

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра теплогазоснабжения и нефтегазового дела

АВТОНОМНОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ
для студентов направления подготовки
08.04.01 «Строительство» (программа магистерской подготовки
«Теплогазоснабжение населенных мест и предприятий»)
всех форм обучения

Воронеж 2023

УДК 697.326.2(07)
ББК 31.361я7

Составитель А. Р. Бохан

Автономное теплоснабжение: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки 08.04.01 «Строительство» (программа магистерской подготовки «Теплогазоснабжение населенных мест и предприятий») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А. Р. Бохан. - Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2023. - 22 с.

Методические указания содержат теоретические сведения, необходимые для выполнения лабораторных работ.

Предназначены для студентов магистратуры направления подготовки 08.04.01 «Строительство» (программа магистерской подготовки «Теплогазоснабжение населенных мест и предприятий») всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ_ЛР_АТ_2023.pdf.

Ил. 12. Табл. 8. Библиогр.: 4 назв.

УДК 697.326.2(07)
ББК 31.361я7

Рецензент – К. В. Гармонов, канд. техн. наук, доцент кафедры жилищно-коммунального хозяйства ВГТУ

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета

ВВЕДЕНИЕ

Перечень и содержание лабораторных работ, приведенных в настоящем методическом указании, соответствуют основной образовательной программе в части требования подготовки магистров по направлению 08.04.01 «Строительство».

Методическое указание раскрывает следующие компетенции:

ПК-4 - Способен выполнять специальные расчеты по тепловым сетям.

ПК-5 - Способен выполнять специальные расчеты для проектирования котельных, центральных тепловых пунктов, малых теплоэлектростанций.

Данное методическое указание содержит 4 лабораторные работы по дисциплине «Автономное теплоснабжение».

Методические указания к выполнению лабораторных работ содержат краткие теоретические сведения к каждой работе, методические указания по выполнению лабораторных работ, контрольные вопросы.

ПОДГОТОВКА К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Студент допускается к выполнению лабораторных работ после ознакомления с правилами техники безопасности.

В процессе подготовки к лабораторной работе необходимо изучить методические указания.

Студенты проводят необходимые измерения, затем приступают к обработке данных и составлению отчета. Отчет должен содержать цель работы, схему экспериментальной установки или стенда, перечень приборов и их характеристики, основные расчетные зависимости, таблицы результатов измерений, все вычисления и графические зависимости. В конце каждого отчета приводятся выводы по работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПА РАБОТЫ ОДНОКОНТУРНОГО КОНДЕНСАЦИОННОГО ВОДОГРЕЙНОГО ОТОПИТЕЛЬНОГО КОТЛА С БОЙЛЕРОМ ГВС

1. Цель работы

Изучение устройства и принципа работы настенного одноконтурного водогрейного отопительного котла фирмы Vaillant марки eco TEC plus VU INT 166/5-5.

2. Общие сведения

Лабораторная установка представляет собой газовый настенный отопительный аппарат, емкостный водонагреватель на 250 л, измерительные приборы для контроля расхода тепла (теплосчетчик квартирный M-Cal Compact) и топлива (газовый счетчик «Гранд (3,2)»).

Газовый настенный отопительный аппарат. Мощность аппарата регулируется моделирующей горелкой. Аппарат имеет функцию автоматического переключения в режим приготовления горячей хозяйственной воды при ее расходе от 1,5 л/мин и управление мощностью аппарата по расходу и температуре нагреваемой воды. Так же присутствует принудительный отвод продуктов сгорания в дымоход специальной конструкции.

Устройство аппарата. Отопительный котел оснащен дисплеем с подсветкой и дублированием кодов сообщения текстовой строкой; управлением горения на основе контроля расхода воздуха; встроенным двухступенчатым насосом системы отопления с автоматическим переключением, автоматическим воздухоотводчиком, предохранительным вентилем, 10-литровым расширительным баком, отводом конденсата из аппарата и системы дымоходов через встроенный сифон; аналоговым датчиком давления; конденсационным теплообменником из нержавеющей стали; вентилятором с регулируемым числом оборотов; электронным регулированием коэффициента избытка воздуха; горелкой с предварительным принудительным смешением; встроенным коммутационным модулем для интерфейса стандарта e-bus.

На рисунке 1.2 приведено внутреннее устройство котла и его габариты.

Прибор обладает возможностью электронного регулирования коэффициента избытка воздуха, возможностью настройки на частичную мощность для режима отопления и нагрева воды, системой Aqua-Kondens (для использования теплоты конденсации при нагреве воды).

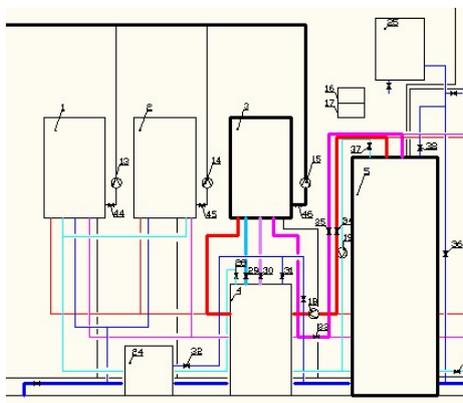


Рис.1.1. Схема лабораторной установки:

1, 2, 3 – котельные агрегаты; 13, 14, 15 – газовые счетчики; 4, 5 – емкостные водонагреватели; 44, 45, 46 – краны газовые; 18, 19 – тепловые счетчики; 24, 25 – бак аккумулятора; 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38 – краны; 16, 17 – автоматы

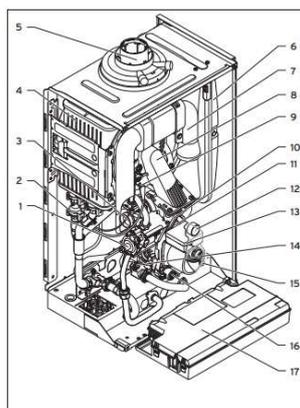


Рис. 1.2. Функциональные элементы:

1 – газовая арматура; 2 – датчик давления воды; 3 – устройство Вентури с датчиком массового расхода; 4 – теплообменник; 5 – подключение для системы дымоходов/ воздухопроводов; 6 – расширительный бак; 7 – всасывающая труба воздуха; 8 – компактный термомодуль; 9 – электрод розжига; 10 – вентилятор; 11 – быстродействующий воздухоотводчик; 12 – манометр; 13 – внутренний насос; 14 – перепускной клапан; 15 – предохранительный клапан; 16 – приоритетный переключающий клапан; 17 – блок электроники.4

Управление теплогенератором. Отопительный аппарат оснащен цифровой информационно-аналитической системой (DIA-система). Система предоставляет информацию об эксплуатационном состоянии изделия и помогает устранять неполадки.

На рисунках 1.3 и 1.4 представлены элементы управления теплогенератором.

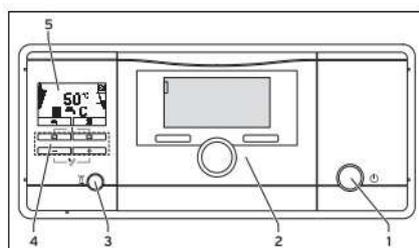


Рис 1.3. Элементы управления:

1 – кнопка включения/выключения; 2 – встраиваемый регулятор; 3 – клавиша снятия сбоя; 4 – кнопки управления; 5-дисплей

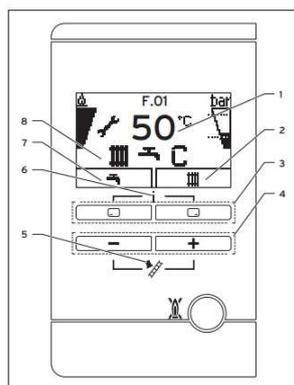


Рис.1.4. Элементы управления ДИА-системы:

1 – текущая температура теплоносителя в подающей линии системы отопления, давление наполнения системы отопления, режим работы, код ошибки или дополнительная информация; 2 – текущее назначение правой клавиши выбора; 3 – левая и правая клавиши выбора \leftarrow \rightarrow ; 4-клавиша \leftarrow и \rightarrow ;
 5 – режим трубочиста; 6 – доступ к меню для дополнительной информации; 7 – текущее назначение левой клавиши выбора; 8 – активное эксплуатационное состояние

Управлять изделием можно с помощью клавиш выбора и клавиш "+" и "-". Обе клавиши выбора имеют так называемую функцию программной клавиши, то есть, их функции могут изменяться. Если, например, в "Основная маска" нажать левую клавишу выбора, то текущая функция изменяется с (температура горячей воды) на "Назад". С помощью \leftarrow осуществляется непосредственный переход к настройке температуры горячей воды; прерывается изменение настраиваемого значения или активирование режима работы; осуществляется переход в меню на один уровень выше.

С помощью \rightarrow осуществляется непосредственный переход к настройкам температуры теплоносителя в подающей линии системы отопления, к значению давления наполнения системы отопления и к активированию горячего старта; подтверждается настраиваемое значение или активирование режима работы; осуществляется переход в меню на один уровень ниже.

С помощью \leftarrow + \rightarrow , нажатых одновременно осуществляется переход в Меню;

С помощью \leftarrow или \rightarrow осуществляется прокрутка пунктов в меню; увеличивается или уменьшается выбранное настраиваемое значение; Настраиваемые значения всегда отображаются мигающими символами. Изменение значения необходимо всегда подтверждать. Только после этого новую настройку можно сохранить. С помощью \leftarrow можно в любой момент прервать процесс. Если не нажимать ни одну из кнопок в течение более 15 минут, дисплей возвращается к основной маске. Символы, отображаемые на дисплее, сведены в таблицу 1.2.

Перед началом работы необходимо убедиться в исправности работы установки. Необходимо проверить подводящую линию газа, отопительную установку и трубопроводы горячей воды на герметичность, провести визуальный осмотр газоотвода.

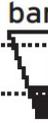
После проверки исправности установки, для начала работы необходимо нажать кнопку включения/ выключения прибора.

Во избежание эксплуатации изделия с недостаточным количеством воды и для предотвращения вызванных этим повреждений, изделие оснащено датчиком давления и цифровым указателем давления. Для обеспечения безукоризненной работы системы отопления давление наполнения холодной системы отопления должно находиться в пределах 0,1 МПа и 0,2 МПа (1,0 бар и 2,0 бар). Если система отопления располагается на нескольких этажах, может потребоваться более высокое давление наполнения системы отопления.

Схема присоединения бойлера косвенного нагрева с помощью трехходового клапана. В одноконтурных котлах нет дополнительного подогрева воды для потребления. Такой котел работает только для отопления. Поэтому бойлер будет единственным источником горячей потребительской воды. Принцип подключения – с помощью патрубков бойлер соединяется с системой отопления. После котла также устанавливается насос и трехходовой кран для перекрытия воды.

Таблица 1.1

Отображаемые символы на дисплее

Символ	Значение	Объяснение
	Надлежащая работа горелки	Горелка включена
	Текущая степень модуляции горелки	
	Текущее давление наполнения системы отопления Допустимый диапазон обозначен пунктирными линиями.	– постоянно включена: давление наполнения в допустимом диапазоне. – мигает: давление наполнения вне допустимого диапазона.
	Режим отопления активен	– постоянно включена: запрос теплоты режима отопления – мигает: горелка в режиме отопления
	Приготовление горячей воды активно	– постоянно включено: режим водоразбора, прежде чем горелка будет включена – мигает: горелка включена в режиме водоразбора
	Комфортный режим активный(Только VUW)	– постоянно включено: комфортный режим активный – мигает: комфортный режим активный, горелка включена
	Требуется техническое обслуживание	Информация по сообщению о техническом обслуживании в "Live монитор".

Окончание табл. 1.1		
	Летний режим активен Режим отопления выключен	
	Время блокировки горелки активно	Для предотвращения частого включения и выключения (увеличивает срок службы изделия).
 F.XX	Ошибка в изделии	Появляется вместо основной маски, или объяснительная текстовая индикация.

Схема, представленная на рисунке 1.5, предполагает наличие одного основного контура отопления (радиаторного или напольного отопления) и контура нагрева бойлера. Контур бойлера (контур ГВС) имеет приоритет над другим контуром.

При понижении температуры питьевой воды в бойлере, переключается термостат бойлера, что в свою очередь заставляет переключиться трехходовой клапан и весь поток теплоносителя начинает идти по контуру бойлера. После нагрева воды в бойлере до необходимой температуры клапан возвращается в первоначальное положение и весь тепловой поток от котла идет через контур отопления. В таблице 3 приведены технические данные бойлера VIHHR 120/5.1

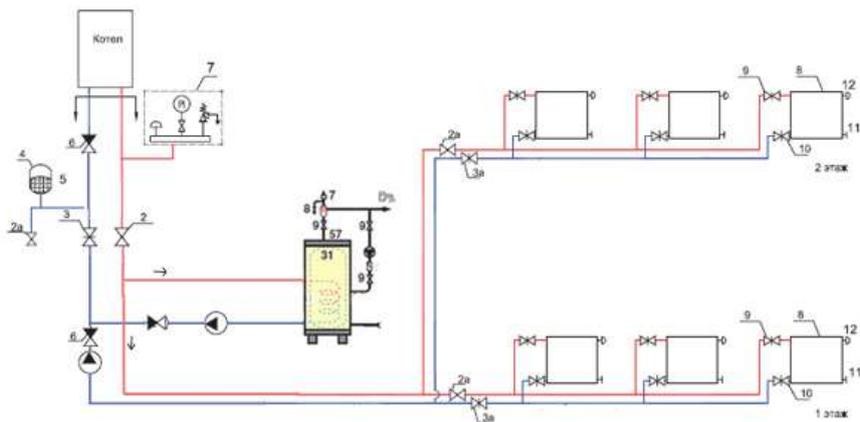


Рис. 1.5. Схема присоединения бойлера ГВС

Таблица 1.2

Технические характеристики бойлера ГВС

Характеристика	Ед. изм.	Значение
Номинальная емкость	л	115
Допустимое избыточное рабочее давление для горячей воды	бар	10
Допустимое избыточное рабочее давление для греющей воды	бар	10
Макс. допустимая температура горячей воды	°С	85
Макс. допустимая температура греющей воды	°С	110
Долговременная производительность по горячей воде ¹	л/ч (кВт)	615 (25)
Производительность в первые 10 минут ¹	л	145
Индекс мощности N_L^1	-	1
Поверхность греющей спирали	м ²	0,85

Окончание табл. 1.2		
Емкость греющей спирали	л	5,9
Номинальный расход теплоносителя ³	м ³ /ч	1,6
Потери давления при номинальном расходе теплоносителя	мбар	50
Интенсивность остывания	кВтч/24ч	1,3
Подключение холодной воды	резьба	R ¾
Подключение горячей воды	резьба	R ¾
Подключение циркуляционного трубопровода	резьба	R ¾
Подключение подающей и обратной линии	резьба	R 1
Высота	мм	752
Диаметр	мм	564
Вес нетто	кг	62

¹ при параметрах теплоносителя 85/60 °С и нагреве воды 10/45 °С;

² при нагреве воды на $\Delta T=40$ °С;

³ при использовании насосной группы для нагрева теплоносителя в баке

3. Порядок проведения лабораторной работы

1. После ознакомления с описанием лабораторной установки и контрольно-измерительными приборами следует убедиться в том, что все краны закрыты. Студенты должны заготовить протокол (табл. 1.3, 1.4, 1.5) для записи измеряемых величин.

2. Открываем газовый кран (46), краны на прямой (34) и обратной (33) линиях, краны горячей (37) и холодной воды (38) бойлера с нагреваемой средой, открываем краны (35).

3. Снимаем показания счетчика расхода газа (15) и температуру воды в бойлере (5). Показания заносим в таблицу 1.3.

4. Включаем котел (3), устанавливаем температуру теплоносителя в подающей линии (45°С - для первого опыта, 60°С - для второго опыта, 75°С для третьего опыта).

5. Засекаем время опыта τ , с.

6. По истечении времени опыта снимаем показания счетчика расхода газа (15), теплового счетчика (18), определяем температуру воды в емкости (5), прямой и обратной линий и заносим результаты в таблицу 1.3.

7. Производим расчеты и заносим результаты в таблицу 1.4.

Таблица 1.3

Исходные данные

№ опыта	1	2	3
Объем воды V , м ³			
Начальная температура воды, °С			
Начальные показания счетчика газа			
Теплота сгорания газа			
Время измерения, с			

Протокол показаний измерительных приборов

№ опыта	1	2	3
Начальная температура в баке $t_1, ^\circ\text{C}$			
Конечная температура в баке $t_2, ^\circ\text{C}$			
Разность температур $\Delta t, ^\circ\text{C}$			
Начальные показания счетчика газа, $\text{м}^3/\text{ч}$			
Конечные показания счетчика газа, $\text{м}^3/\text{ч}$			
Расход воды $G_B, \text{м}^3/\text{ч}$			
Расход газа $G_T, \text{м}^3/\text{ч}$			
Теплоемкость воды C_B кДж/(кг·град)			

1. Определение мощности. Мощность котла определяется по формуле:

$$N = 0,278 \cdot G_B C_B \cdot (t_1 - t_2), \quad (1.1)$$

где N – мощность котла, кВт; G_B – расход воды, $\text{м}^3/\text{ч}$; C_B – теплоемкость воды, кДж/(кг· $^\circ\text{C}$); t_1 – начальная температура в баке, $^\circ\text{C}$; t_2 – конечная температура в баке, $^\circ\text{C}$.

2. Определение КПД котла. КПД котла определяется по формуле:

$$\eta = \frac{Q_{\text{пол}}}{Q_3}, \quad (1.2)$$

где $Q_{\text{пол}}$ – полезная энергия (энергия, которая поступает в тепловую сеть); Q_3 – затраченная энергия (теплота сгоревшего топлива).

$$Q_3 = B \cdot Q_S^d, \quad (1.3)$$

где B – расход газа, $\text{м}^3/\text{с}$; Q_S^d – высшая теплота сгорания газа, кДж/ м^3 .

$$Q_{\text{пол}} = C_B \cdot (t_2 - t_1) \cdot G_B, \quad (1.4)$$

где C_B – теплоемкость воды, кДж/(кг· $^\circ\text{C}$); t_1 – начальная температура в баке, $^\circ\text{C}$; t_2 – конечная температура в баке, $^\circ\text{C}$; G_B – расход воды, кг/с.

Таблица 1.5

Результаты расчетов.

№ опыта	1	2	3
Мощность, кВт			
КПД котла η			

4. Контрольные вопросы

1. Описание лабораторной установки.
2. Устройство котла.
3. Распространенные коды ошибок на дисплее управления.
4. Назначение и описание бойлера косвенного нагрева.
5. Виды неисправностей, возможных при эксплуатации котла.
6. Что такое теплоемкость, от чего она зависит?
7. Теплота сгорания. Высшая и низшая теплота сгорания.
8. Что такое КПД котла.
9. Использование теплоты конденсации водяного пара.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПО НАГЛЯДНО-ДЕМОНСТРАЦИОННОМУ СТЕНДУ

1. Цель работы.

Изучение и наглядное закрепление всех элементов системы теплоснабжения.

2. Общие сведения.

Системой теплоснабжения называется комплекс устройств по выработке, транспорту и использованию тепловой энергии.

Современная система теплоснабжения (рис. 2.1) состоит из следующих основных элементов: топливоподачи Т, источника теплоты ИТ для выработки теплоты, тепловых сетей ТС для ее транспортирования, тепловых пунктов ТП для распределения между потребителями и местных систем теплоснабжения, а именно системы отопления СО, вентиляции СВ, горячего водоснабжения СГВ и технологических нужд СТ.

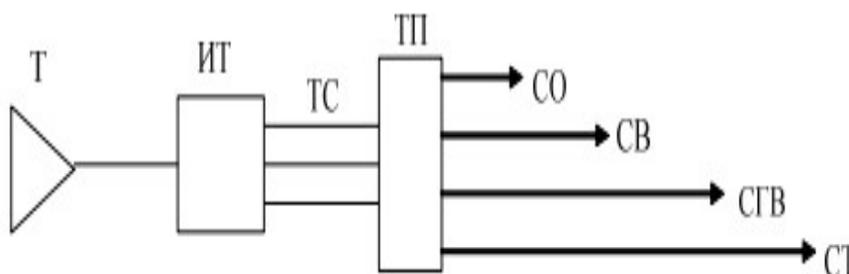


Рис. 2.1. Современная система теплоснабжения

Рассмотрим элементы системы теплоснабжения, которые представлены на наглядно-демонстрационном стенде.

Структурная схема наглядно-демонстрационного стенда со всеми деталями и наглядными узлами изображена на рис. 2.2.

В качестве топлива в котельную подается природный газ, а резервным служит мазут. Природный газ по трубопроводу подается в газораспределительный пункт ГРП, где установлены фильтр, газовый счетчик, приборы КИП. Из ГРП газ подается в газомазутные горелки котлов.

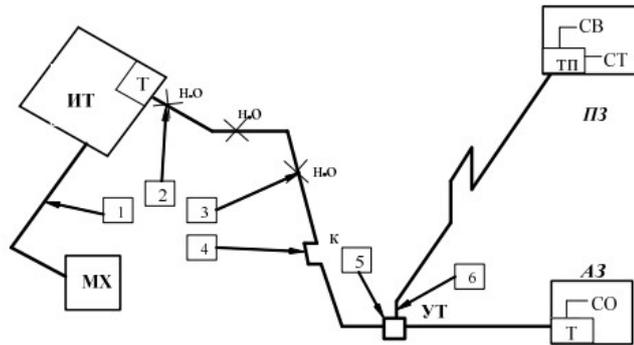


Рис. 2.2. Структурная схема рассматриваемой системы теплоснабжения на наглядно-демонстрационном стенде:

ИТ – источник теплоты; МХ – мазутное хозяйство; ПЗ – промышленное здание; АЗ – административное здание; ТП – тепловой узел;

Узлы: 1 – канальная прокладка паропровода и мазутопровода;

2 – устройство щитовой неподвижной опоры при канальной прокладке;

3 – устройство лобовой неподвижной опоры при канальной прокладке;

4 – устройство П-образного компенсатора с изображением подвижных опор;

5 – устройство тепловой камеры УТ; 6 – выход из камеры при надземной прокладке; СО, СВ, СТ – местные системы отопления, вентиляции и технологического оборудования

Мазутное хозяйство (рис. 10.3) состоит из

цистерны 7, фильтров 5, мазутных насосов 4, подогревателей мазута 1, конденсатного бака 2 и конденсатного насоса 3

Мазут привозится автотранспортом и сливается в цистерну 7 и подогревается с помощью змеевика 6, по которому проходит пар. Затем он проходит очистку в фильтрах 5 и подается в подогреватель 1. Для уменьшения вязкости мазута в подогреватели подается пар, который его нагревает. Образовавшийся конденсат через конденсатоотводчик сливается в конденсатный бак 2, из которого с помощью конденсатного насоса 3 перекачивается в котельную. Нагретый мазут с помощью насосов 4 подается на газомазутную горелку котла.

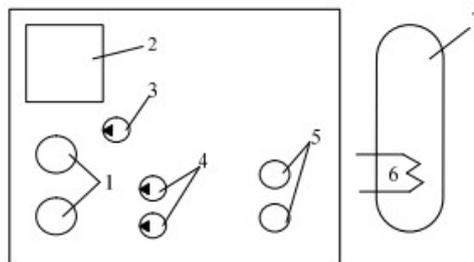


Рис. 2.3. Схема расположения оборудования мазутного хозяйства

Котлы обычно состоят из топки, каркаса, трубных конструкций, обмуровки и обшивки. Схема расположения оборудования в котельной представлена на рис. 2.4.

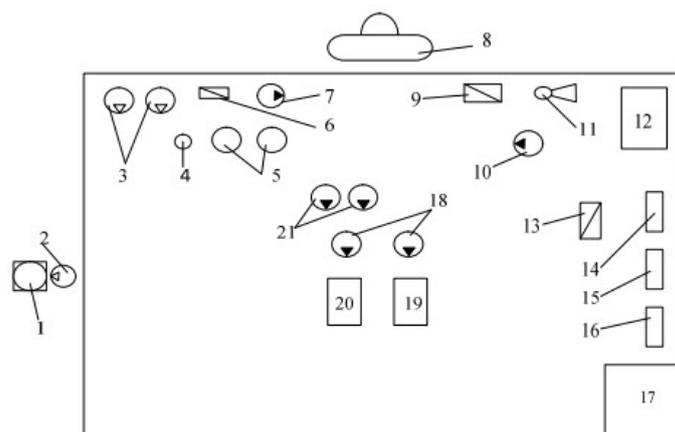


Рис. 2.4. Схема расположения оборудования в котельной:

- 1 – дымовая труба; 2 – дымосос; 3 – вентиляторы дутьевые; 4 – бак растворителя солей; 5 – натрий-катионитовые фильтры; 6 – водомер;
 7 – циркуляционный насос на водопроводе; 8 – вакуумный деаэратор;
 9 – теплообменник пароводяной; 10 – конденсатный насос; 11 – эжектор;
 12 – бак-газоотделитель; 13 – водоподогреватель; 14 – гребенка обратной сетевой воды; 15 – гребенка подающей сетевой воды; 16 – паровая гребенка;
 17 – газораспределительный пункт; 18 – сетевые насосы; 19 – водогрейный котел; 20 – паровой котел; 21 – подпиточные насосы

В котельной наблюдается несколько трактов: I – воздушный – дутьевой; II – продуктов сгорания – дымовой; III – водяной – питательной, подпиточной, сетевой воды.

В котельной установлены водогрейный 19 и паровой 20 котлы и все вспомогательное оборудование. Котельная установка предназначена для получения пара и горячей воды за счет сжигания топлива. Вспомогательное оборудование служит для подготовки и подачи топлива, питательной и подпиточной воды, дутьевого воздуха и удаления дымовых газов.

Для сжигания топлива необходимо в топку подавать кроме топлива дутьевой воздух. Дутьевой воздух забирается с помощью приточной шахты снаружи и с верхней зоны котельной и с помощью вентиляторов 3 по подпольным каналам подается в топку, где смешивается с топливом; смесь сгорает и выделяется тепловая энергия, с помощью которой нагревается вода или образуется пар.

Продукты сгорания по дымоходам-боровам удаляются из котлов и с помощью дымососа 2 выбрасываются в дымовую трубу 1.

Для питания котлов и подпитки тепловой сети водопроводная вода должна пройти водоподготовку. Водопроводная вода, поступающая в котельную с помощью насоса 7, нагревается в водоподогревателе 13 до температуры 30–35°C и поступает на умягчение в натрий-катионитовые фильтры 5, где оседают соли Ca и Mg. Для регенерации фильтра служит бак-солеводорастворитель 4. Поэтому один фильтр работает, а другой восстанавливает

свои свойства. Затем вода, прошедшая химводоочистку, подается в вакуумный деаэратор 8 для удаления из воды растворенного кислорода и газов. Для создания вакуума в головке деаэратора устанавливается эжектор 11, который отсасывает выделившиеся газы и воду и подает их в бак-газоотделитель 12.

Для работы эжектора и циркуляции воды устанавливается насос 10. Умягченная и деаэрированная вода подается с помощью подпиточного насоса 21 на подпитку тепловых сетей. Полученный в котле 20 пар поступает в паровую гребенку 16, а горячая вода из водяного котла 19 на гребенку сетевой воды 15.

Циркуляцию воды в тепловых сетях осуществляют сетевые насосы 18. Обратная сетевая вода из местных систем поступает в обратный трубопровод и возвращается в котельную в гребенку обратной сетевой воды 15.

В качестве теплоносителя для производственного и административного здания служит горячая вода, которая транспортируется по подающему трубопроводу по тепловым сетям. Для технологической системы и для мазутного хозяйства теплоносителем служит пар, поступающий по паропроводу.

Прокладка тепловых сетей для транспортирования теплоносителя к мазутному хозяйству и административному зданию выбрана подземная в непроходных каналах, а к промышленному зданию – надземная на низких опорах.

При прокладке тепловых сетей предусмотрено устройство неподвижных и подвижных опор, компенсация температурных удлинений, устройство тепловой камеры. На тепловых сетях устанавливается запорная арматура. Для наглядности все элементы прокладки тепловых сетей представлены в виде узлов.

Узел 1. Прокладка мазутопроводов, подающего и циркуляционного, совместно с паропроводом осуществляется для экономии тепловой энергии в кожухе одной общей конструкции тепловой изоляции и только конденсатопровод имеет собственную изоляцию. Прокладка трубопроводов осуществляется в непроходном канале.

Узел 2. Прокладка паропровода, подающего и обратного теплопроводов тепловых сетей осуществляется в непроходном канале. На выходе из здания котельной установлена щитовая неподвижная опора, которая с помощью фланцев и приваренных косынок закрепляет трубы неподвижно.

Узел 3. Показано устройство лобовой неподвижной опоры, которые устанавливаются в каналах с заделкой швеллеров непосредственно в стенки канала.

Узел 4. Для компенсации температурных удлинений трубопроводов на прямолинейных участках часто устанавливаются П-образные компенсаторы. Для поддержки трубопроводов и свободного перемещения устраиваются подвижные опоры.

Узел 5. В месте ответвления тепловых сетей и установки запорной

арматуры на тепловых сетях устраивают тепловые камеры УТ-1.

Тепловая камера имеет четыре люка для лучшего проветривания и имеет высоту в свету не менее 2 м. Для спуска в камеру устанавливают металлические лестницы или заделанные в стены скобы. Днище камеры имеет уклон не менее 0,002 м в сторону приямка. Между подающим и обратным теплопроводами имеется перемычка с задвижкой для перепуска воды из подающей в обратную трубу при аварийном режиме.

Узел 6. Прокладка ответвления к промышленному зданию осуществляется надземным способом на низких опорах из-за заболоченной почвы. Переход из подземной камеры наружу осуществляется с устройством подпятников и сверху закрывается плитой, чтобы дождевые воды не попадали в конструкцию камеры и каналы.

Прокладка тепловых сетей к производственному зданию осуществляется на низких опорах, с устройством подвижных и неподвижных опор и компенсаторов. Пересечение тепловыми сетями проезжей дороги осуществляется на высоких опорах.

Для распределения тепловых потоков в каждом здании устраивают тепловые пункты. Тепловой пункт административного здания расположен в подвальном помещении и служит для подключения системы отопления. Его схема приведена на рис. 2.5.

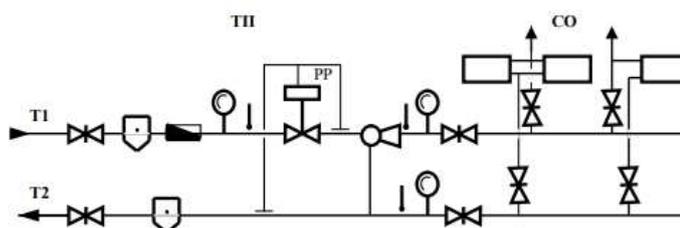


Рис. 2.5. Схема теплового пункта и системы отопления административного здания

В тепловом пункте установлены задвижки, грязевики, регулятор расхода РР, элеватор и приборы – манометры и термометры.

После изучения всех элементов системы теплоснабжения по наглядно-демонстрационному стенду необходимо зарисовать схему и описать оборудование.

3. Контрольные вопросы

1. Что относится к основным элементам системы теплоснабжения?
2. Для чего предназначен тепловой пункт?
3. Какие основные способы прокладки тепловых сетей вы знаете?
4. Из каких элементов состоят тепловые сети?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗДАНИЯ

1. Цель работы.

Определение влияния конфигурации и размеров здания на его удельную тепловую характеристику.

2. Общие сведения.

Удельная тепловая характеристика здания является показателем его теплотехнических качеств. Она представляет собой величину потерь тепла единицей объема здания в единицу времени при разности температур между внутренним $t_{в}$ и наружным $t_{н}$ воздухом в один градус:

$$q = \frac{Q}{V(t_{в} - t_{н})} = \frac{kF \Delta t}{V \Delta t}, \quad (3.1)$$

где Q – расчетные теплотери через наружные ограждения здания, Вт; V – объем отапливаемого здания по внешнему обмеру, м³; $\Delta t = t_{в} - t_{н}$ – расчетная разность температур для основных помещений здания, °С.

Опытное определение q проводится на уменьшенной модели здания. Теплотери для рассматриваемого здания Q и его модели $Q_{м}$ связаны между собой соотношением

$$q = Q_{м} \frac{\sum k \cdot F(t_{в} - t_{н})}{\sum k_{м} \cdot F_{м}(t_{вм} - t_{нм})}, \quad (3.2)$$

где F и $F_{м}$, k и $k_{м}$ – соответственно площади и коэффициенты теплопередачи наружных ограждений здания и модели, м² и Вт/м²·°С; $t_{вм}$, $t_{нм}$ – среднее значение температур, соответственно, теплоносителя в модели и окружающего воздуха, определяемое в опытах, °С.

Так как $\frac{\sum k_{м} F_{м}}{\sum k F} = M_{к} \cdot M^2$, то теплотери здания определяются как

$$Q = \frac{Q_{м}}{M^2 \cdot M_{к}} \cdot \frac{(t_{в} - t_{н})}{(t_{вм} - t_{нм})}, \quad (3.3)$$

где M – линейный масштаб модели, $M_{к}$ – масштаб коэффициентов теплопередачи.

Тогда

$$Q = \frac{Q_{м}}{M^2 \cdot M_{к} \cdot V(t_{вм} - t_{нм})}, \quad (3.4)$$

3. Порядок проведения лабораторной работы

В данной работе модельное исследование проводится для четырех конфигураций здания, представляющих в плане квадрат 1, круг 2, вытянутый прямоугольник 3, угловую конфигурацию 4. Модели имеют одинаковый объем $V_{м} = 0,0125$ м³ по наружному обмеру, но разную поверхность $F_{м}$. Отношение площади наружной поверхности к объему для изучаемых моделей составляет:

Таблица 3.1

№ модели	1	2	3	4
$F_M/V_M, 1/м$	26	24	32	32

Линейный масштаб моделей M 1:200. Масштаб коэффициентов теплопередачи $M_K=18:1$, который определяется из соотношения коэффициента теплопередачи модели K_M к общему коэффициенту теплопередачи здания K .

Стенд, элементом которого являются испытываемые модели, представлен на рис. 3.1. Горячая вода от котла 5 насосом 6 подается к объемным моделям здания. При открытых шаровых кранах 7 модели заполняются водой. Шаровые краны 8 служат для слива воды в канализацию, а термометры 9 – для измерения температуры воды в моделях.

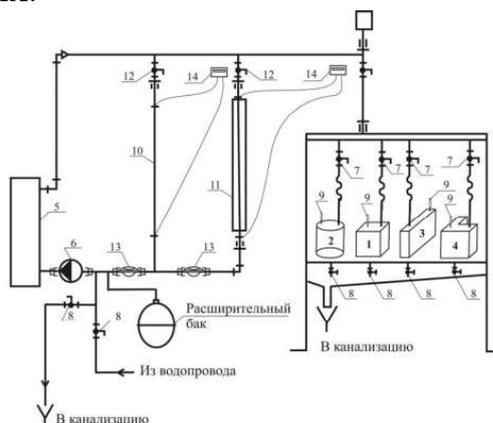


Рис. 3.1. Схема стенда для испытания отопительных приборов

Температура теплоносителя $t_{вм}$ фиксируется через каждые 5 мин. Всего необходимо провести не менее шести замеров. Показания термометров 9 и термометра, служащего для измерения температуры окружающего воздуха, записываются в табл. 3.1. Термометр, показывающий температуру воздуха, должен располагаться на расстоянии не менее 50 см от модели. Данные измерений заносятся в таблицу 3.2.

Таблица 3.2

№ опыта	Время измерений, τ , мин	Температура воды в моделях, $t_{вм}, ^\circ\text{C}$				Температура окружающего воздуха, $t_{нм}, ^\circ\text{C}$	Среднее значение $t_{вм}$ и $t_{нм}, ^\circ\text{C}$
		№1	№2	№3	№4		
1	2	3	4	5	6	7	8

Потери теплоты для модели определяются по формуле

$$Q_M = \frac{cG(t_{M,1} - t_{M,6})}{(\tau_6 - \tau_1) \cdot 60}, \quad (3.5)$$

где c – теплоемкость воды, Дж/кг К; G – масса воды в модели, кг; τ_1 и τ_6 – соответственно начальное и конечное время измерений.

Зная Q_m , можно определить потери теплоты моделируемых зданий по соотношению (3.2). Определив Q , находим удельные тепловые характеристики рассматриваемых зданий по формуле (3.4). Объем здания при этом находится из соотношения $V = V_m/M^3$.

Удельные тепловые характеристики определяются для $t_{\text{HM}} = -10; -20; -30$ °С и представляются графическими зависимостями $q = q(\frac{F}{V}, t_{\text{HM}})$.

4. Контрольные вопросы

1. Что характеризует удельная тепловая характеристика здания?
2. Какие факторы влияют на удельную тепловую характеристику?
3. Какая конфигурация здания наиболее экономична с точки зрения затрат тепловой энергии и почему?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

1. Цель работы.

Определение коэффициента теплопередачи и показателя теплонапряжения металла трех типов отопительных приборов и их сравнительная оценка.

2. Общие сведения.

Коэффициент теплопередачи k характеризует интенсивность переноса теплоты от теплоносителя в отапливаемое помещение.

Коэффициент теплопередачи определяют совместным решением уравнения теплового баланса

$$Q = cG(t_r - t_o), \quad (4.1)$$

и уравнения теплопередачи

$$Q = kF(t_{\text{cp}} - t_b), \quad (4.2)$$

где c – удельная массовая теплоемкость воды, равная $c = 4187$ Дж/кг К;
 G – количество теплоносителя, проходящего через отопительный прибор, кг/с;
 t_r, t_o, t_b – соответственно температура воды на входе и выходе из отопительного прибора и воздуха в помещении, °С; F – площадь теплоотдающей поверхности отопительного прибора, м²; t_{cp} – средняя температура воды в отопительном приборе, °С.

$$t_{\text{cp}} = 0,5(t_r + t_o), \quad (4.2)$$

Из (4.1) и (4.2) коэффициент теплопередачи отопительного прибора определяется как

$$k = \frac{cG(t_r - t_o)}{F\left(\frac{(t_r + t_o)}{2} - t_b\right)}, \quad (4.3)$$

Важным показателем теплотехнической эффективности отопительного прибора является величина удельного теплового потока

$$q_{\text{пр}} = k\Delta t_{\text{ср}}, \quad (4.4)$$

Здесь

$$t_{\text{ср}} = \frac{(t_{\text{г}} + t_{\text{о}})}{2} - t_{\text{в}}, \quad (4.5)$$

Одной из экономических характеристик отопительного прибора является показатель теплового напряжения металла прибор

$$m = \frac{Q}{\Delta t_{\text{ср}} \cdot M}, \quad (4.6)$$

где M – масса отопительного прибора, кг.

3. Порядок проведения лабораторной работы

Схема стенда для испытания отопительных приборов приведена на рис. 4.1. Первоначально система отопления заполняется холодной водой при следующем положении запорно-регулирующей арматуры: шаровые краны 14, 15, 16, 18, 19, 20 – открыты, а 21, 22 – закрыты.

Воздух удаляется из системы с помощью автоматического воздухоотводчика 9.

Заполнив систему теплоносителем, включают генератор тепла 1 и циркуляционный насос 8. Горячая вода по подающему магистральному теплопроводу 2 поступает в отопительные приборы: низкий конвектор «Уют» 3, секционный радиатор «Calidor Super» 4, высокий конвектор – стальной панельный радиатор «Radson» 5. Проходя отопительные приборы, горячая вода отдает часть теплоты воздуху помещения.

Охлажденная вода из приборов движется по обратному магистральному теплопроводу 6 в электрокотел 1.

Значения температур воды на входе $t_{\text{г}}$ и выходе $t_{\text{о}}$ из приборов фиксируются с помощью датчиков 23, 24, 25. Расход теплоносителя через отопительные приборы G определяется по показаниям счетчиков 11, 12, 13.

Постоянство расхода воды в системе отопления обеспечивается неизменным уровнем воды в закрытом расширительном баке 7.

Температуру воздуха в помещении измеряют термометром на расстоянии 2 м от фронта отопительного прибора и на уровне 1,5 м от пола.

Определив экспериментальные значения $t_{\text{г}}$, $t_{\text{о}}$, G , по формулам (4.3, 4.4, 4.5), рассчитывают, соответственно, коэффициент теплопередачи k , плотность теплового потока $q_{\text{пр}}$ и тепловую напряженность металла m для каждого типа отопительного прибора.

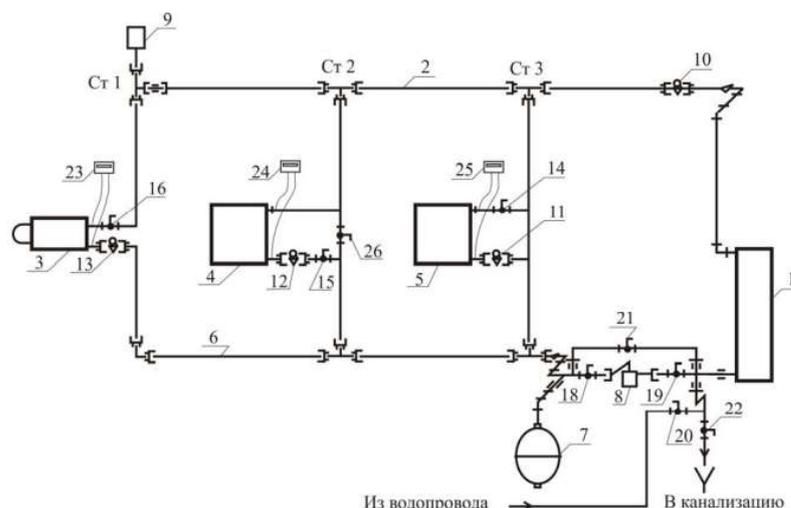


Рис 4.1. Схема стенда для испытания отопительных приборов

Измерения проводятся при 3-4 значениях расхода воды через приборы, который устанавливается регулирующими клапанами 13, 14, 15 и 3-4х значениях температуры горячей воды в системе, величина которой устанавливается на пульте управления электродотла.

Результаты измерений и вычислений заносятся в табл. 3.3 и представляются в виде графиков $k=k(G, t_{cp})$, $q_{пр}=q(G, t_{cp})$.

Таблица 4.1

№ опыта	Тип отопительного прибора	$F, м^2$	$M, кг$	$t_r, °C$	$t_o, °C$	$G, кг/с$	$k, Вт/м^2 \cdot К$	$q_{пр}, Вт/ м^2$	$m, Вт/К \cdot кг$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

По данным табл. 4.1 дается сравнительная оценка характеристик исследованных типов отопительных приборов.

4. Контрольные вопросы

1. Какие факторы влияют на теплоотдачу отопительного прибора?
2. Укажите отличительное достоинство каждого вида отопительных приборов.
3. Каков физический смысл показателя теплового напряжения металла прибора?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Копко, В. М. Теплоснабжение / В. М. Копко. – 2-е изд., испр. – М.: АСВ, 2016. – 335 с.
2. Ионин, А. А. Газоснабжение: учебник / А. А. Ионин. – 4-е изд., перераб., доп., репринт. – М. : Транспортная компания, 2016. – 439 с.
3. Теплоснабжение. Котельное оборудование: справочное пособие / [автор-сост. Л. С. Овчинников]. – Минск: Дизайн ПРО, 2007. – 432 с.
4. Индивидуальное отопление и горячее водоснабжение жилого дома: метод. указ. к лабораторной работе/составитель Л.Г. Шульц. – Самара: СамГТУ, 2006. – 15 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Лабораторная работа №1. Изучение устройства и принципа работы одноконтурного конденсационного водогрейного отопительного котла с бойлером ГВС.....	3
Лабораторная работа №2. Изучение элементов систем теплоснабжения по наглядно-демонстрационному стенду...	11
Лабораторная работа №3. Определение удельной тепловой характеристики здания.....	16
Лабораторная работа №4. Определение теплотехнических характеристик отопительных приборов.....	18
Библиографический список.....	21

АВТОНОМНОЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ
для студентов направления подготовки
08.04.01 «Строительство» (программа магистерской подготовки
«Теплогазоснабжение населенных мест и предприятий»)
всех форм обучения

Составитель

Бохан Анна Руслановна

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 10.11.2023.

Уч.-изд. л. 1,0

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84