

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 23.10.2023 14:59:04  
Уникальный программный ключ:  
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

# МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго–Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)  
Кафедра теплогазоснабжения

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной  
работе  
О.Г. Локтионова  
« 12 » 2023г



## ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

Методические указания для лабораторных и практических  
занятий, самостоятельной работы направлений подготовки  
08.03.01

УДК 697.2(07)

Составители: Е.В. Умеренков, Э.В. Умеренкова.

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры  
теплогазоводоснабжения Т.В. Поливанова

**Лабораторный практикум:** методические указания для лабораторных и практических занятий, самостоятельной работы направления подготовки 08.03.01/Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Е.В. Умеренков, Э.В. Умеренкова. Курск, 2023. 43 с.: ил.9, табл.3. Библиогр.: с. 43 .

Содержатся описания выполнения лабораторных работ, соответствующих тематике вопросов рассматриваемых в ходе освоения дисциплины.

Излагаются основные теоретические положения, исходные данные для проведения исследования по системам теплоснабжения районов городов, основные подходы, используемые при принятии решений выбора и конструирования современных систем теплоснабжения.

Методические указания предназначены для студентов направления подготовки 08.03.01 всех форм обучения при выполнении лабораторных работ и практических заданий.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. 2,5. Уч.-изд. л. 2,27 Тираж 100 экз. Заказ 283 Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## Оглавление

Лабораторная работа №1 .....	4
Лабораторная работа №2 .....	9
Лабораторная работа №3 .....	9
Лабораторная работа №4 .....	10
Лабораторная работа №5 .....	17
Библиографический список.....	86

Лабораторная работа №1  
«Определение потерь тепловой энергии при ее  
транспортировании»

**Цель работы:** Сформировать физическое представление о тепловой энергии, и ее потерях при течении теплоносителя через трубопроводы. Ознакомление с методикой экспериментального определения потерь тепловой энергии при ее транспортировании.

**Краткие теоретические сведения:**

На величину потерь тепловой энергии при транспортировании через трубопроводы непосредственно к потребителю влияют различные факторы: длина, диаметр и толщина стенки трубопровода, толщина и материал теплоизоляции и ее фактическое состояние, температура и влажность окружающей среды, скорость теплоносителя, количество и мощность потребителей. Увеличение количества тепловых потерь является негативным фактором в системах теплоснабжения, т.к. возникает необходимость увеличивать количество тепловой энергии для ее снабжения до потребителя с учетом нормативных требований, что увеличивает капитальные затраты. В связи с чем, энергоснабжающим предприятиям приходится проводить работы по обследованию теплоизоляции наружных тепловых магистралей, на участках, где невозможно выполнить обследование, проводят расчет тепловых потерь трубопровода по нормативным значениям и сравнивают с фактическими потерями. При анализе данного сравнения можно сделать вывод, о том, в каком состоянии находится теплоизоляции, а так же определить утечку теплоносителя.

**Порядок работы:**

Определение потерь тепловой энергии при ее транспортировании должно быть выполнено на экспериментальном стенде при:

1. Различных массовых расходах  $G1=XX$  [кг/с],  $G2=XX$  [кг/с],  $G3= XX$  [кг/с];

2. При различной протяженности магистрали и количества потребителей (рис. 1 и рис. 2)

Потери тепловой энергии определяются из уравнения теплового баланса:

$$Q = G C_p (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}}) \quad (1)$$

где  $G$  – массовый расход теплоносителя;  $C_p$  - теплоемкость жидкости при постоянном давлении (справочная величина,  $C_p = f(T)$ , значение  $C_p$  – определяется по средней температуре потока на входе и выходе);  $t_{\text{вх}}$  – температура теплоносителя на входе трубопровода;  $t_{\text{вых}}$  – температура теплоносителя на выходе трубопровода.

Перед началом проведения лабораторной работы необходимо настроить гидравлическую схему модуля «Стенд-потребитель» согласно рис.1. и рис.2. Открыть дверцы модуля «Стенд-потребитель» и включить вентилятор.

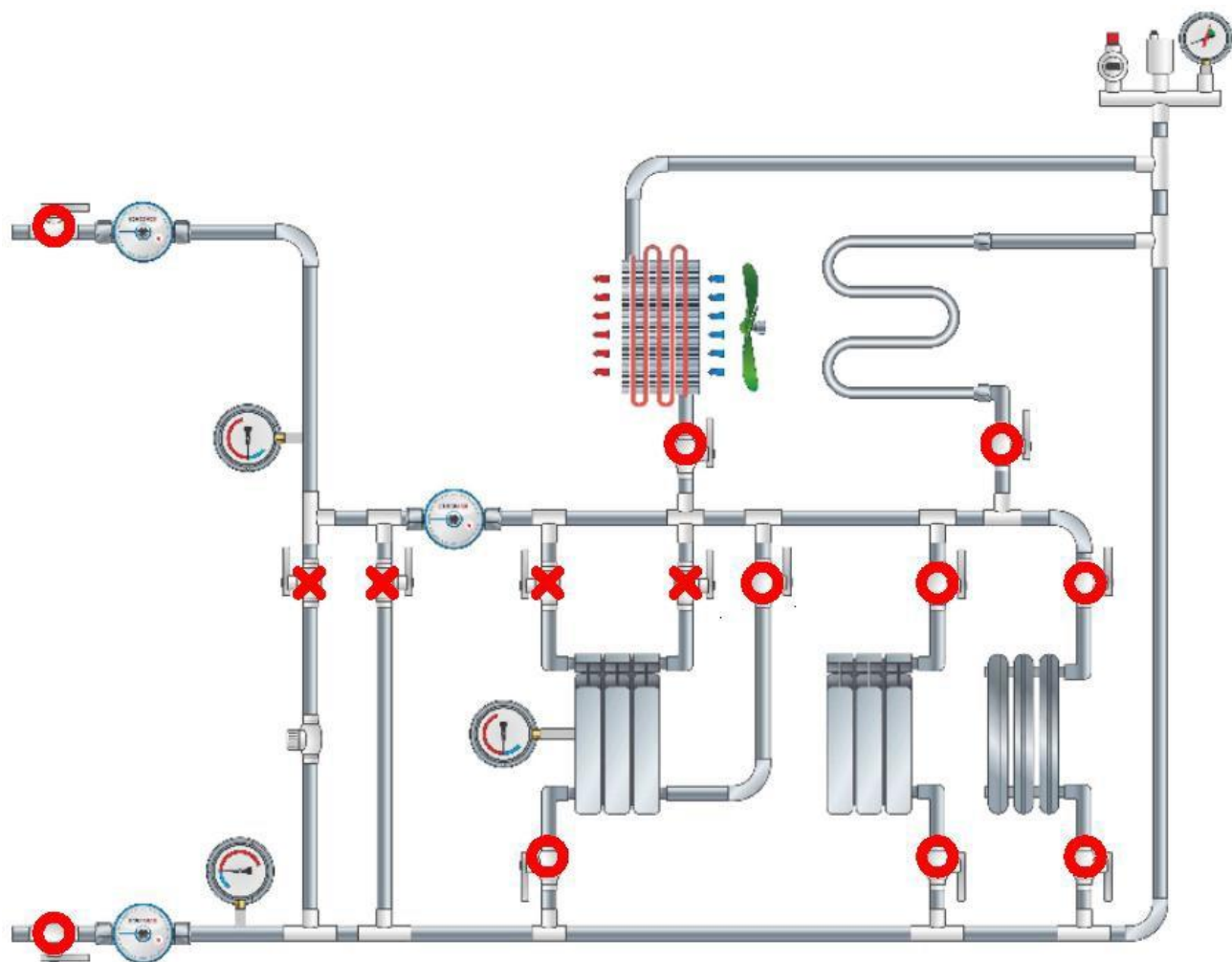


Рисунок 1 – Гидравлическая схема для экспериментального определения потерь тепловой энергии при максимальной продолжительности и наибольшим количеством потребителей.

Далее в табл. 1 записываются показания расходомера и датчиков температур отдельно для гидравлической схемы на рис. 1 и рис 2, производятся вычисления по формуле (1).

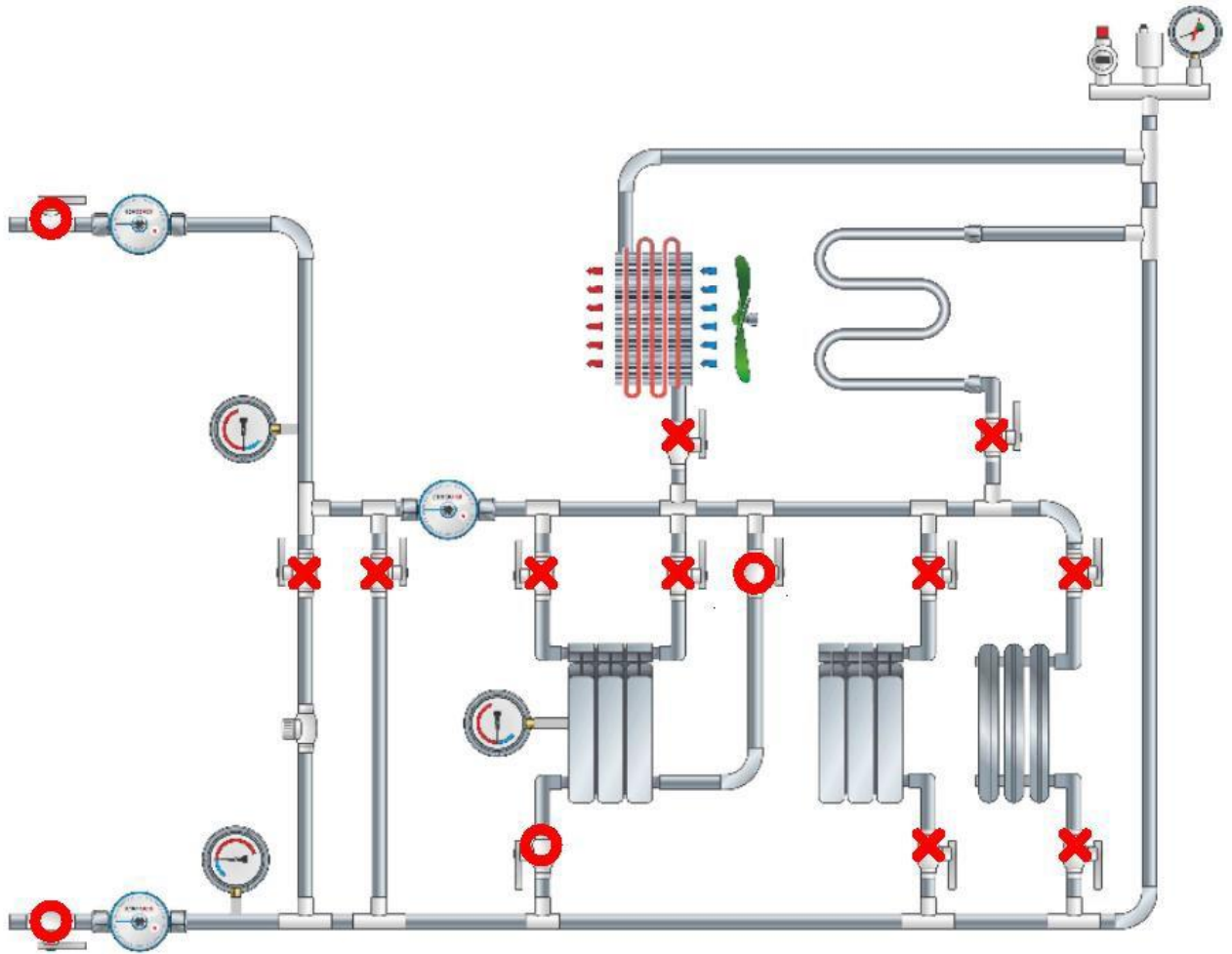


Рисунок 2 – Гидравлическая схема для экспериментального определения потерь тепловой энергии при минимальной продолжительности и наименьшим количеством потребителей.

Таблица 1 – Протокол результатов измерения

№ п/п	$G$ , [кг/с]	$t_{\text{вх}}$ , °C	$t_{\text{вых}}$ , °C
1			
2			
3			

Контрольные вопросы:

1. Какие факторы влияют на потери тепловой энергии при ее транспортировании?

2. Как изменяется величина тепловых потерь при увеличении длины магистрали и количества потребителей?

3. Каким образом определить состояние теплоизоляции трубопровода на участках с отсутствием доступа?



Лабораторная работа №2  
«Экспериментальные исследования  
автоматизированной системы управления  
теплоснабжением: с использованием промышленного  
логического контроллера «Овен»»

**Цель работы:** Изучение работы автоматизированной системы управления теплоснабжением: с применением промышленного логического контроллера «ОВЕН». Определение эффективности работы системы отопления при различных алгоритмах работы.

**Порядок работы:**

В автоматическом режим реализовано 5 алгоритмов:

1. Задвижка закрыта, т.е нет подмеса. Дождидается, пока температура  $T_2$  не будет выше температуры «установки теплоносителя. После чего приоткрывается. Ждет две минуты. Сравнивает температуру на батарее ( $T_{\text{бат}}$ ) с температурой «установки температуры» и, соответственно, открывает либо закрывает задвижку (каждые 2 минуты) ( $T_2 > T_{\text{тепл}}$  –подмес;  $T_{\text{бат}} > T_{\text{уст}}$  –подмес,  $T_{\text{бат}} < T_{\text{уст}}$  – теплообменник ). Клапан всегда открыт.

2. Задвижка закрыта. Дождидается, пока температура  $T_2$  не будет выше температуры «установки теплоносителя». Сравнивает температуру на батарее ( $T_{\text{бат}}$ ) с температурой «установки температуры» и, соответственно, либо приоткрывает на градуса 2 задвижку либо приоткрывает задвижку (каждые 2 минуты). Клапан всегда открыт.

3. Задвижка закрыта. Дождидается, пока температура  $T_2$  не будет выше температуры «установки теплоносителя». Затем открывает задвижку на градусов 15-20. И каждые две минуты сравнивает температуру на батарее с температурой «установки температуры» и, соответственно, либо открывает, либо закрывает клапан. ( $T_2 > T_{\text{тепл}}$  –подмес;  $T_{\text{бат}} > T_{\text{уст}}$  –открыть клапан,  $T_{\text{бат}} < T_{\text{уст}}$  –закрыть клапан).

4. Задвижка закрыта. Дождидается, пока температура  $T_2$  не будет выше температуры «установки теплоносителя».

Сравнивает температуру  $T_4$  с температурой «установки температуры» и, соответственно, либо приоткрывает на градуса 2 задвижку либо призакрывает задвижку (каждые 2 минуты). Клапан всегда открыт.

5. Задвижка закрыта. Дождется, пока температура  $T_2$  не будет выше температуры «установки теплоносителя». Сравнивает температуру в комнате ( $T_{ком}$ ) с температурой «установки температуры» и, соответственно, либо приоткрывает на градуса 2 задвижку либо призакрывает задвижку (каждые 2 минуты). Клапан всегда открыт.

**Лабораторная работа №3**  
**«Экспериментальные исследования автоматизированной системы управления теплоснабжением: с применением компьютерного управления»**

**Цель работы:** Ознакомление с методикой работы автоматизированной системы управления теплоснабжением: с применением компьютерного управления. Определение эффективности работы системы отопления при различных режимных параметрах.

**Краткие теоретические сведения:**

Гидравлическое сопротивление - вид потерь энергии в трубопроводах Согласно действующего Федерального закона №261-ФЗ «Об энергосбережении и энергоэффективности»: в отопительный сезон лицо, ответственное за содержание многоквартирного дома, обязано проводить действия, направленные на регулирование расхода тепловой энергии в многоквартирном доме в целях ее сбережения, при наличии технической возможности такого регулирования и при соблюдении тепловых и гидравлических режимов, а также требований к качеству коммунальных услуг, санитарных норм и правил. В целях исполнения данного Федерального закона коммунальные организации настоящее время производят переоснащение внутренних систем отопления многоквартирных домов и промышленных зданий, а именно производят замену элеваторных узлов на автоматизированные индивидуальные тепловые пункты.

Главной отличительной особенностью автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов от элеваторных узлов, является наличие «компьютерного» управления, которое позволяет оперативно среагировать на возникающие отклонения в работе системы, неисправности оборудования и даже аварии. Например, превышение давления иногда приводит к разрыву трубопровода, завышенные температуры – к увеличению расходов

теплоносителя, авария насоса в зимнее время – к замерзанию трубопровода и т.д. Все это приводит к ущербу и большим материальным потерям со стороны обслуживающей организации.

Основной функциональной задачей «компьютерного» управления теплоснабжения является:

- Контроль температуры и давления в подающих и обратных трубопроводах системы отопления;
- Управление насосами;
- Управление задвижками и клапанами установленных на подающих и обратных трубопроводах системы отопления;
- Сбор и первичная обработка поступающей информации;
- Отображение рабочих параметров.

В автоматизированных индивидуальных тепловых пунктах регулировка рабочих параметров производится в автоматическом режиме. При изменении температуры окружающего воздуха от датчика температуры поступает исполнительная команда на положение задвижки установленной на подающем трубопроводе. При понижении температуры окружающего воздуха происходит увеличение расхода теплоносителя из подающего трубопровода, при увеличении температуры окружающего воздуха происходит увеличение расхода теплоносителя из обратного трубопровода.

В данной лабораторной работе будет рассмотрено условие, когда, температура окружающего воздуха увеличилась в весенний период, и возникает проблема «перетопа» здания из-за отсутствия «компьютерного» управления индивидуального теплового пункта.

#### **Порядок работы:**

1. При постоянной максимальной температуре теплоносителя и постоянном значении массового расхода  $G1=XX$  [кг/с], контроль температуры – отключен. (Данное условие имитирует работу элеварного узла или

неисправность датчика температуры и электропривода задвижки (клапана) на тепловом пункте);

2. С применением «компьютерного» управления контроля температуры при заданном значении.

Время проведения работы каждого этапа составляет 45 минут. Тепловая энергия определяется из уравнения теплового баланса:

$$Q = G C_p (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}}) \quad (1)$$

где  $G$  – массовый расход теплоносителя;  $C_p$  - теплоемкость жидкости при постоянном давлении (справочная величина,  $C_p = f(T)$ , значение  $C_p$  – определяется по средней температуре потока на входе и выходе);  $t_{\text{вх}}$  – температура теплоносителя на входе трубопровода;  $t_{\text{вых}}$  – температура теплоносителя на выходе трубопровода.

Электроэнергия, которая подводится к нагревателю котла вычисляется по выражению:

$$N = I \Delta U; \quad (2)$$

где  $I$  – переменный ток проходящий через участок [А],  $\Delta U$  – перепад напряжения на рабочем участке [В].

Перед началом проведения лабораторной работы необходимо настроить гидравлическую схему модуля «Стенд-потребитель» согласно Рис. 1.

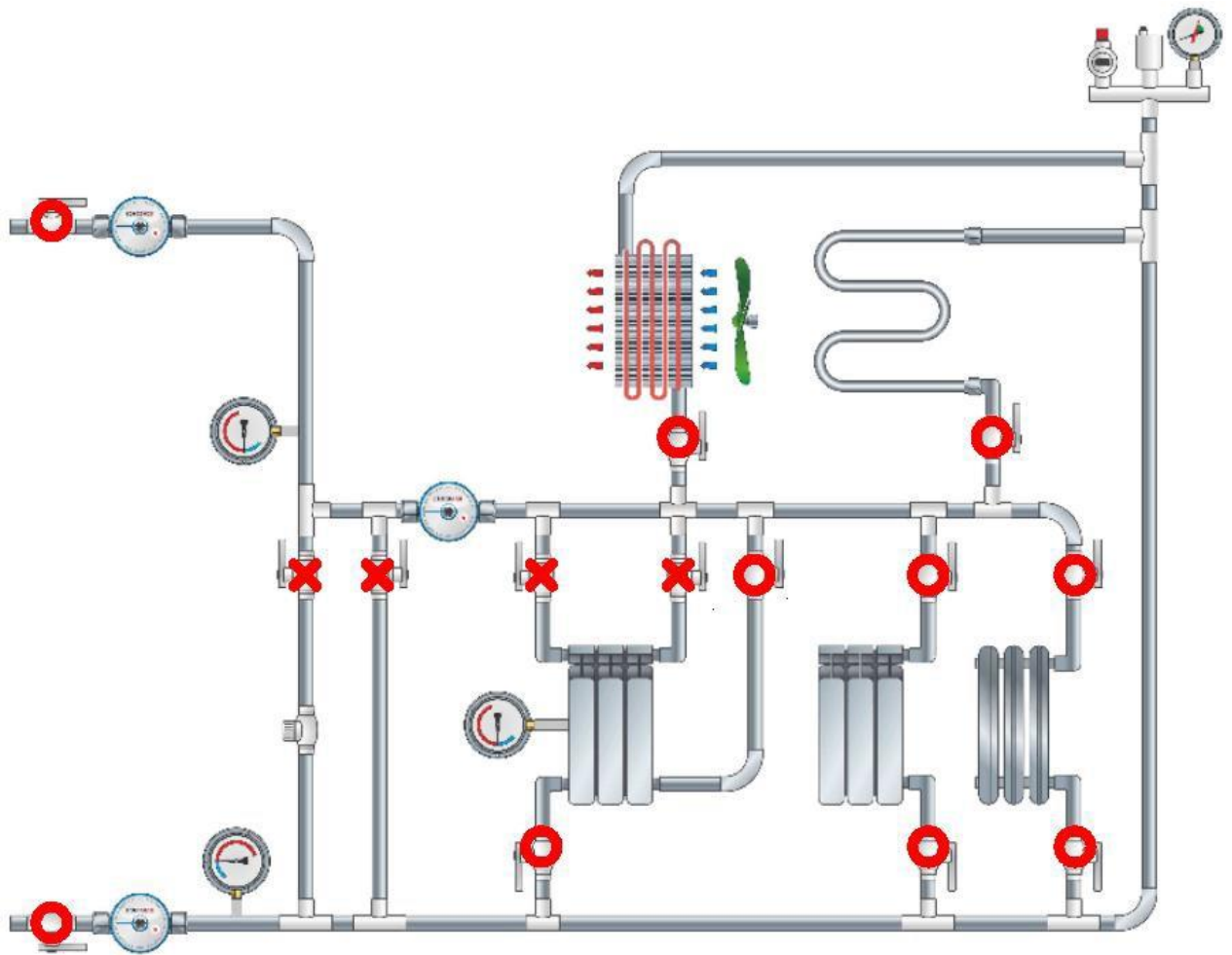


Рис. 1. Гидравлическая схема для экспериментального исследования автоматизированной системы управления теплоснабжением: с применением компьютерного управления

Далее в протокол результатов измерений записываются показания расхода через котел и датчиков температуры потока на входе и выходе из котла, показания потребления электроэнергии при нагреве ТЭНа котла, производятся вычисления по формулам (1) и (2). Запись показаний происходит каждые 15 минут на протяжении всего этапа лабораторной работы. Далее строится график (Рис. 2). Производится анализ данных и эффективности работы системы отопления с применением «компьютерного» управления и без него.

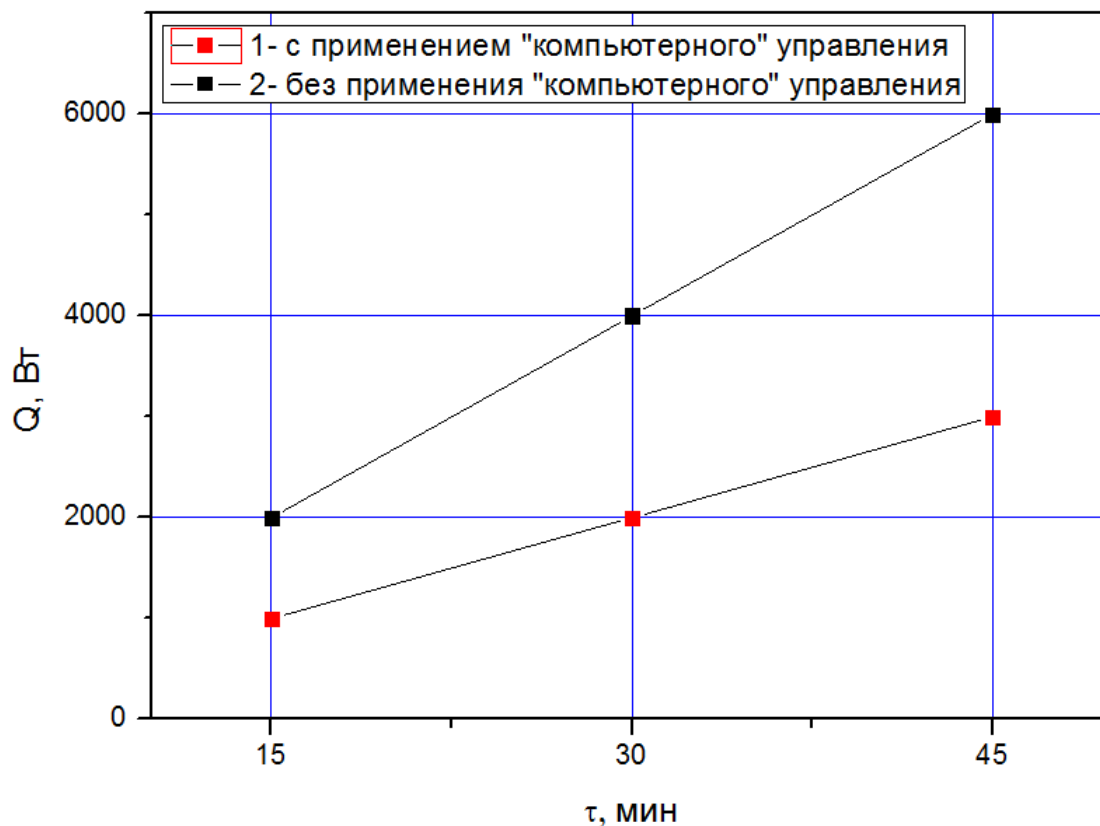


Рис.2. График потребления тепловой энергии:  
1- с применением «компьютерного» управления; 2- без применения «компьютерного» управления

Таблица 1 Протокол результатов измерения

№ п/п	$G$ , [кг/с]	$t_{вх}$ , °C	$t_{вх}$ , °C	$N$ , кВт·ч
1				
2				
3				

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается главное отличие автоматизированного индивидуального теплового пункта от элеваторного узла?

2. Позволит ли использование «компьютерного» управления сократить потребление тепловой энергии?

Лабораторная работа №4  
«Экспериментальные исследования эффективности  
системы теплоснабжения»

**Цель работы:** Ознакомление с методикой экспериментального исследования эффективности системы теплоснабжения.

**Краткие теоретические сведения:**

На эффективность системы теплоснабжения влияет множество параметров: мощность на прокачку теплоносителя, мощность подогрева теплоносителя поступающего из обратного трубопровода, величина тепловых потерь. Однако еще одним параметром является коэффициент теплоотдачи отопительных приборов установленных внутри здания. При малых коэффициентах теплоотдачи отопительных приборов, теплоноситель будет поступать в обратный трубопровод с повышенной температурой, а температура окружающей среды будет понижена, в следствии чего, необходимо будет увеличивать температуру и давление теплоносителя, увеличивая мощность на прокачку теплоносителя и мощность подогрева теплоносителя. В настоящей лабораторной работе будут определены коэффициенты теплоотдачи отопительных приборов и температуры окружающей среды при постоянном массовом расходе и температуре теплоносителя. Будет выполнен сравнительный анализ использования различных отопительных приборов на эффективность теплоснабжения.

**Порядок работы:**

Определение эффективности системы теплоснабжения выполняется на экспериментальном стенде при:

1. При постоянном массовом расходе  $G1 = XX$  [кг/с].
2. При постоянном значении температуры теплоносителя  $t1 = 80^\circ\text{C}$ .
3. При различных настройках гидравлической схемы Рис. 1, Рис. 2, Рис. 3.



4. Время проведения экспериментального определения эффективности системы теплоснабжения составляет для каждой настроенной гидравлической схемы 40 минут. Тепловая энергия определяются из уравнения теплового баланса:

$$Q = G C_p (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}}) \quad (1)$$

где  $G$  – массовый расход теплоносителя;  $C_p$  – теплоемкость жидкости при постоянном давлении (справочная величина,  $C_p = f(T)$ , значение  $C_p$  – определяется по средней температуре потока на входе и выходе);  $t_{\text{вх}}$  – температура теплоносителя на входе в радиатор;  $t_{\text{вых}}$  – температура теплоносителя на выходе из радиатора.

Плотность теплового потока определяется выражением:

$$q_w = \frac{Q}{F}; \quad (2)$$

где  $F$  – площадь поверхности радиатора (см. технические характеристики отопительных приборов).

Местный коэффициент теплоотдачи определяется по закону Ньютона-Рихмана:

$$\alpha_i = \frac{q_w}{(t_{wi} - t_f)} \quad (3)$$

где  $t_f$  – температура окружающей среды.

Далее в табл.1 записываются каждые 10 минут на протяжении 40 минут показания расхода через отопительные приборы, датчиков температуры потока на входе и выходе, температур наружной стенки радиатора, температуры окружающей среды, производятся вычисления по формулам (1-3). Полученные локальные коэффициенты теплоотдачи и температуры окружающей среды необходимо представить на графике представленному на Рис. 4, выполнить сравнительный анализ исследованных отопительных приборов на эффективность использования.

Таблица 1 -Протокол результатов измерения

$t_{\text{вх}}$                        $t_{\text{вых}}$                        $t_f$

№ п/п		$G,$	$t_{\text{ср.}}$ 0С	. 0С	. 0С	. 0С
1						
2						

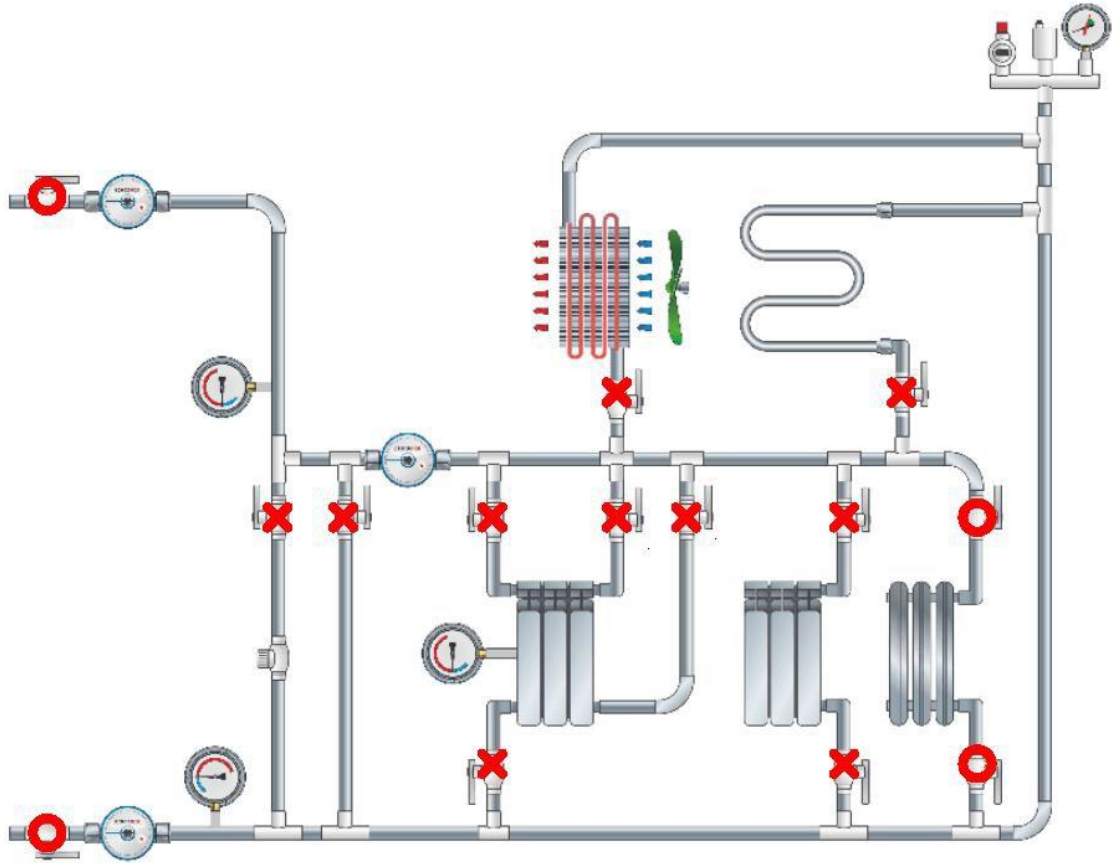


Рисунок 1 – Гидравлическая схема №1 для экспериментального определения эффективности системы теплоснабжения

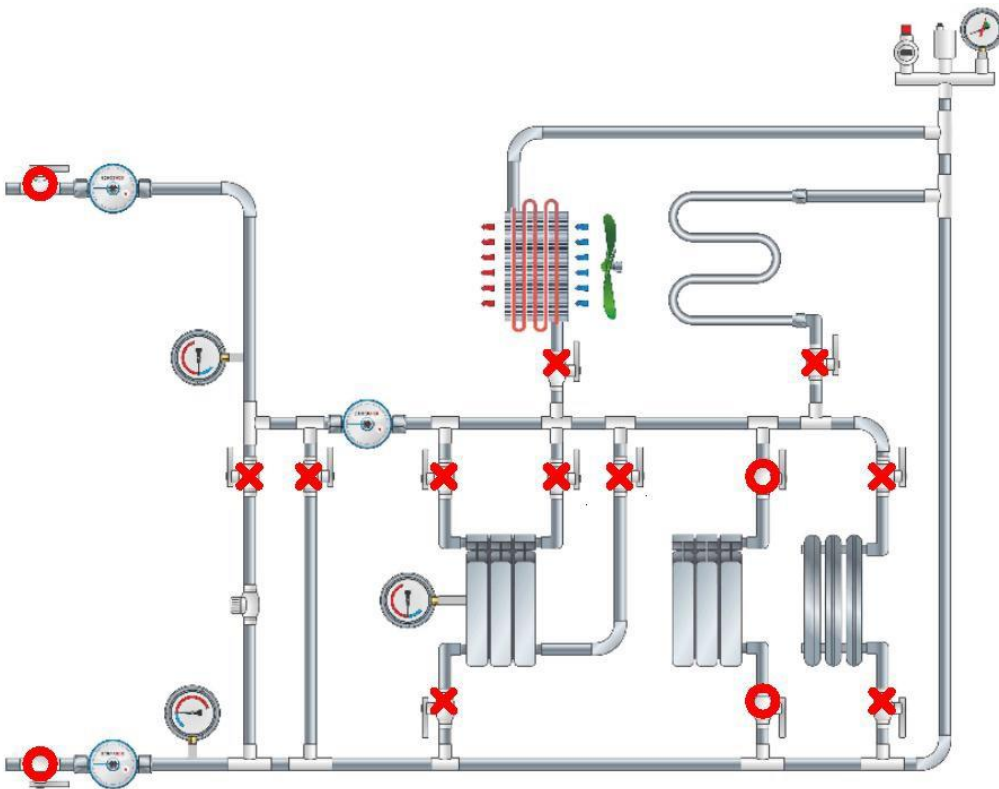


Рисунок 2 – Гидравлическая схема №2 для экспериментального определения эффективности системы теплоснабжения

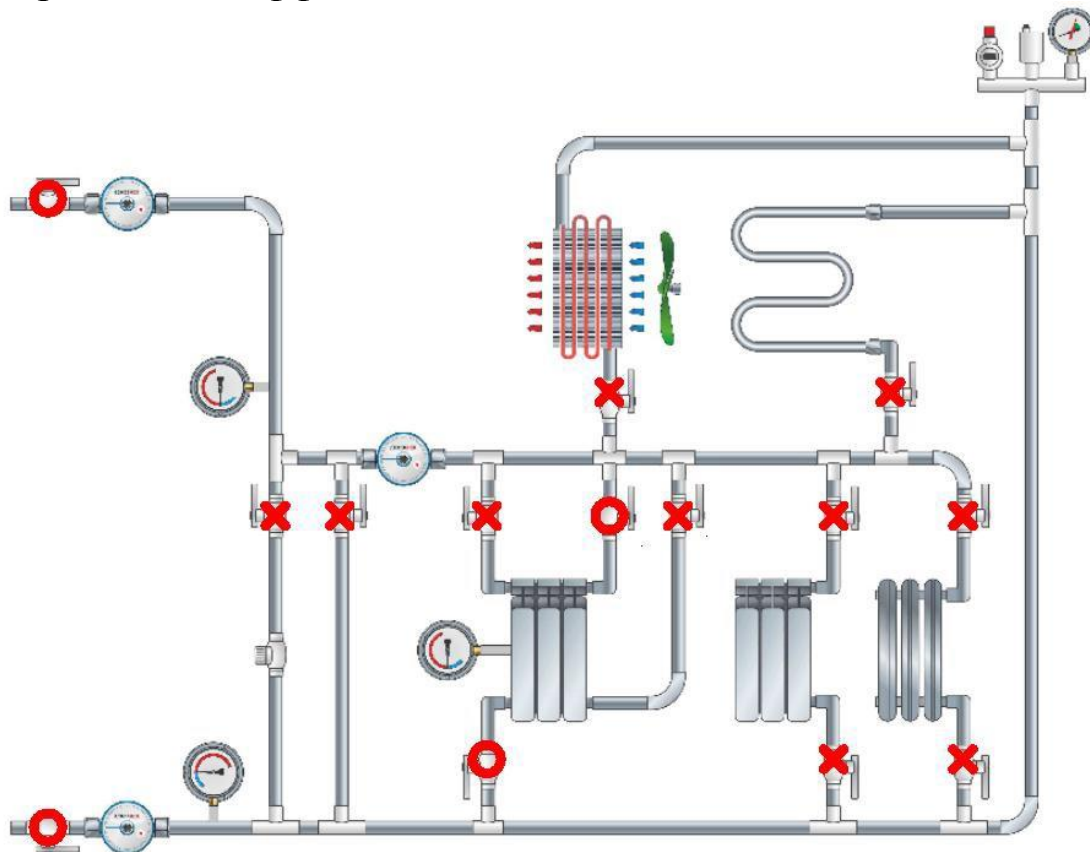


Рисунок 3 – Гидравлическая схема №3 для экспериментального определения эффективности системы теплоснабжения

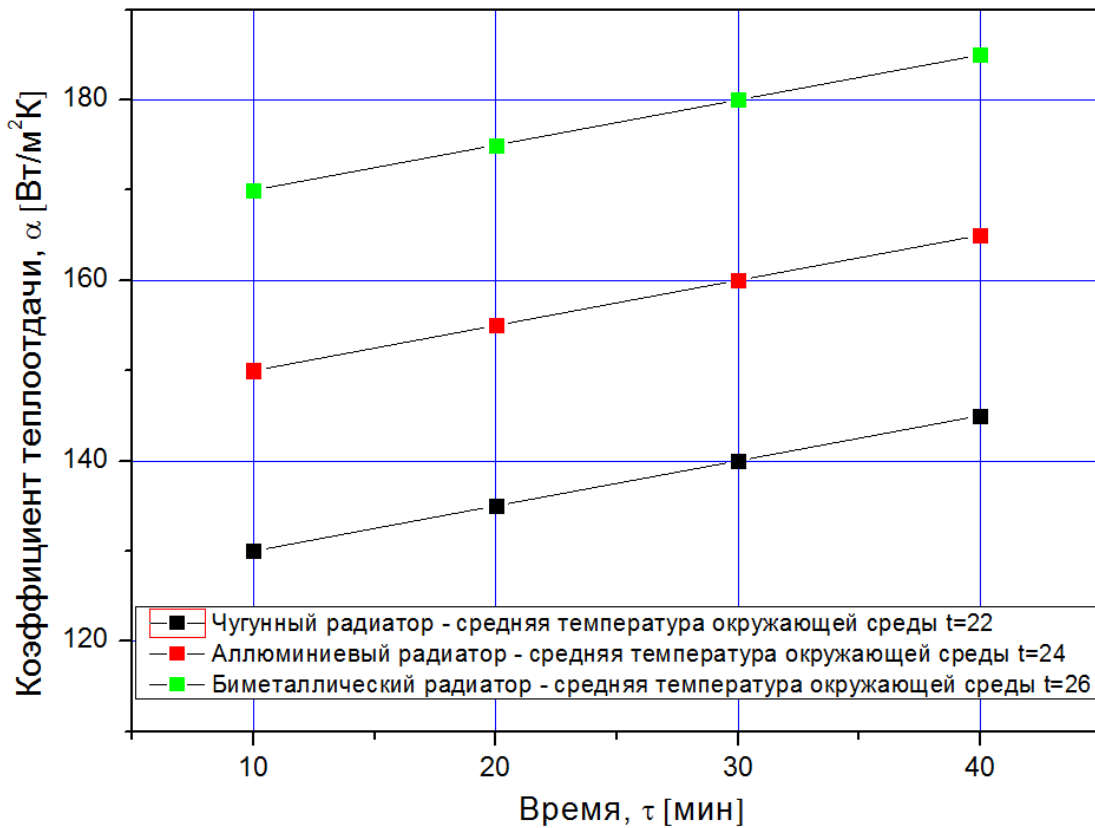


Рисунок 4 – Пример графика для сравнительного анализа использования отопительных приборов на эффективность теплоснабжения

Контрольные вопросы:

1. Какие параметры влияют на эффективность системы теплоснабжения?
2. Как изменится эффективность системы теплоснабжения при увеличении потерь тепловой энергии?
3. Как изменится эффективность системы теплоснабжения при увеличении коэффициента теплоотдачи отопительных приборов?

Лабораторная работа №5  
«Моделирование гидравлических режимов тепловых сетей»

Стенд лабораторный «Модель котельной» предназначен для проведения лабораторно-практических занятий по дисциплинам: АСУ ТП, основы теплотехники и теплоснабжения в высших и средних профессиональных образовательных учреждениях и допускает работу на нем при температурах от +10 до +35°С и относительной влажности воздуха до 80 % при +25°С. Комплект позволяет реализовать схему АСУ ТП как объектов ЖКХ, так и других промышленных объектов. Конструкция стенда позволяет имитировать весь технологический процесс работы котельной малой мощности и обеспечивает выполнение режимов работы средств автоматизации КИПиА и процессов регулирования технологических параметров таких как:

$t$  -температура,

$P$  -давление,

$H$  -уровня,

$Q$  -расхода теплоносителя.

Технические характеристики:

Потребляемая мощность, В·А	3000
Электропитание: от однофазной сети переменного тока с рабочим нулевым и защитным проводниками напряжением, В частота, Гц	220 50
Класс защиты от поражения электрическим током	I
Габаритные размеры, мм	
длина (по фронту)	1800
ширина (ортогонально фронту)	800

высота	1800
Масса (без воды), кг	100
Емкость накопительного водяного бака, л	40
Количество человек, которое одновременно и активно может работать на комплекте	2

Комплект выполнен в виде стенда рамной конструкции. Основанием стенда является сварная рама, выполненная из стального проката с покрытием порошковой краской. На раме размещается тематический моноблок, выполненный из алюминиевого анодированного профиля и лицевыми панелями из алюминиевого композитного материала толщиной 3мм. Также на раме установлена столешница из белого диэлектрического материала и основные элементы модели котельной. Рама оборудована колесными опорами.

### **Комплектность.**

#### **1. Микропроцессорная система.**

Количество: 1 шт.

Описание.

Микропроцессорная система предназначена для управления модулями стенда, а также обеспечивает измерение, отображение и сохранение режимных параметров.

Микропроцессорная система представляет собой базовую платформу, выполненную в виде кросс-панели EL-01-05, рассчитанную на установку 5 субмодулей.

Базовая платформа оснащена:

- разъем питания SIL156,  $\pm 12$  В.
- разъем IDC-10 для подключения дополнительных кросс-панелей, 2 шт.

- разъем для подключения дополнительного питания SIL156, +5 В.

- разъем для подключения дополнительных устройств по интерфейсу RS485.

- слоты SL-62 для подключения субмодулей.

Основание базовой платформы выполнено из материала FR-4, прочностью сцепления класса Н и Т, метод проверки: IPC-SM-840 С. Все надписи нанесены при помощи лазерного печатающего устройства с 600 точек/дюйм.

Модульная архитектура базовой платформы позволяет проводить модернизацию методом добавления дополнительных кросс-панелей, каждая из которых рассчитана на подключение 4 субмодулей.

Субмодули представляют собой сменные устройства, которые позволяют:

- управлять различными устройствами (регулятор напряжения, функциональный генератор, преобразователь частоты и т.д.);

- производить измерения физических величин (ток, напряжение, температура, давление и т.д.);

- обрабатывать и передавать измеренные величины;

Каждый субмодуль имеет в составе микропроцессор, который обеспечивает предварительную обработку информации.

Субмодуль подключается в слоты SL-62 базовой платформы, с помощью внешних контактов в количестве 62 шт.

Субмодуль выполнен из материала FR-4, прочностью сцепления класса Н и Т, метод проверки: IPC-SM-840 С. Все

надписи нанесены при помощи лазерного печатающего устройства с 600 точек/дюйм.

Субмодули связаны по интерфейсу RS485.

Максимальное количество одновременно подключаемых субмодулей ограничено только нагрузочными возможностями интерфейсов.

Связь с компьютером производится по интерфейсу USB. Управление всеми устройствами производится с помощью уникального протокола обмена. Скорость обмена по линии RS485 составляет 115200 бод, тактовая частота I2C 100 кГц.

## **2. Подогреватель.**

Количество: 1 шт.

Описание.

Представляет собой электрический котел. Электропитание 220В, 50Гц. Плавная регулировка температуры. Защита от перегрева.

## **3. Бак.**

Количество: 2 шт.

Описание.

Бак с заливной горловиной. Объем 40л.

## **4. Задвижки с электроприводом.**

Количество: 3 шт.

Описание.

Имеют светодиодную индикацию состояния. Питание 12В постоянного тока.



### **5. Панель управления.**

Количество: 1 шт.

Описание.

Панель управления выполнена на лицевой панели тематического моноблока. Материал алюминиевый композит. Содержит в своем составе дифференциальный автомат включения стенда, автоматические выключатели, ЖК дисплей для отображения данных, кнопочный переключатель «Режим».

### **6. Центробежные насосы.**

Количество: 2шт

Описание.

Центробежные циркуляционные насосы. Имеют в своем составе регулятор мощности.

### **7. Расходомер.**

Количество: 3шт.

Описание.

Датчик расхода состоит из пластикового корпуса с клапаном, водяного ротора и датчика Холла на входе. При прохождении воды через ротор, он начинает вращаться. Скорость его вращения изменяется в зависимости от потока воды. Датчик Холла выдает соответствующий импульсный сигнал.

### **8. Счетчик воды.**

Количество: 1шт.

### **9. Датчик давления.**

Количество: 5шт.

#### Описание.

Датчик давления ЭЛБ-ДД-1 на базе чувствительного элемента MPX2200GP. Корпус датчика давления выполнен из полистирола, толщиной 4 мм белого цвета (глянец).

Габаритные размеры корпуса (ДхШхВ) – 71х51х33 мм

Подключение к пневмогидравлической системе резьбовое G ¼.

#### **10. Термоманометры.**

Количество: 1 шт.

#### **11. Цифровой датчик температуры.**

Количество: 5 шт.

#### Описание.

Цифровой датчик температуры. Имеет присоединительную гильзу с резьбой G1/2. Материал гильзы – латунь. Передача данных по однопроводному интерфейсу.

Диапазон измеряемых температур -50+125<sup>0</sup>С.

#### **12. Радиатор отопления.**

Количество: 2 шт.

#### Описание.

Биметаллические радиаторы предназначены для моделирования потребителя тепловой энергии.

#### **13. Группа безопасности.**

Количество: 1 шт

**14. Коммуникационные линии, выполненные из полипропилена.**

**15. Фильтр очистки.**

Количество: 1 шт.

**16. Модель элеваторного узла.**

Количество: 1 шт.

Описание.

Представляет собой модель элеваторного узла и предназначена для демонстрации подмешивания холодной воды обратного контура в горячий теплоноситель с целью экономии тепловой энергии.

**17. Запорная арматура.****18. Ноутбук.**

Количество: 1 шт.

**19. Масштабная 3D модель смешивающего элемента элеваторного узла в разрезе.**

Количество: 1 шт.

Описание.

Масштабная 3D модель смешивающего элемента элеваторного узла в разрезе, предназначена для иллюстрации принципа работы элеваторного узла. Модель выполнена методом цветной 3D печати из АБС пластика.

**20. Радиомодем для передачи данных с лабораторного стенда на диспетчерский пункт, смоделированный на ноутбуке.**

Количество: 1 шт.

**21. Программное обеспечение.**

Описание.

Программное обеспечение моделирует управление технологическими процессами на линии котельная-теплотрасса-потребитель. Снятие данных КИП, передача данных на пульт управления АРМ-оператора. Программное обеспечение также моделирует рабочее место диспетчера систем АСУТП в системе ЖКХ.

## **22. Базовые эксперименты.**

1. Анализ работы системы Котельная – Потребитель.
2. Моделирование потерь на теплотрассе.
3. Моделирование режима авария на теплотрассе.
4. Моделирование режима авария у потребителя.
5. Моделирование режима Засор в системе

## **Краткие теоретические сведения**

Автоматизация производства представляет собой процесс передачи функции контроля и управления производством от человека автоматическим устройством.

При создании автоматизированных систем следует принимать во внимание уровень технологии и оборудования, состояние организации и управления производством. Нельзя автоматизацию производства сводить лишь к автоматизации управления, если технологические процессы и основное оборудование остаются на прежнем уровне.

В зависимости от степени автоматизации функции управления различают: ручное, автоматизированное и автоматическое управление. При ручном управлении все функции процесса выполняет человек—оператор. В автоматизированном управлении часть функций выполняет человек, а другую часть — автоматические устройства. При

автоматическом управлении все функции выполняют автоматические устройства.

В зависимости от характера и объема операций, выполняемых автоматическими устройствами, различают следующие виды автоматизации:

автоматический контроль, при котором с помощью приборов осуществляется измерение величины, ее регистрация, указание ее значения, автоматическая сигнализация максимальных или минимальных значений;

автоматическое управление регулирующими органами в объекте регулирования;

автоматическое регулирование, автоматическое поддержание заданных значений каких-либо физических величин в заранее принятых условиях.

Перечисленные виды автоматизации могут быть реализованы либо с помощью приборов, снабженных показывающим, записывающим и регулирующим устройством, и предназначенных обычно для контроля и автоматического управления одним параметром, либо с помощью вычислительных машин, контролирующих и управляющих большим числом параметров.

Приборы контроля и автоматического регулирования классифицируют следующим образом:

измерительные преобразователи (датчики), позволяющие измерить контролируемую (или регулируемую) величину и преобразовать ее в сигнал, удобный для дальнейшего использования;

вторичные приборы, действующие совместно с датчиками и позволяющие записывать, показывать контролируемую величину, сигнализировать о ее каких-либо отклонениях, преобразовывать и передавать сигнал на автоматические регуляторы;

автоматические регуляторы, воспринимающие сигнал от датчика о действительном значении регулируемой величины, а от задатчика — о заданном значении

регулируемой величины; сравнивающие их, в случае различия усиливающие разность этих величин (рассогласование), воздействующие через исполнительные устройства на регулирующий орган для приведения регулируемой величины в соответствие с заданным значением;

исполнительные устройства, позволяющие воздействовать на регулирующий орган для изменения подачи вещества или энергии в регулируемый объект;

сигнализирующие устройства (сигнальные лампы, звонки, сирены), позволяющие известить о достижении регулируемой величиной определенного уровня или аварийного значения.

Измерительные преобразователи (датчики) следует выбирать по виду контролируемого (или регулируемого) параметра — температуры, давления, расхода, уровня и т. д. с учетом пределов значений измеряемых величин. После того, как определен тип датчика, следует выбрать вторичный прибор. Например, термопару применяют с автоматическим электронным потенциометром, который снабжен показывающим и записывающим устройствами (выпускают также потенциометры с регулирующим устройством). Потенциометры выбирают в зависимости от пределов контролируемых значений, а также в зависимости от того, каким образом необходимо контролировать величину (запись, сигнализация, передача на щит управления и т. д.). Автоматические регуляторы выбирают с учетом различных факторов, главным образом условий регулирования технологического параметра.

## 2.1 Причины появления АСУ ТП. Общие понятия

АСУ ТП называют человеко-машинными системами управления, в которых человек принимает окончательные решения по управлению технологическим процессом. АСУ ТП возникли как следствие научно-технического прогресса в промышленности. Рост масштабов производства, увеличение единичной мощности машин и установок, энергосберегающая

и безотходная технология, переход на поточные и непрерывные способы производства, усложнение технологических процессов, использование форсированных и критических режимов на границе устойчивости — вот далеко не полный перечень технологических причин появления АСУ ТП. К этому необходимо добавить некоторые социально-экономические предпосылки: перевод промышленности на интенсивный путь развития, повышение требований к техническому уровню и эффективности функционирования систем управления, необходимость реализации значительных производственных резервов оборудования и повышение общего уровня организации производства и его культуры, улучшение стиля и эффективности руководства, технологической и трудовой дисциплины и т. д. Таким образом, АСУ ТП — это система, которая при участии оперативного персонала в реальном времени обеспечивает автоматизированное управление процессом изготовления (переработки) продукта по заданным технологическим и технико-экономическим критериям.

Предшественниками АСУ ТП были традиционные системы локальной автоматики, такие, как АСР, автоматический контроль, сигнализация, защита и т. п., устанавливаемые на отдельных агрегатах технологического процесса. АСР при этом поддерживала на заданном уровне один из параметров процесса или соотношение двух параметров. При наличии взаимосвязанных параметров применялись специальные компенсаторы для автономных АСР, для компенсации возмущений применялись инвариантные АСР, при изменении характеристик оборудования применялись адаптивные АСР.

В отличие от локальных АСР АСУ ТП подходит к управлению технологическим процессом (ТП) как к единому целому, во всей сложности взаимосвязей его параметров. АСУ ТП автоматизирует сам процесс принятия решений по оптимальному управлению ТП. Автоматизированный сбор и

рутинная обработка информации, вычисление технико-экономических показателей, оптимальных по некоторым критериям режимов, выполняется с помощью ЭВМ (или комплекса ЭВМ), что позволяет человеку принять быстрое и оптимальное решение в сложных условиях, в том числе для задач, не поддающихся полной формализации при создании математической модели управления ТП.

АСУ ТП способна выдавать различную информацию. Технологи-операторы получают оперативную информацию в темпе с ТП и текущие технико-экономические показатели (ТЭП), что позволяет своевременно корректировать режимы и нагрузки агрегатов. Руководители цехов, руководство предприятия и АСУ высших уровней получают информацию о деятельности персонала, предаварийных и аварийных ситуациях, состоянии оборудования для проведения мероприятий по укреплению технологической дисциплины, квалификации персонала, надежности оборудования, обосновании сроков и объемов капитальных ремонтов.

В иерархии систем управления промышленностью АСУ ТП образуют нижнюю ступень. От автоматизированных систем управления более высокого уровня АСУ ТП отличает преобладание задач оперативного управления над задачами организационно-экономического типа.

По степени охвата управляемого процесса АСУ ТП подразделяются на локальные и комплексные. Под локальной АСУ ТП понимается управление отдельной частью технологического процесса или технологической операцией. Локальные АСУ ТП автономно функционируют как подсистемы комплексной АСУ ТП, которая решает также задачи организационно-технологического управления по технико-экономическим показателям.

АСУ ТП используют различные типы ЭВМ. В локальных подсистемах применяются микро-ЭВМ и мини-ЭВМ, для решения оптимизационных и технико-экономических задач — средние и большие ЭВМ.



## 2.2 Назначение, цель и функции АСУ ТП. Подсистемы и виды обеспечения АСУ ТП

Назначение АСУ ТП заключается в целенаправленном ведении ТП и обеспечении информацией смежных и вышестоящих органов и систем управления.

Цель управления математически формулируется обычно в виде критерия управления и часто сводится к получению максимального экономического эффекта с учетом плановых, экономических и технических ограничений. В частном случае это может быть максимальная производительность, минимальная стоимость, минимальный расход дорогого сырья и т. д.

Практически цель управления реализуется путем стабилизации параметров процесса на входе и заданных параметров готовой продукции, оптимизации и согласования режимов работы агрегатов, обеспечения безопасности функционирования ТП.

Функции АСУ ТП направлены на выполнение поставленных частных целей управления и выполняются комплексом технических средств (КТС) и персоналом.

Информационные функции обеспечивают контроль основных параметров процесса и сигнализацию об отклонении от этих параметров; измерение и регистрацию по вызову; запросы оператора; вычисление ТЭП, показателей качества продукции и процесса; периодическую регистрацию и др. Совокупность информационных функций составляет информационную подсистему АСУ ТП.

Управляющие функции обеспечивают выработку и реализацию управляющих воздействий на объект управления, стабилизацию параметров, программное изменение режима, защиту, формирование и реализацию оптимальных управляющих воздействий, распределение нагрузок между агрегатами, управление пусками и остановами агрегатов и т. д. Совокупность управляющих функций составляет управляющую подсистему АСУ ТП (рис.1). Кроме

вышеперечисленных основных (внешних) функций имеются служебные (внутренние) функции АСУ ТП: контроль за правильностью функционирования, связь с АСУ более высокого уровня, слежение за астрономическим временем и отсчет временных интервалов.

АСУ ТП выполняет свои функции в условиях непрерывного взаимодействия людей и комплекса технических средств. Это взаимодействие осуществляется при определенном организационном и программном обеспечении на базе математического обеспечения. Для обмена информацией в АСУ ТП принимаются определенные соглашения о формах массивов документов, шкалах приборов, кодах и правилах расшифровки, т. е. создается информационное обеспечение.

Техническое обеспечение состоит из комплекса технических средств (КТС) для выполнения перечисленных выше функций АСУ ТП. Технические средства для сбора, передачи, преобразования и отображения информации, вычислительные, управляющие и исполнительные устройства. Сюда же относят приборы для тестирования и наладки КТС. КТС имеет определенное территориальное размещение. Так, на технологических агрегатах могут быть установлены первичные измерительные преобразователи (датчики), регулирующие органы, запорная арматура и средства, информирующие о включении или выключении технологического оборудования.

В непосредственной близости от технологического оборудования устанавливают местные щиты управления, на которых монтируются регуляторы, показывающие и самопишущие вторичные приборы, а также другие приборы и узлы локальной автоматики для постоянного персонала или обходчиков.

Операторы технологического процесса постоянно находятся в операторском пункте, который оборудован щитами, пультами, а также электрифицированной

печатающей машинкой, предназначенной для регистрации технологических параметров процесса по вызову оператора.

На центральном щите управления (ЦЩУ) дежурного инженера или диспетчера расположены вторичные приборы, а также показывающие и самопишущие приборы; цифровые приборы, показывающие по вызову оператора значение измеряемого технологического параметра; дисплеи, осуществляющие визуальный вывод или буквенно-символьной информации на экране электроннолучевых трубок; мнемосхема технологического процесса с сигнальными табло. При контроле и управлении отдаленными технологическими процессами в состав технических средств АСУ ТП входят системы телеконтроля и телеуправления.

Вычислительный комплекс (ВК) АСУ ТП размещается в специально оборудованном помещении на ЦЩУ и состоит из одной или нескольких специализированных управляющих ЭВМ типов М-6000, М-7000, М-1800 и др. ВК может работать в информационном режиме, режиме «Советчика оператора», «Непосредственного цифрового управления» и др.

В состав ВК АСУ ТП входят устройства информационной подсистемы, а именно: коммутаторы и концентраторы сигналов, аналого-цифровые преобразователи (АЦП), устройства памяти предельных значений параметров, устройства масштабирования (для вычисления абсолютных значений параметров), опроса состояния двухпозиционных устройств и т. п. ; устройства управляющей подсистемы — арифметическое устройство (АУ), оперативная и постоянная память (ОЗУ) и (ПЗУ) на магнитных дисках (МД) и магнитных лентах (МЛ), устройство связи с периферией ВК, цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП), устройства цифрового управления исполнительными механизмами и сигнальными табло, устройства аналогового управления регуляторами, пульт оператора и т. п. Эти устройства кратко рассмотрены в четвертой главе. Комплекс технических средств называют иногда термином «твердый товар».

Информационное обеспечение определяет способы и формы отображения информации о состоянии объекта для ввода в ЭВМ и для представления оператору в виде документов, графиков, изображений на дисплее и в виде управляющих сигналов для АСУ, системы сигнализации, защиты и т. д.

Математическое обеспечение (МО) является идеологическим содержанием АСУ ТП. В него включаются математические методы, модели и алгоритмы, позволяющие провести математическую формализацию функций АСУ ТП. Математическая модель объекта может уточняться во время эксплуатации на основании информации о состоянии объекта.

Алгоритмы представляют собой определенную последовательность элементарных операций сложения и вычитания и логических операций, доступных ЭВМ и позволяющих обрабатывать информацию о процессе а вычислять различную выходную информацию, в том числе и управляющие воздействия для регулирования и управления процессом. В последнем случае вычисления производятся в темпе с процессом или даже в опережающем темпе.

Различают внутреннее и внешнее МО, которое иногда называют специальным математическим обеспечением (СМО). К внутреннему МО относятся алгоритмы функционирования собственно вычислительного комплекса: операционная система, обеспечивающая начальный пуск и оперативную координацию работы отдельных устройств; трансляторы с алгоритмических языков; вычисление типовых функций; тесты. Внешнее МО для каждой АСУ ТП специфично. Разработка внешнего МО включает в себя формализацию задач, выбор метода и определение алгоритма. Внешнее МО получает отражение в алгоритмической структуре АСУ ТП, которая содержит перечень и порядок решения задач в зависимости от производственной ситуации.

Программное обеспечение (ПО) разрабатывается при проектировании АСУ ТП на базе математического

обеспечения. ПО обеспечивает разработку и эксплуатацию программ на ЭВМ. На логическом уровне в ЭВМ можно выделить устройство для выполнения программ, сами программы и данные в виде чисел или текстов.

Программы как последовательность действий над данными и данные записываются в память ЭВМ, и устройство выполнения программ последовательно вызывает и выполняет команды программ по вводу данных с различных устройств ввода, преобразованию и выводу данных на разнообразные устройства вывода. ПО имеет в своем составе управляющие программы (часть операционной системы (ОС)), программы управления данными (системы управления базой данных (СУБД)), а также программы связи оператора с ОС и СУБД.

Программы могут быть записаны на языках Ассемблера, АЛМО, что экономит объем памяти ЭВМ, но усложняет труд программиста: на алгоритмических языках ФОРТРАН, АЛГОЛ, ПЛ/1, БЕЙСИК возможна упрощенная запись команд, но требуется больший объем памяти.

Программы работают по своему регламенту, исполнение очереди программ производится в соответствии с приоритетами. Программы хранятся в ОЗУ и в ПЗУ (в регистрах, на магнитных лентах и дисках). Все многообразие программ делится на общее программное обеспечение (ОПО), для создания которого используется внутреннее МО, и специальное программное обеспечение (СПО), для которого используется СМО. ОПО поставляется в комплекте с ЭВМ и включает в себя программу-диспетчер, программы управления отдельными устройствам, служебные и стандартные подпрограммы (статистика, логарифмы, синусы и т. д.), трансляторы с алгоритмических языков в машинные, тесты для проверки технических средств. СПО разрабатывается для конкретной системы и должно обеспечивать выполнение всех функций АСУ ТП, а также

допустить наращивание программы с учетом развития системы.

### **Особенности работы установки**

1 Питание установки осуществляется от сети напряжения 220 В, 50 Гц.

2 Перед включением установку необходимо подключить к шине заземления.

3 Включение установки осуществляется автоматом СЕТЬ.

Автоматы Насос 1 и Насос 2 – включает питание насосов, которые обеспечивают циркуляцию воды в системе;

Автомат Котел – включает питание подогревателя.

Автомат Потери – включает систему имитации потерь на теплотрассе.

4 Подготовка к работе.

- закрыть 3-2, 3-3, 3-8, 3-9, 3-11 (сливная задвижка);

- залить в рабочий бак 40 литров рабочей жидкости (воды);

- включить Сеть.

- включить ноутбук, подключить радиомодуль к ноутбуку, запустить ПО.

**Примечание.** Система отображения данных показывает температуры, давления и расходы рабочей среды. Внизу экрана отображается состояние системы.

- нажать Пуск для заполнения системы водой.

**Примечание.** Система автоматически заполняется водой. На экране отобразиться состояние «Готов».

Для подогрева рабочей жидкости включить автомат Котел, установить температуру, например 50 °С и включить автомат на корпусе подогревателя.

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ.** Поднимать температуру рабочей жидкости выше 60 °С.

Для избегания отложения солей рекомендуется использовать воду без примесей солей. Для избегания зацветания воды рекомендуется использовать средство для обеззараживания, например, «Дезавид-Бас» или аналогичное. При длительных простоях (более 1 месяца), рабочую жидкость необходимо слить. Периодически, по мере необходимости необходимо доливать воду в бак.

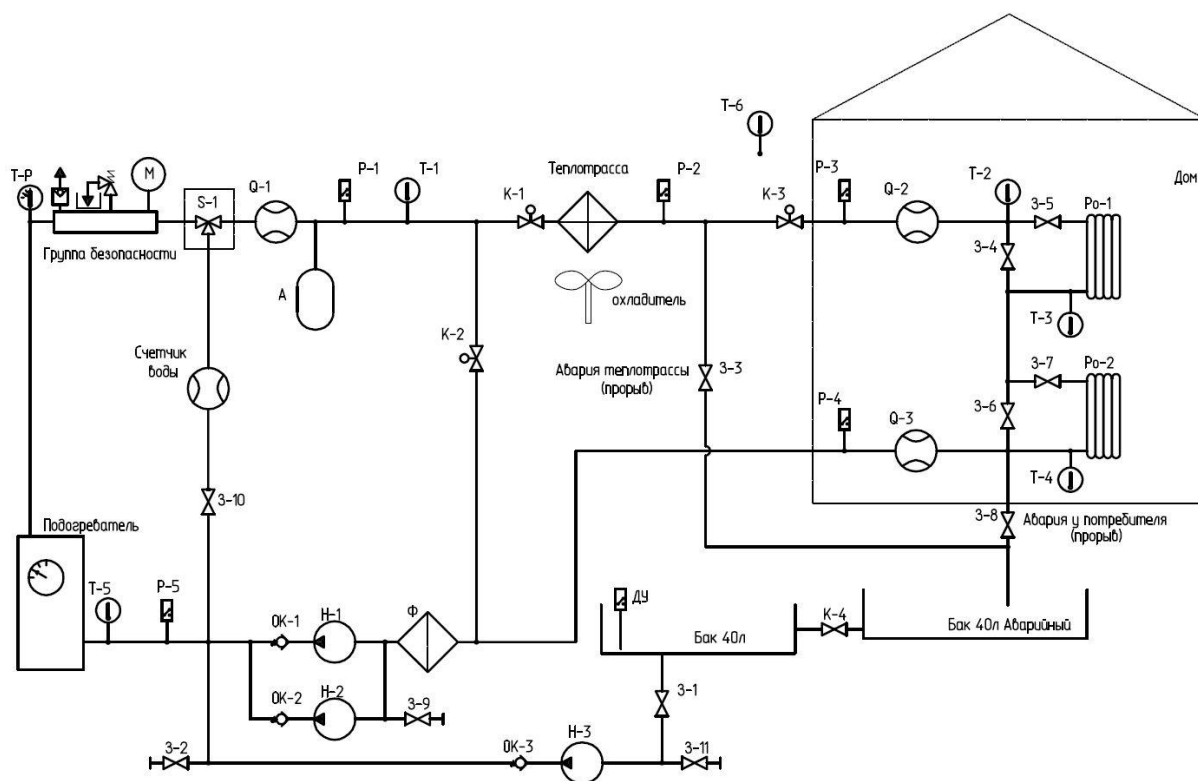


Рисунок 1– Схема гидравлическая принципиальная

**Рекомендации для выполнения базовых экспериментов**

**5а. Анализ работы системы Источник тепла – Потребитель.**

1 Подготовить стенд к работе.

2 Включить Насос 1.

3 Используя ЖК дисплей системы отображения данных, либо ПО, снять показания параметров:

- температуры T1-T6;

- давления P1-P5;

- расхода Q1-Q3, счетчик воды.

Данные рекомендуется свести в таблицу.

4 Провести анализ полученных величин. Сделать вывод.

**5б. Моделирование режима авария на теплотрассе.**

1 Подготовить стенд к работе.

2 Включить Насос 1.

3 Используя ЖК дисплей системы отображения данных, либо ПО, снять показания параметров:

- температуры T1-T6;

- давления P1-P5;

- расхода Q1-Q3, счетчик воды.

Данные рекомендуется свести в таблицу.

4 Приоткрыть заслонку 3-3

5 Следить за параметрами системы.



**Примечание.** В режиме Авария на теплотрассе система автоматически перекрывает К1 и открывается К2, направляя воду в замкнутый контур котельной.

6 Сделать вывод по работе.

### **5в. Моделирование режима авария у потребителя.**

1 Подготовить стенд к работе.

2 Включить Насос 1.

3 Используя ЖК дисплей системы отображения данных, либо ПО, снять показания параметров:

- температуры Т1-Т6;
- давления Р1-Р5;
- расхода Q1-Q3, счетчик воды.

Данные рекомендуется свести в таблицу.

4 Открыть заслонку З-8.

5 Следить за параметрами системы.

**Примечание.** В режиме Авария у потребителя система автоматически перекрывает К3 и открывается К2, направляя воду в замкнутый контур котельной.

5 Сделать вывод по работе.

### **5г. Моделирование режима Засор в системе**

1 Подготовить стенд к работе.

2 Включить Насос 1.

3 Используя ЖК дисплей системы отображения данных, либо ПО, снять показания параметров:

- температуры Т1-Т6;

- давления P1-P5;
- расхода Q1-Q3, счетчик воды.

Данные рекомендуется свести в таблицу.

4 Закрыть заслонку З-7, З-6.

5 Следить за параметрами системы.

Примечание. В режиме Засор в системе система автоматически перекрывает К1 и открывается К2, направляя воду в замкнутый контур котельной.

6 Сделать вывод по работе.

### Библиографический список

1. ГОСТ 21.605-82(1997) СПДС. Сети тепловые (тепломеханическая часть): Рабочие чертежи. М.: Изд. стандартов, 1997.
2. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89\* (с Поправкой)
3. СП 131.13330.2012 «СНиП 23-01-99\* Строительная климатология»
4. СП 124.13330.2012. Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003
5. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию / И.В. Беляйкина и др.; Под ред. Н.К. Громова, Е.П. Шубина. М.: Энергоатомиздат, 1988. 376с.
6. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: Справочник / В.И. Маток и др. М.: Стройиздат, 1988. 432 с.
7. СП 41-101-95 .Проектирование тепловых пунктов. Минстрой России. М.: ГУП ЦПП, 1997. 79 с.
8. Зингер Н.М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем. М.: Энергоатомиздат, 1986. 320 с.
9. Теплоснабжение: Учебное пособие для студентов ВУЗов / В.Е. Козин и др. М: Высшая школа, 1980. 408 с.
10. Турчак Л.И. Основы численных методов. М.: Наука , 1987. 320 с.
11. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: Энергоиздат, 1982. 360 с.
12. Теплоснабжение: Учебник для ВУЗов / А.А. Ионин и др.; Под ред. А.А. Ионина, М.: Стройиздат, 1982. 336 с.
13. Справочник строителя тепловых сетей / Под ред. С.А. Захаренко, Изд. 2-е. М.: Энергоатомиздат.1984. 184 с.
14. СП 61.13330.2012 «СНиП 41-03-2003 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов».