

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОСНАБЖЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Отопление»

для студентов специальности

*7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий
и сооружений», профилизация «Теплогазоснабжение,
вентиляция и охрана воздушного бассейна» для всех
форм обучения, слушателей ИПКиП специальности
1-70 04 71 «Теплогазоснабжение, вентиляция
и охрана воздушного бассейна»*

УДК 697.911 (075.8)

Настоящие методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Отопление» составлены в соответствии с программой курса «Отопление» для студентов специальности 7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий и сооружений», профилизация «Теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна».

В работе изложены требования по объему работ и последовательности их выполнения.

Составители: В. Г. Новосельцев, к.т.н., доцент
Д. В. Новосельцева, к.т.н., доцент,
В. В. Лукша, к.т.н., доцент.

Рецензент: Ю. Н. Новик, главный эксперт отдела экспертизы инженерного обеспечения управления экспертизы проектно-сметной документации дочернего республиканского унитарного предприятия «Госстройэкспертиза по Брестской области»

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ИЗУЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ТРУБОПРОВОДОВ ДЛЯ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И СПОСОБОВ ИХ СОЕДИНЕНИЙ. ИЗУЧЕНИЕ УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИПА РАБОТЫ АРМАТУРЫ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ.

Цель работы: Изучить трубопроводы из различных материалов, используемых в системах отопления, а также способы их соединений. Изучить устройство и принцип работы арматуры систем отопления.

1. Общие сведения о трубопроводах систем отопления

Для пропуска теплоносителя в системах отопления применяют металлические (стальные, медные) и полимерные трубопроводы.

Стальные трубы

Из металлических труб наиболее часто используют стальные шовные (сварные) и редко стальные бесшовные (цельнотянутые) трубы (бесшовные несколько дороже, но более надежны). Трубы выпускают с антикоррозийным покрытием внутри и/или снаружи и без него (черные). В качестве покрытия обычно используется цинковое напыление. Оцинкованные трубы не требуют грунтовки, покраски и других защитных мероприятий, за исключением участков с нарезанной резьбой, на которых защитный слой нарушен.

Соединение стальных труб между собой может производиться при помощи: раструбов, фланцев, сварки или свертки на муфтах.

Достоинства стальных труб:

- большая прочность
- низкий коэффициент линейного теплового расширения
- низкая стоимость
- кислородная непроницаемость.

Недостатки стальных труб:

- большая коррозия
- большая шероховатость (а значит низкая пропускная способность)
- трудный монтаж
- большой вес
- высокий процент разрушений при замерзании жидкости внутри трубы.

Трубы из нержавеющей стали являются самыми долговечными (срок службы свыше 100 лет) и прочными из всех современных труб. Они практически лишены серьезных недостатков. Современные технологии предусматривают соединение труб из "нержавейки" без использования сварки, что исключает нарушения структуры металла, приводящих к сокращению срока службы труб. Единственным ограничением, из-за которого эти трубы не нашли широкого применения, является их цена. Она в несколько раз превышает стоимость аналогичных медных или металлопластиковых труб.

Медные трубы

Медные трубопроводы не стареют и не портятся. Со временем они покрываются тонким слоем окисла (патины), который не влияет на их прочность.

Наиболее распространенным способом монтажа является капиллярная пайка. Данный способ основан на капиллярном эффекте, суть которого заключается в том, что при определенном расстоянии между стенками двух поверхностей жидкость поднимается вверх по капилляру, преодолевая силу тяжести. Именно этот эффект позволяет припою равномерно распространяться по всей поверхности паевого конца, независимо от положения трубы (можно, например, припой подавать снизу соединения).

Достоинства медных труб:

1. высокая стойкость к коррозии
2. большой срок службы
3. большая пропускная способность (внутренняя поверхность в 100 раз более гладкая, чем у стальных и в 4-5 раз, чем у пластиковых и со временем не уменьшается)
4. низкий коэффициент линейного теплового расширения
5. небольшая толщина стенки (по сравнению со стальными и другими трубами), что уменьшает материалоемкость трубопроводных систем
6. высокая эффективность использования прочностных характеристик материала, так как не требуется утолщения стенки для компенсации коррозии (как в стальных трубопроводах)
7. значительный срок службы (50 лет и более)
8. возможность замораживания воды в трубе без разрушения стенки
9. гибкость, позволяющая транспортировать длинные отрезки в бухтах и на катушках, что снижает количество стыков и увеличивает производительность монтажа
10. простота и незначительная трудоемкость монтажа
11. полная кислородная непроницаемость.

Недостатки медных труб:

1. необходимость предусматривать дополнительное заземление (для снятия «блуждающих» токов, длительное действие которых приводит к разрушению материала)
2. высокая стоимость.

Полимерные трубопроводы

В системах отопления применяют полипропиленовые (PP), полибутиленовые (PB) трубы, трубы из сшитого полиэтилена (PEX), и металлополимерные трубы.

Трубы из сшитого полиэтилена

Трубы из сшитого полиэтилена (PEX-трубы,) производимые по особой технологии из поперечно сшитого полиэтилена, обладают более совершенными свойствами по сравнению с трубами из обычного полиэтилена. Этот материал отличается высокой термостойкостью, пластичностью, а также "памятью формы" (после физической нагрузки стремится восстановить первоначальные размеры). Трубы из него можно эксплуатировать в системах отопления при температуре до 95 °С и рабочем давлении до 2 МПа (20 атмосфер).

Для того чтобы полиэтилен стал более прочным и стойким к температурным воздействиям, его обрабатывают под высоким давлением. В результате между молекулами образуются дополнительные поперечные связи (мостики). Такой процесс называют "сшивкой", а полиэтилен - "сшитым полиэтиленом".

Способы обработки полиэтилена таковы:

PEXa - сшивка пероксидным способом;

PEXb - обработка газом силаном, (органосиланиды - чрезвычайно ядовитые вещества);

PEXc - облучение потоком электронов в электромагнитном поле;

PEXd - обработка с помощью азотосоединений.

Для соединения труб с различными устройствами используются специальные соединители – цанги. Соединение труб между собой может производиться при помощи: разборных (цанга с кольцом - соединение с разрезанным кольцом и обжимной гайкой) и неразборных (пресс-фитинги - запрессовывание латунной гильзы на трубе при помощи электрического пресс-пистолета) соединений. Пресс-фитинг – самое быстрое и надежное соединение. Возможны также соединения с помощью полимерных соединителей PPSU (полифениленсульфон), имеющих высокую механическую прочность. В качестве антидиффузного слоя применяется покрытие EVON (этиленвинилалкоголь), наносящееся непосредственно на трубу и связанное с ней слоем клея.

Достоинства труб из сшитого полиэтилена:

1. гибкость
2. долговечность (50 лет)
3. малый вес
4. простота монтажа
5. высокая скорость монтажа
6. способность к самокомпенсации линейных расширений
7. низкая шероховатость
8. кислородная непроницаемость.

Недостатки труб из сшитого полиэтилена:

1. боятся ультрафиолета – продолжительное воздействие солнечных лучей разрушает структуру трубы.

2. снижение прочности при нагревании
3. большой коэффициент линейного расширения

Полипропиленовые трубы

Полипропилен, получаемый в результате реакции полимеризации пропилена и этилена в определенных пропорциях, определяет основные физические и химические свойства труб и фитингов, изготовленных из данного материала. Для отопления применяют полипропилен типа PPR.

Выпускается полипропилен трех типов (в зависимости от толщины стенки):

PN10 — для холодного водоснабжения;

PN20 — для горячего водоснабжения;

PN25 (армированный) — для водоснабжения и отопления.

В армированном полипропилене поверх толстостенной трубы с помощью клея закреплена алюминиевая фольга, поверх которой нанесен тонкий защитный слой полипропилена. Существует также полипропилен THERM, предназначенный для использования только в системах отопления; он также армирован.

Труба и фитинг соединяются между собой специальным монтажным оборудованием методом термопластической сварки, которая делится на четыре этапа: резку труб по размерам, нагревание соединяемых участков труб, соединение труб между собой, охлаждение готового трубного соединения.

Достоинства полипропиленовых труб:

1. долговечность (более 30 лет)
2. низкая стоимость материала, дешевые фитинги
3. простота монтажа
4. низкая шероховатость
5. полная герметичность сварных соединений
6. кислородная непроницаемость (для армированного)

Недостатки полипропиленовых труб:

1. имеют высокий коэффициент линейного теплового расширения, поэтому на длинных прямых участках необходимо устанавливать специальные компенсаторы. (Пятиметровый отрезок неармированной трубы при изменении температуры на 600С удлиняется на 45 мм. Значительно менее удлиняются армированные алюминиевой (9 мм в таких же условиях))
2. при высокой температуре теплоносителя незакрепленные трубы провисают
3. негибкость и низкая теплопроводность исключают возможность использования при устройстве «теплых полов».

Металлополимерные трубы

Металлополимерные (металлопластиковые) – это трубы, состоящие из двух слоев сшитого полиэтилена армированных алюминиевой фольгой.

Для соединения труб с различными устройствами используются такие же соединения, как и для полиэтиленовых труб (цанги). Цанги в основном определяют стоимость и качество системы из металлополимерных труб.

Высокая гибкость и теплопроводность делают особенно эффективным использование металлопластиковых труб при монтаже систем «теплых полов».

Достоинства металлополимерных труб:

1. трубы легко гнутся, что позволяет легко огибать конструктивные элементы здания, а также избегать необходимости использовать специальные отводы, как у металлических или полипропиленовых труб.
2. кислородная непроницаемость.

Недостатки металлополимерных труб:

1. из-за разности коэффициентов линейного теплового расширения полиэтилена и алюминия со временем происходит расслоение трубы

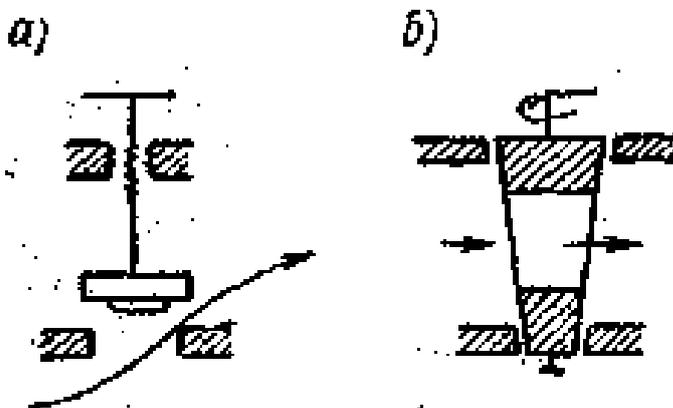
2. Общие сведения о арматуре систем отопления

В качестве запорно-спускной и регулирующей арматуры в системах отопления зданий применяют вентили, пробковые и шаровые краны (служащие для отключения, частичного ограничения прохода или спуска теплоносителя), краны двойной регулировки, трехходовые поворотные сальниковые, трехходовые регулировочные и контрольные краны (для распределения-раздачи потоков теплоносителя в системах отопления, поверки манометров), балансировочные, предохранительные и обратные клапаны, воздухоотводчики и фильтры, грязевики и задвижки.

К трубопроводам арматуру присоединяют на резьбе или с помощью фланцев.

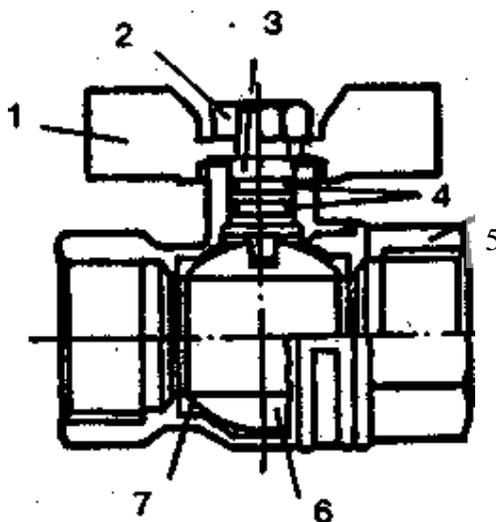
Запорная арматура — шаровые краны, пробковые проходные краны, запорные вентили, задвижки — предназначена для отключения отдельных участков системы отопления.

В зависимости от перемещения затвора арматуру подразделяют на два основных типа: вентильную и пробковую. Для вентильной арматуры основным элементом является затвор, который, перемещаясь возвратно-поступательно, частично или полностью постепенно открывает или закрывает отверстие для прохода воды. Основным элементом пробковой арматуры является коническая пробка с отверстием, при повороте которой на 90° происходит быстрое открытие или закрытие крана, что может вызвать гидравлический удар.



Принципиальные схемы действия арматуры: вентиль (а), пробкового (шарового) крана (б).

Шаровой кран — устройство, состоящее из корпусной неподвижной и подвижной частей. Подвижная часть, вращаясь вокруг своей оси, обеспечивает перекрытие потока воды в отопительной системе. Шаровой кран представляет собой корпус, внутри которого находится заключенный в обойму тефлоновых колец шар с цилиндрическим отверстием. При помощи штока с рукояткой в форме рычага или бабочки осуществляется вращение шара вокруг своей оси.



Шаровой кран:

*1 - ручка; 2 - гайка, фиксирующая ручку на штоке; 3 - шток;
4 - уплотнительные кольца; 5 - корпус крана; 6 - шаровой затвор;
7 - уплотнительные тефлоновые кольца*

Предохранительная арматура (предохранительные клапаны) предназначена для защиты от повреждения сети и оборудования при внезапном повышении напора. К предохранительной арматуре также относятся обратные клапаны,

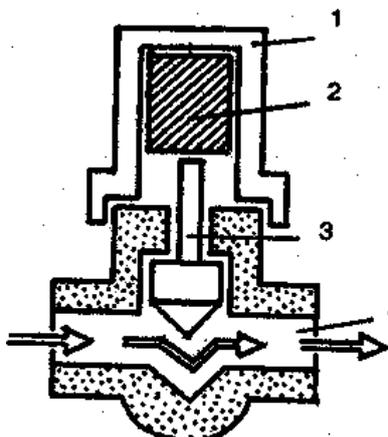
обеспечивающие движение воды в трубопроводе только в одном направлении. При движении воды в обратном направлении клапан прижимается водой, закрывая проход.

К регулирующей арматуре, служащей для поддержания расхода и давления воды в системах отопления на необходимом уровне, относят регуляторы давления, расхода и температуры, устанавливаемые на вводах ЦТП, ИТП, стабилизаторы температуры воздуха в помещениях и другие приборы.

Грязевики, периодически очищаемые, устанавливают на входных коллекторах теплоисточников и в тепловых пунктах для улавливания и удаления из трубопроводов тепловых сетей крупных плавающих и взвешенных частиц.

В системах водяного отопления зданий для улавливания мелких грязевых частиц и взвесей устанавливают сетчатые фильтры, защищающие и предохраняющие от загрязнения устройства автоматического регулирования и управления.

Для регулирования температуры воздуха в помещении в соответствии с заданной температурой применяются термостатические клапаны, предназначенные для подключения к радиатору. Этот клапан состоит из двух частей: регулирующего крана и навинчивающейся на него термоголовки. В регулирующем кране есть клапан, который перекрывает доступ горячей воды в радиатор, если температура воздуха уже достигла установленной потребителем величины, и открывает доступ, если температура упала. Внутри термоголовки, навинчивающейся на кран, есть емкость, заполненная рабочим веществом (жидкостью или газом). При нагревании рабочее вещество расширяется и давит на клапан. По мере остывания объем рабочего вещества уменьшается, и клапан начинает открываться. Вращая термоголовку, можно задать температуру воздуха в комнате, при достижении которой клапан будет закрываться. Термоголовка устанавливается обязательно горизонтально и ее нельзя изолировать от воздуха в комнате



*Термостатический клапан:
1 - термоголовка; 2 - рабочее вещество; 3 - клапан.*

3. порядок оформления отчета

- изучить общие сведения;
- изучить стенды с трубопроводами систем отопления;
- изучить типы соединений трубопроводов систем отопления, представленные на стендах;
- изучить образцы арматуры систем отопления.

Лабораторная работа №2

ИЗУЧЕНИЕ ОТОПИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Цель работы: ознакомление с отопительными приборами; определение коэффициентов теплопередачи стального панельного радиатора, конвектора, чугунного и алюминиевого секционных радиаторов при различных условиях теплоотдачи в помещении; изучение инерционности отопительных приборов из различных материалов и равномерности их прогрева.

1. Общие сведения

Отопительные приборы предназначены для передачи тепла от теплоносителя в помещения зданий и являются одним из основных элементов систем водяного отопления.

По основному способу теплопередачи отопительные приборы делятся на:

радиационные (не менее 50% передачи тепла излучением) – это подвесные потолочные панели, излучатели;

конвективно-радиационные (50-75% передачи тепла конвекцией) – радиаторы, гладкотрубные приборы;

конвективные (не менее 75% передачи тепла конвекцией) - конвекторы и ребристые трубы.

Радиаторы, по сравнению с другими приборами, получили наибольшее распространение благодаря хорошим теплотехническим и гигиеническим свойствам. По конструктивному исполнению радиаторы подразделяют на секционные и панельные; по виду материала они бывают из чугуна, алюминия, стали, биметаллические. Существует два типа панельных радиаторов: с нижним и с боковым подключением.

Конвектор состоит из двух элементов - ребристого нагревателя и кожуха. Кожух декорирует нагреватель и способствует повышению скорости естественной конвекции воздуха у внешней поверхности нагревателя. К конвекторам относятся также плинтусные отопительные приборы без кожуха.

Главным преимуществом радиаторов является то, что часть тепла они выделяют излучением, а для здоровья человека наиболее благоприятный вид передачи тепловой энергии это - лучистый или радиационный.

Процесс теплопереноса от теплоносителя в помещение осуществляется: от теплоносителя к стенке прибора конвекцией и теплопроводностью, через стенку только теплопроводностью, а от стенки в помещение конвекцией, радиацией и теплопроводностью. Процесс сложного теплообмена между двумя средами (жидкость и воздух), разделенными стенкой называется теплопередачей. В сложном случае теплопередачи основным явлением в большинстве случаев является конвекция. Интенсивность теплопередачи характеризуется коэффициентом теплопередачи, являющимся одной из основных характеристик отопительного прибора.

2. Описание стенда

Вода в измерительном стенде подогревается в емкостном электронагревателе. Циркуляционным насосом горячая вода подается по подающему трубопроводу

в отопительные приборы. Расширительный бак служит для вмещения прироста объема воды, образующегося при нагревании воды в установке. Расход воды, циркулирующей в установке, определяется при помощи счетчиков воды. Для измерения количества теплоты используется теплосчетчик Сенсоник. Температуры воды на входе и выходе из отопительных приборов определяются ртутными термометрами, установленными в гильзах.

3. Порядок проведения опытов

Включить емкостной электрический водонагреватель (кран отвода горячей воды из водонагревателя должен оставаться открытым!). После нагрева воды в водонагревателе и его отключения включить насос. Исследование отопительных приборов производится поочередно. При помощи шаровых кранов перекрыть подачу воды во все отопительные приборы, кроме исследуемого. При помощи ротаметра или дросселированием потока шаровым краном установить необходимый расход воды через отопительный прибор $G=0,3-0,5$ л/мин ($\approx 0,005-0,0083$ кг/с), прогреть отопительный прибор до рабочего режима, пропуская горячую воду до тех пор, пока разность температур воды на входе в радиатор и на выходе из него составит 5-150С. Произвести замеры температуры воды на входе и выходе из отопительного прибора, а также температуры воздуха в помещении. При помощи инфракрасного термометра testo 830-T1 произвести замеры температуры поверхности отопительного прибора в 5 точках сразу после замера температур. При помощи вентилятора создать новые условия теплообмена в помещении, обдувая отопительный прибор и произвести замеры температур воды и поверхности отопительного прибора. После окончания замеров выключить насос и емкостной водонагреватель. При помощи инфракрасного термометра testo 830-T1 произвести замеры температуры поверхности отопительного прибора в 5 точках через 5, 10, 15, 20 минут после выключения стенда.

4. Обработка экспериментальных данных

Коэффициент теплопередачи радиатора определяется из соотношения:

$$K = \frac{Q}{F \cdot \Delta t}, \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К};$$

где Q – тепловой поток от радиатора воздуху в лаборатории, Вт;

F - поверхность отопительного прибора, м²; для секционного радиатора:

$$F = f \cdot n, \text{ м}^2$$

где f - поверхность секции, м²;

n - число секций радиатора, шт;

Δt – температурный напор

$$\Delta t = t_{\text{в}} - t_{\text{возд}}; t_{\text{в}} = 0,5 \cdot (t_{\text{вх}} + t_{\text{вых}});$$

$t_{\text{в}}$ - средняя температура воды в радиаторе, °С;

$t_{\text{возд}}$ - температура воздуха в помещении, °С;

Тепловой поток, переданный радиатором, определяется по формуле:

$$Q = G \cdot c_{\text{в}} \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вых}}), \text{ Вт};$$

$c_{\text{в}}$ - теплоемкость воды ($c_{\text{в}} = 4190 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$);

G - расход воды, кг/с.

5. Порядок выполнения работы и оформления отчета

- Изучить паспорта отопительных приборов и выписать их марки и характеристики (номинальный тепловой поток и площадь нагрева всего прибора или одной секции). Вычислить коэффициент теплопередачи по нормативным данным при температурном напоре 70.
- Произвести опыты по пункту 3
- Вычислить коэффициент теплопередачи по пункту 4 и произвести сравнение с нормативным.
- Оценить время остывания отопительного прибора по полученным данным и построить график остывания воды в приборе
- Оценить равномерность прогрева отопительного прибора по полученным данным
- Полученные результаты занести в таблицу опытных и расчетных данных
- Проанализировать полученные результаты и записать выводы.

Таблица опытных и расчетных данных

№ опыта	Условия теплоотдачи	Марка прибора	Расход воды в приборе, л/мин (кг/с)	Температуры, оС			Тепловой поток, Q, Вт	K Вт/(м2.К)
				на входе	на выходе	воздуха		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Лабораторная работа №3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАТЕКАНИЯ ВОДЫ В ОТОПИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР

Цель работы: опытным путем определить величину коэффициента затекания воды в нагревательный прибор при различных схемах его подключения к системе водяного отопления.

1. Общие сведения

Коэффициент затекания воды в отопительный прибор - отношение расхода воды, поступающей в нагревательный прибор, к расходу воды, протекающей, по стояку.

Чем больше коэффициент затекания воды, тем больше воды пройдет через отопительный прибор и, следовательно, тем меньшая поверхность нагрева прибора будет необходима.

Значение коэффициента затекания зависит, прежде всего, от схемы подключения прибора к сети и от направления движения и расхода воды в стояках: при движении воды сверху вниз α возрастает по мере сокращения ее расхода, при движении воды снизу вверх – уменьшается.

Величина коэффициента затекания зависит от сочетания диаметров труб приборного узла (стояка, замыкающего участка и подводок), а также от скорости воды в стояке.

Значения коэффициента затекания повышается в следующих случаях: при смещении замыкающего участка от оси стояка в сторону прибора, увеличении диаметра и сокращении длины подводок к прибору, уменьшении диаметра замыкающего участка.

2. Описание стенда. порядок проведения опытов

В работе используется стенд, описанный в лабораторной работе №2.

Емкостной электрический водонагреватель перекрывается шаровыми кранами и не включается в электрическую сеть, открывается кран между подачей и обраткой водонагревателя. При помощи шаровых кранов перекрыть подачу воды во все отопительные приборы, кроме исследуемого чугунного радиатора. Включается циркуляционный насос и вода подается по подающему трубопроводу в отопительный прибор. Расходы воды, циркулирующей в установке, определяются при помощи счетчиков воды. Произвести замеры расходов воды через отопительный прибор и замыкающий участок за одну минуту при различных типах замыкающих участков – осевом и смещенном, открывая их поочередно. Изменить расход насоса и повторить измерения. Повторить опыты с 4 различными значениями расходов. После окончания замеров выключить насос.

3. Обработка экспериментальных данных

Коэффициент затекания воды в отопительный прибор определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{G_{np}}{G_{cm}}$$

где G_{np} - расход воды, протекающей через отопительный прибор, л/мин;

G_{cm} - расход воды, протекающей через стояк, л/мин.

Расход воды, протекающей через стояк, определяется по формуле:

$$G_{ст} = G_{пр} + G_{зз},$$

где $G_{зз}$ - расход воды, протекающей через замыкающий участок, л/мин;

4. Порядок выполнения работы и оформления отчета

- Изучить общие сведения.
- Произвести опыты по пункту 2
- Вычислить коэффициенты затекания воды по пункту 3.
- Полученные результаты занести в таблицу опытных и расчетных данных
- Построить график зависимости коэффициента затекания от скорости воды

в стояке

- Проанализировать полученные результаты и записать выводы.

Таблица опытных и расчетных данных

№ опыта	Напор насоса, м	Тип замыкающего участка	Расход воды через прибор, л/мин	Скорость течения воды в трубопроводе перед прибором, м/с	Расход воды через замыкающий участок, л/мин	Коэффициент затекания
1	2	3	4	5	6	7
1	1	Смещенный				
		Осевой				
2	2	Смещенный				
		Осевой				
3	4	Смещенный				
		Осевой				
4	6	Смещенный				
		Осевой				

Лабораторная работа №4

ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ОТОПИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА ПРИ ИНДИВИДУАЛЬНОМ КОЛИЧЕСТВЕННОМ РЕГУЛИРОВАНИИ

Цель работы: опытным путем определить теплопередачу нагревательного прибора при изменении расхода теплоносителя.

1. Общие сведения

Одним из факторов, влияющих на коэффициент теплопередачи приборов систем водяного отопления, является расход воды G . В зависимости от расхода воды изменяются скорость движения и режим течения воды в приборе, т.е. условия теплообмена на его внутренней поверхности. Кроме того, изменяется равномерность температурного поля на внешней поверхности прибора.

Количественное регулирование теплопередачи приборов осуществляется изменением количества теплоносителя, подаваемого в систему или прибор. По месту проведения оно может быть не только центральным, местным и индивидуальным, т.е. выполняемым у каждого отопительного прибора.

Для индивидуального ручного регулирования теплопередачи приборов служат краны, вентили и термостатические клапаны с термоголовками. При индивидуальном количественном регулировании теплопередача прибора изменяется постепенно - прибор обладает тепловой инерцией, причем охлаждается прибор медленнее, чем нагревается.

2. Описание стенда. порядок проведения опытов

В работе используется стенд, описанный в лабораторной работе №2.

Включить емкостной электрический водонагреватель (кран отвода горячей воды из водонагревателя должен оставаться открытым!), включить насос, дать прогреться стенду в течении 30 минут. При помощи шаровых кранов перекрыть подачу воды во все отопительные приборы, кроме исследуемого. При помощи вентилятора создать интенсивные условия теплообмена в помещении, обдувая отопительный прибор. При помощи ротаметра или дросселированием потока шаровым краном установить необходимый расход воды через отопительный прибор $G=0,79$ л/мин, прогреть отопительный прибор до рабочего режима, пропуская горячую воду до тех пор, пока разность температур воды на входе в радиатор и на выходе не будет меняться. Произвести замеры температуры воды на входе и выходе из отопительного прибора, а также температуры воздуха в помещении. Изменить расход воды через отопительный прибор при помощи ротаметра или дросселированием потока шаровым краном и повторить измерения. Повторить опыты с 4-5 различными значениями расходов. После окончания замеров выключить насос и емкостной водонагреватель.

3. Обработка экспериментальных данных

Тепловой поток, переданный отопительным прибором, определяется по формуле:

$$Q = G \cdot c_w \cdot (t_{вх} - t_{вых}), \text{ Вт};$$

св - теплоемкость воды ($cв = 4190 \text{ Дж/кг.К}$);

tвх - температура воды на входе в отопительный прибор, оС;

tвых - температура воды на выходе из отопительного прибора, оС;

G - расход воды, кг/с.

4. Порядок выполнения работы и оформления отчета

- Изучить общие сведения.
- Произвести опыты по пункту 2
- Вычислить тепловой поток по пункту 3.
- Полученные результаты занести в таблицу опытных и расчетных данных
- Построить график зависимости теплового потока от расхода воды в отопительном приборе.
- Проанализировать полученные результаты и записать выводы.

Таблица опытных и расчетных данных

№ опыта	Условия теплоотдачи	Тип прибора	Расход воды в приборе, л/мин (кг/с)	Скорость течения воды в трубопроводе перед прибором, м/с	Температуры, оС			Тепловой поток, Q, Вт
					на входе	на выходе	воздуха	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1			0,79/					
2			1,5/					
3			3/					
4			5/					
5			7/					

Лабораторная работа №5 ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ С ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ

Цель работы: опытное определение естественного давления и скорости циркуляции теплоносителя, построение гидродинамической характеристики системы отопления.

1. Общие сведения

Если в замкнутом водяном контуре имеются участки с подводом и отводом тепла, то в нем возникает естественное давление, обусловленное разностью плотностей холодной и горячей воды.

$$\Delta P_e = h \cdot g \cdot (\rho_o - \rho_g), \text{ Па}$$

где h – расстояние между центрами охлаждения и нагрева воды в системе, м
 g - ускорение свободного падения ($g = 9,8 \text{ м/с}^2$),
 ρ_o - плотность охлажденной воды, кг/м³
 ρ_g - плотность горячей воды, кг/м³.

Естественное давление вызывает циркуляцию воды в контуре. При движении воды в контуре возникает гидравлическое сопротивление, которое складывается из сопротивления трения по длине трубопроводов и в местных сопротивлениях (поворотах, ответвлениях, отопительных приборах, арматуре и т.д.):

$$\Delta P_e = R = \Delta P_m + \Delta P_m,$$

$$R = \sum \left(\frac{\lambda}{d} \cdot \frac{W^2}{2} \rho \cdot l \right) + \sum \left(\zeta \frac{W^2}{2} \rho \right),$$

где λ - коэффициент гидравлического трения;
 d - диаметр трубопровода, м;
 l - длина участка, м;
 ζ - коэффициент местного сопротивления;
 ρ - скорость течения воды, кг/м³;
 W - скорость течения воды, м/с.

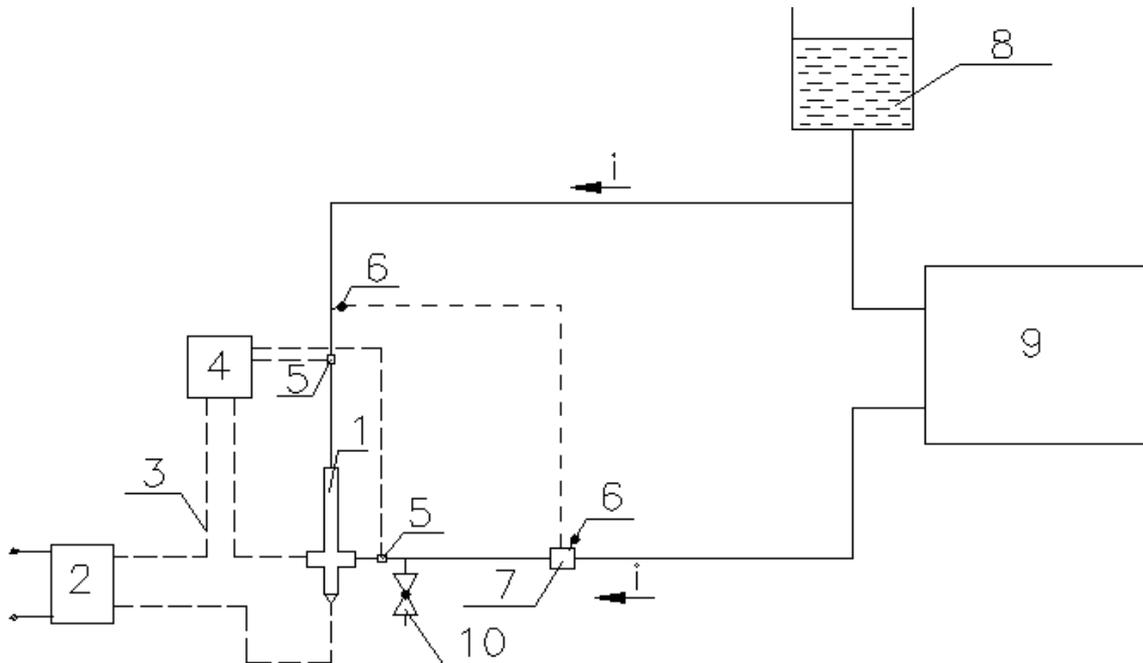
Это сопротивление преодолевается естественным давлением. Установившийся режим наступает при $\Delta P_e = R$. Таким образом, каждому значению скорости циркуляции соответствует определенное значение естественного давления, т.е. для данного контура естественная циркуляция обусловлена степенью нагрева и охлаждения его участка и высотой контура.

Зависимость между действующим естественным давлением в контуре и расходом жидкости в нем называется гидродинамической характеристикой.

Определение гидродинамической характеристики необходимо для теплового и гидравлического расчета систем водяного отопления. Например, зная гидродинамическую характеристику данной системы, можно вычислить расход воды на отопление и, наоборот, при заданных теплопотерях выбрать и расположить нагревательные приборы таким образом, чтобы при установленных, котлах или бойлерах обеспечить необходимый подвод тепла в помещения.

2. Описание стенда. порядок проведения опытов

Экспериментальная установка представляет собой модель системы водяного отопления с естественной циркуляцией.



- 1 – электродный котел, 2 – электросчетчик, 3 – электрический провод,
 4 – блок терморегулирования, 5 - датчик температуры в составе блока терморегулирования,
 6 – датчик температуры в составе блока теплосчетчика, 7 – измерительный блок
 ультразвукового теплосчетчика со встроенным счетчиком воды,
 8 – расширительный бак, 9 – отопительный прибор, 10 – спускной шаровый кран.

Рис. 1 Схема экспериментального стенда

Температуры горячей и охлажденной воды, а также расход воды в системе отопления определяются по показаниям теплосчетчика.

Для построения гидродинамической характеристики $G=f(\Delta P_e)$ необходимо несколько точек, т.е. нужно иметь несколько режимов работы по нагреву и охлаждению воды. Замеры следует производить после начала циркуляции воды в контуре для температур горячей воды с шагом 2-30С.

3. Порядок выполнения работы и оформления отчета

- Изучить общие сведения.
- Убедиться в наличии воды в контуре (уровня воды в расширительном бачке).
- Включить электродкотел. Дождаться начала циркуляции в контуре.
- Произвести замеры температур и расходов на 5-6 режимах (по указанию преподавателя), по таблице определить ρ , измерить при помощи рулетки h .
- Полученные результаты занести в таблицы опытных и расчетных данных. Построить $G = f(\Delta P)$.
- Проанализировать полученные результаты и записать вывод.

Таблица опытных и расчетных данных

№ опыта	t_g оС	t_o оС	ρ_g кг/м ³	ρ_o кг/м ³	ΔP_e Па	G кг/с
1	2	3	4	5	6	7

Лабораторная работа №6
ИССЛЕДОВАНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ЗДАНИЙ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

Цель работы: опытное исследование экономически целесообразных удельных тепловых характеристик моделей зданий в зависимости от их конфигурации.

1. Общие сведения

Удельная тепловая характеристика служит показателем способности здания сохранять теплоту в холодный период года. Она имеет важное значение для экономически обоснованного проектирования систем отопления зданий. Величина удельной тепловой характеристики является эксплуатационным показателем проектируемого здания - чем она выше, тем больше затраты на отопление.

Удельная тепловая характеристика служит критерием для оценки экономичности здания в теплотехническом отношении при сравнении различных вариантов проекта.

Удельная тепловая характеристика модели здания q , Вт/м³·К, определяется по формуле

$$q = \frac{Q}{V_m \cdot (t_{cp.m} - t_n)}, \quad (1)$$

где Q – количество теплоты, теряемой моделью за время опыта, Вт;

V_m – объем модели (для всех моделей равен 0,002 м³);

$t_{cp.m}$ – средняя температура воды в модели за время опыта, °С;

t_n – средняя температура воздуха в помещении за время опыта, °С.

Средняя температура $t_{cp.m}$, °С:

$$t_{cp.m} = \frac{t_n + t_k}{2}, \quad (2)$$

где t_n и t_k – начальная и конечная температура воды в модели, °С;

Потеря теплоты моделью Q , Вт:

$$Q = \frac{m \cdot c \cdot (t_n - t_k)}{\tau}, \quad (3)$$

где m – масса воды в модели, кг;

τ – время проведения опыта, с;

$c = 4190$ – удельная теплоемкость воды, Дж/кг·град.

Масса воды m , кг в модели:

$$m = \rho \cdot V_m, \quad (4)$$

где ρ – плотность воды при температуре $t_{cp.m}$, кг/м³ (см. приложение 1);

V_m – объем модели (для всех моделей равен 0,002 м³).

2. Описание стенда

Стенд состоит из четырех моделей зданий с одинаковым объемом ($\approx 0,002\text{м}^3$), но различной конфигурации, и с различной площадью поверхностей (рис. 1). В качестве теплоносителя используется вода, подогретая до температуры $60-70^\circ\text{C}$. Температура воды в моделях и воздуха в помещении замеряется при помощи термометров.

3. Порядок проведения работы

Включается в электросеть емкостной электрической водонагреватель. После нагрева воды в нем до необходимой температуры ($60-70^\circ\text{C}$) заполняются модели зданий с термометрами при открытии кранов на подводящих трубопроводах к моделям, засекается время и снимаются начальные температуры воды по термометрам моделей зданий и температура воздуха по термометру в помещении. Снятие конечных температур производится через 40-50 минут. Результаты заносятся в таблицу 1.

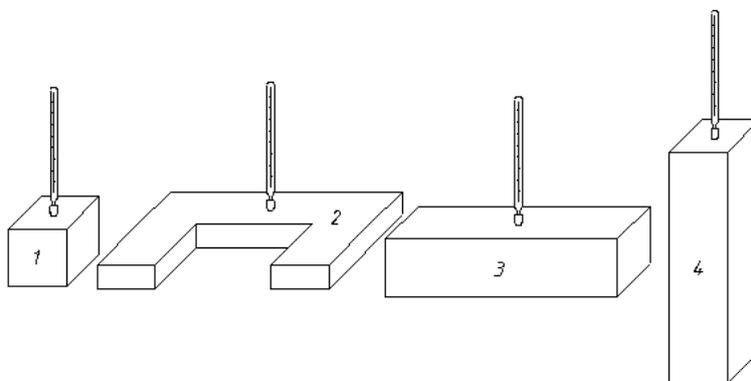


Рис. 2 Схема лабораторных моделей.

Таблица 1 Результаты измерений

№ опыта	Время замера, мин			Температура воды в моделях в начале замера, $^\circ\text{C}$			
	начало	конец	продолжительность	Температура воды в моделях в конце замера, $^\circ\text{C}$			
				модель № 1	модель № 2	модель № 3	модель № 4

4. Обработка экспериментальных данных

По формулам (1)-(4) производятся расчеты, результаты которых сводятся в табл. 2. По данным табл.2 дается характеристика моделей здания в отношении интенсивности охлаждения и их экономичности.

Таблица 2 Результаты обработки опытных данных

№ моделей	Схема формы модели здания	Средняя температура воды в модели $t_{\text{ср.м}}$, $^\circ\text{C}$	температура воздуха в помещении $t_{\text{п}}$, $^\circ\text{C}$	Разность температур, $t_{\text{ср.м}} - t_{\text{п}}$	Объем воды в модели, $V_{\text{м}}$, м^3	Плотность воды ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$	Масса воды в модели, m , кг	Количество теплоты, теряемой моделью Q , Вт	Время проведения опыта τ , с	Удельная тепловая характеристика модели здания q , $\text{Вт}/\text{м}^3\cdot\text{К}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Учебное издание

Составители:

Новосельцев Владимир Геннадьевич

Новосельцева Дина Владимировна

Лукиша Владимир Валентинович

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для выполнения лабораторных работ
по дисциплине «Отопление»

для студентов специальности
7-07-0732-02 «Инженерные сети, оборудование зданий
и сооружений», профилизация «Теплогазоснабжение,
вентиляция и охрана воздушного бассейна» для всех
форм обучения, слушателей ИПКиП специальности
1-70 04 71 «Теплогазоснабжение, вентиляция
и охрана воздушного бассейна»

Текст печатается в авторской редакции,
орфографии и пунктуации

Ответственный за выпуск: Новосельцев В. Г.

Редактор: Винник Н. С.

Компьютерная вёрстка: Соколюк А. П.

Подписано в печать 25.11.2024 г. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага «Performer».
Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 1,16. Уч. изд. л. 1,25. Заказ № 1157. Тираж 30 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1569 от 16.10.2017 г.