, камеры смешения и диффузора. В приемную камеру вставлен стакан со съемным соплом.

Элеватор работает следующим образом. Вода из подающей линии тепловой сети поступает в элеватор через сопло. Выходя с большой скоростью из сопла, струя воды подсасывает в приемную камеру воду из обратной линии отопительной системы (давление сетевой воды при этом снижается до значения, которое меньше давления подмешиваемой обратной воды). Смесь воды поступает в камеру смешения, где происходит выравнивание скоростей сетевой и обратной воды системы отопления. Далее вода поступает в диффузор, где благодаря постепенному увеличению сечения происходит уменьшение скорости и повышение давления. Из диффузора вода поступает в отопительную систему.

Одной из основных характеристик работы элеватора является коэффициент смешения, равный отношению весового количества подмешиваемой воды G'_2 к количеству горячей воды, поступающей из подающей трубы тепловой сети G_1 :

$$u = G'_2 / G_1 . \quad (1.1)$$

Величину коэффициента смешения можно также определить по температурам подающей t_1 , обратной t_2 и смешанной t_3 воды:

$$u = \frac{t_1 - t_3}{t_3 - t_2} . \quad (1.2)$$

Для нормальной работы элеватора необходима значительная разность напоров между подающей и обратной линиями тепловой сети. При гидравлическом сопротивлении отопительной установки порядка 1 м вод. ст. и обычно требующихся коэффициентах смешения 1,5–2,5 разность давлений в подающей и обратной линиях должна составлять 9–17 м вод. ст.

Располагаемый напор перед элеватором:

$$H_{\text{рас}} = g^{-1} \left(\frac{p_1}{\rho_1} - \frac{p_2}{\rho_2} \right) \cdot 10^6 , \text{ м вод. ст.}, \quad (1.3)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²; p_1 и p_2 – показания контрольных манометров, МПа; ρ_1 и ρ_2 – плотности воды, кг/м³, при температурах t_1 и t_2 , соответственно.

Минимальный располагаемый напор перед элеватором, необходимый для его нормальной работы:

$$H_{\text{рас}}^{\text{min}} = 1,4 \Delta h (1+u)^2 , \text{ м вод. ст.}, \quad (1.4)$$

где Δh – сопротивление местной системы отопления, м вод. ст.

Основным преимуществом схемы с элеватором перед вводом, присоединенным непосредственно к тепловым сетям, является возможность вести регулировку местной системы не только за счет варьирования расхода сетевой воды, но и посредством изменения расхода и температуры воды, циркулирующей в местной системе. Для этого регулируют коэффициент смешения элеватора путем изменения диаметра его сопла. Наряду с этим к достоинствам элеватора относят: совмещение в аппарате простейшей конструкции двух основных функций (смесителя и нагнетателя), необходимых для работы системы отопления; надежность работы; малые расходы и бесшумность.

К недостаткам работы элеватора относят: низкий коэффициент полезного действия (0,25–0,30), что, главным образом, обусловлено значительным превышением располагаемого напора над гидравлическим сопротивлением системы; невозможность регулирования подачи

тепла в отопительную систему путем периодического изменения коэффициента смешения без замены сопла в элеваторе; уменьшение коэффициента смешения вследствие малейшего перекоса сопла и (или) случайного повышения сопротивления отопительной системы.

Методика наладки элеватора определяется тепловым режимом отапливаемого здания. Если здание перегревается, то через сопло элеватора проходит расход сетевой воды больше требуемого. При этом, если перегрев происходит равномерно, расход воды в системе отопления равен расчетному значению или больше его. Повышенный расход сетевой воды через сопло элеватора является результатом завышения его диаметра по сравнению с требуемым диаметром. В данном случае наладка сводится к замене на сопло меньшего диаметра.

Диаметры горловины и сопла элеватора определяют по формулам:

$$d_{\Gamma} = 8,54 \sqrt{\frac{G_1^2 (1+u)^2}{\Delta h}}, \text{ мм}; \quad (1.5)$$

$$d_c = 9,64 \sqrt{\frac{G_1^2}{H_{\text{рас}}}}, \text{ мм}. \quad (1.6)$$

При выборе номера элеватора принимается стандартный элеватор (см. табл. П.1.1 приложения 1) с ближайшим меньшим диаметром горловины (камеры). Диаметр сопла определяется с точностью до десятых долей миллиметра с округлением в меньшую сторону и принимается при расчетах не менее 3 мм. При выполнении наладочного расчета и гашении избыточного напора соплом элеватора, если последний превышает напор, определенный по формуле (1.4), в два раза и более, а также в случае, когда диаметр сопла, определенный по формуле (1.6), получается менее 3 мм, избыток напора гасится устанавливаемой перед элеватором дроссельной диафрагмой.

КПД элеватора определяется следующим соотношением:

$$\eta_{\text{эл}} = \frac{u \Delta h}{H_{\text{рас}} - \Delta h} \cdot 100\%. \quad (1.7)$$

В случае установки одного элеватора на группу небольших зданий его номер определяется исходя из максимальных потерь напора в распределительной сети после элеватора и в системе отопления для самого неблагоприятно расположенного потребителя, которые следует принимать с $u = 1,1$. При этом перед системой отопления каждого

здания следует установить дроссельную диафрагму, рассчитанную на гашение всего избыточного напора при расчетном расходе смешанной воды. В то же время, установка общего элеватора для большой группы зданий нежелательна, так как для всех присоединенных к нему систем устанавливается одинаковый режим работы без учета их индивидуальных особенностей.

После расчета и установки элеватора необходимо провести его точную настройку и регулировку. Регулировку следует проводить только после выполнения всех предварительно разработанных мероприятий по наладке. Конечной целью регулировки элеваторного узла должно быть достижение установившегося теплового и гидравлического режимов настраиваемой системы отопления.

Приборы и оборудование: элеватор стальной 40с10бк; термометры расширения и сопротивления; пружинные манометры; регулятор расхода РР-50; теплосчетчик ТЭМ-05М-2; регулятор системы отопления SR-1-КМ.

Схема и описание лабораторной установки

На схеме элеваторного узла, представленной на рис. 1.1, приняты следующие обозначения: 1–4 – задвижки; 5–18 – регулирующие вентили с манометрами; 19–22 – термометры расширения; 23–26 – термометры сопротивления; 27 и 28 – фильтры; 29 – грязевик; 30 и 31 – первичные преобразователи расхода (расходомеры); 32 – регулятор перепада давления; 33 – регулятор расхода; 34 – регулятор подмеса обратной воды; 35 – обратный клапан; 36 – элеватор; 37 – подмешивающий насос; 38 – счетчик тепловой энергии; 39 – регулятор системы отопления типа SR-1-КМ; 40–44 – шаровые краны; 45 – датчик температуры t_n наружного воздуха.

Горячая вода из тепловой сети (ТС) поступает в подающий трубопровод, на котором установлена запорно-регулирующая арматура для подключения элеватора 36 к подающему трубопроводу местной системы отопления (СО). При открытом кране 40 теплоноситель сразу поступает в элеватор; для регулирования расхода воды с помощью регулятора 33 вначале закрывают шаровый кран 40, а затем открывают краны 41 и 42. Элеватор 36 выполняет функцию смешивания горячего теплоносителя, имеющего параметры p_1, t_1 , с водой, возвращаемой из местной системы отопления с параметрами p_2, t_2 .

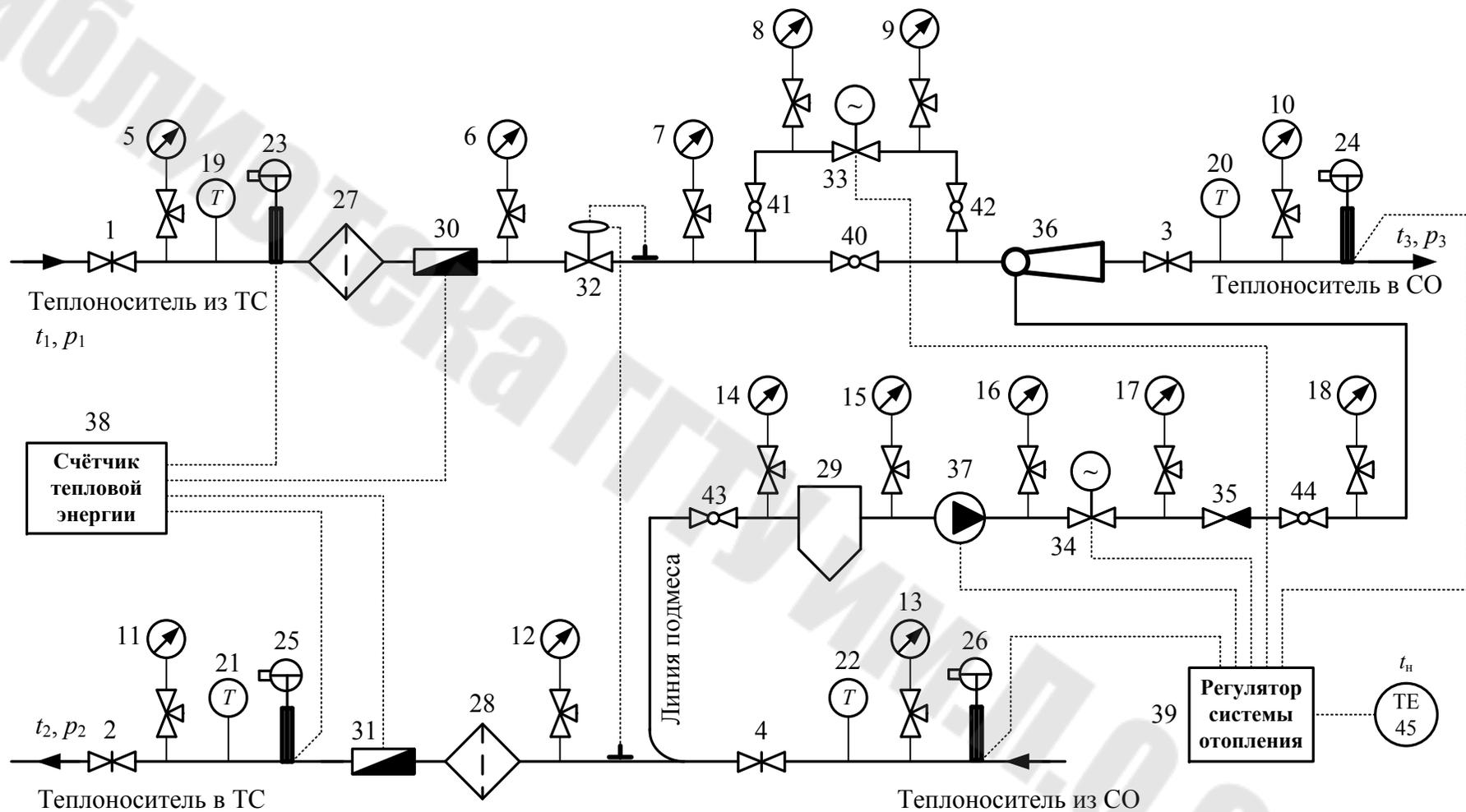


Рисунок 1.1. – Схема теплового узла с элеваторным присоединением системы отопления

Задвижки 3 и 4 предназначены для отключения местной СО от оборудования ввода. Для контроля температуры и давления воды в характерных точках тепловой схемы элеваторного узла установлены термометры расширения 19–22 и показывающие манометры 5–18.

Количество тепловой энергии, потребляемой в местной СО, определяется при помощи теплосчетчика 38, обрабатывающего измерительные сигналы от датчиков температуры 23, 25 и расхода 30, 31. Регулирование количества тепловой энергии, подаваемой в СО, осуществляется с использованием регулятора 39 типа SR-1-КМ. При отклонении температур смешанной t_3 и обратной t_2 воды от установленных температурным графиком значений регулятор 39 формирует выходные сигналы, поступающие на регуляторы расхода 33, 34 и подмешивающий насос 37.

Порядок выполнения работы

1. По достижении установившегося теплового и гидравлического режимов выполнить измерение:

- давлений воды p_1 , p_2 и p_3 с помощью манометров 7, 12 и 10;
- температур воды t_1 , t_2 , t_3 и t_n посредством термометров 19–21 и датчика 45;
- расходов воды в подающем G_1 и обратном G_2 трубопроводах с помощью расходомеров 30 и 31.

2. Результаты измерений занести в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Результаты измерений

№ п.п.	G_1	G_2	t_1	t_2	t_3	t_n	p_1	p_2	p_3	$\Delta p = p_1 - p_2$
	м ³ /ч		°С				МПа			
1										
2										
3										
Среднее										

Обработка результатов измерений

1. Для приведенных в табл. 1.1 характеристик определить их средние значения, по которым необходимо выполнять все дальнейшие расчеты.

2. По выражению (1.2) определить фактическое значение коэффициента смешения элеватора u .

3. Рассчитать нормативное значение коэффициента смешения элеватора $u^{гр}$ по формуле:

$$u^{гр} = \frac{t_1^{гр} - t_3^{гр}}{t_3^{гр} - t_2^{гр}}, \quad (1.8)$$

где $t_1^{гр}$, $t_2^{гр}$ и $t_3^{гр}$ – температуры подающей, обратной и смешанной воды, найденные по температурному графику теплового узла, °С.

4. Найти количество подмешиваемой воды:

$$G'_2 = uG_1, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (1.9)$$

5. Определить располагаемый напор $H_{рас}$ перед элеватором и диаметр d_c его сопла по формулам (1.3) и (1.6).

Контрольные вопросы

1. Принцип работы элеватора.
2. Основные характеристики элеватора.
3. Методика наладки элеватора.
4. Схема теплового узла с элеваторным присоединением системы отопления.
5. Преимущества и недостатки схемы теплового узла с элеваторным присоединением системы отопления.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

УЧЕТ РАСХОДА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ НА ОТОПЛЕНИЕ И ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Цель работы: освоить способы учета количества тепловой энергии и массы теплоносителя, применяемые в закрытых и открытых водяных системах теплоснабжения с различной тепловой нагрузкой; снять показания прибора учета тепла и заполнить журнал учета расхода тепловой энергии и теплоносителя.

Теоретические сведения

Способы учета количества тепловой энергии и массы теплоносителя различаются в зависимости от схем теплоснабжения и типа потребителей. В водяных системах теплоснабжения известны две принципиальные схемы измерения тепловой энергии: открытая и закрытая.

Закрытая схема измерения тепловой энергии подразумевает, что расход теплоносителя в прямом и обратном трубопроводах одинаковый, т.е. потери, а также санкционированный и несанкционированный разбор теплоносителя отсутствуют. Количество потребляемой объектом тепловой энергии для такой схемы определяется по выражению:

$$Q = \int_{\tau_1}^{\tau_2} G(\rho_1 h_1 - \rho_2 h_2) d\tau, \text{ Дж}, \quad (2.1)$$

где G – объемный расход теплоносителя в трубопроводе (прямом или обратном), на котором установлен расходомер, м³/с; ρ_1 и ρ_2 – плотности теплоносителя в прямом и обратном трубопроводах, кг/м³; h_1 и h_2 – энтальпии теплоносителя в прямом и обратном трубопроводах, Дж/кг; τ_1 и τ_2 – время начала и конца измерения, с.

Открытая схема измерения тепловой энергии подразумевает, что расход теплоносителя в прямом и обратном трубопроводах разный, т.е. имеют место потери либо санкционированный (например, система горячего водоснабжения) и несанкционированный (например, воровство теплоносителя или тепловой энергии) разбор теплоносителя. Количество потребляемой объектом тепловой энергии для открытой схемы определяется соотношением:

$$Q = \int_{\tau_1}^{\tau_2} [G_1(\rho_1 h_1 - \rho_x h_x) - G_2(\rho_2 h_2 - \rho_x h_x)] dt, \text{ Дж}, \quad (2.2)$$

где G_1 и G_2 – объемные расходы теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах, м³/с; ρ_x – плотность воды холодного источника, кг/м³; h_x – энтальпия воды холодного источника, Дж/кг.

Под холодным источником понимают техническую воду с температурой t_x , потребляемую теплоснабжающей организацией для водоподготовки и последующего нагрева. Ввиду того, что на практике отсутствует возможность измерения действительного значения t_x у потребителя тепловой энергии, температуру холодного источника принимают равной температуре холодной воды (5–15 °С), поставляемой водоканалом потребителю.

Принципиальные схемы размещения точек измерения массы M , температуры T и давления p теплоносителя в открытых системах приведены на рис. 2.1 и рис. 2.2.

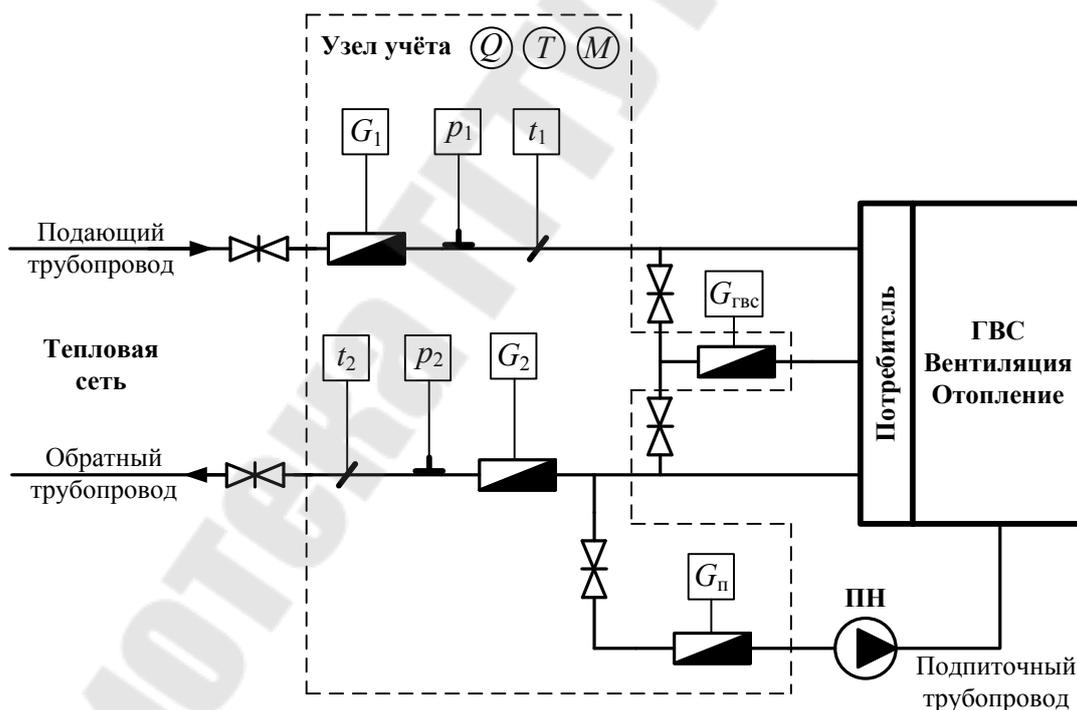


Рисунок 2.1. – Принципиальная схема размещения точек измерения в открытых системах теплоснабжения с суммарной тепловой нагрузкой, превышающей 9 ГДж/ч

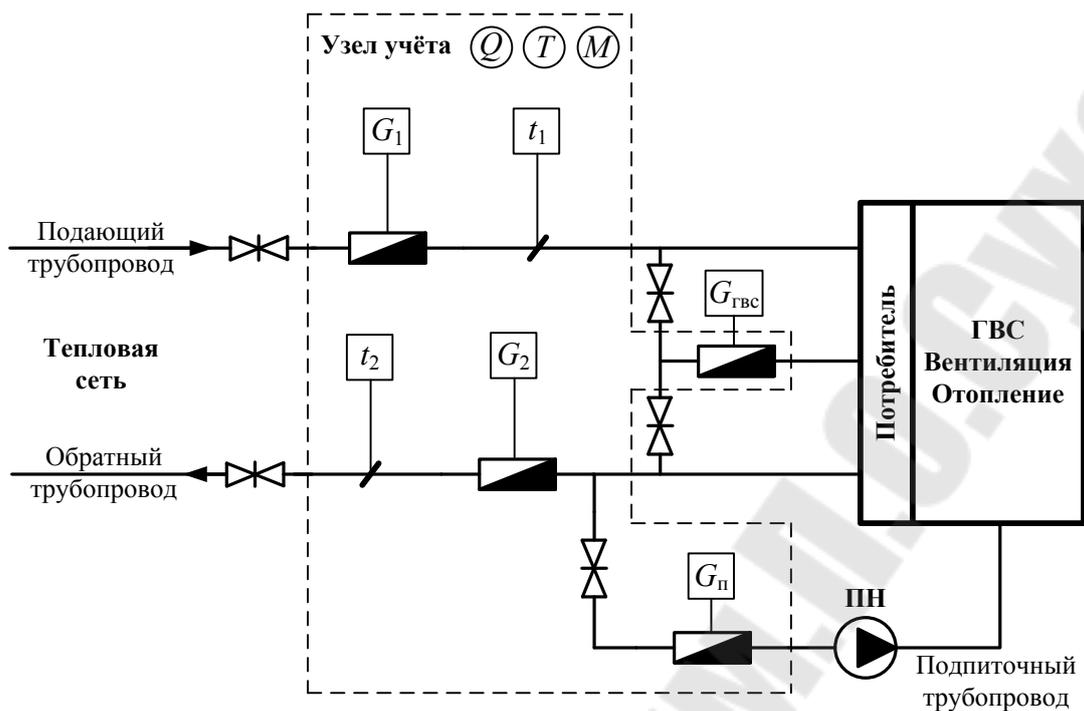


Рисунок 2.2. – Принципиальная схема размещения точек измерения в открытых системах теплоснабжения с суммарной тепловой нагрузкой, не превышающей 9 ГДж/ч

Схема, изображенная на рис. 2.1, применяется для потребителей с суммарной тепловой нагрузкой 2,5 МВт (9 ГДж/ч) и более; для потребителей с суммарной тепловой нагрузкой менее 2,5 МВт, тепловые сети которых проходят по закрытой территории или под землей и для визуального осмотра недоступны, используется схема, представленная на рис. 2.2. На этих схемах приняты следующие сокращения и обозначения: ГВС – горячее водоснабжение; ПН – подпиточный насос; t_1 и t_2 – температуры воды в прямом и обратном трубопроводах; p_1 и p_2 – давления воды в прямом и обратном трубопроводах; $G_{\text{П}}$ – расход подпиточной воды; $G_{\text{ГВС}}$ – расход воды на нужды ГВС.

Узлы учета тепловой энергии должны оснащаться двухканальными теплосчетчиками с первичными измерительными преобразователями на подающем и обратном трубопроводах для следующих схем теплоснабжения и типов потребителей:

- промышленные и приравненные к ним;
- спортивные и спортивно-оздоровительные комплексы;
- центральные тепловые пункты;
- общественные и другие с тепловой нагрузкой 2,5 МВт и более;

- объекты общественного назначения с тепловой нагрузкой менее 2,5 МВт, тепловые сети которых проходят по закрытой территории или под землей и для визуального осмотра недоступны;
- с открытой схемой теплоснабжения;
- имеющие независимую схему теплоснабжения;
- потребители, у которых на схеме горячего водоснабжения имеется циркуляционный трубопровод.

На узлах учета тепловой энергии, оборудованных в соответствии со схемами, проиллюстрированными на рис. 2.1 и 2.2, должны регистрироваться следующие параметры:

- время работы;
- время перерывов питания или время работы в штатном режиме;
- ошибки, влияющие на коммерческий учет;
- полученная тепловая энергия;
- масса теплоносителя, полученного по подающему трубопроводу и возвращенного по обратному трубопроводу;
- температура теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах узла (системы) учета;
- давление теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах узла учета (для потребителей с суммарной тепловой нагрузкой 2,5 МВт и более);
- масса теплоносителя, израсходованного на водоразбор в системах горячего водоснабжения;
- параметры теплоносителя, тепловая энергия, соответственно усредненные или накопленные за час.

При установке двухканальных теплосчетчиков превышение массового расхода теплоносителя в обратном трубопроводе над подающим допускается в пределах удвоенного значения погрешности измерения массы теплоносителя по одному трубопроводу (каналу измерения теплосчетчика).

В системах теплоснабжения, подключенных по независимой схеме, дополнительно должна определяться масса теплоносителя, расходуемого на подпитку.

Узлы учета тепловой энергии жилых домов, общественных и коммунально-бытовых зданий, а также потребителей с суммарной тепловой нагрузкой менее 2,5 МВт и закрытой системой теплоснабжения должны оснащаться теплосчетчиками, измерительные преобразо-

ватели расхода которых устанавливаются на подающих трубопроводах (см. рис. 2.3).

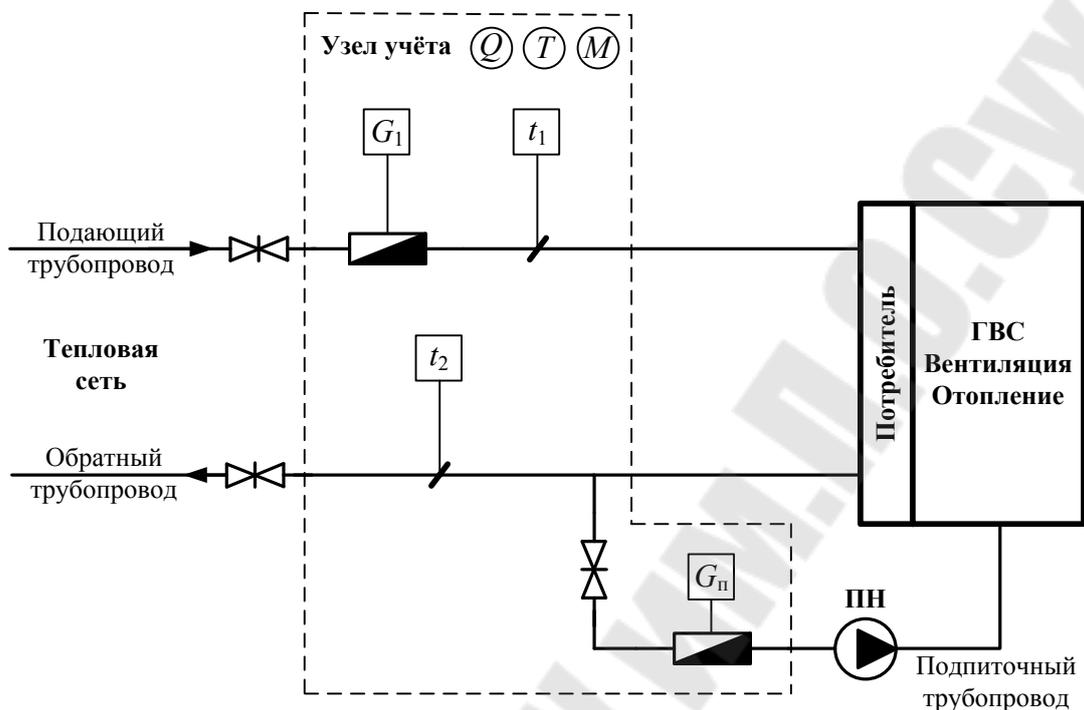
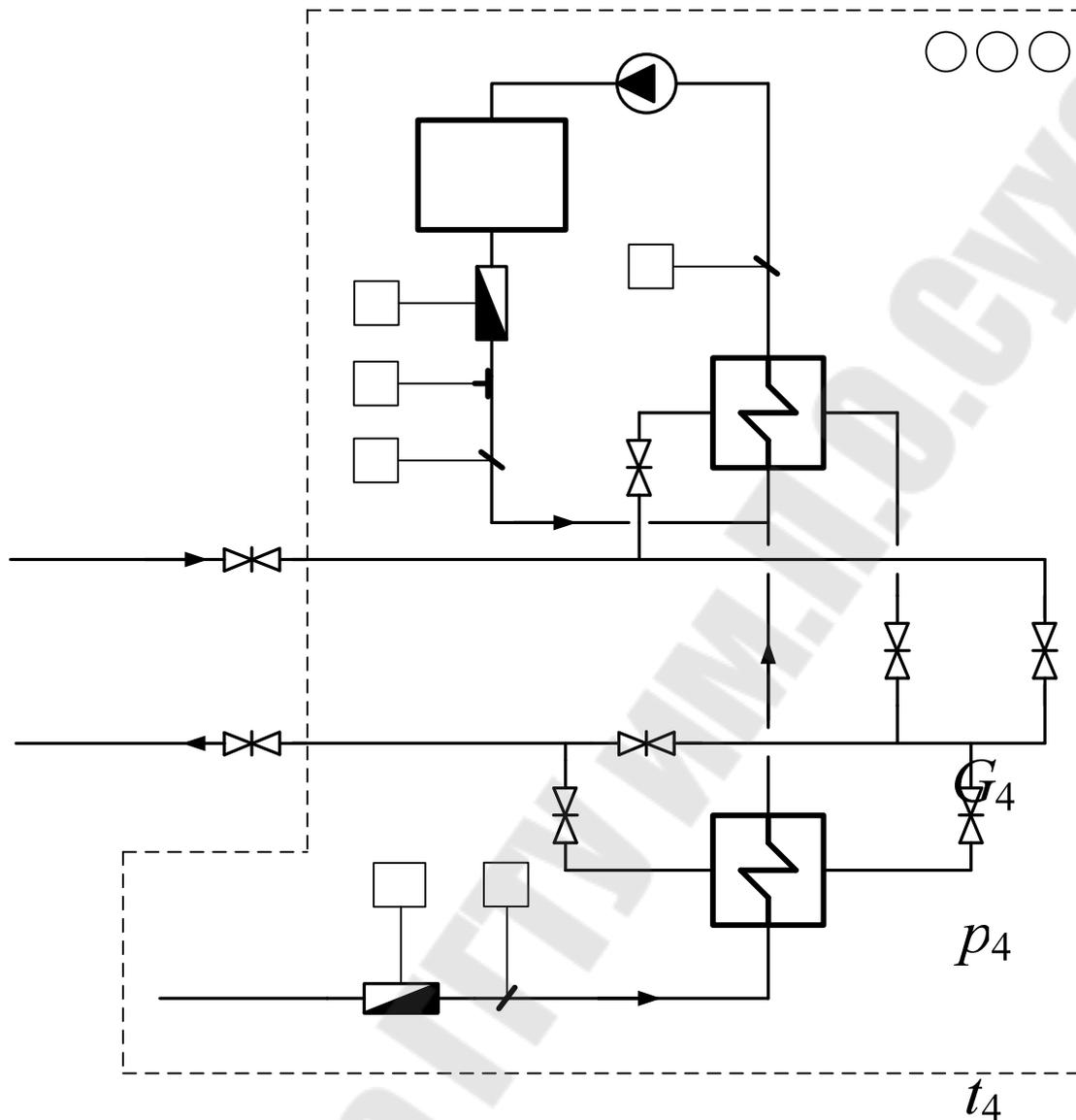


Рисунок 2.3. – Принципиальная схема размещения точек измерения в закрытых системах теплоснабжения с суммарной тепловой нагрузкой, не превышающей 9 ГДж/ч

На узлах учета тепловой энергии, оборудованных в соответствии с рис. 2.3, должны регистрироваться следующие параметры:

- время работы;
- время перерывов питания или время работы в штатном режиме;
- ошибки, влияющие на коммерческий учет;
- полученная тепловая энергия;
- масса теплоносителя, полученного по подающему трубопроводу;
- температура теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах узла учета;
- параметры теплоносителя, тепловая энергия, соответственно усредненные или накопленные за час.

Принципиальная схема горячего водоснабжения потребителей с размещением точек измерения приведена на рис. 2.4.



ГВС

Рисунок 2.4. – Принципиальная схема горячего водоснабжения потребителей

На принципиальной схеме ГВС приняты следующие обозначения: $P_{ГВС I}$ и $P_{ГВС II}$ – подающие ГВС I и II ступеней; t_3 – температура горячей воды, подаваемой потребителям; G_4 , p_4 и t_4 – расход, давление и температура воды в циркуляционном трубопроводе системы ГВС; G_x – расход холодной воды с температурой t_x .

На узлах учета тепловой энергии для горячего водоснабжения должны регистрироваться следующие параметры:

- время работы;
- время перерывов питания или время работы в штатном режиме;
- ошибки, влияющие на коммерческий учет;
- полученная тепловая энергия;

- масса горячей воды, циркулирующей в системе ГВС;
- масса холодной воды, потребленной в системе ГВС;
- температура горячей воды в системе ГВС до потребителя и после;
- температура холодной воды;
- параметры теплоносителя, тепловая энергия, соответственно усредненные или просуммированные за час.

Узлы учета тепловой энергии в тепловом пункте, принадлежащем потребителю, оборудуются на границе балансовой принадлежности тепловых сетей.

Приборы и оборудование: двухканальный счетчик тепловой энергии ТЭМ-05М-2; термопреобразователи сопротивления; первичные преобразователи расхода; измерительно-вычислительный блок теплосчетчика.

Описание лабораторной установки

Теплосчетчик ТЭМ-05М-2 предназначен для измерения и коммерческого учета количества теплоты в открытых и закрытых системах теплоснабжения. В состав теплосчетчика входят: первичные преобразователи расхода электромагнитного типа, измерительно-вычислительный блок и термопреобразователи сопротивления.

Преобразователь расхода состоит из корпуса с магнитной системой и немагнитной трубы с электродами. Преобразователи устанавливаются в разрыв трубопровода. При монтаже, выполняемом только при отсутствии теплоносителя в системе, необходимо обеспечить прямолинейный участок длиной $5D_y$ до преобразователя и $3D_y$ после него. Способы установки преобразователей показаны на рис. 2.5.

Измерение температуры теплоносителя осуществляется при помощи термопреобразователей сопротивления. Место установки термопреобразователей на трубопроводе должно быть расположено максимально близко к вводу в тепловой пункт и выводу с теплового пункта. Условия установки термопреобразователей на трубопроводах должны быть по возможности идентичными: одинаковые диаметры трубопроводов, одинаковые скорости потоков теплоносителя, одинаковые профили потока. Способы установки термопреобразователей на трубопроводе проиллюстрированы на рис. 2.6.

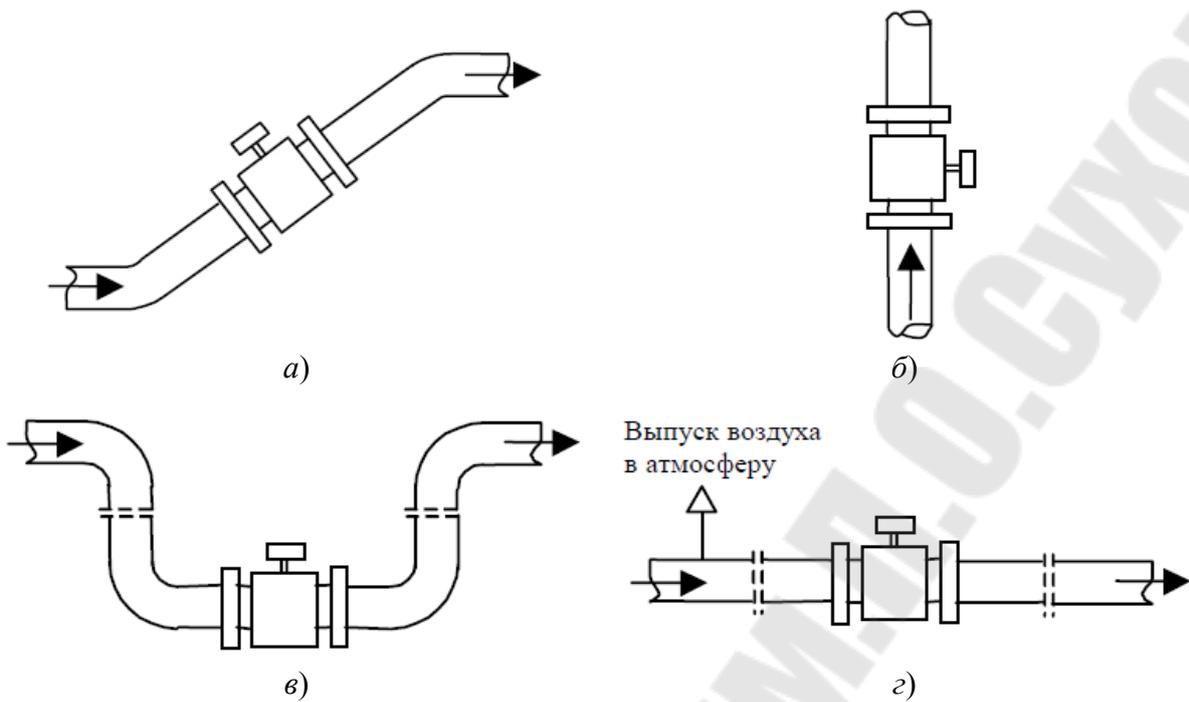


Рисунок 2.5. – Способы установки первичных преобразователей расхода:
 а) на наклонном участке трубопровода; б) на вертикальном участке трубопровода;
 в) на горизонтальном участке трубопровода; г) при наличии воздуха в трубопроводе

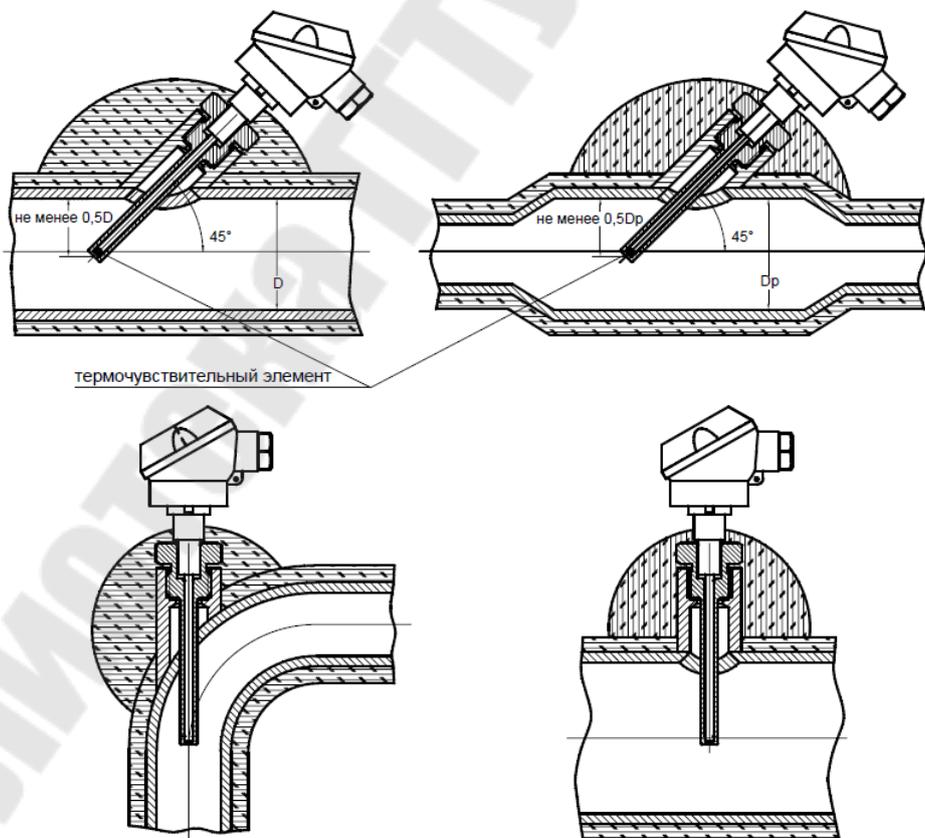


Рисунок 2.6. – Способы установки термопреобразователей сопротивления

Измерительно-вычислительный блок состоит из аналоговой платы измерения расхода, температур и избыточного давления, платы преобразования выбранного параметра в унифицированный сигнал постоянного тока и микропроцессорной платы тепловычислителя.

Теплосчетчик ТЭМ-05М-2 позволяет осуществлять:

1) автоматическое измерение: объемного и массового расхода теплоносителя, а также объема и массы теплоносителя в диапазоне от 2 до 100 % выбранного наибольшего расхода; температуры теплоносителя в трубопроводах системы теплоснабжения или горячего водоснабжения и трубопроводе холодного водоснабжения; избыточного давления теплоносителя в трубопроводах (при наличии датчиков давления с токовым выходом); времени наработки при поданном напряжении питания; времени работы в зоне ошибок;

2) вычисление: разности температур теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах (трубопроводе холодного водоснабжения); потребляемой тепловой мощности; объема теплоносителя; потребленного количества теплоты;

3) индикацию всех измеряемых и вычисляемых параметров, хранение во внутренней энергонезависимой памяти среднечасовых и среднесуточных значений параметров системы теплоснабжения, а также фиксацию и индикацию ошибок в своей работе и в работе системы теплоснабжения.

При включении теплосчетчик автоматически переходит в режим "работа" и начинает расчет и накопление с суммарным итогом количества теплоты. Вычисление потребляемого количества теплоты осуществляется путем обработки информации о расходе теплоносителя и разности его теплосодержания до и после потребителя теплоты; при этом учитываются значения установочных параметров измерительно-вычислительного блока.

Порядок выполнения работы

1. Включить питание теплосчетчика и дождаться появления на индикаторе текущей даты и времени.

2. Зайти в меню, соответствующее основному рабочему режиму счетчика, и снять показания прибора и значения параметров теплоносителя для текущего момента времени. Переключение между параметрами осуществляется путем нажатия кнопок "влево" и "вправо" на передней панели измерительно-вычислительного блока.

3. Повторить действия предыдущего пункта через равные промежутки времени, количество и длительность которых задается преподавателем.

4. Выйти из основного режима работы теплосчетчика и зайти в меню, соответствующее расширенному рабочему режиму. Просмотреть значения установочных параметров системы и имевшие место ошибки.

5. Выключить питание теплосчетчика.

Обработка результатов измерений

1. На основании результатов измерений определить количество тепловой энергии, потребляемой за интервал времени $\Delta\tau$:

– по значениям параметров теплоносителя с использованием формулы (2.2); справочные данные о значениях энтальпии и плотности воды на линии насыщения, отыскиваемые по соответствующим значениям измеренных температур, приведены в табл. П.2.1 приложения 2;

– по показаниям теплосчетчика:

$$\tilde{Q} = Q_1 - Q_2, \text{ Дж}, \quad (2.3)$$

где Q_1 и Q_2 – количество теплоты, рассчитанное по показаниям измерительно-вычислительного блока по первому и второму каналу, соответственно, Дж.

2. Рассчитать количество теплоты, отпущенное за отчетный период по каждому каналу:

$$Q_i = Q_i'' - Q_i', \text{ Дж}, \quad (2.4)$$

где Q_i'' и Q_i' – количество теплоты по показаниям теплосчетчика в конце и начале отчетного периода, Дж; i – номер канала ($i=1$ либо 2).

3. Найти степень расхождения между значениями Q и \tilde{Q} :

$$\delta_Q = \frac{|Q - \tilde{Q}|}{0,5 \cdot (Q + \tilde{Q})} \cdot 100\%. \quad (2.5)$$

4. Построить временную зависимость $\tilde{Q} = f(\tau)$.

5. Результаты всех измерений занести в журнал учета расхода тепловой энергии и теплоносителя. Форма журнала представлена в приложении 3.

Контрольные вопросы

1. Соотношения для определения количества потребленной тепловой энергии в открытых и закрытых системах теплоснабжения.
2. Принципиальные схемы размещения точек измерения в закрытых и открытых системах теплопотребления.
3. Принципиальная схема горячего водоснабжения потребителей.
4. Измерительно-вычислительный блок и первичные преобразователи, входящие в состав счетчика тепловой энергии.
5. Снятие показаний теплосчетчика и заполнение журнала учета расхода тепловой энергии и теплоносителя.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО ПУНКТА

Цель работы: изучить схемные решения систем автоматического регулирования, используемые на модернизируемых и вновь сооружаемых индивидуальных тепловых пунктах; ознакомиться с назначением автоматических регуляторов температуры, давления и расхода; подобрать регуляторы перепада давления и регулирующие клапаны для систем отопления и горячего водоснабжения теплового пункта.

Теоретические сведения

Технологические схемы тепловых пунктов различают в зависимости от: 1) вида и количества одновременно присоединенных к ним потребителей теплоты – систем отопления, горячего водоснабжения (ГВС), вентиляции и кондиционирования воздуха; 2) способа присоединения к тепловой сети (ТС) системы ГВС – открытая или закрытая система теплоснабжения; 3) принципа нагрева воды для нужд ГВС при закрытой системе теплоснабжения – одноступенчатая или двухступенчатая схема; 4) способа присоединения к ТС систем отопления и вентиляции – зависимая схема, предполагающая подачу теплоносителя в системы теплоснабжения непосредственно из ТС, или независимая схема, в которой передача теплоты осуществляется через водоподогреватели; 5) температуры теплоносителя в ТС и в системах теплоснабжения (отопление и вентиляция) – одинаковые или разные; 6) пьезометрического графика системы теплоснабжения; 7) требований к уровню автоматизации.

Проектируемые схемы присоединения потребителей теплоты к тепловым сетям должны обеспечивать минимальный расход воды в ТС и эффективное использование тепловой энергии за счет применения автоматических регуляторов температуры и расхода теплоты, потребляемой системами отопления, установками систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

Схема теплового пункта для открытой системы теплоснабжения с присоединением ГВС через смесительный клапан, зависимым элеваторным присоединением системы отопления и регулированием расхода теплоты представлена на рис. 3.1.

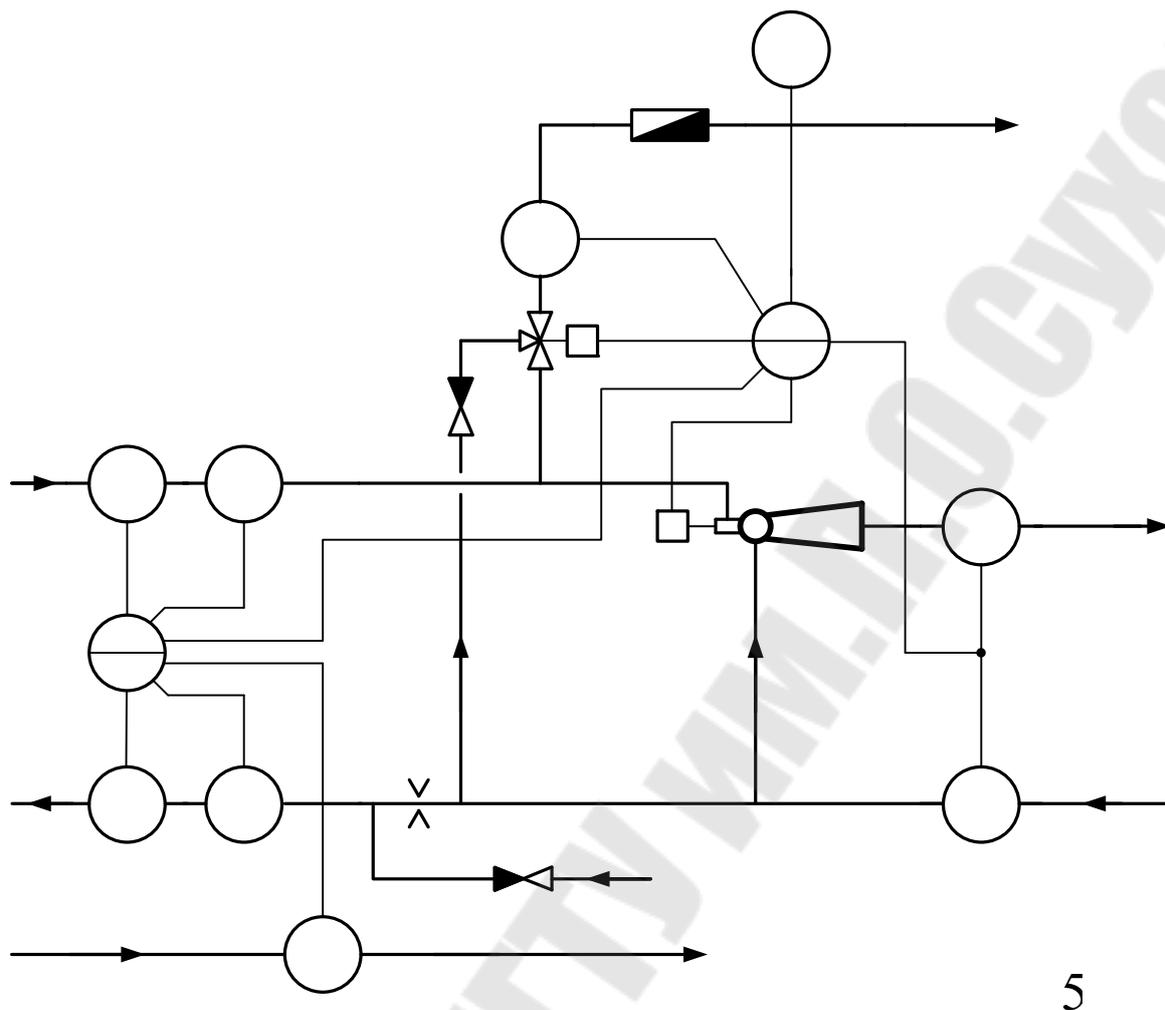


Рисунок 3.1. – Схема теплового пункта для открытой системы теплоснабжения с присоединением ТЭС через смесительный клапан, зависимым элеваторным присоединением системы отопления и регулированием расхода теплоты

На рис. 3.1. приняты обозначения: 1 – смесительный трехходовой клапан с сервоприводом; 2 – элеватор с регулируемым соплом и сервоприводом; 3 – водомер для горячей воды; 4 – регулятор подачи теплоты на отопление и ГВС; 5 – обратный клапан; 6 – дроссельная диафрагма или балансировочный вентиль; 7 – датчик расхода воды; 8 – теплосчетчик; 9 – датчик температуры; 10 – сигнал ограничения максимального расхода воды из тепловой сети на ввод.

Циркуляционный трубопровод ГВС на рис. 3.1 присоединен к обратному трубопроводу ТЭС после отбора воды в систему ГВС, при этом на трубопроводе между местом отбора воды и местом подключения циркуляционного трубопровода предусмотрена дроссельная диафрагма 6, рассчитанная на гашение напора, равного сопротивлению системы ГВС в циркуляционном режиме. В том случае, если

t_2

давления в обратном трубопроводе ТС недостаточно для подачи воды в систему ГВС, на трубопроводе горячей воды после смесительного трехходового клапана 1 предусматривают повысительно-циркуляционный насос; при этом установка диафрагмы 6 не требуется. Отбор воды на нужды ГВС из трубопроводов и приборов систем отопления не допускается.

Схема теплового пункта с двухступенчатым присоединением водоподогревателей ГВС, независимым присоединением системы отопления и регулированием расхода теплоты приведена на 3.2.

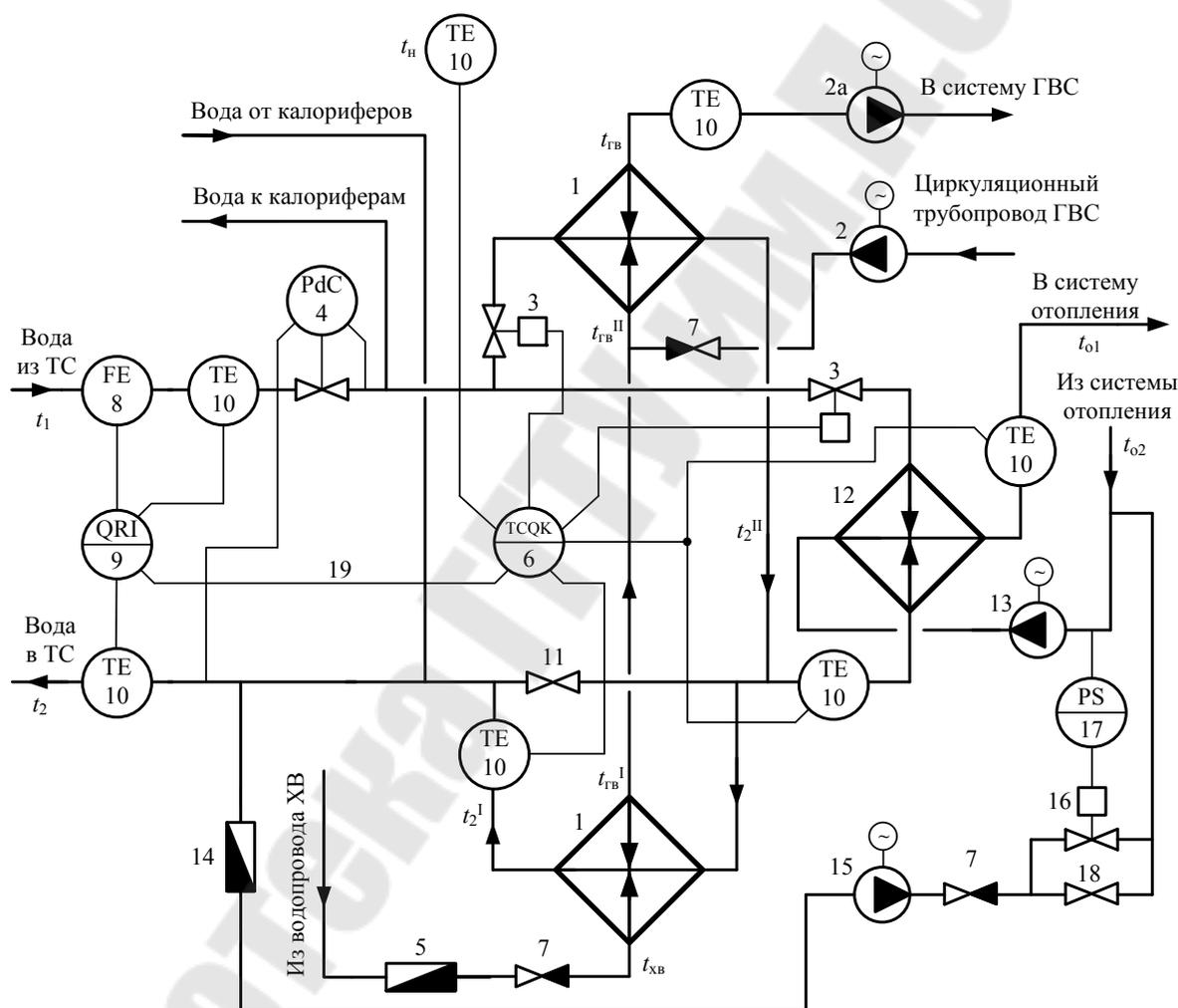


Рисунок 3.2. – Схема теплового пункта с двухступенчатым присоединением водоподогревателей ГВС, независимым присоединением системы отопления и регулированием расхода теплоты

На рис. 3.2. приняты обозначения: 1 – водоподогреватель ГВС; 2 – циркуляционный насос ГВС (2а – вариант с повысительно-

циркуляционным насосом); 3 – регулирующий двухходовой клапан с сервоприводом; 4 – регулятор перепада давлений; 5 – водомер для холодной воды; 6 – регулятор подачи теплоты на отопление и ГВС и ограничения максимального расхода сетевой воды на ввод; 7 – обратный клапан; 8 – датчик расхода воды; 9 – теплосчетчик; 10 – датчик температуры; 11 – арматура (нормально закрытая); 12 – водоподогреватель отопления; 13 – циркуляционный насос отопления; 14 – водомер горячей воды; 15 – подпиточный насос; 16 – клапан с электромагнитным приводом; 17 – регулятор управления подпиткой; 18 – арматура для заполнения системы отопления (нормально закрытая); 19 – сигнал ограничения максимального расхода воды из тепловой сети на ввод.

На схеме рис. 3.2. для получения горячей воды используется теплота обратной воды системы отопления; при обосновании для этих целей допускается использование теплоты воды, приходящей от установок систем вентиляции (калориферов). Применение одноступенчатых схем присоединения водоподогревателей горячей воды допускается, если соотношение максимального расхода теплоты на ГВС к максимальному расходу теплоты на отопление находится в диапазоне от 0,2 до 1.

Наряду с измерительными датчиками автоматические регуляторы являются основными техническими средствами автоматизации, которыми оснащаются индивидуальные и центральные тепловые пункты. **Автоматический регулятор** – это устройство, которое реагирует на изменение параметра, характеризующего объект регулирования, и автоматически управляет процессом для поддержания этого параметра в заданных пределах или изменения его по определенному закону. Автоматический регулятор состоит из измерительного, управляющего, исполнительного и регулирующего элемента.

Автоматические **регуляторы перепада давления** – устройства, стабилизирующие располагаемое давление регулируемого участка на заданном уровне. Регулятор перепада давления на абонентском вводе, помимо основной функции – обеспечения стабильной работы тепло-сети путем ограничения максимального потока теплоносителя, создает условия эффективной работы регулирующему клапану, повышая его внешний авторитет; улучшает качество регулирования объекта; защищает регулируемый участок от влияния внешних колебаний давления теплоносителя.

Автоматические **регуляторы расхода** применяют для стабилизации расхода теплоносителя. В отличие от лимитной диафрагмы регуляторы расхода работают при переменном перепаде давления как в теплосети, так и в инженерных системах здания, устраняя их разрегулировку. Необходимость их установки вызвана тем, что даже в однотрубных либо двухтрубных системах отопления с постоянным гидравлическим режимом в действительности происходят значительные колебания расхода теплоносителя, вызываемые изменяющимся гравитационным давлением и работой терморегуляторов у отопительных приборов. Регулятор расхода стабилизирует работу системы в течение длительного времени эксплуатации путем компенсации возрастания гидравлического сопротивления элементов системы от коррозии и накипи, компенсации колебаний гравитационного давления, компенсации колебаний давления при работе терморегуляторов у отопительных приборов, компенсации колебаний давления в теплосети.

Регуляторы температуры прямого действия предназначены для поддержания температуры воды в бойлере или на выходе из теплообменника либо температуры воздуха за калорифером на заданном уровне. Принцип их работы состоит в уменьшении проходного сечения клапана при повышении температуры. Регуляторы температуры прямого действия не используют дополнительную энергию и поддерживают заданную температуру воды в пределах ее нормативного отклонения.

Приборы и оборудование: основное оборудование индивидуального теплового пункта, регулирующие клапаны систем отопления и ГВС, балансировочные клапаны, регуляторы перепада давления.

Схема лабораторной установки

Схема автоматизированного индивидуального теплового пункта приведена на рис. 3.3. На схеме приняты сокращения и обозначения: СО – система отопления; СВ – система вентиляции; ОК – обратный клапан; ЦН – циркуляционный насос; ХВ – холодная вода; П_{ГВС I} и П_{ГВС II} – подогреватели ГВС I и II ступеней; В1 – вентиль; КЛ_{СО} и КЛ_{ГВС} – регулирующие клапаны систем отопления и ГВС; БК1 и БК2 – ручные балансировочные клапаны; РПД1 и РПД2 – регуляторы перепада давления.

Технические характеристики регулирующих клапанов указаны в табл. П.4.1 приложения 4.

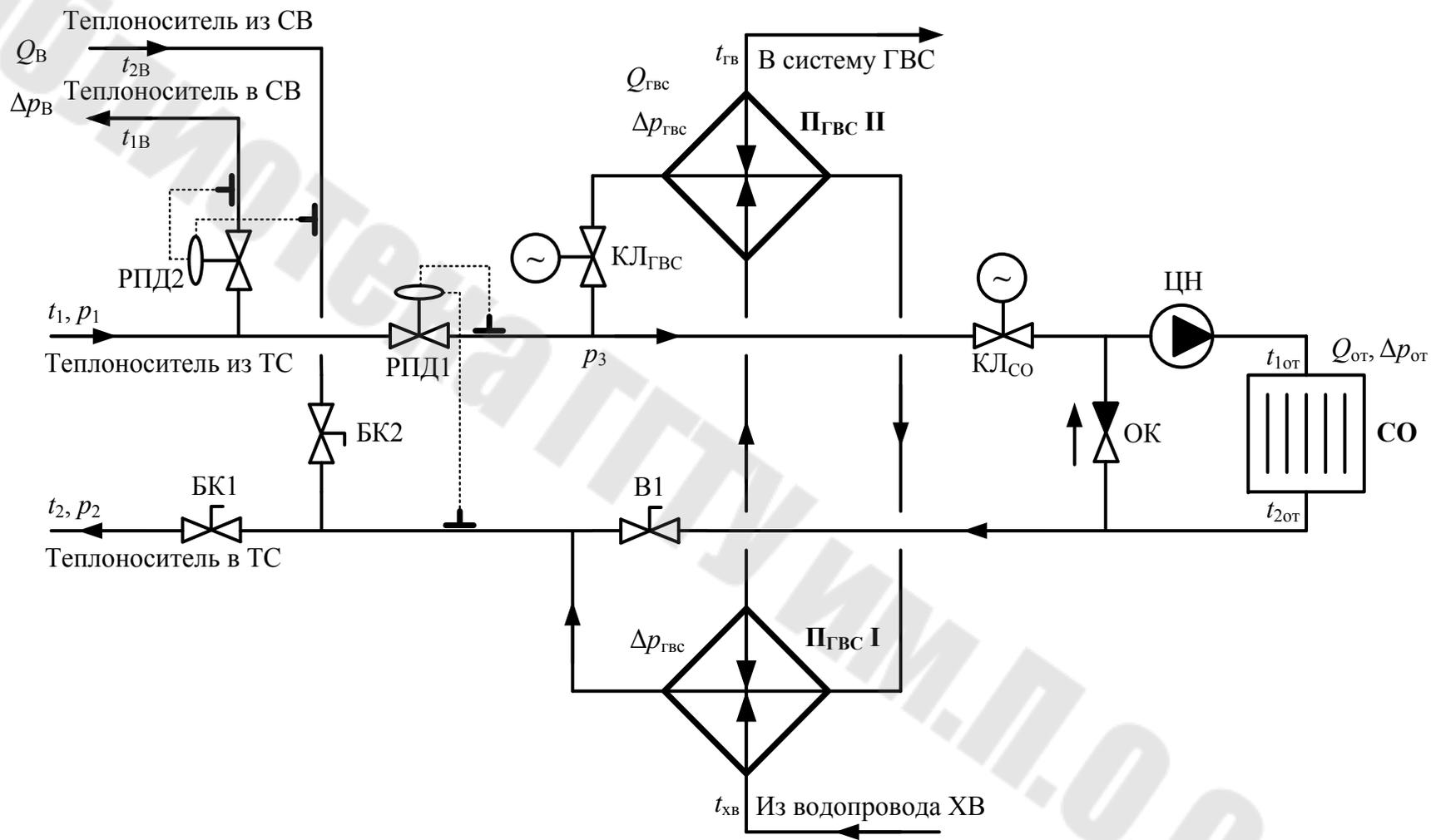


Рисунок 3.3. – Схема теплового пункта для закрытой системы теплоснабжения с двухступенчатым присоединением подогревателей ГВС и зависимым присоединением системы отопления

Порядок выполнения работы

Подобрать регулирующие клапаны для представленной на рис. 3.3 схемы индивидуального теплового пункта, если заданы: вид теплоносителя – вода; температуры воды в прямом и обратном трубопроводах систем отопления ($t_{1от}$ и $t_{2от}$), вентиляции ($t_{1в}$ и $t_{2в}$) и ГВС ($t_{1гвс}$ и $t_{2гвс}$); давления воды в подающем p_1 и обратном p_2 трубопроводах тепловой сети; расчетные тепловые нагрузки на отопление $Q_{от}$, вентиляцию $Q_{в}$ и ГВС $Q_{гвс}$; потери давления в означенных системах ($\Delta p_{от}$, $\Delta p_{в}$ и $\Delta p_{гвс}$).

I. Методика подбора регулирующих клапанов

1. Определить расчетный расход воды через регулирующий клапан системы отопления (КЛ_{СО}):

$$G_{от} = \frac{0,86Q_{от}}{t_{1от} - t_{2от}}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (3.1)$$

2. Найти расчетный расход воды через клапан регулятора перепада давления РПД2 для системы вентиляции:

$$G_{в} = \frac{0,86Q_{в}}{t_{1в} - t_{2в}}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (3.2)$$

3. Определить расчетный расход воды через регулирующий клапан системы ГВС (КЛ_{ГВС}):

$$G_{гвс} = \frac{0,86Q_{гвс}}{t_{1гвс} - t_{2гвс}}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (3.3)$$

4. Вычислить расход воды через клапан регулятора перепада давления РПД1 для систем отопления и ГВС:

$$G_{РПД1} = G_{от} + G_{гвс}, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (3.4)$$

5. Рассчитать предельно допустимый перепад давления по условию бескавитационной работы клапанов регуляторов перепада давления для систем отопления и ГВС ($\Delta p_{РПД1}$) и системы вентиляции ($\Delta p_{РПД2}$):

$$\Delta p_{РПД1} = \Delta p_{РПД2} = kz(p_1 - p_{нас}), \text{ бар}, \quad (3.5)$$

где $k=0,9$ – коэффициент запаса; $z=0,5$ – предварительно принятое значение коэффициента начала кавитации; $p_{\text{нас}}$, бар, – давление насыщения при температуре воды $t_{\text{лот}}$.

6. Определить давление в подающем трубопроводе перед регулирующими клапанами систем отопления и ГВС:

$$p_3 = p_1 - \Delta p_{\text{РПД1}}, \text{ бар.} \quad (3.6)$$

7. Найти предельно допустимый перепад давлений по условию бескавитационной работы регулирующих клапанов систем отопления ($\Delta p_{\text{кл}}^{\text{от}}$) и ГВС ($\Delta p_{\text{кл}}^{\text{гвс}}$):

$$\Delta p_{\text{кл}}^{\text{от}} = \Delta p_{\text{кл}}^{\text{гвс}} = kz(p_3 - p_{\text{нас}}), \text{ бар.} \quad (3.7)$$

8. Вычислить перепад давления на ручном балансировочном клапане БК1, обеспечивающий гашение избыточного напора в контурах систем ГВС ($\Delta p'_{\text{БК1}}$) и отопления ($\Delta p''_{\text{БК1}}$):

$$\Delta p'_{\text{БК1}} = k(p_1 - p_2) - \Delta p_{\text{РПД1}} - \Delta p_{\text{кл}}^{\text{гвс}} - 2\Delta p_{\text{гвс}}, \text{ бар;} \quad (3.8)$$

$$\Delta p''_{\text{БК1}} = k(p_1 - p_2) - \Delta p_{\text{РПД1}} - \Delta p_{\text{кл}}^{\text{от}} - \Delta p_{\text{от}}, \text{ бар.} \quad (3.9)$$

9. Рассчитать перепад давления на ручном балансировочном клапане БК2, обеспечивающий гашение избыточного напора в контуре системы вентиляции:

$$\Delta p_{\text{БК2}} = k(p_1 - p_2) - \Delta p_{\text{БК1}} - \Delta p_{\text{РПД2}} - \Delta p_{\text{в}}, \text{ бар,} \quad (3.10)$$

где в качестве фактического перепада $\Delta p_{\text{БК1}}$ на клапане БК1 принимается меньшее значение из ранее найденных перепадов $\Delta p'_{\text{БК1}}$ и $\Delta p''_{\text{БК1}}$.

10. Определить требуемую пропускную способность клапанов системы отопления $K_v^{\text{от}}$, системы ГВС $K_v^{\text{гвс}}$, регуляторов перепада давления $K_v^{\text{РПД1}}$ и $K_v^{\text{РПД2}}$:

$$K_v^{\text{от}} = \frac{1,2G_{\text{от}}}{\sqrt{\Delta p_{\text{кл}}^{\text{от}}}}, \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{бар}^{0,5}); \quad (3.11)$$

$$K_v^{\text{гвс}} = \frac{1,2G_{\text{гвс}}}{\sqrt{\Delta p_{\text{кл}}^{\text{гвс}}}}, \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{бар}^{0,5}); \quad (3.12)$$

$$K_v^{\text{РПД1}} = \frac{1,2G_{\text{РПД1}}}{\sqrt{\Delta p_{\text{РПД1}}}}, \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{бар}^{0,5}); \quad (3.13)$$

$$K_v^{РПД2} = \frac{1,2G_{РПД2}}{\sqrt{\Delta p_{РПД2}}}, \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{бар}^{0,5}), \quad (3.14)$$

где $G_{РПД2} = G_v$.

11. Воспользовавшись табл. П.4.1 приложения 4, по рассчитанным значениям пропускных способностей подобрать стандартные регулирующие клапаны. Технические характеристики выбранных клапанов (номинальную пропускную способность K_{vs} , диаметр условного прохода D_y и коэффициент начала кавитации z) занести в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Технические характеристики выбранных регулирующих клапанов

Клапан регулятора	D_y , мм	K_{vs} , м ³ /ч	z
системы отопления			
системы ГВС			
перепада давления РПД1			
перепада давления РПД2			

II. Гидравлическая увязка циркуляционных колец

1. Выполнить монтаж подобранных регулирующих клапанов.
2. Произвести предварительную оценку фактических гидравлических характеристик элементов и систем индивидуального теплового пункта. Для этого выполнить замеры фактических значений расходов теплоносителя и перепадов давления в системах отопления, вентиляции и ГВС.

3. Для окончательной наладки означенных систем произвести замеры фактических перепадов давления на клапанах. В случае отклонения измеренных значений от заданных перепадов более чем на 5–10% необходимо путем вращения настроечной рукоятки клапанов выполнить балансировку, которая обеспечит требуемую степень гидравлической увязки циркуляционных колец теплового пункта.

4. В случае невозможности увязки гидравлических контуров систем отопления, вентиляции либо ГВС указанным способом, необходимо разбить местные системы на отдельные модули и произвести их балансировку пропорциональным либо компенсационным методами.

Контрольные вопросы

1. Классификация технологических схем тепловых пунктов.
2. Регуляторы температуры, давления и расхода.
3. Схема теплового пункта для открытой системы теплоснабжения с зависимым присоединением системы отопления.
4. Схема теплового пункта для закрытой системы теплоснабжения с независимым присоединением системы отопления.
5. Схема теплового пункта для закрытой системы теплоснабжения с зависимым присоединением системы отопления.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ

ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТА

Цель работы: ознакомиться с ключевыми мероприятиями, направленными на повышение эффективности работы индивидуального теплового пункта; произвести оценку экономического эффекта, достигаемого при оснащении индивидуального теплового пункта средствами автоматического регулирования расхода тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение.

Теоретические сведения

Экономическую эффективность автоматизации тепловых пунктов определяют технико-экономическим сопоставлением различных проектных решений. При этом сравнивают капитальные и эксплуатационные расходы, сроки монтажа и эксплуатации систем. Рассчитывают также срок окупаемости капитальных вложений за счет уменьшения эксплуатационных расходов и соотносят его с нормативным значением. Основным фактором, влияющим на энергосбережение от использования автоматизированных систем, выступает экономия топливно-энергетических ресурсов при обеспечении теплового комфорта в помещении.

Чем выше автоматическое регулировочно-техническое оснащение теплового пункта, тем выше экономический эффект. Суммарное влияние регулировочно-технического оснащения системы отопления и теплового пункта можно выразить коэффициентом сокращения теплотребления r_R за счет поддержания требуемых температурных условий в помещении:

$$r_R = (t \cdot f_{R2} - t_z) / (t \cdot f_{R1} - t_z), \quad (4.1)$$

где t – заданная температура здания, равная нормируемой температуре основных помещений (17–23 °С); t_z – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С; f_{R1} и f_{R2} – коэффициенты качества регулировочно-технического оснащения системы для базового и применяемого варианта проектных решений.

Экономический эффект от внедрения регуляторов расхода тепловой энергии имеет следующие составляющие:

– поддержание комфортной температуры воздуха в помещениях путем соблюдения заданного графика зависимости температуры теп-

лоносителя, поступающего в систему отопления, от температуры наружного воздуха;

- ликвидация весенне-осенних перетопов зданий;
- автоматическое снижение потребления тепловой энергии системой отопления здания в нерабочее время, в выходные и праздничные дни;
- поддержание требуемой температуры горячей воды в системе ГВС;
- автоматическое снижение температуры горячей воды в ночное время, в выходные и праздничные дни, вплоть до полной остановки системы ГВС;
- поддержание комфортной температуры воздуха в помещениях путем автоматического изменения расхода теплоносителя, поступающего на калорифер вентиляционной установки;
- автоматическое включение вентиляционной установки в рабочее время и отключение в нерабочее время, в выходные и праздничные дни;
- ограничение температуры теплоносителя, возвращаемого в тепловую сеть.

Порядок выполнения работы

Опираясь на методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий, разработанные Департаментом по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь, выполнить оценку повышения эффективности работы индивидуального теплового пункта (ИТП) за счет внедрения регуляторов расхода тепловой энергии.

Исходные расчетные данные

Индивидуальный тепловой пункт подключен к местным системам отопления и горячего водоснабжения (ГВС) административного здания, расположенного в г. Гомеле. Состав и количество технических средств и оборудования для автоматизации работы ИТП указаны в табл. 4.1; стоимость средств автоматизации определяется на момент выполнения расчета по счет-фактурам предприятия-изготовителя или поставщика оборудования, выбранного на основании тендера. Требуемые расчетные параметры и климатические характеристики холодного периода для г. Гомеля приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.1

Средства автоматизации теплового пункта

Тип	Марка	Количество
<i>для системы отопления</i>		
Регулятор расхода	PP-50	1
Привод клапана регулятора расхода	Siemens SAX319	1
Регулятор системы теплоснабжения	SR-1-КМ	1
Привод насоса	Viessmann WH0A	1
Термометр сопротивления	ПРОМА-ТСП-К-101-250-Г- Pt100-A-4	2
<i>для системы ГВС</i>		
Регулятор расхода	PP-50	1
Привод клапана регулятора расхода	Siemens SAX319	1
Двухканальный регулятор температуры	ВТР-10И	1
Термометр сопротивления	ПРОМА-ТСП-К-101-250-Г- Pt100-A-4	1

Таблица 4.2

Расчетные параметры

Наименование параметра	Значение параметра
Расчетная температура внутреннего воздуха отапливаемого административного здания $t_{вн}$, °С	18
Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления t_o^p , °С	-24
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период t_o^{cp} , °С	-1
Температура горячей воды $t_{гв}$, °С	55
Температура холодной воды в летний период $t_x^л$, °С	15
Температура холодной воды в отопительный период t_x^3 , °С	5
Продолжительность отопительного периода n_o , сут	188
Число суток в году работы системы ГВС $n_{гвс}$, сут	350
Максимальный часовой расход тепла на отопление Q_o , кДж/ч	По заданию
Максимальный часовой расход тепла на ГВС $Q_{гвс}$, кДж/ч	По заданию

Методика оценки повышения эффективности работы ИТП за счет внедрения регуляторов расхода тепловой энергии

I. Расчет экономии топлива.

1. Расчет годового расхода тепловой энергии.

1.1. Годовой расход теплоты на отопление:

$$Q_o^{\text{год}} = 24n_o Q_o \frac{t_{\text{вн}} - t_o^{\text{сп}}}{t_{\text{вн}} - t_o^{\text{п}}}, \text{ кДж.} \quad (4.2)$$

1.2. Годовой расход теплоты на ГВС:

$$Q_{\text{ГВС}}^{\text{год}} = 24kQ_{\text{ГВС}} \left[n_o + \beta(n_{\text{ГВС}} - n_o) \frac{t_{\text{ГВ}} - t_x^{\text{л}}}{t_{\text{ГВ}} - t_x^3} \right], \text{ кДж,} \quad (4.3)$$

где $k = 0,5$ – коэффициент часовой неравномерности пользования горячей водой; $\beta = 0,8$ – коэффициент, учитывающий снижение среднего часового расхода воды на горячее водоснабжение в летний период по отношению к отопительному.

2. Расчет годовой экономии тепловой энергии.

2.1. Экономия тепловой энергии за счет поддержания комфортной температуры воздуха в помещениях здания путем соблюдения заданного графика зависимости температуры теплоносителя, поступающего в систему отопления, от температуры наружного воздуха:

$$\Delta Q_{o(1)}^{\text{год}} = 0,02Q_o^{\text{год}}, \text{ кДж.} \quad (4.4)$$

2.2. Экономия тепловой энергии за счет ликвидации весенне-осенних перетопов в помещениях здания:

$$\Delta Q_{o(2)}^{\text{год}} = 0,12Q_o^{\text{год}}, \text{ кДж.} \quad (4.5)$$

2.3. Экономия тепловой энергии за счет автоматического снижения потребления тепловой энергии системой отопления здания в нерабочее время, в выходные и праздничные дни:

$$\Delta Q_{o(3)}^{\text{год}} = 0,23Q_o^{\text{год}}, \text{ кДж.} \quad (4.6)$$

2.4. Экономия тепловой энергии за счет поддержания требуемой температуры горячей воды в системе ГВС здания:

$$\Delta Q_{\text{ГВС}(1)}^{\text{год}} = 0,02Q_{\text{ГВС}}^{\text{год}}, \text{ кДж.} \quad (4.7)$$

2.5. Экономия тепловой энергии за счет автоматического снижения температуры горячей воды в ночное время, в выходные и праздничные дни, вплоть до полной остановки системы ГВС здания:

$$\Delta Q_{\text{ГВС}(2)}^{\text{год}} = 0,21 Q_{\text{ГВС}}^{\text{год}}, \text{ кДж.} \quad (4.8)$$

2.6. Годовая экономия тепловой энергии:

$$\Delta Q^{\text{год}} = \Delta Q_{\text{o}(1)}^{\text{год}} + \Delta Q_{\text{o}(2)}^{\text{год}} + \Delta Q_{\text{o}(3)}^{\text{год}} + \Delta Q_{\text{ГВС}(1)}^{\text{год}} + \Delta Q_{\text{ГВС}(2)}^{\text{год}}, \text{ кДж.} \quad (4.9)$$

3. Годовая экономия условного топлива:

$$\Delta B^{\text{год}} = b_{\text{тэ}} \Delta Q^{\text{год}} \cdot 10^{-3}, \text{ т у.т.,} \quad (4.10)$$

где $b_{\text{тэ}}$ – удельный расход условного топлива на выработку одного ГДж тепловой энергии, кг у.т./ГДж.

II. Расчет капиталовложений и срока окупаемости.

1. Стоимость регуляторов расхода $C^{\text{рег}}$ тепловой энергии:

$$C^{\text{рег}} = C_{\text{o}}^{\text{рег}} + C_{\text{ГВС}}^{\text{рег}}, \text{ руб.,} \quad (4.11)$$

где $C_{\text{o}}^{\text{рег}}$, $C_{\text{ГВС}}^{\text{рег}}$ – стоимости регулятора, руб., для системы отопления и ГВС, соответственно.

2. Стоимость оборудования и материалов $C^{\text{об.рег}}$, необходимых для монтажа регуляторов расхода тепловой энергии на объекте:

$$C^{\text{об.рег}} = C_{\text{o}}^{\text{об.рег}} + C_{\text{ГВС}}^{\text{об.рег}} \approx 0,3 \cdot C^{\text{рег}}, \text{ руб.,} \quad (4.12)$$

где $C_{\text{o}}^{\text{об.рег}}$, $C_{\text{ГВС}}^{\text{об.рег}}$ – стоимости оборудования и материалов, руб., для монтажа регулятора системы отопления и ГВС, соответственно.

3. Стоимость сантехнических и электротехнических монтажных работ $C^{\text{м.р.}}$ по установке регуляторов расхода тепловой энергии на объекте:

$$C^{\text{м.р.}} = C_{\text{o}}^{\text{м.р.}} + C_{\text{ГВС}}^{\text{м.р.}} \approx 0,1 \cdot C^{\text{рег}}, \text{ руб.,} \quad (4.13)$$

где $C_{\text{o}}^{\text{м.р.}}$, $C_{\text{ГВС}}^{\text{м.р.}}$ – стоимости монтажных работ, руб., по установке регулятора для системы отопления и ГВС, соответственно.

4. Стоимость работ по наладке установленных регуляторов расхода тепловой энергии:

$$C^{\text{н.р.}} = C_{\text{o}}^{\text{н.р.}} + C_{\text{ГВС}}^{\text{н.р.}} \approx 0,15 \cdot C^{\text{рег}}, \text{ руб.,} \quad (4.14)$$

где $C_0^{н.р.}$, $C_{гвс}^{н.р.}$ – стоимости работ по наладке регулятора, руб., для системы отопления и ГВС, соответственно.

5. Капиталовложения, необходимые для выполнения комплекса работ по внедрению систем регулирования на объекте:

$$K^{рег} = C^{рег} + C^{об.рег} + C^{м.р.} + C^{н.р.}, \text{ руб.} \quad (4.15)$$

6. Срок окупаемости мероприятия за счет экономии топлива:

$$C_{ок} = \frac{K^{рег}}{\Delta B^{год} C_T}, \text{ лет,} \quad (4.16)$$

где C_T , руб., – стоимость 1 т у.т., уточняемая на момент выполнения расчета.

Контрольные вопросы

1. Экономические аспекты проведения автоматизации тепловых пунктов.
2. Составляющие экономического эффекта от внедрения регуляторов расхода тепловой энергии.
3. Технические средства автоматизации индивидуального теплового пункта.
4. Методика расчета экономии топлива, достигаемой при внедрении регуляторов расхода тепловой энергии.
5. Методика расчета капиталовложений и срока окупаемости мероприятий по внедрению регуляторов расхода тепловой энергии.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

ГИДРОПНЕВМАТИЧЕСКАЯ ПРОМЫВКА СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ

Цель работы: ознакомиться с методикой гидropневматической промывки системы отопления; произвести расчет расходов воздуха и воды, необходимых для промывки системы отопления; составить акт на промывку системы отопления.

Теоретические сведения

Промывка системы отопления производится с целью удаления из нее грязи, окалины, песка и накипи. Промывка обязательна после монтажа или капитального ремонта. В процессе эксплуатации систему промывают по мере необходимости, но не реже, чем один раз в два года. В независимых системах, работающих без подпитки, промывку можно осуществлять один раз в 4 года. Для систем отопления, которые работали в зимний период с нарушением теплоотдачи, гидropневматическая промывка производится в обязательном порядке.

Гидropневматический способ промывки является наиболее рациональным, так как простота его осуществления в сочетании с достаточной эффективностью и экономичностью по затратам рабочего времени и промывочной воды создают значительные преимущества перед обычной промывкой гидравлическим способом. В основе гидropневматической промывки лежит метод барботажа – взрыхления отложений на стенках при пропускании воздуха через заполненные водой трубы и приборы отопления. Это способствует созданию высокой турбулентности потока. Водовоздушный поток срывает со стенок грязь и ржавчину, увлекает их за собой и выносит из системы отопления.

Сильно загрязненные системы отопления (после строительства или капитального ремонта), а также системы, длительное время не подвергавшиеся промывке, промывают в три этапа: 1) продувка сжатым воздухом каждой ветви снизу вверх при заполненной водой системе отопления (для взрыхления отложений); 2) промывка каждой ветви водовоздушной смесью; 3) промывка разводящих трубопроводов водовоздушной смесью. При ежедневной промывке можно ограничиться промывкой ветвей группами (до 5 ветвей). Промывка системы отопления осуществляется в присутствии представителя энергоснабжающей организации.

Для промывки систем отопления на вводе должны быть врезаны следующие штуцеры: для присоединения трубопровода сжатого воздуха от компрессора $D_y=32$ мм; для присоединения трубопровода холодной воды $D_y=50$ мм; для отвода дренируемой воды $D_y=50$ мм.

Для обеспечения возможности удаления из труб крупных загрязнений диаметр спускных патрубков следует принимать в соответствии с табл. 5.1.

Таблица 5.1

Диаметры спускных патрубков

Диаметр трубы, мм	до 70	80 – 125	150 – 175
Диаметр патрубка, мм	25	40	50

Приведенную скорость перемещения промывочной воды принимают равной 1 м/с; ориентировочный расход воды при промывке для труб различных диаметров принимают согласно табл. 5.2.

Таблица 5.2

Расход промывочной воды

Диаметр трубы, мм	50	70	80	100	125	150	200
Расход воды, м ³ /ч	8	14	20	30	50	65	125

Напор водопроводной воды выбирается в пределах от 0,15 до 0,3 МПа. Систему отопления на период промывки отключают от квартальной сети задвижками, а при их недостаточной плотности устанавливают дополнительные заглушки из листовой стали толщиной не менее 3 мм. Для подачи сжатого воздуха используют передвижные компрессорные станции. В систему отопления одновременно подают воздух от компрессора давлением 0,2–0,3 МПа и хозяйственно-питьевую воду из водопровода. Сброс загрязненной воды из системы отопления производят в канализацию. Промывка выполняется до полного осветления сбрасываемой воды. После окончания промывки сбрасывают остаточную воду, заполняют систему отопления и производят однократный сброс воды. После этого систему повторно заполняют и берут пробу воды на химический анализ.

Продолжительность промывки определяется осветленностью промывочной воды и зависит от степени загрязненности системы отопления, числа промываемых отопительных приборов, скорости

прохождения водовоздушной смеси \square , м/с, и соотношения m объемных расходов воздуха и воды:

$$m = L/G, \quad (5.1)$$

где L – расход сжатого в компрессоре воздуха, м³/ч; G – расход воды, м³/ч. Наибольший эффект от гидропневматической промывки систем отопления достигается при $m=2-5$ и $\square=1,5-3,0$ м/с.

Приборы и оборудование: основное оборудование индивидуального теплового пункта; компрессор; показывающие манометры.

Схема лабораторной установки

Схема гидропневматической промывки системы отопления приведена на рис. 5.1. На схеме приняты обозначения: 1–4 – задвижки; 5–10 – показывающие манометры; 11–14 – термометры расширения; 15, 16 – грязевики; 17, 18 – обратные клапаны; 19 – элеватор; 20, 21, 26, 27 – вентили; 22 – шаровый кран на дренаже; 23 – воздушные краны Маевского; 24, 25 – шаровые краны на сливных патрубках.

Порядок выполнения работы

I. Определение параметров гидропневматической промывки

1. Определить число ветвей n и диаметр D , мм, подающего трубопровода промываемой системы отопления.

2. Принять значения коэффициента m и скорости \square , м/с, движения водовоздушной смеси, которые обеспечат оптимальный режим гидропневматической промывки.

3. Рассчитать минутный расход воды при условии одновременного открытия всех ветвей системы отопления:

$$G = 60n\vartheta \frac{\pi(D/1000)^2}{4}, \text{ м}^3/\text{мин.} \quad (5.2)$$

4. Определить количество воздуха, необходимого для промывки секционной системы отопления:

$$L = mG, \text{ м}^3/\text{мин.} \quad (5.3)$$

5. По найденному расходу L подобрать компрессор с номинальной производительностью L_k , м³/мин.

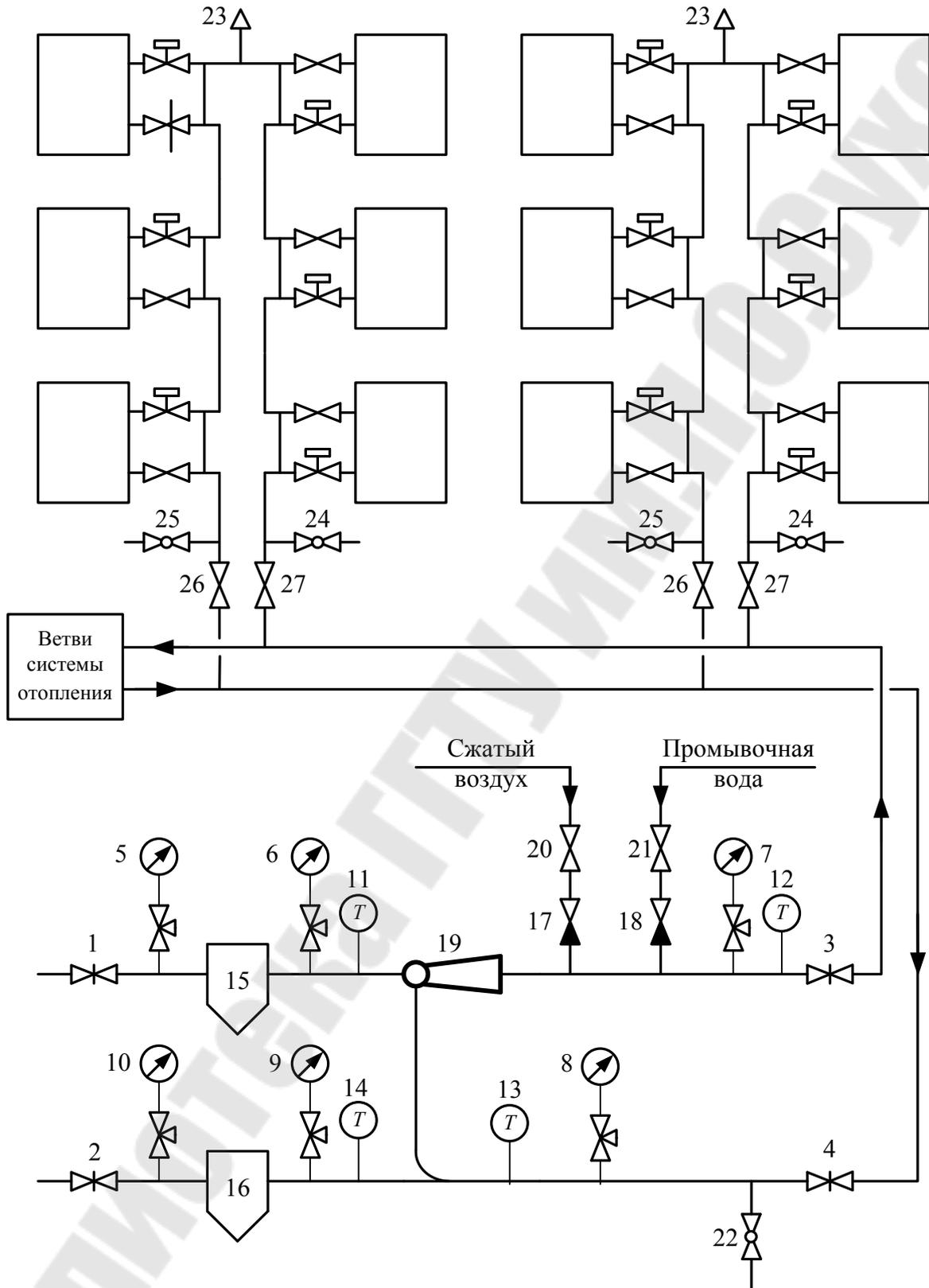


Рисунок 5.1. – Схема гидропневматической промывки системы отопления

6. Зная расход воды G , м³/мин, выполнить оценку гидравлических потерь давления $\Delta p_{\text{тр}}$, МПа, в дренажных трубопроводах и трубопроводах системы отопления.

7. Определить начальное давление $p_{\text{см}}$ водовоздушной смеси, необходимое для проведения гидропневматической промывки:

$$p_{\text{см}} = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta h + \frac{z}{100} + 0,05, \text{ МПа}, \quad (5.4)$$

где Δh – суммарное гидравлическое сопротивление подлежащих промывке отопительных приборов, МПа; z – разность высот в точках ввода и сброса воды на промываемом участке. Если точка сброса расположена выше точки ввода, то z принимают со знаком "+", если ниже – со знаком "-".

II. Последовательность проведения промывки

1. Отключить ветви системы отопления, не подлежащие промывке.

2. Заполнить промываемые ветви системы отопления водой и выпустить из них воздух путем открытия воздушных кранов 23. После удаления воздуха закрыть краны 23.

3. Включить насос, подающий промывочную воду в систему через вентиль 21 и обратный клапан 18, и открыть шаровый кран 22. Производительность насоса должна соответствовать рассчитанному расходу G промывочной воды.

4. По прошествии 2–3 минут после включения насоса начать подачу сжатого воздуха через вентиль 20 и обратный клапан 17. Непрерывно подаваемая в систему водовоздушная смесь проходит через задвижку 3, вентили 27 (краны 24 и вентили 26 при этом закрыты), отопительные приборы и через открытые краны 25 сливается в дренаж.

5. Изменить направление движения водовоздушного потока и промыть ветви системы через элеватор 19 (из которого предварительно вынуто сопло), задвижку 4, вентили 26 (краны 25 и вентили 27 при этом закрыты), отопительные приборы и через открытые краны 24 слить воду в дренаж. При одновременной промывке всей системы отопления либо при промывке одной ветви сброс водовоздушной смеси в дренаж производят через шаровый кран 22.

6. Промывку следует вести до полного осветления сбрасываемой воды.

7. По окончании промывки отключить промытые ветви системы отопления и, руководствуясь пп. 1–5, произвести промывку оставшейся группы отопительных приборов.

8. По завершении промывки всей системы отопления сбросить остаточную воду, заполнить систему водой и выполнить однократный сброс воды.

9. Повторно заполнить систему отопления и взять пробу воды на химический анализ. При соответствии взятой пробы нормативным показателям гидропневматическую промывку считать завершенной. В противном случае промывку необходимо выполнять до тех пор, пока не будут достигнуты показатели качества воды, установленные для системы отопления.

10. Составить акт на промывку системы отопления. Форма акта промывки представлена в приложении 5.

Контрольные вопросы

1. Периодичность промывки системы отопления.
2. Гидропневматический способ промывки системы отопления.
3. Параметры оптимальной промывки системы отопления.
4. Схема гидропневматической промывки системы отопления.
5. Методика проведения гидропневматической промывки системы отопления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лабораторный практикум по отоплению, вентиляции, газоснабжению, гидравлическим машинам, холодильным установкам и теплоснабжению / под общ. ред. Э. Х. Одельского. – 2-е изд. – Минск: Высшая школа, 1964. – 277 с.
2. Мадорский, Б. М. Эксплуатация центральных тепловых пунктов, систем отопления и горячего водоснабжения / Б. М. Мадорский, В. А. Шмидт. – Москва: Стройиздат, 1971. – 168 с.
3. Витальев, В. П. Эксплуатация тепловых пунктов и систем теплоснабжения: справочник / В. П. Витальев, В. Б. Николаев, Н. Н. Сельдин. – Москва: Стройиздат, 1988. – 623 с.
4. Применение средств автоматизации Danfoss в тепловых пунктах систем централизованного теплоснабжения зданий / В. В. Невский [и др.]. – Москва: ЗАО «Данфосс», 2005. – 80 с.
5. Пырков, В. В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование / В. В. Пырков. – Киев: П ДП «Такі справи», 2007. – 252 с.
6. Логунова, О. Я. Пуск и наладка систем отопления / О. Я. Логунова. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2014. – 112 с.
7. Наладка и испытание систем и установок теплоснабжения: курс лекций / В. С. Малишевский, М. Н. Новиков; каф. "Промышленная теплоэнергетика и экология". – Гомель: ГГТУ, 2007. – 53 с.
8. Наладка и эксплуатация энергооборудования: курс лекций / И. Р. Погарцев, Д. С. Трошев; каф. "Промышленная теплоэнергетика и экология". – Гомель: ГГТУ, 2010. – 85 с.
9. ТКП 458-2012 (02230). Правила технической эксплуатации теплоустановок и тепловых сетей потребителей / Введ. 01.03.2013, утв. 11.08.03. – Минск: Инженерный центр "Боим", 2013. – 86 с.
10. ТКП 411-2012 (02230). Правила учета тепловой энергии и теплоносителя / Введ. 01.12.12. – Минск: Энергопресс, 2013. – 86 с.
11. ТКП 45-4.02-183-2009 (02250). Тепловые пункты. Правила проектирования / Введ. 01.07.10. – Минск: Минстройархитектуры, 2010. – 47 с.
12. Методические рекомендации по составлению технико-экономических обоснований для энергосберегающих мероприятий. – Минск, 2020. Режим доступа: http://energoeffekt.gov.by/programs/forming/20201118_tepem.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Таблица П.1.1

Диаметр горловины элеватора

Номер элеватора	1	2	3	4	5	6	7
d_r , мм	15	20	25	30	35	47	59

Приложение 2

Таблица П.2.1

Плотность и энтальпия воды на линии насыщения

t , °С	ρ , кг/м ³	h , кДж/кг	t , °С	ρ , кг/м ³	h , кДж/кг	t , °С	ρ , кг/м ³	h , кДж/кг
5	999,9	21,0	55	985,7	230,2	105	954,7	440,2
10	999,7	42,0	60	983,2	251,2	110	950,9	461,4
15	999,1	63,0	65	980,5	272,1	115	947,1	482,6
20	998,2	83,9	70	977,7	293,0	120	943,1	503,8
25	997,0	104,8	75	974,8	314,0	125	939,0	525,1
30	995,6	125,7	80	971,8	334,9	130	934,8	546,4
35	994,0	146,6	85	968,6	355,9	135	930,5	567,8
40	992,2	167,5	90	965,3	377,0	140	926,1	589,2
45	990,2	188,4	95	961,9	398,0	145	921,6	610,7
50	988,0	209,3	100	958,4	419,1	150	917,0	632,3

Приложение 3

Форма журнала учета расхода тепловой энергии и теплоносителя у потребителя в водяных системах теплоснабжения

ЖУРНАЛ УЧЕТА РАСХОДА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ И ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

По объекту _____ Вид нагрузки _____
 (адрес) (отопление, отопление + ГВС, ГВС)

Прибор марки _____ Заводской номер _____ Дата принятия на коммерческий учет и регистрационный номер _____

Единица измерения энергии _____ Коэффициент перевода в Гкал (К) _____
 МВт, ГДж, Гкал (0,86; 0,239; 1,0)

Должностное лицо, ответственное за снятие показаний _____ Приказ № _____ от _____ г.
 (должность, Ф.И.О., подпись)

Дата снятия показаний	Время снятия показаний	Подающий трубопровод						Обратный трубопровод						Температура холодной воды, °С		Время работы прибора с ошибкой, T _{ош} , ч	Количество тепловой энергии с учетом K _{прибора}	Подпись ответственного лица	
		Показания прибора учета тепловой энергии, МВт, ГДж, Гкал	Разница показаний	Параметры теплоносителя			Время работы прибора T _{общ} , ч	Показания прибора учета тепловой энергии, МВт, ГДж, Гкал	Разница показаний	Параметры теплоносителя			Время работы прибора T _{общ} , ч	показания датчика	имитатор (норматив)				
				масса (объем), т (м ³)	мгновенный расход, т/ч (м ³ /ч)	температура, °С				масса (объем), т (м ³)	мгновенный расход, т/ч (м ³ /ч)	температура, °С							
Итого за месяц																			

Показания принял (представитель энергоснабжающей организации) _____
 (должность, Ф.И.О., подпись)

Приложение 4

Таблица П.4.1

Технические характеристики регулирующих клапанов

$K_{vs}, \text{ м}^3/\text{ч}$	4	6,3	8	16	20	32	50	80	125	160	280	320	400
$D_y, \text{ мм}$	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250
z	0,6	0,6	0,6	0,55	0,55	0,5	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,2	0,2

Приложение 5

Форма акта промывки системы отопления

УТВЕРЖДАЮ

« ____ » _____ г.

АКТ на промывку системы отопления

Потребитель _____

Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе: _____

составили настоящий акт о том, что произведена гидropневматическая промывка системы отопления _____

(объект)

Промывка внутренней системы отопления производилась _____

(методы, режим)

Члены комиссии:

Должность _____

(подпись)

(инициалы, фамилия)

Должность _____

(подпись)

(инициалы, фамилия)

Должность _____

(подпись)

(инициалы, фамилия)

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Лабораторная работа № 1. Наладка элеваторного узла в ручном режиме.....</i>	<i>3</i>
<i>Лабораторная работа № 2. Учет расхода тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение.....</i>	<i>10</i>
<i>Лабораторная работа № 3. Исследование системы автоматического регулирования теплового пункта.....</i>	<i>21</i>
<i>Лабораторная работа № 4. Оценка эффективности работы индивидуального теплового пункта.....</i>	<i>31</i>
<i>Лабораторная работа № 5. Гидропневматическая промывка системы отопления.....</i>	<i>37</i>
<i>Литература.....</i>	<i>43</i>
<i>Приложения.....</i>	<i>44</i>

НАЛАДКА И ИСПЫТАНИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**Учебно-методическое пособие
по выполнению лабораторных работ
для слушателей специальности переподготовки
1-43 01 78 «Диагностика и техническое
обслуживание энергооборудования организаций»
заочной формы обучения**

Составитель **Киселевич Валентин Владимирович**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 24.01.22.

Рег. № 78Е.

<http://www.gstu.by>