

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
ШАКАРИМА ГОРОДА СЕМЕЙ**

**Кафедра** «Техническая физика и теплоэнергетика»  
(название кафедры)

**Специальность** 5В071700-Теплоэнергетика  
(шифр, название специальности)

**Отчет**  
**По учебной практике**  
(вид практики)

ГУ им. Шакарима г. Семей  
(Место прохождения практики)

**Обучающийся 1-курс ТЭ-318** **11.06.14** \_\_\_\_\_ **Б.Қ. Исайнов**  
(Курс, группа) (Подпись, дата) (Ф.И.О.)

**Руководитель практики  
от университета** **11.06.14** \_\_\_\_\_ **С.П. Левченко**  
(Подпись, дата) (Ф.И.О.)

**Руководитель практики  
от предприятия** \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) (Ф.И.О.)

**Члены комиссии** **11.06.14** \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) (Ф.И.О.)

**11.06.14** \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) (Ф.И.О.)

**11.06.14** \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) (Ф.И.О.)

\_\_\_\_\_  
(оценка)

Семей 2014 г.

## Реферат

Данная работа представляет отчет о прохождении учебной практики в ГУ им Шакарима города Семей.

Время прохождения практики – с 02.06.2014 по 08.06.2014.

Цель и задачи учебной практики

Цель учебной практики - получение первичных навыков в организационной деятельности, обращении с технологическими средствами, разработке и ведении документации. Ознакомление с организацией производственных процессов на предприятиях теплоэнергетического профиля.

Задачи учебной практики:

- изучение особенностей специальности;
- изучение особенностей и структуры конкретного предприятия

Данный отчет состоит из 29 страниц, 4 пунктов. Включает в себя 11 рисунков и 2 приложения.

## Содержание

Введение.....	4
1.1 ГКП «Теплокоммунэнерго» (Семипалатинская ТЭЦ).....	6
1.2 Основные характеристики вредных веществ в продуктах сгорания.....	11
1.3 Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе.....	13
1.4 Мероприятия по уменьшению количества вредных веществ, выбрасываемых котельными установками.....	14
2 Индивидуальное задание.....	16
2.1 Выбор системы отопления.....	16
2.1.1 Варианты систем отопления. Преимущества воздушного обогрева.....	16
2.1.2 Сравнение затрат при использовании различных систем отопления.....	17
2.2 Отопление и горячее водоснабжение.....	18
2.2.1 Системы отопления с насосной циркуляцией.....	18
2.2.2 Принцип действия воздухоотводчиков.....	25
2.2.3 Вертикальные двухтрубные системы водяного отопления.....	27
2.2.4 Вертикальные однотрубные системы водяного отопления.....	28
2.2.5 Горизонтальные двух- и однотрубные системы водяного отопления.....	30
2.3 Коллекторные системы отопления.....	30
Заключение.....	33
Список использованных источников.....	34
Приложение А.....	35
Приложение Б.....	36

## Введение

Теплоэнергетика и производство электроэнергии.

В настоящее время электроэнергия во всем мире производится в основном на тепловых электростанциях, работающих на различных видах топлива. Если электроэнергетика занимается, прежде всего, передачей электроэнергии, генераторами и трансформаторами, то теплоэнергетика занимается производством электроэнергии. Теплоэнергетическое оборудование производит также тепло, используемое для отопления помещений и для осуществления различных технологических процессов. Поэтому теплоэнергетике принадлежит ведущая роль в обеспечении нашей жизни необходимой энергией [1].

В отличие от ГЭС тепловые электростанции можно построить в любом месте, тем самым приблизить источники получения электроэнергии к потребителю и расположить тепловые электростанции равномерно по территории страны или экономического района.

Главным минусом тепловых электростанций является то что она выбрасывает в атмосферу большое количество вредных веществ по сравнению с другими электростанциями ( ГЭС, АЭС, ). Но она является более мощным и доступным производителем электроэнергии. Теплоэлектроцентрали в экономическом плане являются более выгодным решением проблем тепло и энерго снабжения местностей отдаленных от водных ресурсов к тому же наша страна очень богата сырьевыми ресурсами такими как уголь, газ, нефть которые являются основным топливом тепловых электростанций.

Казахстан обладает крупными запасами энергетических ресурсов (нефть, газ, уголь, уран) и является сырьевой страной, живущей за счет продажи природных запасов энергоносителей. До 2010 года Казахстан являлся нетто-экспортёром электроэнергии, а после 2010 года является нетто-импортером, то есть потребляет больше электроэнергии, чем производит. Север Казахстана экспортирует электроэнергию, производимую на построенной еще в советское время Экибастузской ГРЭС-1, в Россию, а юг покупает её у Киргизии и Узбекистана.

На тепловых электростанциях вырабатывается около 76 % электроэнергии, производимой на нашей планете. Это обусловлено наличием органического топлива почти во всех районах нашей планеты; возможностью транспорта органического топлива с места добычи на электростанцию, размещаемую близ потребителей энергии; техническим прогрессом на тепловых электростанциях, обеспечивающим сооружение ТЭС большой мощностью; возможностью использования отработанного тепла рабочего тела и отпуска потребителям, кроме электрической, также и тепловой энергии (с паром или горячей водой) и т.п. тепловые электрические станции, предназначенные только для производства электроэнергии, называют конденсационными электрическими станциями (КЭС). Электростанции, предназначенные для комбинированной выработки электрической энергии и

отпуска пара, а также горячей воды тепловому потребителю имеют паровые турбины с промежуточными отборами пара или с противодавлением. На таких установках теплота отработавшего пара частично или даже полностью используется для теплоснабжения, вследствие чего потери теплоты с охлаждающей водой сокращаются. Однако доля энергии пара, преобразованная в электрическую, при одних и тех же начальных параметрах на установках с теплофикационными турбинами ниже, чем на установках с конденсационными турбинами. Теплоэлектростанции, на которых отработавший пар наряду с выработкой электроэнергии используется для теплоснабжения, называют теплоэлектроцентралями (ТЭЦ) [2].

Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) – разновидность тепловой электростанции, которая не только производит электроэнергию, но и является источником тепловой энергии в централизованных системах теплоснабжения (в виде пара и горячей воды, в том числе и для обеспечения горячего водоснабжения и отопления жилых и промышленных объектов).

ТЭЦ конструктивно устроена как конденсационная электростанция (КЭС) (приложение Б, рис. Б.1.). Главное отличие ТЭЦ от КЭС состоит в возможности отобрать часть тепловой энергии пара, после того, как он выработает электрическую энергию. В зависимости от вида паровой турбины, существуют различные отборы пара, которые позволяют забирать из нее пар с разными параметрами. Турбины ТЭЦ позволяют регулировать количество отбираемого пара. Отобранный пар конденсируется в сетевых подогревателях и передает свою энергию сетевой воде, которая направляется на пиковые водогрейные котельные и тепловые пункты. На ТЭЦ есть возможность перекрывать тепловые отборы пара, в этом случае ТЭЦ становится обычной КЭС. Это дает возможность работать ТЭЦ по двум графикам нагрузки: Тепловому — электрическая нагрузка сильно зависит от тепловой нагрузки (тепловая нагрузка — приоритет), Электрическому — электрическая нагрузка не зависит от тепловой, либо тепловая нагрузка вовсе отсутствует, например, в летний период (приоритет — электрическая нагрузка) [3].

## 1 Основная часть.

### 1.1 ГКП «Теплокоммунэнерго» (Семипалатинская ТЭЦ)

Одна из старейших станций Казахстана Семипалатинская ТЭЦ была построена в 30-е годы. Ввод ее совпал со строительством Туркестано-Сибирской железной дороги и гиганта мясной индустрии - Семипалатинского мясокомбината. За долгие годы работы на станции проводились реконструкции, вводились новые мощности. Но в связи с экономическими трудностями в 90-е годы станция стала приходить в упадок. В октябре 1997 г. Семипалатинскую ТЭЦ приобрела компания «Алтай – Пауэр», которая выиграла тендер на приобретение электростанций Восточного - Казахстана. С этих пор станция именуется ТОО AES «Семипалатинские ТЭЦ».

В тридцатых годах г. Семипалатинск был довольно крупным в условиях Казахстана городом с населением до 100 тыс. жителей. Но на весь город имелась только одна коммунально-локомобильная электростанция мощностью 250 кВт. Строительство Туркестано-Сибирской железной дороги дало сильный толчок развитию промышленности, начало осуществляться строительство ряда промышленных предприятий. Наиболее энергоемким из них был мясокомбинат, который и определил место строительства и тип электростанций – ТЭЦ.

Участок под строительство был выбран на левом берегу Иртыша, выше поселка Жана-Семей, на расстоянии 8 километров от Семипалатинска. По соседству с территориями строительства мясокомбината, суконного комбината, механической шерстомойки.

Промышленное здание для строительства ТЭЦ было спроектировано Московским отделением энергетического института и утверждено 5 ноября 1931 года.

В этот момент была полная не ясность с финансированием поэтому пришлось заключать договора с потребителями энергии на выделение денег на строительство в счет отпускаемой в будущем электрической энергии и пара. Конец сентября 1931года можно считать началом строительства ТЭЦ-1.

Земляные работы велись в ручную, отвозку земли производили грабарками, зачастую на верблюдах или конной тяге. Строительство не имело ни одной авто машины. С некоторых участков землю отвозили на вагонетках, причем рельсами служили деревянные брусья, оббитые железом.

**Но несмотря на не вероятные условия работы за срок (1,5 ÷ 2) месяца** были установлены опалубки для фундамента береговой насосной и главного здания.

Строительство велось в условиях полного отсутствия централизованного снабжения. Гвозди изготовлялись на месте из проволоки. Такие матерьялы, как карбид, кислород поставлялись из Ташкента, Челябинска. И все же в октябре 1932 года основные строительные работы были закончены и приступили к монтажу оборудования. Из-за не комплексной отгрузки оборудования и

некачественного изготовления значительной части оборудования монтаж был закончен в 1 квартале 1934 года вместо правительственного срока 3 квартал 1933 года.

Апрель месяц был периодом опробованного оборудования. В начале мая 1934 года был осуществлен пуск первого турбогенератора ОК – 30, мощностью 3 МВт. Второй турбогенератор «Вуманг» мощностью 6 МВт был пущен в декабре 1934 года. С первой очередью были установлены три котла ЛМЗ со слоевым сжиганием топлива на паромеры 18 атмосфер, 375С, 25 т/ч. Котлы № 1 и № 2 были оборудованные ручными топками, котел № 3 – механической решеткой.

Уже в 1935 – 36 г.г. была выполнена первая реконструкция котлов № 1 и № 2 с установкой воздухоподогревателей и механической цепной решетки.

В 1948 году была введена первая автоматизация на котлах установлены термостатные регуляторы питания, что позволило высвободить 4-х питальщиков.

В 1951 – 53 г.г. силами персонала котельного цеха на котлоагрегатах были установлены фронтные экраны, что увеличило производительность котлоагрегатов с 25 т/ч до 33 т/ч.

В 1956 году началось строительство 2-й очереди ТЭЦ. Были выполнены следующие объемы работ:

- реконструкция котлов ЛМЗ с переводом на пылеугольное сжигания топлива;
- установка двух котлоагрегатов ТП – 35 на параметры 39 атмосфер, 450 °С, 35 т/ч;
- установка турбогенератора АТ – 6 на 6 кВт;
- установка бойлеров;
- строительство топливоподдачи;
- установка 10 аэробильных мельниц;

Одновременно со строительством котлов в турбинном цехе выполнялись реконструкция циркулярных вводов с полным использованием тепла от конденсаторов всех трех турбин. В результате внедрения данного предложения удельный расход топлива на отпущенную электроэнергию снизился с 620 г/кВтч до 210 г/кВтч.

Со строительством второй очереди появилась возможность начать работы по теплофикации. В отопительный сезон 1966 – 67 г.г. была подсоединена тепло магистраль протяженностью 1200 метров диаметром 500 мм.

Из-за возрастающих нагрузок и в связи со значительным дефицитом установленных мощностей в Семипалатинске были установлены энергопоезда. Для координации работ по энергоснабжению, объединению всех мощностей в единую сеть в 1958 году в городе был создан комбинат «Семипалатинскэнерго», куда были переданы ТЭЦ – 1.

Для решения проблем энергоснабжения была построена линия электропередачи, связывающая Семипалатинск и «Алтайэнерго».

Турбогенераторы ТЭЦ-1 остались в работе, а энергопоезда были демонтированы. В октябре 1964 года «Семипалатинскэнерго» был расформирован, а ТЭЦ – 1 были переданы «Алтайэнерго».

Семипалатинские ТЭЦ – 1 стала работать в основном на покрытие тепловых нагрузок. В 1970 году был демонтирован турбогенератор ТЭЦ 2ВВСN1, в 1974 году демонтирован турбогенератор ОК – 30 и в 1977 году турбогенератор N2. Как физически и морально и физически устаревшее оборудование, хотя и все агрегаты работали на чисто тепловом режиме, были экономичными и могли бы нести нагрузки и сегодня с небольшими затратами на ремонт.

А тепловые нагрузки продолжали возрастать. Для покрытия в 1971 – 73 г.г. по проекту Алма-атинского ГСПИ «Промэнергопроект» были установлены на ТЭЦ-1 водогрейные котлоагрегаты ПТРМ – 50 N1 и N2 общей мощностью 100 Гкал/час, с которыми были построено новое мазутное хозяйство с мазутными емкостями 4000 кубометров, новая дымовая труба и очистные сооружения.

Начали быстро развиваться тепловые сети, протяженность которых сейчас дошла до 25,9 км.

Установка водогрейных котлов не решила проблемы пароснабжения потребителей, тем более что в 1974 году на котлах ЛМЗ NN1, 2, 3 были понижены параметры до 10 атмосфер из-за появления трещин в клапанном днище барабана котла N2, что явилось результатом длительной эксплуатации 37 лет. Поэтому последующим расширением ТЭЦ – 1 было строительство энергетических котлов БКЗ – 75 N6 в июне 1981 года и N7 – в 1985 году на параметры 39 атмосфер, 450 С, 75 т/ч. В комплекте с этими котлами были построены: новый бытовой корпус, механическое разгрузустройство, мазутная емкость на 3000 кубометров. Одновременно велись работы по замене азбестовых мельниц котлов NN1 – 5 на молотковое строительство щита управления котлами NN1 – 5 с полной заменой устаревших приборов КИП и автоматики, а также реконструкция водогрейных котлов NN1, 2 с переводом на П-образную компоновку.

В 1993 году на ТЭЦ – 1 введен водогрейный котел КВГМ – 100, работающий на мазуте. Был выполнен проект установки котла КЕ-160 № 8, чтобы иметь возможность демонтировать котлы № 1, 2, 3. По этому проекту воздвигнута дымовая труба высотой 80 м, построены фундаменты под котел, строится новая химводоочистка. Но из-за отсутствия средств работы приостановлены.

В турбинном цехе ТЭЦ-1 смонтирован новый турбогенератор с противодавлением типа AP-12 на 12 МВт. Но из-за отсутствия трубопроводов ввод в эксплуатацию очевидно будет сложен.

В октябре 1984 году в состав Семипалатинских ТЭЦ была переданная котельная завода «Казак кабель», где были установлены паровые котлы ДКВР и КЕ – 25 общей мощностью 65 т/ч., а также водогрейный котел ЭУМ – 60 на 60

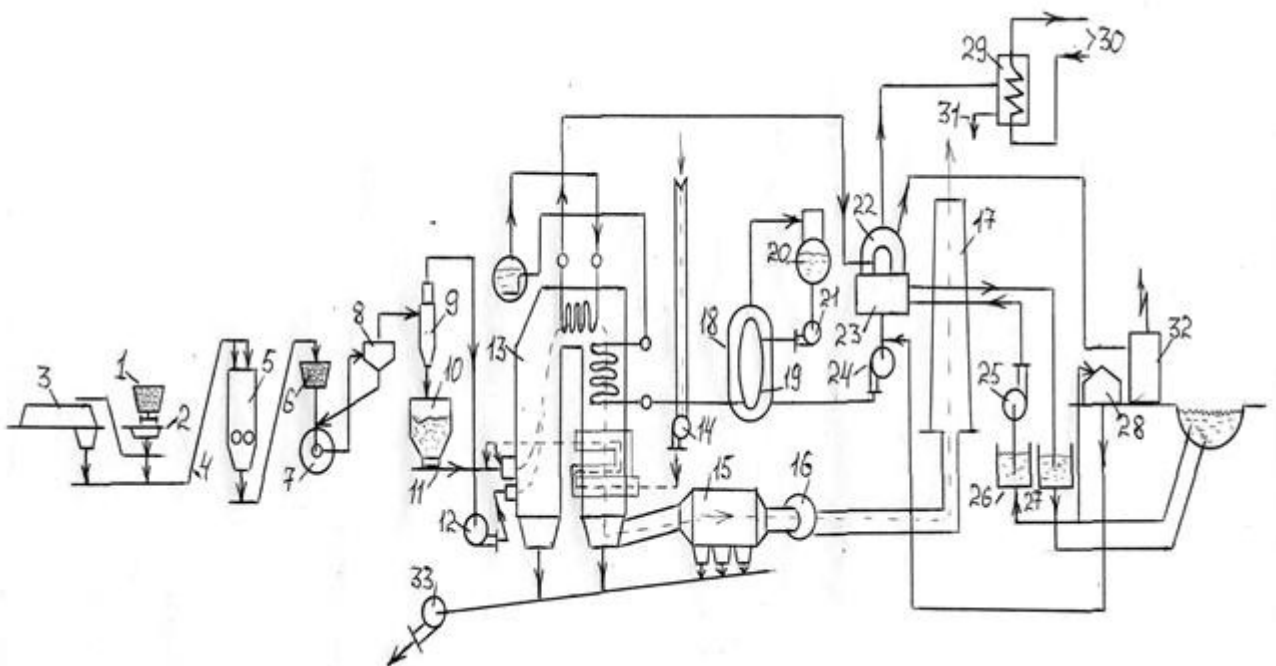


Гкал/ч, работающий на угольной пыли. В 1985 – 86 году производилась здесь наладка установленного оборудования, окончание монтажа водогрейного котла ЭЧМ – 60.

В 1985 году в состав Семипалатинских ТЭЦ была передана котельная поселка Шульбинск, находящееся на расстоянии 60 километров от города с установлиными четырьмя котлоагрегатами КЕ – 25.

Таким образом, Семипалатинские ТЭЦ представляют собой крупное теплоснабжающее предприятие с общей тепловой мощностью 708 Гкал/ч, с коллективом 857 человек, от работы которого зависит последнее, что еще стабильно – это тепло в наших квартирах.

1) Технологическая схема такой электростанции, работающей на углях (рис.



1 – железнодорожные вагоны; 2 – разгрузочные устройства; 3 – склад; 4 – ленточные транспортёры; 5 – дробильная установка; 6 – бункера сырого угля; 7 – пылеугольные мельницы; 8 – сепаратор; 9 – циклон; 10 – бункер угольной пыли; 11 – питатели; 12 – мельничный вентилятор; 13 – топочная камера котла; 14 – дутьевой вентилятор; 15 – золоуловители; 16 – дымососы; 17 – дымовая труба; 18 – подогреватели низкого давления; 19 – подогреватели высокого давления; 20 – деаэрактор; 21 – питательные насосы; 22 – турбина; 23 – конденсатор турбины; 24 – конденсатный насос; 25 – циркуляционные насосы; 26 – приемный колодец; 27 – сбросной колодец; 28 – химический цех; 29 – сетевые подогреватели; 30 – трубопровода; 31 – линия отвода конденсата; 32 – электрическое распределительное устройство; 33 – багерные насосы.

Рис.1 Технологическая схема пылеугольной ТЭС

Топливо в железнодорожных вагонах (1) поступает к разгрузочным устройствам (2), откуда с помощью ленточных транспортёров (4) направляется на склад (3), со склада топливо подаётся в дробильную установку (5). Имеется возможность подавать топливо в дробильную установку и непосредственно от разгрузочных устройств. Из дробильной установки топливо поступает в бункера сырого угля (6), а оттуда через питатели – в пылеугольные мельницы (7). Угольная пыль пневматически транспортируется через сепаратор (8) и циклон (9) в бункер угольной пыли (10), а оттуда питателями (11) к горелкам. Воздух из циклона засасывается мельничным вентилятором (12) и подаётся в топочную камеру котла (13).

Газы, образующиеся при горении в топочной камере, после выхода из неё проходят последовательно газоходы котельной установки, где в пароперегревателе (первичном и вторичном, если осуществляется цикл с промежуточным перегревом пара) и водяном экономайзере отдают теплоту рабочему телу, а в воздухоподогревателе – подаваемому в паровой котёл воздуху. Затем в золоуловителях (15) газы очищаются от летучей золы и через дымовую трубу (17) дымососами (16) выбрасываются в атмосферу.

Шлак и зола, выпадающие под топочной камерой, воздухоподогревателем и золоуловителями, смываются водой и по каналам поступают к багерным насосам (33), которые перекачивают их на золоотвалы. [4]

Воздух, необходимый для горения, подаётся в воздухоподогреватели парового котла дутьевым вентилятором (14). Забирается воздух обычно из верхней части котельной и (при паровых котлах большой производительности) снаружи котельного отделения.

Перегретый пар от парового котла (13) поступает к турбине (22).

Конденсат из конденсатора турбины (23) подаётся конденсатными насосами (24) через регенеративные подогреватели низкого давления (18) в деаэрактор (20), а оттуда питательными насосами (21) через подогреватели высокого давления (19) в экономайзер котла.

Потери пара и конденсата восполняются в данной схеме химически обессоленной водой, которая подаётся в линию конденсата за конденсатором турбины.

Охлаждающая вода подаётся в конденсатор из приемного колодца (26) водоснабжения циркуляционными насосами (25). Подогретая вода сбрасывается в сбросной колодец (27) того же источника на некотором расстоянии от места забора, достаточном для того, чтобы подогретая вода не подмешивалась к забираемой. Устройства для химической обработки добавочной воды находятся в химическом цехе (28).

В схемах может быть предусмотрена небольшая сетевая подогревательная установка для теплофикации электростанции и прилегающего посёлка. К сетевым подогревателям (29) этой установки пар

поступает от отборов турбины, конденсат отводится по линии (31). Сетевая вода подводится к подогревателю и отводится от него по трубопроводам (30).

Выработанная электрическая энергия отводится от электрического генератора к внешним потребителям через повышающие электрические трансформаторы.

Для снабжения электроэнергией электродвигателей, осветительных устройств и приборов электростанции имеется электрическое распределительное устройство собственных нужд (32).[4]

## **1.2 Основные характеристики вредных веществ в продуктах сгорания**

При нормальной работе котельных установок происходит непрерывный выброс в атмосферу продуктов сгорания, в которых всегда присутствуют вещества, оказывающие вредное воздействие на жизнедеятельность растений, животных и человека. Так, сжигание газообразных топлив сопровождается поступлением в атмосферу углекислоты (углекислого газа)  $\text{CO}_2$  оксидов азота  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ) небольшого количества продуктов не полного сгорания – оксида углерода  $\text{CO}$  и метана  $\text{CH}_4$ . В продуктах сгорания мазутов содержится углекислота, оксиды азота, сернистого и серного ангидридов ( $\text{SO}_2$  и  $\text{SO}_3$ ), соединения ванадия, оксид углерода и метан. С ними могут также выбрасываться частицы отложений, удаляемых с поверхности нагрева котлоагрегатов при их очистке. В ряде случаев при сжигании мазутов в атмосферу выбрасывается некоторое количество копоти. При сжигании твёрдого топлива выбросы представляют собой смесь оксидов азота, углекислоты, паров сернистого и серного ангидридов, газов фтористых соединений и оксида углерода. Кроме того, в атмосферу поступают значительное количество летучей золы и частицы несгоревшего топлива. При сгорании практически всех видов топлива в атмосферу поступает небольшое количество формальдегида и бензопирена. Все упомянутые вещества являются токсичными.

Оксиды азота, образующиеся вследствие окисления азота в ядре факела пламени всех видов топлива, являются очень токсичными соединениями. Основным фактор, влияющий на количество образующихся в топке оксидов азота - температура в ядре факела. При температурах ( $1800 \div 1900$ ) °C и наличии свободного кислорода концентрация оксидов азота, образующихся в факеле, превышает допустимую в свежем воздухе в 1000 – 20000 раз. Оксиды азота окрашены в красно – бурый цвет и являются отравляющими газами, причем диоксид азота в 4 раза более токсичен, чем оксид. Кроме отравляющего действия на организм человека, оксиды азота вызывают интенсивную коррозию металлических поверхностей. Очистка продуктов сгорания от оксидов азота способами улавливания технически сложна и в большинстве случаев экономически не рентабельна.

Весьма вредным является выброс в атмосферу сернистого газа. Он обладает резким запахом, но не имеет цвета. Запах газа начинает ощущаться при концентрации 0,006 мг/л. Содержание оксидов серы в продуктах сгорания практически не зависит от качества организации топочного процесса и определяется в основном содержанием серы в топливе. Серистый газ губительно воздействует на зелёные насаждения, особенно на плодовые и хвойные деревья, а также на посевы. При концентрации газа 0,05 мг/л газ вызывает раздражение слизистой оболочки глаз и кашель. Такую концентрацию человек может выдержать всего 3 минуты, а 0,3 мг/л – всего одну минуту. Высокие концентрации сернистого газа вызывают острый бронхит одышку, потерю сознания. Кроме вредного воздействия на всё живое сернистый газ вызывает усиленную коррозию металлических поверхностей и порчу различных веществ и материалов. При наличии сернистого газа снижается также прозрачность атмосферы. Содержание серного ангидрида в продуктах сгорания котельных топлив не превышает 3 % содержания сернистого газа, однако при выходе из дымовой трубы, под действием солнечной радиации, сернистый ангидрид окисляется в серный, а за тем, соединяясь с водой, может образовывать серную кислоту.

Токсичным веществом является также оксид углерода СО. Это соединение образуется в случае неполного сгорания углерода практически при сжигании всех видов топлива. Количество оксида углерода может составлять при сжигании твёрдых топлив до 2 % массы сжигаемого топлива, при сжигании газа и мазута 0,05 %. Оксид углерода не имеет запаха и цвета, что затрудняет его обнаружение.

Формальдегид – газ с резким неприятным запахом, обладает высокой токсичностью. Содержание формальдегида в продуктах сгорания наблюдается в малых отопительных котельных при сжигании мазута в условиях, когда имеет место общий или местный недостаток воздуха. В продуктах сгорания, выбрасываемых в атмосферу, находятся также канцерогенные вещества. Наиболее распространенным и сильнодействующим из них является так называемый 3,4 – бензопирен  $C_{20}H_{12}$  (продукт гидролиза угля и углеродных газов). Это соединение представляет собой твёрдое вещество в виде желтоватых игольчатых кристаллов, образующееся при сжигании топлива. На количество бензопирена влияет режим работы топки, особенно величина температуры в ядре факела и количество имеющегося там в наличии кислорода. Бензопирен образуется при высокой температуре в случае недостатка воздуха для полного сгорания топлива. Частицы твёрдого углерода сгорают медленнее всего. При догорании они раскаляются, поглощают другие вещества и придают пламени характерную жёлтую окраску. Наличие жёлтой окраски пламени свидетельствует о том, что в продуктах сгорания имеются канцерогенные вещества. Много канцерогенных веществ образуется при режимах горения с сажеобразованием. Повышенное количество канцерогенов в продуктах сгорания наблюдается обычно при слоевом сжигании твёрдых топлив.

Вредное воздействие золовых частиц на организм человека зависит от размеров частиц, их концентрации в воздухе, дисперсности и твёрдости. Твёрдые частицы в виде пыли, золы, сажи, выбрасываемые в атмосферу при сжигании углей, торфа, горючих сланцев, составляют около 60 % общего количества аэрозолей, попадающих в настоящее время в атмосферу. Количество выбрасываемых золовых частиц зависит от состава твердых топлив, конструкции топочных устройств и эффективности работы золоуловителей. Золовые частицы вредно воздействуют на живые организмы, загрязняют атмосферу, что приводит к снижению видимости и солнечной освещенности, загрязнению поверхностей зданий и сооружений и их разрушению, уменьшению фотосинтеза, осуществляемого растениями.

### **1.3 Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе**

Критериями оценки санитарного состояния среды и качества атмосферного воздуха являются предельно допустимые концентрации (ПДК) токсичных веществ в воздухе или воде водоёмов. Под ПДК следует понимать такую концентрацию различных веществ и химических соединений, которая при ежедневном воздействии в течение длительного времени на организм человека не вызывает каких – либо патологических изменений или заболеваний. Различают среднесуточные и максимально - разовые предельно допустимые концентрации. Среднесуточные ПДК предназначены для исключения возможности воздействия токсичных веществ на организм человека в течение длительного времени. Максимально – разовые ПДК установлены для веществ, обладающих раздражающими воздействиями или резкими запахами, в дополнение к среднесуточным. При определении среднесуточной концентрации отбор проб воздуха и их анализ производят в течение суток (24 ч), максимально–разовой – в течение 20 мин. Пробы в воздухе отбирают на высоте 1,5 м от земли, т. е. на уровне зоны дыхания человека [1].

Условия работы котельной установки и состояние атмосферы не всегда позволяют точно определить влияние токсигенов на окружающую среду. Это особенно заметно в периоды плохого рассеивания продуктов сгорания , изменения направления ветра, температуры и относительной влажности атмосферного воздуха. В этих условиях в отдельных местах и даже районах концентрации некоторых токсигенов могут достигать угрожающих значений, хотя среднегодовые значения ниже ПДК.

#### **1.4 Мероприятия по уменьшению количества вредных веществ, выбрасываемых котельными установками**

Снизить выбросы вредных веществ котельными установками можно уменьшением содержания их в топливе; снижением количества вредных веществ, образующихся в процессе горения топлива; очисткой продуктов сгорания от вредных примесей перед выбросом в атмосферу.

В твёрдом топливе сера содержится в 3-х формах: в виде включений колчедана  $FeS_2$ , серы, входящей в состав молекул органической массы топлива, и сульфатной (в серно – кислых солях кальция и щелочных металлов). Если содержание колчеданной серы составляет значительную долю общего содержания серы и включения колчедана достаточно крупны, колчеданную серу можно удалить путем обогащения. Так, даже при сухом обогащении из подмосковного бурого угля удалить до 30 % серы. Для удаления из угля колчеданной и органической серы может быть примерно также гидротермическое обессеривание углей. При таком способе измельченное топливо обрабатывают в автоклавах щелочными растворами, содержащими гидраты оксидов натрия и калия, после чего получается уголь с малым содержанием серы. Отделение угля от жидкости осуществляют центрифугированием, после чего уголь сушат.

Уменьшение содержания токсичных веществ в топливе сопряжено с большими трудностями. Очистка твёрдых топлив практически не осуществима, а жидких и газообразных (очистка мазута от серы на нефтеперерабатывающих заводах, получение малосернистого газа) требует значительных капитальных затрат и увеличивает эксплуатационные расходы. В этой связи очистка топлив от токсичных примесей в настоящее время применяет редко и не может быть рекомендована для действующих теплоэнергетических предприятий. Для котельных установок рекомендуется производить чистку продуктов сгорания перед поступлением их в атмосферу и принимать меры по уменьшению количества токсичных веществ, образующихся в процессе горения топлива. Однако наиболее радикальным методом уменьшения выброса вредных веществ является переход на сжигание газообразного топлива практика показала, что перевод котельных установок средней мощности с твёрдого на газообразное топливо обеспечивает сжигание токсичности на (25 ÷ 30) %, малой мощности – в (4 ÷ 5) раз. Поэтому в котельных установках малой мощности следует применять только жидкие и газообразные топлива.

При сжигании твёрдых и жидких топлив для улавливания летучей золы, частичек несгоревшего топлива и сажи применяют золоуловители и фильтры, серийно выпускаемые нашей промышленностью. Если происходит полное сгорание твёрдого или жидкого топлива, то практически вся сера сгорает и в продуктах сгорания находится в основном мало реакционный сернистый ангидрид. Очистку продуктов сгорания от серного и сернистого ангидридов осуществляют в мокрых скрубберах. Вода улавливает серный ангидрид хорошо, сернистый ангидрид – плохо. Поэтому для увеличения доли его

улавливания применяют поглотители. При орошении потока продуктов сгорания известковым молоком можно добиться улавливания до 90 % сернистого ангидрида, причём стоимость очистки составляет всего около 12 % стоимости топлива. Однако при применении известковых суспензий в газоочистной аппаратуре образуются карбонатные отложения, затрудняется работа распылителей и жидкостных трактов системы газоочистки. Для устранения этих недостатков применяют известково-щелочной метод улавливания сернистого ангидрида, при котором оксиды серы улавливают с помощью щелочного раствора, а известь используют для подщелачивания жидкости.

Снизить содержание оксида углерода в продуктах сгорания топлива можно обеспечением правильного топочного процесса. Так, при сжигании газа и мазута выброс СО не превышает 0,05 %, а при тщательном регулировании процесса горения не более 0,01 %. При работе котельных установок на мазуте необходимыми условиями полного сгорания являются применение жидких присадок, достаточный подогрев и тонкость распыления и обеспечение правильного топочного процесса. Переход на газообразное топливо улучшает полноту сжигания и уменьшает количество образующихся канцерогенных веществ. Установлено, что при сжигании газообразного топлива с коэффициентом избытка воздуха в топке 1,05 в продуктах сгорания бензопирена оказывается не больше, чем в воздухе атмосферы. Вместе с тем при неправильном ведении процесса горения количество бензопирена может значительно увеличиться (до 50 раз при сжигании мазута и до 10 раз при сжигании природного газа). Таким образом, основным средством борьбы с загрязнением воздуха канцерогенными веществами является обеспечение максимальной полноты сгорания топлива [5].

## 2 Индивидуальное задание

### 2.1 Выбор системы отопления

#### 2.1.1 Варианты систем отопления. Преимущества воздушного обогрева

Для обогрева производственных, складских, торговых, сельскохозяйственных и других подобных объектов сегодня, как правило, применяются системы водяного или воздушного отопления. Первые состоят из котла, труб, радиаторов или водяных калориферов с вентилятором, вторые представляют собой теплогенераторы с прямой подачей нагретого воздуха или с раздачей его по воздуховодам

Системы воздушного отопления имеют достаточно давнюю историю и применялись еще в Древнем Риме

**Конечно, сегодня для производства** оборудования используются совсем другие технологии, позволившие существенно оптимизировать его конструкцию, повысить эффективность и надежность. Однако принцип действия остался прежним: отопление теплым воздухом путем непосредственного теплообмена.

Подробно плюсы (а также немногочисленные минусы) подобных систем рассматривались в прошлом номере журнала «Мир климата». Мы напомним лишь основные моменты

Во-первых, благодаря прямому сжиганию топлива без промежуточного теплоносителя и постоянному движению воздуха достигается высокий тепловой КПД, а также малая инерционность системы, что дает возможность в течение получаса прогреть помещение до рабочей температуры.

Во-вторых, при воздушном отоплении отсутствует риск замерзания воды в системе, что положительно сказывается на надежности оборудования.

В-третьих, систему воздушного отопления можно совместить с вентиляцией, организовав частичный подмес или 100 %-ное использование приточного воздуха.

В-четвертых, высокая степень автоматизации позволяет вырабатывать ровно то количество тепла, в котором есть необходимость. За счет точного поддержания температуры, влажности, чистоты воздуха можно добиться уровня комфорта, недостижимого для других систем.

Наконец, капитальные затраты на строительство или реконструкцию воздушной системы, как правило, значительно ниже расходов на организацию водяного отопления, поскольку в данном случае не нужно возводить и содержать котельную, станцию водоподготовки и теплотрассу. Отсутствие необходимости в ремонте теплотрасс позволяет резко снизить и эксплуатационные расходы [6].



## 2.1.2 Сравнение затрат при использовании различных систем отопления

Сравним, во что обойдется использование различных способов отопления. Допустим, у нас есть ангар общей площадью  $S=1500$  ( $25 \times 60$ ) м<sup>2</sup> с высотой потолков  $H=7$  м, предназначенный для ремонта грузового автотранспорта. Ангар имеет восемь ворот  $6 \times 4$  м, открывающихся 3–4 раза в сутки. Стены выполнены из сэндвич-панелей с толщиной изоляции в 100 мм. Объект находится в регионе с минимальной расчетной температурой  $-28$  °С (Подмосковье). Внутри ангара необходимо поддерживать температуру  $+16$  °С. Для этого, согласно расчету тепловых потерь, в помещение необходимо подавать 208 кВт тепла.

Система водяного отопления (приложение А, рис. А.1.) для такого объекта будет включать в себя водонагревательный котел, горелку, насос, расширительный бак, трубопроводы и внутренние доводчики (водяные калориферы)

Соответственно затраты на организацию отопления будут складываться из стоимости котла, горелки, калориферов, системы автоматизации котла и калориферов, системы дымоудаления, комплектующих для котла и калориферов (трубы, фитинги, запорная арматура, клапаны, кронштейны), насосного оборудования и расширительных баков, а также расходов на монтаж и пуско-наладку оборудования.

Система получается сложная, состоящая из многих элементов. Ее монтаж трудоемок и дорог.

Воздушное же отопление можно организовать двумя способами: с канальной раздачей теплого воздуха или с непосредственным выдувом через распределительные решетки (рис. 1). Теплогенератор при этом может быть размещен как внутри отапливаемого помещения, так и вне его.

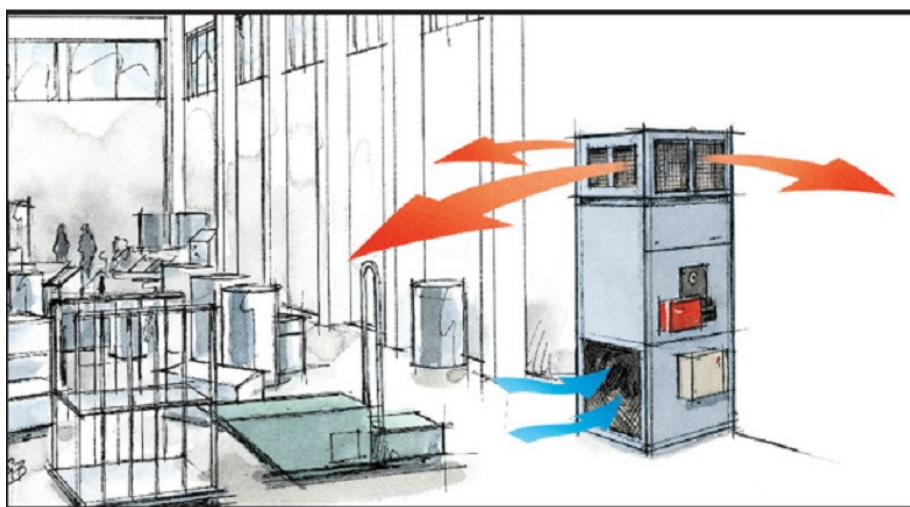


Рис. 1. Система воздушного отопления с непосредственным выдувом теплого воздуха через распределительные решетки

В этом случае затраты на организацию отопления будут включать в себя стоимость теплогенератора, горелки, автоматики (комнатного термостата или программируемого контроллера) и системы дымоудаления, а также расходов на монтаж и пуско-наладку теплогенератора. В варианте с канальной раздачей сюда добавятся затраты на покупку и монтаж вентиляционной системы (воздуховодов, крепежных элементов, распределительных решеток или диффузоров).

Очевидно, что воздушная система гораздо проще водяной, ее монтаж, как правило, занимает намного меньше времени.

Для водяного обогрева нашего объекта предлагается использовать два водяных чугунных котла (с 50 %-ным резервированием) марки BuderusLogano GE315 мощностью по 105 кВт, дизельные горелки BuderusLogator и калориферы марки Volcano VR 2. Температура воды в системе — 80/60 °С.

Воздушное отопление организовано на базе теплогенераторов Tecnoclima. Для варианта с непосредственной подачей воздуха подойдет серия TE, а для канальной раздачи — TC-E. Напор вентилятора — 200 Па.

Воздушное отопление с прямой раздачей теплого воздуха на 50–60 % выгоднее, чем водяное. При использовании раздачи по воздуховодам капитальные затраты сравнимы с расходами на установку водяной системы (и даже на 5–10 % меньше). Однако системы воздушного отопления отличаются большей вариативностью, меньшей инерционностью, возможностью индивидуального подхода к решению задачи обогрева помещений. Кроме того, они позволяют совместить в единой системе отопление, вентиляцию, кондиционирование и очистку воздуха.

Вывод: Итак, мы еще раз убедились, что использование воздушного отопления позволяет сократить не только капитальные затраты, но и расходы на эксплуатацию, обслуживание и ремонт оборудования. Кроме того, воздушное отопление может быть организовано бóльшим количеством способов, чем водяное. Все это ведет к росту популярности таких систем.

## **2.2 Отопление и горячее водоснабжение**

### **2.2.1 Системы отопления с насосной циркуляцией**

Как уже неоднократно упоминалось, главным недостатком системы отопления с естественной циркуляцией теплоносителя является низкий циркуляционный напор (особенно в квартирной системе) и вследствие этого увеличенный диаметр труб. Достаточно слегка ошибиться с выбором диаметров труб и теплоноситель уже «зажат» и не может преодолеть гидравлического сопротивления. «Разжать» систему можно без каких-либо значительных переделок: включить в нее циркуляционный насос (рис. 12) и перенести расширительный бачок с подачи на обратку. Следует заметить, что перенос расширителя на обратку не всегда обязателен. При простой переделке несложной отопительной системы, например, квартирной, бачок можно

оставить там, где он стоял. При правильной реконструкции или устройстве новой системы бачок переносится на обратку и заменяется с открытого на закрытый.

Какой мощности должен быть циркуляционный насос (рис. 2), как и куда его устанавливать?



Рис. 2. Циркуляционный насос

Циркуляционные насосы для бытовых систем отопления имеют низкое потребление электроэнергии — около 60–100 ватт, то есть как обычная лампочка, они не поднимают воду, а лишь помогают ей преодолеть местные сопротивления в трубах. Эти насосы можно сравнить с двигателем (винтом) корабля: винт толкает воду и обеспечивает продвижение судна, но при этом воды в океане не убавляется и не прибавляется, то есть общий баланс воды остается прежним. Циркуляционный насос, закрепленный к трубопроводу, толкает воду, но сколько бы он ее не вытолкнул, с другой стороны к нему поступает такое же количество воды, то есть опасения, что насос вытолкнет теплоноситель через открытый расширитель напрасны: система отопления, это замкнутый контур и количество воды в нем постоянное. Помимо циркуляционных в централизованные системы могут быть включены повысительные насосы, которые повышают давление и способны поднимать воду, их собственно и нужно называть насосами, а циркуляционные, в переводе на общепонятный язык, и насосами-то назвать трудно — так... вентиляторы. Сколько бы не гонял обычный бытовой вентилятор воздух по квартире, все на что он способен, это создать ветерок (циркуляцию воздуха), но не способен изменить атмосферное давление даже в наглухо закрытом помещении.

В результате применения циркуляционного насоса значительно увеличивается радиус действия отопительной системы, сокращаются диаметры трубопроводов и создается возможность присоединения систем к котлам с повышенными параметрами теплоносителя. Чтобы обеспечить бесшумную работу водяной системы отопления с насосной циркуляцией, скорость движения теплоносителя не должна превышать: в трубопроводах,

прокладываемых в основных помещениях жилых зданий, при условных проходах труб 10, 15 и 20 мм и более соответственно 1,5; 1,2 и 1 м /с; в трубопроводах, прокладываемых в вспомогательных помещениях жилых зданий — 1,5 м /с; в трубопроводах, прокладываемых в вспомогательных зданиях — 2 м /с [7].

Для обеспечения бесшумности системы и доставки ею требуемого объема теплоносителя необходимо произвести небольшой расчет. Мы уже знаем, как ориентировочно определить требуемую мощность котла (в киловаттах), исходя из площади отапливаемых помещений. Оптимальный расход воды, проходящий через котел, рекомендованный многими фирмами-изготовителями котельного оборудования, рассчитывается по простой эмпирической формуле:

$$Q=R,$$

где Q — расход теплоносителя через котел, л/мин;

R — мощность котла, кВт.

Например, для котла мощностью 30 кВт расход воды составляет примерно 30 л/мин. Для определения расхода теплоносителя на любом участке циркуляционного кольца используем эту же формулу, зная мощность устанавливаемых на этом участке радиаторов, например, производим расчет расхода воды для радиаторов, установленных в одной комнате. Предположим, что мощность радиаторов составляет 6 кВт, значит и расход теплоносителя примерно составит 6 л/мин.

Далее определяем мощность циркуляционного насоса. На каждые 10 метров длины циркуляционного кольца требуется 0,6 метра напора насоса. Например, если общая длина трубопроводного кольца 90 метров, напор насоса должен быть 5,4 метра. Идем в магазин (или подбираем по каталогу) и приобретаем насос с устраивающим нас напором. Если применяются трубы меньших диаметров, чем рекомендованные в предыдущем абзаце, мощность насоса должна быть увеличена, так как чем тоньше трубы, тем больше в них гидравлическое сопротивление. И соответственно, при применении труб больших диаметров мощность насоса может быть уменьшена.

Для того чтобы обеспечить в системах отопления постоянную циркуляцию воды, желательно устанавливать не менее двух циркуляционных насосов, один из которых — рабочий, другой (на байпасе) — резервный. Либо на систему устанавливается один насос, а другой лежит в укромном месте, на случай быстрой замены при поломке первого.

Необходимо отметить, что приведенный здесь расчет системы отопления крайне примитивен и не учитывает многих факторов и особенностей индивидуальной системы отопления. Если вы строите коттедж со сложной архитектурой системы отопления, то необходимо производить точные расчеты. Это могут сделать только инженеры-теплотехники. Строить многомиллионное сооружение без исполнительной документации — проекта, учитывающего все особенности постройки, крайне не разумно.

Циркуляционный насос в отопительной системе заполнен водой и испытывает равное (если вода не нагревается) гидростатическое давление с двух сторон — со стороны входного (всасывающего) и выходного (нагнетательного) патрубков, соединенных с теплопроводами. Современные циркуляционные насосы, сделанные с водяной смазкой подшипников, можно размещать как на подающем, так и на обратном трубопроводе, но чаще всего их ставят на обратке. Изначально это было обусловлено чисто технической причиной: при размещении в более холодной воде увеличивался срок службы подшипников, ротора и сальниковой набивки, через которую проходит вал насоса. А сейчас их ставят на обратку скорее по привычке, так как с точки зрения создания искусственной циркуляции воды в замкнутом контуре местоположение циркуляционного насоса безразлично. Хотя размещение их на подающем трубопроводе, где обычно меньше гидростатическое давление, более рационально. Например, расширительный бачок установлен в вашей системе на высоте 10 м от котла, значит, он создает статическое давление 10 м водяного столба, но это утверждение верно только для нижнего трубопровода, в верхнем давление будет меньше, так как столб воды здесь будет меньшей величины. Где бы мы не расположили насос, он будет с двух сторон подвергаться одинаковому давлению, даже если его поставить на вертикальном главном подающем или обратном стояке, разница давлений между двумя патрубками насоса будет невелика, так как насосы имеют небольшие размеры. Однако все не так просто. Насос, действующий в замкнутом контуре системы отопления, усиливает циркуляцию, нагнетая воду в теплопровод с одной стороны и засасывая с другой. Уровень воды в расширительном баке при пуске циркуляционного насоса не изменится, так как равномерно работающий насос лишь обеспечивает циркуляцию при неизменном количестве воды. Поскольку при этих условиях (равномерности действия насоса и постоянства объема воды в системе) уровень воды в расширительном баке сохраняется неизменным, безразлично, работает ли насос или нет, гидростатическое давление в точке присоединения расширителя к трубам системы будет постоянным. Эту точку называют нейтральной, так как циркуляционное давление, развиваемое насосом, никак не влияет на статическое давление, создаваемое расширительным бачком. Другими словами, давление циркуляционного насоса в этой точке равно нулю. В любой закрытой гидравлической системе циркуляционный насос использует расширительный бак как точку отсчета, в которой давление, развиваемое насосом, меняет свой знак: до этой точки насос, создавая компрессию, воду нагнетает, после нее он, вызывая разрежение, воду всасывает. Все теплопроводы системы от насоса до точки постоянного давления (считая по направлению движения воды) будут относиться к зоне нагнетания насоса. Все теплопроводы после этой точки — к зоне всасывания. Другими словами, если циркуляционный насос врезать в трубопровод сразу после точки подсоединения расширительного бачка, то он будет отсасывать воду из бачка и нагнетать ее в систему, если насос установить

перед точкой подсоединения бачка, то насос будет откачивать воду из системы и нагнетать ее в бачок.

Ну и что, какая нам разница откачивает насос воду из бачка или нагнетает в него, лишь бы он крутил ее по системе. А разница есть и существенная: в работу системы вмешивается статическое давление, создаваемое расширительным бачком. В трубопроводах, расположенных в зоне нагнетания насоса, следует считаться с повышением гидростатического давления по сравнению с давлением воды в состоянии покоя. Напротив, в трубопроводах расположенных в зоне всасывания насоса, необходимо учитывать понижение давления, при этом возможен случай, когда гидростатическое давление не только понизится до атмосферного, но даже может возникнуть разрежение. То есть, в результате разности давлений в системе появляется опасность всасывания или высвобождения воздуха либо вскипания теплоносителя.

Во избежание нарушения циркуляции воды из-за ее вскипания или подсосывания воздуха при конструировании и гидравлическом расчете систем водяного отопления должно соблюдаться правило: в зоне всасывания в любой точке трубопроводов системы отопления гидростатическое давление при действии насоса должно оставаться избыточным. Возможны четыре способа выполнения этого правила (рис. 3).

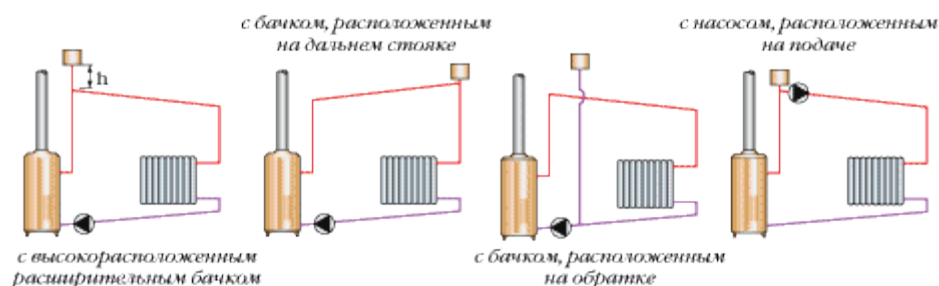


Рис. 3 Принципиальные схемы систем отопления с насосной циркуляцией и открытым расширительным бачком

Подъем расширительного бака на достаточную высоту (обычно не менее 80 см). Это достаточно простой способ при реконструкции систем с естественной циркуляцией в циркуляцию насосную, но требует значительного по высоте чердачного помещения и тщательного утепления расширительного бачка. Перемещение расширительного бака к наиболее опасной верхней точке с целью включения верхней магистрали в зону нагнетания. Здесь необходимо сделать пояснение. В новых отопительных системах подающие трубопроводы с насосной циркуляцией делаются с уклонами не от котла, а к котлу, для того чтобы воздушные пузырьки двигались попутно с водой, так как побудительная сила циркуляционного насоса не даст им выплыть «против течения», как это было в системах с естественной циркуляцией. Поэтому верхняя точка системы получается не на главном стояке, а на наиболее удаленном. Для реконструкции

старой системы с естественной циркуляцией в насосную этот способ достаточно трудоемок, так как требует переделки трубопроводов, а для создания новой системы — не оправдан, так как возможны другие, более удачные варианты. Присоединение трубы расширительного бака вблизи всасывающего патрубка циркуляционного насоса. Другими словами, если реконструируем старую систему с естественной циркуляцией, то просто отрезаем бачок от подающей магистрали и перестыковываем его на обратку позади циркуляционного насоса и тем самым создаем для насоса наиболее благоприятные условия.

Отходим от привычной схемы размещения насоса на обратке и включаем его в подающую магистраль сразу после точки подсоединения расширительного бачка. При реконструкции системы с естественной циркуляцией это самый простой способ: просто врезаем насос в трубу подачи, ничего больше не переделывая. Однако к выбору насоса нужно отнестись очень внимательно, все-таки мы размещаем его в неблагоприятные условия высоких температур. Насос должен будет долго и надежно служить, а это могут гарантировать только солидные фирмы-изготовители.

Современный рынок сантехнической и отопительной арматуры позволяет заменить расширительные бачки открытого типа на закрытые. В закрытом бачке не происходит соприкосновения жидкости системы с воздухом: теплоноситель не испаряется и не обогащается кислородом. Это снижает потери тепла и воды, уменьшает внутреннюю коррозию отопительных приборов. Из закрытого бачка жидкость никогда не выльется наружу.

Расширительный бачок закрытого типа («экспанзомат») — капсула шарообразной или овальной формы, разделенная внутри герметичной мембраной на две части: воздушную и жидкостную. В воздушную часть корпуса под определенным давлением закачивается азотосодержащая смесь. До заполнения отопительной системы водой давление газовой смеси внутри бака плотно прижимает диафрагму к водяной части бака. Нагревание воды приводит к созданию рабочего давления и увеличению объема теплоносителя — мембрана выгибается в сторону газовой части бака. При максимальном рабочем давлении и максимальном увеличении объема воды происходит заполнение водяной части бака и максимальное сжатие газовой смеси. Если давление продолжает повышаться и продолжает расти объем теплоносителя, то срабатывает предохранительный клапан сбрасывающий воду (рис. 4).

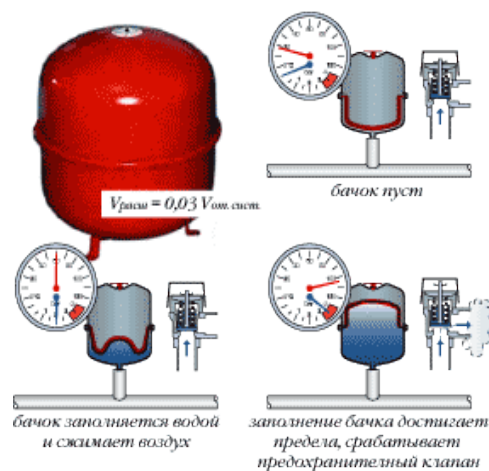


Рис. 4 Расширительный бачок мембранного типа

Объем бака подбирают таким, чтобы его полезный объем был не менее объема температурного расширения теплоносителя, а предварительное давление воздуха в газовой части бачка делают равным статическому давлению столба теплоносителя в системе. Такой подбор давления газовой смеси позволяет держать мембрану в равновесном (не в натянутом) положении при заполненной, но не включенной системе отопления.

Бачок закрытого типа можно поставить в любой точке системы, но, как правило, его устанавливают рядом с котлом, так как температура жидкости в месте установки расширительного бака должна быть по возможности минимальной. А мы уже знаем, что циркуляционный насос лучше всего устанавливать сразу за расширителем, где для него (да и для системы отопления в целом) создаются наиболее благоприятные условия (рис. 5).

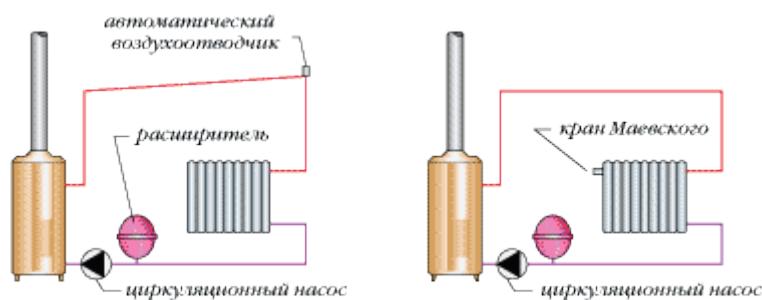


Рис.5 Принципиальные схемы систем отопления с насосной циркуляцией и расширительным бачком закрытого типа

Однако при такой схеме системы отопления мы сталкиваемся с двумя проблемами: удалением воздуха и повышенным давлением на котле.

Если в системах с открытыми расширительными бачками воздух удалялся через расширитель противотоком (в системах с естественной циркуляцией) или попутно (в системах с насосной циркуляцией), то с закрытыми бачками такого не происходит. Система полностью замкнута и воздуху попросту негде вырваться наружу. Для удаления воздушных пробок в



верхней точке трубопровода устанавливаются автоматические спускники воздуха - приборы, снабженные оплавками и запорными клапанами. По мере увеличения давления клапан срабатывает и стравливает воздух в атмосферу. Либо на каждый радиатор отопления устанавливаются краны Маевского. Эта деталь, установленная на отопительные приборы, позволяет спускать воздушную пробку непосредственно из радиаторов. Кран Маевского входит в комплект некоторых моделей радиаторов, но чаще предлагается отдельно.

### 2.2.2 Принцип действия воздухоотводчиков

Принцип действия воздухоотводчиков (рис. 6) заключается в том, что при отсутствии воздуха поплавков внутри прибора держит выпускной клапан закрытым. Когда воздух собирается в поплавковой камере, уровень воды внутри воздухоотводчика понижается. Поплавок опускается и открывается выпускной клапан, через который воздух выводится в атмосферу. После выхода воздуха уровень воды в воздухоотводчике повышается и поплавок всплывает, что приводит к закрытию выпускного клапана. Процесс продолжается до тех пор, пока воздух вновь не соберется в поплавковой камере и не понизит уровень воды, опуская поплавок. Автоматические воздухоотводчики изготавливаются разных конструкций, форм и размеров и могут устанавливаться как на магистральном трубопроводе, так и непосредственно (Г-образной формы) на радиаторах.

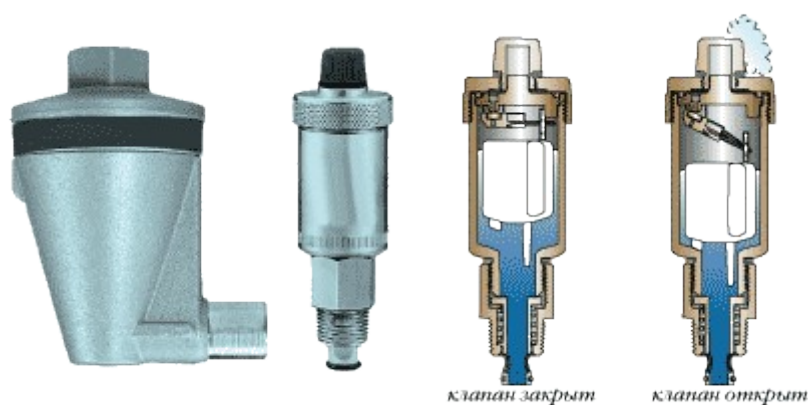


Рис. 6 Автоматический воздухоотводчик

Кран Маевского, в отличие от автоматического воздухоотводчика, это в общем-то обычная пробка с воздухоотводным каналом и ввернутым в него конусным винтом: выворачиванием винта освобождается канал и воздух выходит наружу. Заворачивание винта закрывает канал. Также бывают воздухоотводчики, в которых вместо конусного винта используется металлический шарик, перекрывающий канал сброса воздуха.

Вместо автоматических воздухоотводчиков и кранов Маевского в систему отопления можно включить сепаратор воздуха. Этот прибор основан

на применении закона Генри. Воздух, присутствующий в системах отопления, находится частично в растворенном виде, а частично в виде микропузырьков. При прохождении воды (вместе с воздухом) через систему она попадает в области различных температур и давлений. В соответствии с законом Генри в одних областях воздух будет выделяться из воды, а в других растворяться в ней. В котле теплоноситель нагревается до высокой температуры, поэтому именно в нем из содержащей воздух воды будет высвобождаться наибольшее количество воздуха в виде мельчайших пузырьков. Если их незамедлительно не отвести, то они растворятся в других местах системы, где температура меньше. Если удалить микропузырьки сразу за котлом, то на выходе сепаратора получим обезвоздушенную воду, которая будет поглощать воздух в разных местах системы. Этот эффект используется для поглощения воздуха в системе и выведения его в атмосферу посредством комбинации котла и сепаратора воздуха. Процесс продолжается постоянно до полного выведения воздуха из системы.

Работа сепаратора воздуха (рис.7) основана на принципе слияния микропузырьков. Практически это означает, что маленькие пузырьки воздуха прилипают к поверхности специальных колец и собираются вместе, образуя большие пузырьки, которые могут отделиться и всплыть в воздушную камеру сепаратора. Когда поток жидкости проходит через кольца, он расходится во множестве различных направлений, а конструкция колец такова, что вся жидкость, проходящая через них, вступает в контакт с их поверхностью, делая возможным прилипание микропузырьков и их слияние.

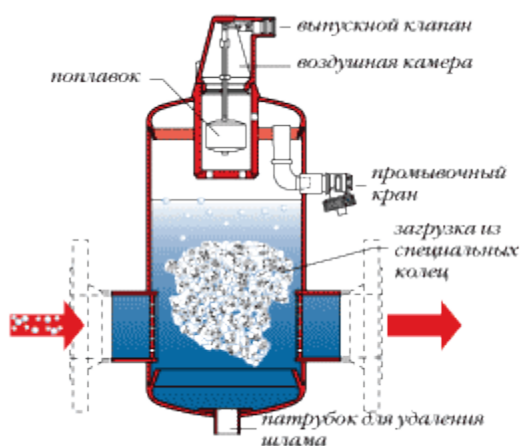


Рис.7 Сепаратор воздуха

Теперь немного отвлечемся от воздуха и вернемся обратно к циркуляционному насосу. В системах отопления с протяженными трубопроводами и, как следствие, с большими гидравлическими потерями, нередко требуются довольно мощные циркуляционные насосы, создающие давление на нагнетающем патрубке больше того, на которое рассчитан отопительный котел. Другими словами при размещении насоса на обратке

непосредственно перед котлом могут потечь соединения в теплообменнике котла. Для того чтобы этого не произошло, мощные циркуляционные насосы устанавливают не перед котлом, а за ним — на подающем трубопроводе. И тут же встает вопрос: где размещать сепаратор воздуха, за насосом или перед ним?

Ведущие изготовители отопительных систем решили этот вопрос и предлагают устанавливать сепаратор перед насосом (рис. 8), для предохранения его от повреждений пузырьками воздуха.

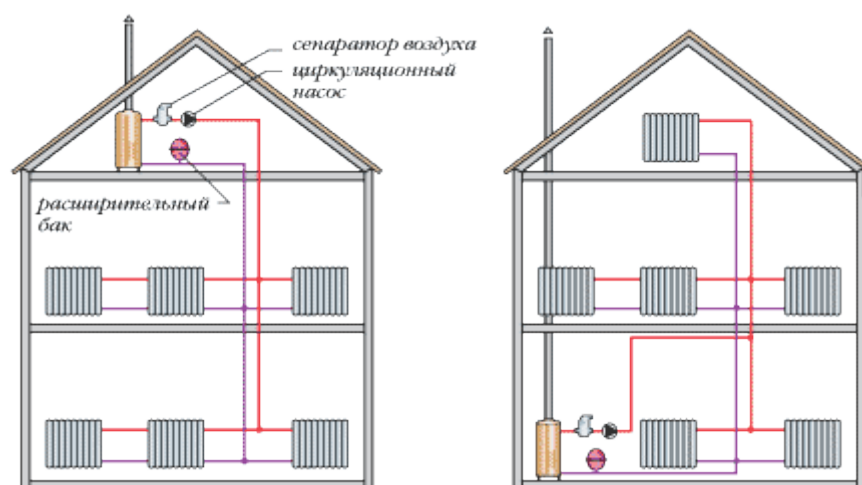


Рис. 8 Принципиальные схемы систем отопления с насосной циркуляцией, расширительным бачком закрытого типа и сепаратором воздуха

Примечание: на рисунке, иллюстрирующем циркуляцию с нижней разводкой, изображены два варианта циркуляционных колец и два варианта подключения радиаторов (на левом стояке, рис.8).

### 2.2.3 Вертикальные двухтрубные системы водяного отопления

В двухтрубных системах (рис. 9) с верхней разводкой каждый нагревательный прибор обслуживается подающим и обратным трубопроводами. Если не учитывать охлаждение воды в трубах, то можно считать, что во все нагревательные приборы вода поступает с одинаковой температурой.

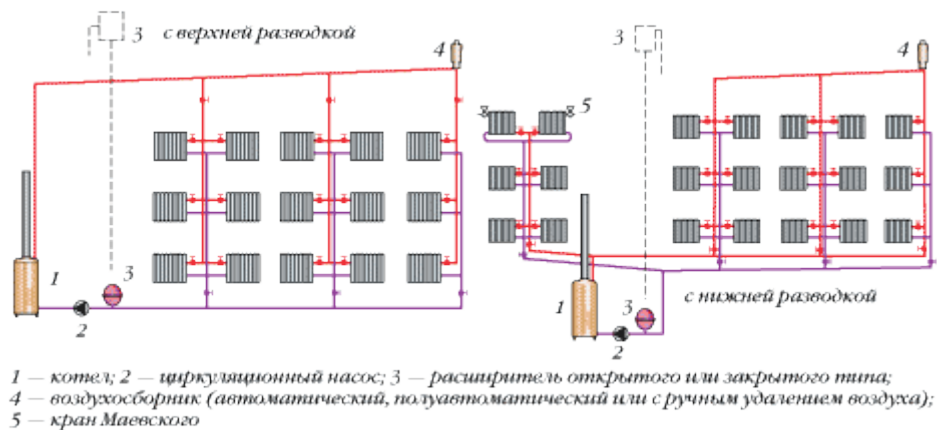


Рис. 9 Схемы двухтрубных систем отопления с насосной циркуляцией воды с верхней и нижней разводкой подающего трубопровода

В двухтрубных системах отопления с нижней разводкой подающую и обратную магистрали прокладывают в подвальной части здания или в специальных каналах, сделанных в полу первого этажа. В этих системах теплоноситель поступает в нагревательные приборы не сверху вниз, как в системах с верхней разводкой подающей магистрали, а снизу вверх. В остальном система работает по тому же принципу, что и при верхней разводке подающей магистрали. Воздух из системы с нижней разводкой подающей магистрали удаляется посредством воздушной линии, присоединяемой к стоякам и отводящей воздух к воздухоотборнику или через воздушные краны. Для регулирования теплоотдачи приборов в двухтрубных системах на подводках к нагревательным приборам устанавливают краны двойной регулировки. На подающих и обратных стояках в местах присоединения их к магистральным линиям устанавливают краны для отключения стояков на случай ремонта. Расширительный бачок так же, как и в системе с верхней разводкой, присоединяют к обратной магистрали перед насосом.

Двухтрубные системы отопления с нижней разводкой в сравнении с системами с верхней разводкой имеют следующие преимущества: сокращается количество трубопроводов, проходящих в неотапливаемых помещениях, следовательно, уменьшаются непроизводительные потери тепла; в процессе обслуживания системы отключение отдельных стояков на случай аварии более удобно, так как краны на подающем и обратном стояках расположены в одном месте.

#### 2.2.4 Вертикальные однотрубные системы водяного отопления

По конструктивным особенностям эти системы разделяются на две группы: проточные и с замыкающими участками (байпасами), каждая из которых может быть как вертикальной, так и горизонтальной (рис. 10).

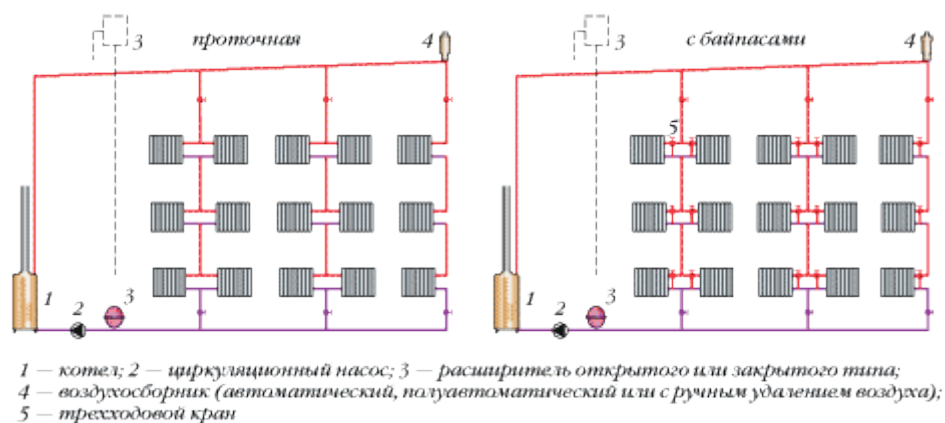


Рис. 10 Схемы однотрубных систем отопления с насосной циркуляцией воды с проточным движением воды и через байпасы

В проточных однотрубных системах нагретая в котле вода поднимается по главному стояку в подающий трубопровод, откуда она распределяется по стоякам. Из стояков вода распределяется не по отдельным приборам, а поступает сначала в приборы верхнего этажа. Несколько охлажденная вода из приборов переходит по тому же стояку в приборы нижележащих этажей. Таким образом, вода последовательно проходит через все приборы, расположенные на стояке. Пройдя все приборы на стояках, охлажденная вода собирается в обратную магистраль, из которой насосом подается в котел. В проточных однотрубных системах в помещениях с одинаковыми теплопотерями приборы нижних этажей должны иметь большую поверхность нагрева, чем приборы верхних этажей.

Расширительный бачок так же, как и в двухтрубных системах отопления, присоединяется к обратной магистрали перед насосом. Воздух из системы удаляется через воздухоотборник. Теплоотдачу нагревательных приборов в проточных схемах можно регулировать только перекрытием воздушных клапанов — кранов Маевского.

В однотрубных вертикальных системах отопления со смещенными замыкающими участками горячая вода из котла по главному стояку и подающей магистрали поступает в стояки. В местах присоединения нагревательных приборов к стояку поток воды распределяется: часть воды проходит транзитом по стояку через байпас, а часть затекает в нагревательный прибор.

Вода, охладившись в нагревательном приборе верхнего этажа, выходит из него и смешивается с более горячей водой, проходящей через байпас. Смешанная вода поступает по стояку к нагревательному прибору нижележащего этажа, где поток воды вновь распределяется, т. е. часть воды поступает в прибор, а часть проходит через очередной байпас. Такое движение воды повторяется на каждом этаже по ходу движения теплоносителя.

И при этой схеме отопления в каждый нижерасположенный прибор по ходу теплоносителя вода поступает с пониженной температурой. Таким образом, последние отопительные приборы приходится делать более мощными, следовательно, более большими по размеру и количеству секций.

Теплоотдачу нагревательных приборов в таких системах регулируют поворотом трехходового крана. Благодаря этим фитингам часть теплоносителя попадает в радиатор, а часть проходит через байпас и не охлаждается. То есть, может быть отключен байпас — вся вода проходит через прибор, или отключен прибор — вся вода проходит через байпас. При промежуточном положении пробки крана часть воды пойдет через прибор, а часть — через перемычку (байпас).

Однотрубные системы отопления в сравнении с двухтрубными имеют следующие преимущества: меньшую протяженность системы; более простые узлы трубных обвязок, что упрощает их заготовку и монтаж систем.

В зависимости от направления движения теплоносителя в магистральных трубопроводах системы отопления могут быть тупиковыми и с попутным движением воды. Эти схемы уже рассматривали в системах с естественной циркуляцией теплоносителя, в схемах с насосным побуждением они точно такие же. Разница лишь в том, что на главные стояки (обратку или подачу) устанавливаются циркуляционные насосы и предусматривается отвод воздуха через автоматические, полуавтоматические или ручные воздухоотводчики.

Котел в системах с насосной циркуляцией размещают в любом месте отопительного контура: в подвале, на этаже или на чердаке, но наиболее традиционное место, это техническое помещение, как правило, расположенное в подвале.

### **2.2.5 Горизонтальные двух- и однотрубные системы водяного отопления**

Отличаются от вертикальных разводок, тем что в них полностью или частично отсутствуют вертикальные стояки. В системах с горизонтальной разводкой труб чаще всего применяются металлополимерные (металлопластиковые или армированные полипропиленовые) трубы, позволяющие скрытую прокладку в конструкциях стен или полов. Для балансировки однотрубных систем применяют специальные фитинги подключения радиаторов, снабженные байпасом, который встроен в корпус фитинга. Балансировка двухтрубных систем производится установкой на радиаторы терморегуляторов. И разумеется все эти системы можно делать не только с тупиковым движением теплоносителя, но и с попутным.

Применение систем с горизонтальной укладкой трубопроводов сталкивается с проблемой удаления воздуха. Современные металлополимерные трубы чаще всего укладывают в конструкцию пола или стены, кроме того, эти трубы имеют большое температурное расширение, поэтому на теплопроводах приходится делать П-, Г- или кольцеобразные компенсаторы длины. Ни о каких

уклонах трубопроводов, позволяющих удалить воздух противотоком, как это делается в системах с естественной циркуляцией, здесь и речи быть не может. Поэтому эти схемы делаются только с насосной циркуляцией теплоносителя, а воздух отводится с помощью автоматических воздухоотводчиков или кранов Маевского, устанавливаемых на радиаторах либо включением в схему сепаратора воздуха.

Все рассмотренные в этих главах схемы отопления с естественной или насосной циркуляцией теплоносителя относятся к тройниковым системам соединения трубопроводов. На сегодняшний день кроме тройниковой применяются и коллекторные схемы, отличающиеся большей управляемостью систем отопления.[2].

### **2.3 Коллекторные системы отопления**

При радиаторном отоплении варианты подключения отопительных приборов могут быть самыми разнообразными: нижнее, верхнее, диагональное, боковое, с внутренней циркуляцией. Наиболее распространена и предпочтительна нижняя подводка, где достаточно полно реализуются все преимущества металлополимерных (металлопластиковых и армированных полипропиленовых) трубопроводов, при этом трубы скрываются в конструкции пола или плинтуса.

В последнее время при выборе схемы системы отопления загородного дома предпочтение отдается коллекторной поэтажной разводке, а также ее комбинациям с однотрубной и двухтрубной системами. Трубы скрывают в конструкции пола, а коллекторы устанавливают в центре дома в нише стены или помещают в шкафчик. От коллекторов (рис. 11) к каждому радиатору подводят трубы. Практически обязательным является создание принудительной циркуляции в системе, что достигается установкой одного или нескольких циркуляционных насосов. Это позволяет уменьшить разность температур теплоносителя на входе и выходе сети системы и тем самым повысить эффективность и регулируемость нагрева, а также избежать лишнего расхода материалов, упростить систему, сделать ее более компактной. Каждый отвод коллектора может быть снабжен своей запорной арматурой — шаровыми кранами, что позволяет в некоторых схемах отключить от циркуляции любой радиатор системы, никоим образом не влияя на работу других приборов отопления. Более того, каждый контур отопления, находящийся после коллекторов, это по сути самостоятельная система, которая может быть оборудована собственными насосами циркуляции, кранами и автоматикой.

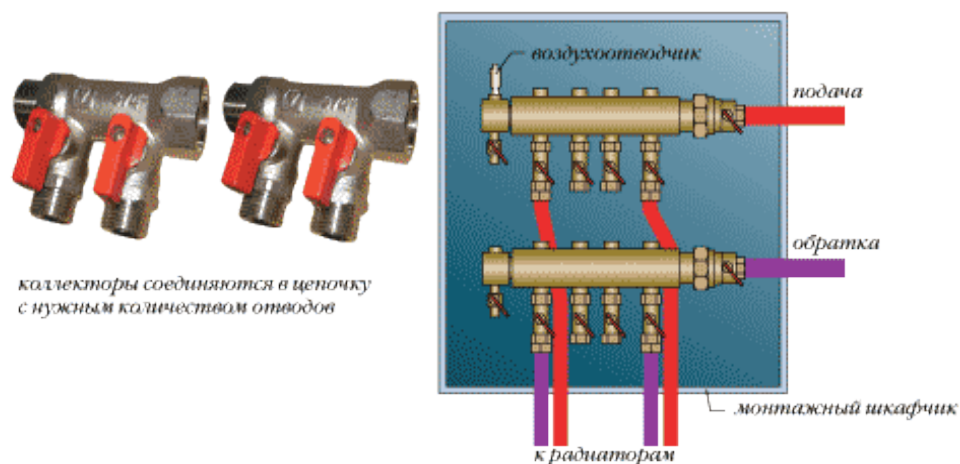


Рис. 11 Коллекторы

Коллекторные схемы отопления чаще всего выполняются для двух- и однотрубных горизонтальных разводок и на сегодняшний день практически вытеснили тройниковые горизонтальные разводки.

На главном стояке каждого этажа располагаются коллекторы, подающий и обратный. От коллекторов подающие и обратные трубопроводы подводятся под полом или в стене к каждому радиатору на этаже. Нужно стремиться к тому, чтобы каждое из колец было примерно одинаковой длины. Если это не так, то каждое из тепловых колец может быть снабжено собственным циркуляционным насосом и собственной автоматической регулировкой температуры теплоносителя, причем регулировка температуры на каком-либо тепловом кольце почти никак не отразится на других тепловых контурах. В связи с тем, что трубы отопления находятся в стяжке пола, необходимо на каждом радиаторе установить воздушные краны или автоматический воздухоотводчик размещают на коллекторе либо воздухоотводчики устанавливают и на радиаторах, и на коллекторе.

Недостаток данной системы в том, что трубопроводы имеют большую протяженность.

При грамотном расчете системы отопления можно отказаться от радиаторов, при этом замкнутые тепловые кольца прячутся в конструкцию пола. Эта система отопления называется «теплый пол». Чаще всего она выполняется как дополнительная, но при правильном расчете может полностью заменить радиаторную систему отопления.

Напольное отопление обеспечивает комфортные условия — тепловые потоки распределены по всей площади полов, а температура равномерно понижается по высоте помещения. При радиаторном отоплении температура воздуха, наоборот, повышается по высоте помещения, что вызывает сильную конвекцию воздуха, которая отрывает от поверхности пола пыль и поднимает ее вверх. При напольном отоплении естественное перемещение воздуха ограничено, в связи с чем пыли в доме будет меньше. [8]



## Заключение

За время практики освоил новые **знания в** области теплоэнергетики. Изучил историю и ход строительства ГКП «Теплокоммунэнерго» (Семипалатинская ТЭЦ). Ознакомился форматированием и оформлением текстовых учебных документов.

Прослушали лекции по основным вопросам программы практики.

Ознакомился с назначением и оборудованием лабораторий **кафедры ТФ и ТЭ**. Ознакомился работой библиотечного фонда.

Информацию, полученную время лекций и экскурсий, **занесли** в дневник практики.

## **Список использованных источников**

1. [http://www.vk.edu.ee/vastuvott/se\\_ru.pdf](http://www.vk.edu.ee/vastuvott/se_ru.pdf)
2. [http://www.ipages.ru/index.php?ref\\_item\\_id=1951&ref\\_dl=1](http://www.ipages.ru/index.php?ref_item_id=1951&ref_dl=1)
3. <http://ru.wikipedia.org/>
4. Стерман Л.С. Тепловые и атомные электрические станции: Учебник для вузов / Л.С. Стерман, В.М. Лавыгин, С.Г. Тишин. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 416 с
5. Методические указания по прохождению учебной практики студентами специальности 5В071700 «Теплоэнергетика»
6. [http://www.mir-klimata.info/archive/number65/article/num\\_24/](http://www.mir-klimata.info/archive/number65/article/num_24/). Журнал «Мир Климата»
7. [http://ostroykevse.ru/Otoplenie/Otoplenie\\_8.html](http://ostroykevse.ru/Otoplenie/Otoplenie_8.html)
8. [http://ostroykevse.ru/Otoplenie/Otoplenie\\_12.html](http://ostroykevse.ru/Otoplenie/Otoplenie_12.html)

Отопительные приборы // Официальный сайт компании "\*\*\*\*" URL: [www.mir-klimata.info](http://www.mir-klimata.info) (дата обращения: 10.06.2014).

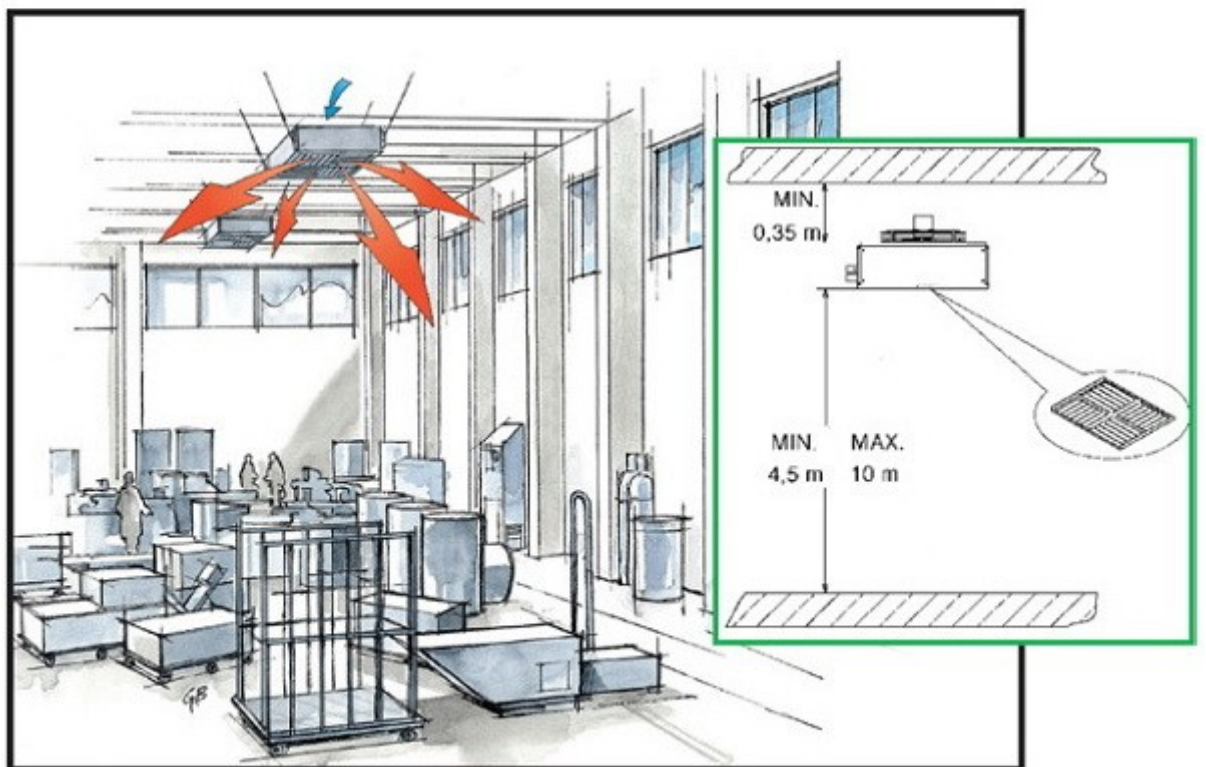
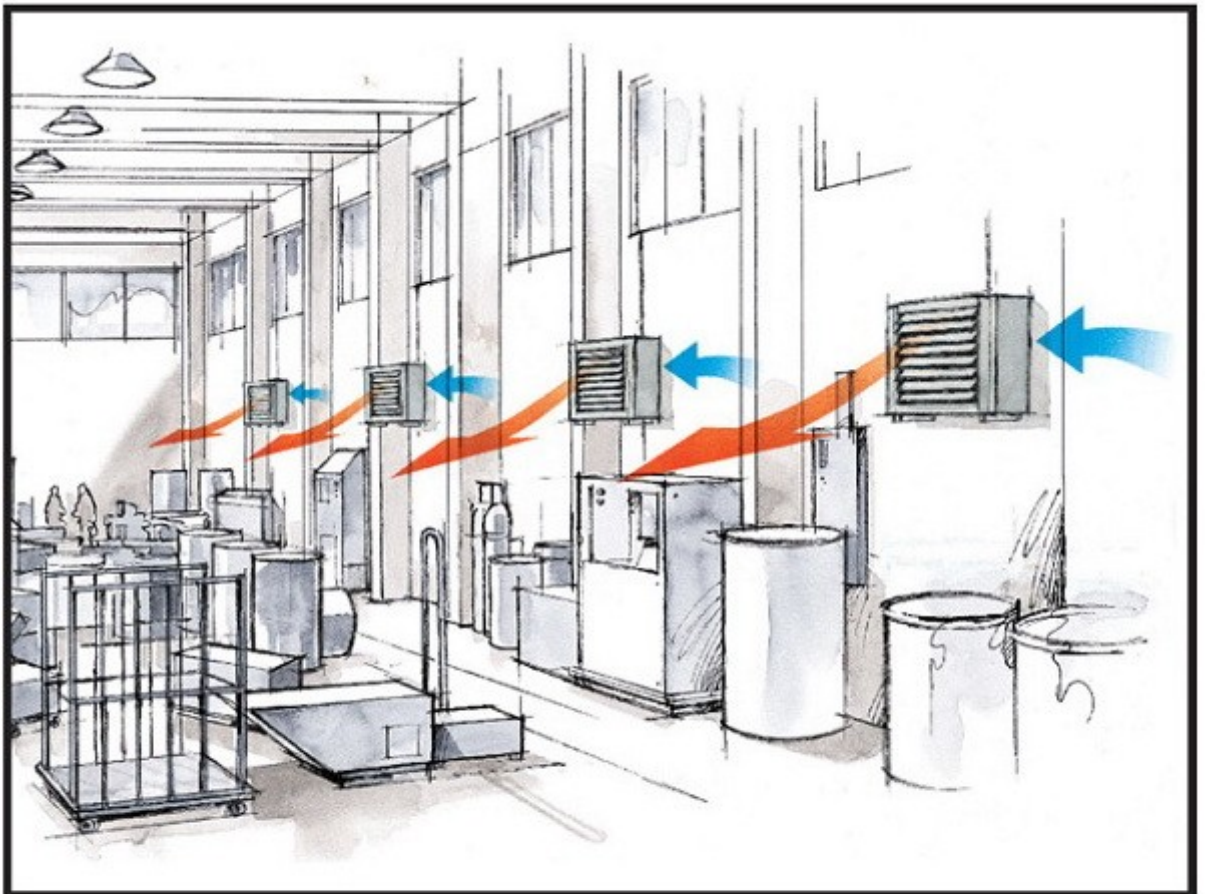


Рис. А.1. Использование систем водяного отопления

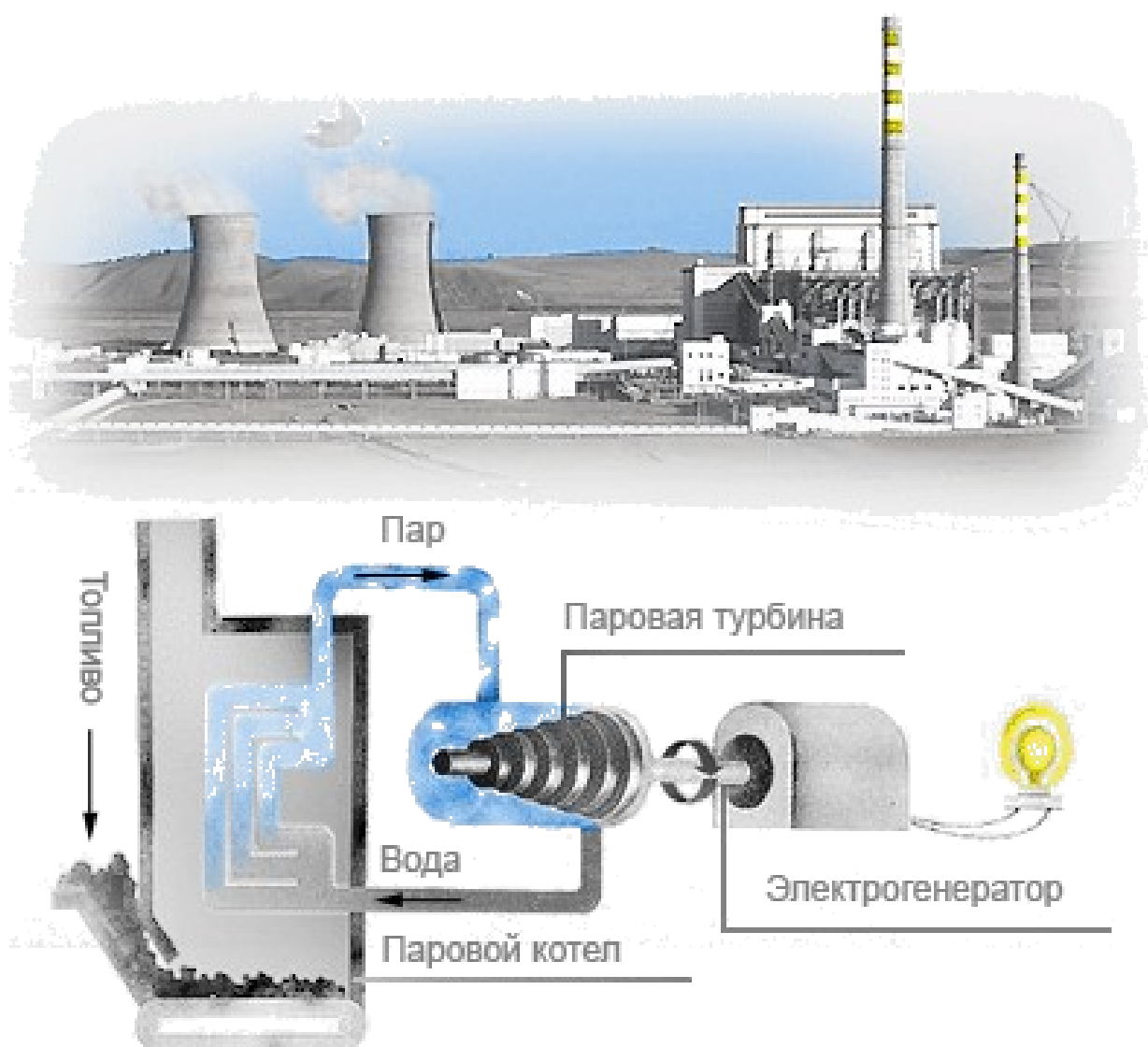


Рис. Б.1. Схема строения КЭС