

БПОУ ВО «Грязовецкий политехнический техникум»

**ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ
ОП.05 «Основы гидравлики и
теплотехники»**

35.02.07 «Механизация сельского хозяйства»

Преподаватель: Данилова И.М.

Грязовец
2018 г.

РАССМОТРЕНО

на заседании цикловой комиссии
по общепрофессиональным дисциплинам
и профессиональным модулям отделения
«Механизация сельского хозяйства»

Протокол № 1

от « 29 » августа 2018 г.

Председатель ЦК

 Е.В. Зиновьева

СОГЛАСОВАНО

Зам директора по ОМР

 Е.А. Ткаченко

« 29 » августа 2018 г.

Практические работы

Пояснительная записка

Практические работы по ОП. 05. Основы гидравлики и теплотехники разрабатываются на основе рабочей программы и включают методические указания по выполнению. Практические работы направлены на овладение студентами умений решения стандартных задач и приобретение навыков практических действий.

Основные требования к содержанию практических работ:

- соответствие содержания практических заданий изученному теоретическому материалу;
- максимальное приближение содержания практических заданий к реальной действительности;
- поэтапное формирование умения, т.е. движение от знания к умению, от простого умения к сложному и т.д.

В процессе выполнения практических работ студенты расширяют и углубляют знания по изучаемым темам, проверяют их достоверность.

Практические работы являются связующим звеном между теорией и практикой, способствуют развитию самостоятельности, эффективно содействуют формированию специальных знаний и умений.

В структуру практических работ входят следующие компоненты:

Вводная часть. Преподаватель определяет тему занятий, формирует ее цель, разрабатывает задание, ставит перед студентами вопросы, требует их разрешения, проводит соответствующий инструктаж по выполнению работ, дает методические указания.

Самостоятельная работа студентов. Намечают пути решения поставленных задач, решают их посредством необходимых действий.

Итоговая часть. Преподаватель анализирует работу студента, выявляет ошибки и определяет причину их возникновения, принимает отчет по работе.

При выполнении практических работ предусмотрено обязательно изучение и выполнение требований техники безопасности, правил аварийной безопасности, основ гигиены труда.

Задания соответствуют названию и цели работы и логически связаны между собой. Методические рекомендации по выполнению задания содержат алгоритм (последовательность шагов) по выполнению данного задания. Студенты должны ответить на контрольные вопросы и подготовить отчет по работе.

Оценка результатов при отчете по практическим занятиям

Оценка «отлично» ставится при соблюдении следующих условий:

- представленный отчет выполнен в полном соответствии с заданием;
- изложение грамотное, четкое и аргументировано;
- на все поставленные по тематике данной работы вопросы даны исчерпывающие ответы, при этом речь студента отличается логической последовательностью, четкостью, прослеживается умение делать выводы, обобщать знания и практический опыт.

Оценка «хорошо» ставится при соблюдении следующих условий:

- представленный отчет выполнен в полном соответствии с заданием;
- изложение грамотное, четкое и аргументировано;

- на поставленные по тематике данной работы вопросы даны исчерпывающие ответы, при этом речь студента отличается логической последовательностью, четкостью, прослеживается умение делать выводы, обобщать знания и практический опыт. Возможны некоторые неточности при ответах, однако основное содержание вопроса раскрыто полно.

Оценка *«удовлетворительно»* ставится при соблюдении следующих условий:

- представленный отчет выполнен в полном соответствии с заданием;
- изложение грамотное, четкое и аргументировано;
- на поставленные по тематике данной работы вопросы, даны неполные, слабо аргументированные ответы;
- не даны ответы на некоторые вопросы, требующие элементарных знаний темы.

Оценка *«неудовлетворительно»* ставится в том случае, если:

- представленный отчет выполнен в полном соответствии с заданием;
- изложение грамотное, четкое и аргументировано;

студент не понимает вопросов по тематике данной работы, не знает ответа на теоретические вопросы, требующие элементарных знаний данной темы.

Перечень практических работ

Практическое занятие № 1

Тема: «Гидравлический расчет простого водопровода при установившемся турбулентном движении»

Практическое занятие № 2

Тема: «Устройство и принцип действия центробежного насоса»

Практическое занятие № 3

Тема: «Устройство и принцип действия центробежного вентилятора»

Практическое занятие № 4

Тема: «Устройство и принцип действия котельных установок»

Практическое занятие № 5

Тема: «Дополнительные поверхности нагрева котельной установки»

Практическое занятие № 6

Тема: «Анализ устройства и работы котла»

Практическое занятие № 7

Тема: «Анализ устройства и работы холодильных машин».

Практическое занятие № 1

Тема: «Гидравлический расчет простого водопровода при установившемся турбулентном движении»

Цели: Определение потерь напора по длине водопровода

Норма времени: 4 ч

Ход занятия:

В практике трубопроводы делятся на *короткие* и *длинные*. К первым относятся все трубопроводы, в которых местные потери напора превышают 5...10% потерь напора по длине. При расчетах таких трубопроводов обязательно учитывают потери напора в местных сопротивлениях. К ним относят, к примеру, маслопроводы объемных передач.

Ко вторым относятся трубопроводы, в которых местные потери меньше 5...10% потерь напора по длине. Их расчет ведется без учета местных потерь. К таким трубопроводам относятся, например, магистральные водоводы, нефтепроводы.

Учитывая гидравлическую схему работы длинных трубопроводов, их можно разделить также на *простые* и *сложные*. Простыми называются последовательно соединенные трубопроводы одного или различных сечений, не имеющих никаких ответвлений. К сложным трубопроводам относятся системы труб с одним или несколькими ответвлениями, параллельными ветвями и т.д. К сложным относятся и так называемые кольцевые трубопроводы.

Простой трубопровод постоянного сечения

Жидкость по трубопроводу движется благодаря тому, что ее энергия в начале трубопровода больше, чем в конце. Этот перепад уровней энергии может создаваться несколькими способами: работой насоса, разностью уровней жидкости, давлением газа.

Рассмотрим простой трубопровод постоянного сечения, который расположен произвольно в пространстве (рис. 1), имеет общую длину l и диаметр d , а также содержит ряд местных сопротивлений (вентиль, фильтр и обратный клапан). В начальном сечении трубопровода 1-1 геометрическая высота равна z_1 и избыточное давление P_1 , а в конечном сечении 2-2 - соответственно z_2 и P_2 . Скорость потока в этих сечениях вследствие постоянства диаметра трубы одинакова и равна v .

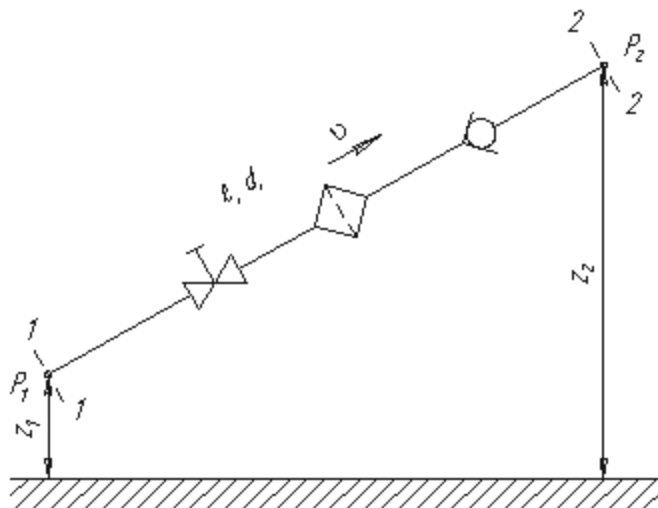


Рис. 1. Схема простого трубопровода

Запишем уравнение Бернулли для сечений 1-1 и 2-2. Поскольку скорость в обоих сечениях одинакова и $\alpha_1 = \alpha_2$, то скоростной напор можно не учитывать. При этом получим

$$z_1 + \frac{P_1}{\rho g} = z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \sum h$$

или

$$\frac{P_1}{\rho g} = z_2 - z_1 + \frac{P_2}{\rho g} + \sum h$$

Пьезометрическую высоту, стоящую в левой части уравнения, назовем *потребным напором* $H_{номр}$. Если же эта пьезометрическая высота задана, то ее называют *располагаемым напором* $H_{расн}$. Такой напор складывается из геометрической высоты $H_{номр}$, на которую поднимается жидкость, пьезометрической высоты в конце трубопровода и суммы всех потерь напора в трубопроводе.

Назовем сумму первых двух слагаемых *статическим напором*, который представим как некоторую эквивалентную геометрическую высоту

$$H_{см} = \Delta z + \frac{P_2}{\rho g}$$

а последнее слагаемое $\sum h$ - как степенную функцию расхода

$$\sum h = KQ^m$$

тогда

$$H_{номр} = H_{см} + KQ^m$$

где K - величина, называемая сопротивлением трубопровода;

Q - расход жидкости;

m - показатель степени, который имеет разные значения в зависимости от режима течения.

Для ламинарного течения при замене местных сопротивлений эквивалентными длинами сопротивление трубопровода равно

$$K = \frac{128\nu l_{расч}}{\pi g d^4} \quad \text{и} \quad m = 1$$

где $l_{расч} = l + l_{экв}$.

Численные значения эквивалентных длин $l_{экв}$ для различных местных сопротивлений обычно находят опытным путем.

Для турбулентного течения, используя формулу Вейсбаха-Дарси, и выражая в ней скорость через расход, получаем

$$K = \left(\sum \zeta + \lambda_r \frac{\ell}{d} \right) \frac{16}{2g\pi^2 d^4} \quad \text{и} \quad m = 2$$

По этим формулам можно построить кривую потребного напора в зависимости от расхода. Чем больше расход Q , который необходимо обеспечить в трубопроводе, тем больше требуется потребный напор $H_{потр}$. При ламинарном течении эта кривая изображается прямой линией (рис.2, а), при турбулентном - параболой с показателем степени равном двум (рис.2, б).

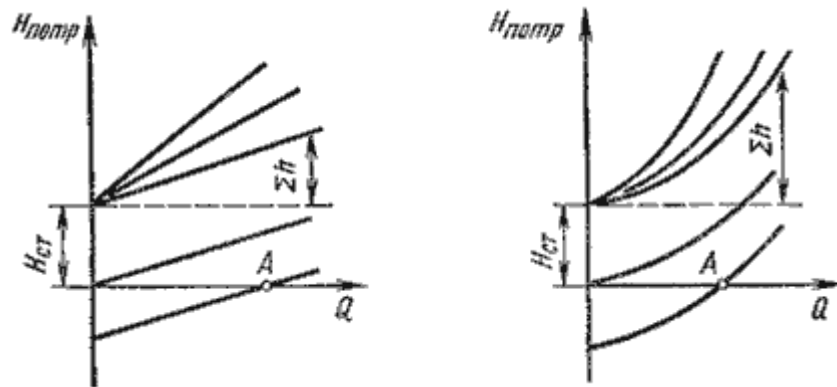


Рис.2. Зависимости потребных напоров от расхода жидкости в трубопроводе

Крутизна кривых потребного напора зависит от сопротивления трубопровода K и возрастает с увеличением длины трубопровода и уменьшением диаметра, а также с увеличением местных гидравлических сопротивлений.

Величина статического напора $H_{ст}$ положительна в том случае, когда жидкость движется вверх или в полость с повышенным давлением, и отрицательна при опускании жидкости или движении в полость с пониженным давлением. Точка пересечения кривой потребного напора с осью абсцисс (точка A) определяет расход при движении жидкости самотеком. Потребный напор в этом случае равен нулю.

Иногда вместо кривых потребного напора удобнее пользоваться характеристиками трубопровода. *Характеристикой трубопровода* называется зависимость суммарной потери напора (или давления) в трубопроводе от расхода:

$$\sum h = f(q)$$

2. Соединения простых трубопроводов

Простые трубопроводы могут соединяться между собой, при этом их соединение может быть *последовательным* или *параллельным*.

Последовательное соединение. Возьмем несколько труб различной длины, разного диаметра и содержащих разные местные сопротивления, и соединим их последовательно (рис. 3, а).

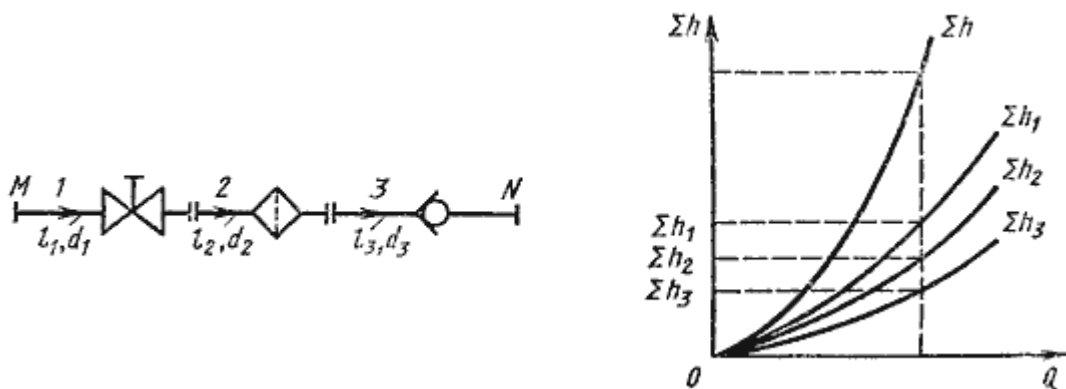


Рис. 3. Последовательное соединение трубопроводов

При подаче жидкости по такому составному трубопроводу от точки M к точке N расход жидкости Q во всех последовательно соединенных трубах 1, 2 и 3 будет одинаков, а полная потеря напора между точками M и N равна сумме потерь напора во всех последовательно соединенных трубах. Таким образом, для последовательного соединения имеем следующие основные уравнения:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$$

$$\Sigma_{M-N}^h = \Sigma_1^h + \Sigma_2^h + \Sigma_3^h$$

Эти уравнения определяют правила построения характеристик последовательного соединения труб (рис. 3, б). Если известны характеристики каждого трубопровода, то по ним можно построить характеристику всего последовательного соединения $M-N$. Для этого нужно сложить ординаты всех трех кривых.

Параллельное соединение. Такое соединение показано на рис. 4, а. Трубопроводы 1, 2 и 3 расположены горизонтально.

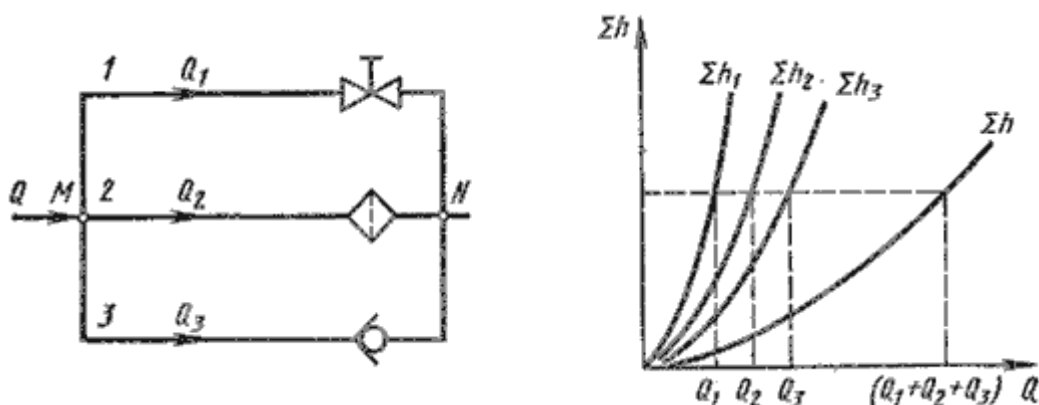


Рис. 4. Параллельное соединение трубопроводов

Обозначим полные напоры в точках M и N соответственно H_M и H_N , расход в основной магистрали (т.е. до разветвления и после слияния) - через Q , а в параллельных трубопроводах через Q_1 , Q_2 и Q_3 ; суммарные потери в этих трубопроводах через Σ_1 , Σ_2 и Σ_3 .

Очевидно, что расход жидкости в основной магистрали

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Выразим потери напора в каждом из трубопроводов через полные напоры в точках M и N :

$$\Sigma^h 1 = H_M - H_N; \Sigma^h 2 = H_M - H_N; \Sigma^h 3 = H_M - H_N$$

Отсюда делаем вывод, что

$$\Sigma^h_1 = \Sigma^h_2 = \Sigma^h_3$$

т.е. потери напора в параллельных трубопроводах равны между собой. Их можно выразить в общем виде через соответствующие расходы следующим образом

$$\Sigma^h 1 = K_1 Q_1^m; \Sigma^h 2 = K_2 Q_2^m; \Sigma^h 3 = K_3 Q_3^m$$

где K и m - определяются в зависимости от режима течения.

Из двух последних уравнений вытекает следующее правило: для построения характеристики параллельного соединения нескольких трубопроводов следует сложить абсциссы (расходы) характеристик этих трубопроводов при одинаковых ординатах (Σh). Пример такого построения дан на рис. 3, б.

Контрольные вопросы:

1. Короткий трубопровод
2. Длинный трубопровод
3. Простой трубопровод
4. Параллельное соединение
5. Последовательное соединение

Практическое занятие № 2

Тема: «Устройство и принцип действия центробежного насоса»

Цели: Изучить устройство и принцип действия центробежного насоса

Норма времени: 2 ч

Ход занятия:

Центробежные насосы являются одной из самых распространенных разновидностей динамических гидравлических машин. Они широко применяются: в системах водоснабжения, водоотведения, в теплоэнергетике, в химической промышленности, в атомной промышленности, в авиационной и ракетной технике и др.

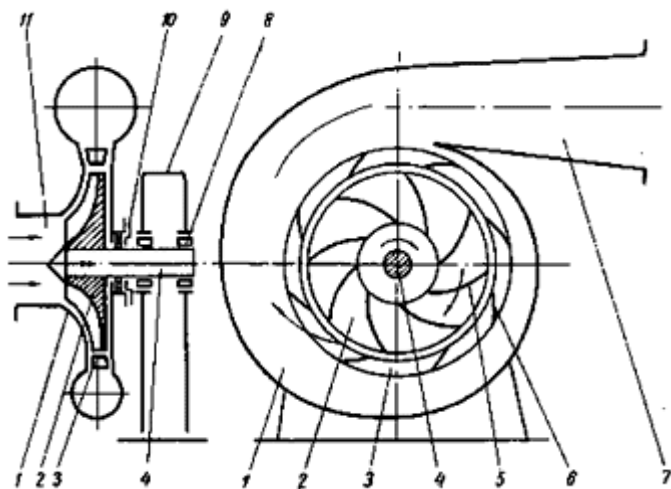


Рис. 1 Принципиальная схема центробежного насоса:

1 - рабочая камера; 2 - рабочее колесо; 3 - направляющий аппарат; 4 - вал;

5 - лопатка рабочего колеса;

6 - лопатка направляющего аппарата; 7 - нагнетательный патрубок;

8 - подшипник; 9 - корпус насоса (опорная стойка);

10 - гидравлическое торцовое уплотнение вала (сальник);

11 - всасывающий патрубок.

На рабочем колесе имеются лопатки (лопасти), которые имеют сложную форму.

Жидкость подходит к рабочему колесу вдоль оси его вращения, затем направляется в межлопаточный канал и попадает в отвод. Отвод предназначен для сбора жидкости, выходящей из рабочего колеса, и преобразования кинетической энергии потока жидкости в потенциальную энергию, в частности в энергию давления. Указанное выше преобразование энергии должно происходить с минимальными гидравлическими потерями, что достигается специальной формой отвода.

Корпус насоса предназначен для соединения всех элементов насоса в энергетическую гидравлическую машину. Лопастный насос осуществляет преобразование энергий за счет динамического взаимодействия между потоком жидкой среды и лопастями вращающегося рабочего колеса, которое является их рабочим органом. При вращении рабочего колеса жидкая среда, находящаяся в межлопаточном канале, лопатками отбрасывается к периферии, выходит в отвод и далее в напорный трубопровод.

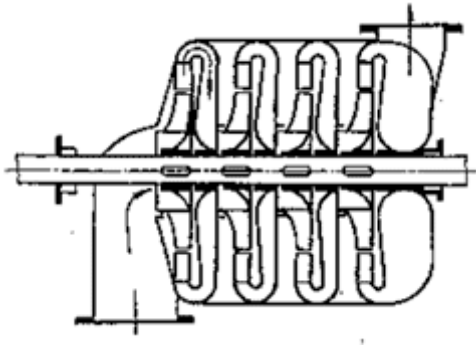


Рис. 2 Схема многоступенчатого центробежного насоса

В центральной части насоса, т. е. на входе жидкости в рабочее колесо насоса, возникает разрежение, и жидкая среда под действием давления в расходной емкости направляется от источников водоснабжения по всасывающему трубопроводу в насос.

Частоту вращения рабочего колеса насоса обозначают через n (об/мин), а угловую скорость - через ω .

Связь между ω и n определяется выражением

$$\omega = \pi n / 30$$

В настоящее время промышленностью выпускается большое количество различных типов центробежных насосов, которые можно **классифицировать по следующим признакам:**

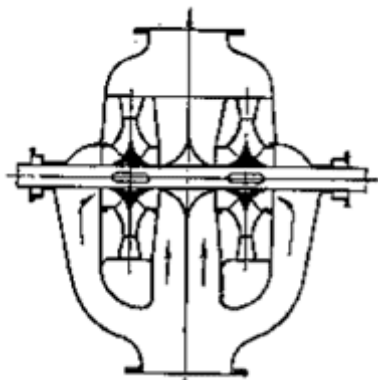


Рис. 3 Схема двухпоточного центробежного насоса

по числу ступеней (колес): одноступенчатые (рис. 1), двухступенчатые, многоступенчатые (рис. 2);
по числу потоков: однопоточные, двухпоточные (рис. 3), многопоточные;
по условиям подвода жидкости к рабочему колесу: одностороннего входа (рис. 1), двустороннего входа (рис. 4);
по условиям отвода жидкости из рабочего колеса: со спиральным отводом (рис. 1), с кольцевым отводом, с направляющим аппаратом; по конструкции рабочего колеса: с закрытым рабочим колесом, с открытым рабочим колесом (рис. 5);
по способу привода: с приводом через соединительную муфту, с приводом через редуктор и др.;
по расположению вала: горизонтальные, вертикальные;
с мокрым ротором, с сухим ротором.

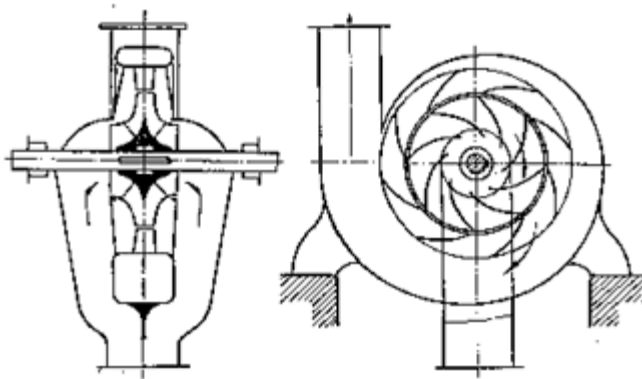


Рис. 4. Схема центробежного насоса с двусторонним входом

Насос с сухим ротором - это насос, в котором ротор электродвигателя не соприкасается с перекачиваемой жидкой средой. Насосы с большой подачей жидкости Q , как правило, изготавливаются с сухим ротором.

Насос с мокрым ротором - это насос, в котором ротор двигателя непосредственно работает в жидкой среде. Статор двигателя (находящийся под напряжением) отделен от ротора гильзой (толщиной 0,1 - 0,3 мм), изготовленной, например, из немагнитизирующейся нержавеющей стали. Смазка подшипников ротора осуществляется жидкой средой, которая и выполняет функцию охлаждения ротора. Вал насоса обычно располагается горизонтально.

Укажем **преимущества центробежных насосов** по сравнению с насосами других типов: пологие характеристики $H = f(Q)$ и $\eta = \eta(Q)$, в результате чего высокие значения напоров H и высокие значения КПД сохраняются в широком диапазоне подач Q ; большая частота вращения, что позволяет в качестве привода для насосов использовать

электродвигатели и турбины;
 плавная форма изменения мощности N , что позволяет выполнить пуск насоса при закрытой выходной задвижке (или при закрытом обратном клапане);
 устойчивость в работе насосов и расширение технических показателей N и Q при последовательном и параллельном соединении насосов при работе на один трубопровод;
 плавное протекание переходных процессов при изменении режима работы гидросистемы;
 расположение насоса выше уровня жидкости в расходной емкости;
 изменение показателей насосов N , Q , η за счет различных факторов: обточки диаметра рабочего колеса, изменения частоты вращения, изменения частоты электроснабжения и др.;
 невысокая стоимость насоса из-за использования в конструкции насоса сравнительно дешевых конструкционных материалов: сталь, чугун, полимерные материалы;
 простота технического обслуживания и эксплуатации;
 высокая надежность в работе;
 большие подачи жидкости Q ;
 равномерный с малыми пульсациями давления поток жидкости;
 возможность успешной работы на "загрязненных" жидкостях.

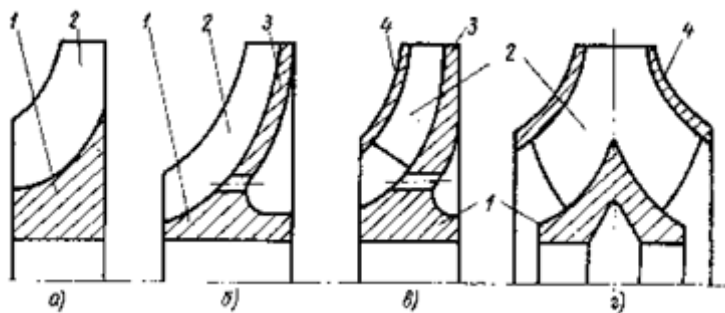


Рис. 5 Схемы различных рабочих колес:

*а - открытого типа; б - полузакрытого типа; в - закрытого типа;
 г - рабочее колесо закрытого типа с двусторонним входом;
 1 - втулка; 2 - лопатка; 3 - несущий диск; 4 - покрывающий диск*

Но центробежные насосы обладают и рядом **недостатков**:

требуют заливки перед пуском;
 имеют склонность к кавитации;
 имеют пониженное значение КПД при перекачивании вязких жидкостей;
 имеют небольшое значение КПД при малой подаче жидкости Q и большое значение напора H и др.

Центробежные насосы целесообразно использовать в области больших подач жидкости Q и низких и средних напоров жидкости H .

Контрольные вопросы:

1. Формы рабочих колес насосов различной быстроходности.
2. Коэффициент полезного действия центробежных насосов.
3. Упрощенный способ расчета рабочего колеса насосов малой мощности.
4. Кавитация, допустимая высота всасывания.
5. Типы характеристик центробежных насосов.
6. Основные части конструкций центробежных насосов. Применяемые материалы.
7. Конструкция центробежных насосов.
8. Влияние температуры жидкости на конструкцию центробежных насосов.
9. Особые конструкции агрегатов с центробежными насосами.
10. Выбор насосов по заданным рабочим параметрам. Приводные двигатели.
11. Устройство и эксплуатация насосных установок.

Практическое занятие № 3

Тема: « Устройство и принцип действия центробежного вентилятора»

Цели: Изучить устройство и принцип действия вентиляторов

Норма времени: 2 ч

Ход занятия:

Устройство и принцип действия центробежного вентилятора аналогичны устройству и принципу действия центробежного насоса и турбокомпрессора.

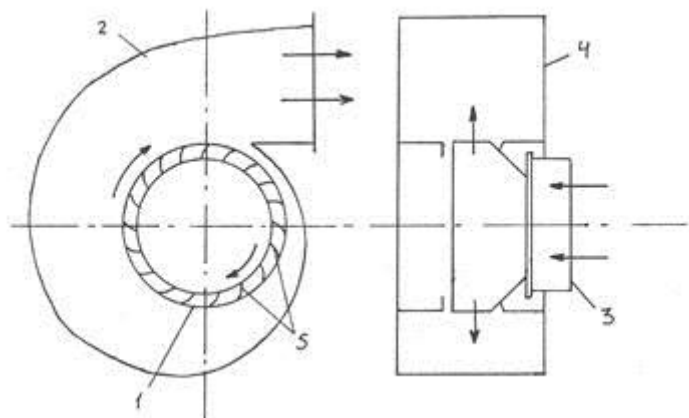


Рис.1. Схема центробежного вентилятора:

1 - рабочее колесо; 2 - кожух-диффузор; 3 – всасывающий патрубок; 4 - нагнетательный патрубок; 5 - лопасти рабочего колеса

Рабочее колесо центробежного вентилятора имеет вид лопастного ротора с большим числом невысоких лопаток, которое определяется диаметром (рис.1). Лопасти большинства центробежных вентиляторов изготавливают изогнутыми вперед. Материалом для лопастей служит углеродистая сталь. Лопасти крепятся к днищу и ободу ротора посредством клепки или сварки.

Рабочее колесо I заключено в спиральный кожух-диффузор 2.

Последний склепывается или сваривается из листовой стали, а иногда отливается из чугуна.

Кожух вентилятора имеет два патрубка: всасывающий 3 - круглого сечения и нагнетательный 4 - обычно прямоугольного сечения. Вентиляторы большой производительности, аналогично центробежным насосам большой производительности, имеют рабочее колесо с двусторонним входом и кожух с двумя всасывающими патрубками.

Приводом для вентилятора обычно служит электродвигатель, с которым вал вентилятора соединен непосредственно или ременной передачей со шкивом на валу вентилятора. В первом случае установка получается более компактной, во втором случае получается минимум шума (гудения). Уменьшению шума способствует также и загнутая вперед форма лопастей 5. Лопасти, загнутые назад, делаются лишь в вентиляторах высокого давления с целью повышения к.п.д. этих вентиляторов.

Работа вентилятора протекает следующим образом. Как в центробежных насосах и турбокомпрессорах, в вентиляторах процессы всасывания и нагнетания производятся быстро вращающимися лопастями рабочего колеса. При этом у входа в вентилятор создается пониженное, а на выходе из него - избыточное давление. Избыток давления на выходе расходуется на преодоление сопротивления в нагнетательном трубопроводе.

Контрольные вопросы:

1. Простейшая конструкция центробежных вентиляторов.
2. Подача, мощность, КПД вентилятора.

Практическое занятие № 4

Тема: «Устройство и принцип действия котельных установок»

Цели: Изучить устройство и принцип действия котельной установки

Норма времени: 4 ч

Ход занятия:

Котельной установкой называется устройство, состоящее из одного или нескольких котлов и вспомогательного оборудования.

Вспомогательное оборудование предназначено для обеспечения нормальной работы котлов и включает в себя:

- устройства для приема, хранения топлива и подготовки его к сжиганию и подачи к котлам, называемые обычно топливным хозяйством;
- тягодутьевые установки для подачи воздуха в котлы, обеспечения движения газов в котлах и котельных и удаления газов в атмосферу;
- устройства для удаления золы и шлака;
- устройства для очистки газов от золы и других вредных примесей с целью охраны ОПС от загрязнений;
- водоподготовительные установки для очистки воды от веществ, вызывающих образование накипи, загрязнение пара и коррозию металла;
- установки для образования горячей сетевой воды;
- установки для сбора, перекачки конденсата и питания паровых котлов водой;
- трубопроводы различного назначения;
- устройства автоматики безопасности, автоматического регулирования, контроля, сигнализации и управления технологическими процессами;
- электрооборудование, водопровод, канализацию, вентиляцию и др. системы.

На рис. 1 дана технологическая схема котельной с двумя паровыми котлами, работающими на мазуте. Мазут забирается из резервуара 1 и подается насосом 2 в горелочные устройства котлов 6. Подача воздуха на горение мазута производится дутьевыми вентиляторами 7.

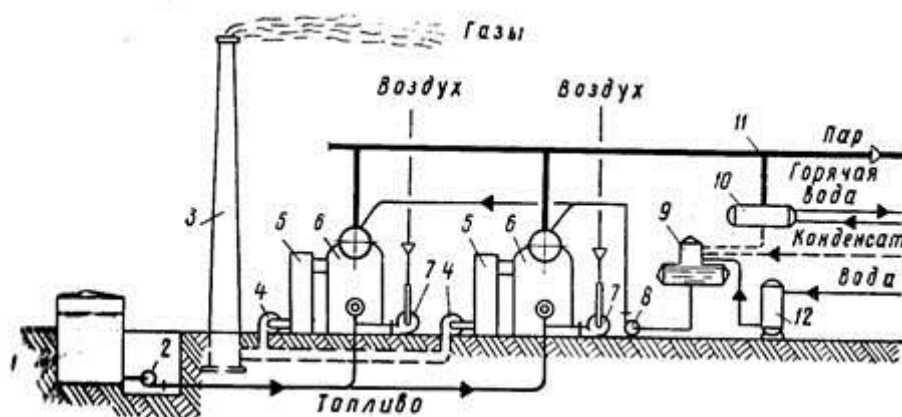


Рис.1. Схема устройства и работы котельной установки:

1 – топливохранилище; 2 - топливный насос; 3 – дымовая труба; 4 – дымососы; 5 – водяные экономайзеры; 6 – паровые котлы; 7 – дутьевые вентиляторы; 8 – питательные насосы; 9 – деаэратор; 10 – водоподогреватель; 11 – паропровод; 12 – водоподготовительная установка.

Продукты сгорания отсасываются из котлов дымососами 4, нагнетаются ими в дымовую трубу 3, через нее поступают в атмосферу и рассеиваются в ней.

Пар с котлов по паропроводу 11 подается внешним потребителям и на водоподогреватель 10. В подогревателе пар греет сетевую воду для систем отопления и горячего водоснабжения.

Конденсат с водоподогревателя и от потребителей пара поступает в деаэратор 9. Здесь конденсат подвергается кипячению для удаления коррозионно-агрессивных газов (кислорода и углекислого газа).

Потери пара, конденсата и воды в котельной и в тепловых сетях восполняются сырой водой. Так как вода содержит различные примеси, которые загрязняют поверхности нагрева накипью и шламом, то первоначально вода очищается от твердых примесей (осветляется, умягчается) в водоподготовительной установке 12. Коррозионно-агрессивные газы (кислород и углекислый газ) удаляются из воды в деаэраторе 10.

Аналогичную технологическую схему имеет и котельная, работающая на твердом топливе (например, на угле). В таких случаях котельная оборудуется складом топлива и устройствами для подачи угля к котлам. Шлак и зола удаляются за пределы котельной различными механическими устройствами, например, скреперными ковшами и скребковыми транспортерами. Для защиты ОПС от золы продукты сгорания подвергаются очистке в золоуловителях.

В зависимости от назначения и характера подсоединения потребителей СНиП II–35–76 «Котельные установки» подразделяет котельные на следующие типы:

- отопительные – для обеспечения теплотой систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения жилых и общественных зданий;

- производственные – для технологического теплоснабжения промышленных предприятий.

- отопительно–производственные – для обеспечения теплотой систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и технологического теплоснабжения.

Кроме того, по типу установленных котлов котельные делятся на паровые, водогрейные и пароводогрейные.

По схеме отпуска теплоты котельные подразделяются на котельные, работающие на закрытую систему теплоснабжения (вся вода, поступающая в тепловые сети, возвращается обратно в котельную) и котельные, работающие на открытую систему теплоснабжения (часть горячей воды остается у потребителя).

По мощности котельные условно делятся на котельные малой мощности (до 20 МВт), средней мощности (от 20 и до 100 МВт) и крупные котельные (от 100 до 600 МВт). На объектах МО в основном используются котельные малой и средней мощности.

Контрольные вопросы:

1. Вспомогательное оборудование котельной установки.
2. Схема устройства и работы котельной установки.

Практическое занятие № 5

Тема: «Дополнительные поверхности нагрева котельной установки»

Цели: Изучить дополнительные поверхности нагрева котельной установки.

Норма времени: 4 ч

Ход занятия:

Экономайзер и воздухоподогреватель омываются газами сравнительно низкой температуры, т. к. они расположены в котле последними на пути дымовых газов, поэтому их называют *хвостовыми поверхностями нагрева*.

Водяной экономайзер устанавливают за испарительными конвективными поверхностями нагрева котла или за пароперегревателем по ходу топочных газов. Он предназначен для подогрева питательной воды перед её поступлением в котел; при этом дополнительно используется тепло дымовых газов, что повышает экономичность котлоагрегатов. В котельных установках применяются в основном два типа экономайзеров: чугунные ребристые и стальные змеевиковые [9].

Стальные змеевиковые используются для котлов среднего и высокого давления. Они бывают отключаемыми и неотключаемыми. Неотключаемые экономайзеры составляют неотделимую часть котла; между ними и котлом нет арматуры.

На рис. 1 представлен общий вид чугунного ребристого экономайзера системы ВТИ. Он набирается из отдельных стандартных ребристых труб длиной 2 м с внутренним диаметром 50 мм и толщиной стенки 13 мм; форма рёбер – квадратная (140×140 мм). Рёбра на трубах служат для увеличения поверхности нагрева и лучшей передачи тепла горячих газов воде. На конце каждой ребристой трубы имеется фланец прямоугольной формы размером 150×150 мм. Площадь нагрева одной трубой – 2,95 м².

Ребристые трубы соединяются между собой калачами 6, расположенными горизонтально и вертикально, чем обеспечивается проход воды последовательно через все горизонтальные трубы экономайзера.

Чтобы зола не накапливалась на трубах (во избежание тепловых ударов), применяется обдувка экономайзеров, которая производится сжатым воздухом или перегретым паром давлением не менее 8 атм.

Достоинство чугунных экономайзеров в том, что они более устойчивы (по сравнению со стальными) к внутренней и наружной коррозии. Кроме того, при ремонте калачи могут сниматься и трубы сравнительно легко очищаются от внутренних загрязнений.

Недостатками чугунных водяных экономайзеров являются их относительно большие габариты и невысокий коэффициент теплоотдачи, причина чего – немалые диаметры труб и низкие скорости газов, а также недостаточная устойчивость чугуна в случае гидравлических ударов. Поскольку чугунные экономайзеры являются отключаемыми, необходимо следить, чтобы вода в них не доходила до кипения.

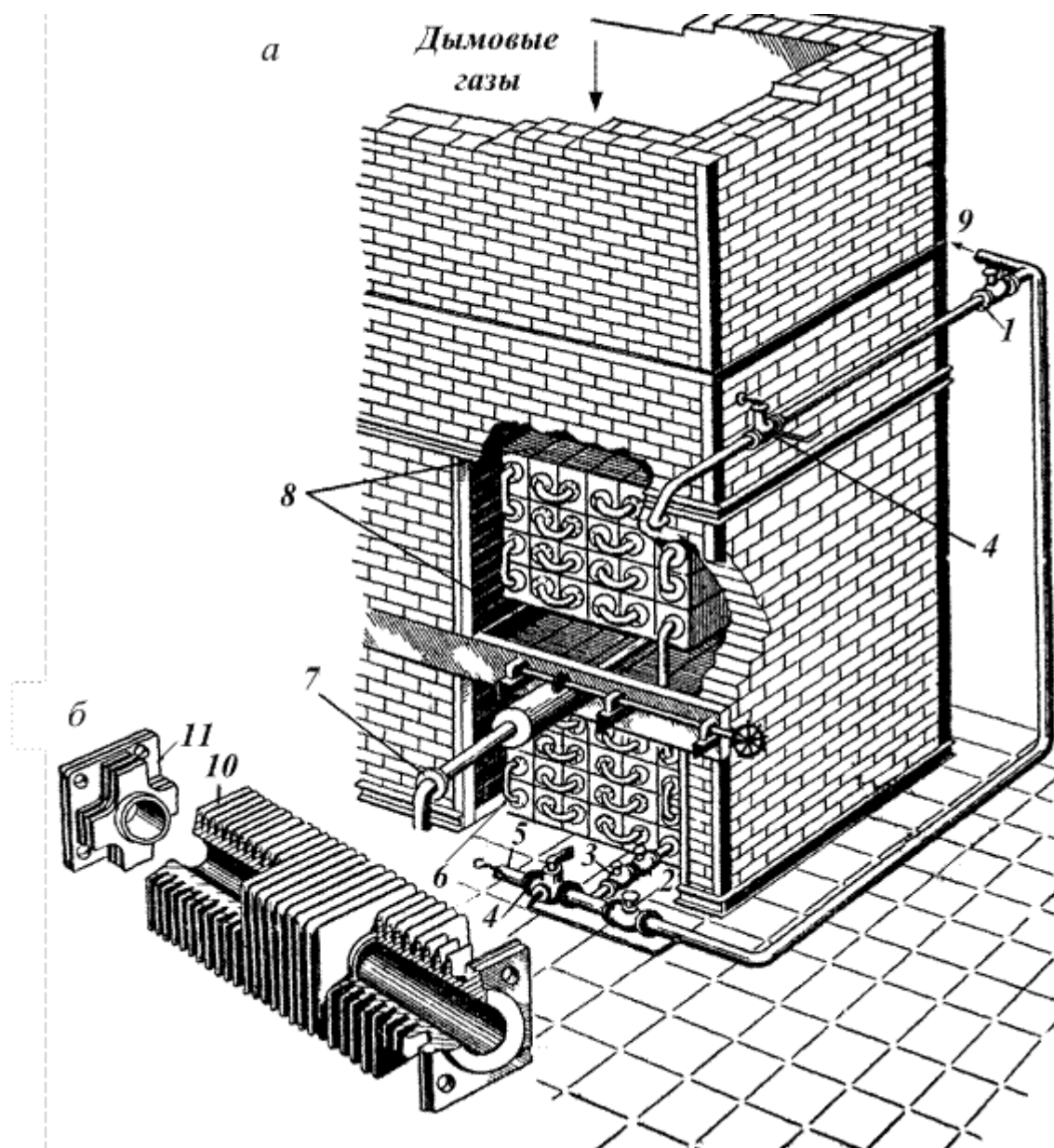


Рис. 1. Чугунный ребристый экономайзер:

а – общий вид; *б* – ребристая труба; 1 – питательный клапан;
 2 – запорная задвижка; 3 – обратный клапан; 4 – предохранительный
 клапан; 5 – вход питательной воды; 6 – соединительные калачи;
 7 – обдувочное устройство; 8 – ребристые трубы;
 9 – горячая вода к барабану котла; 10 – ребра; 11 – фланец

На рис. 2 показана схема устройства водяного стального змеевикового экономайзера. Его конструкция аналогична конструкции пароперегревателя. Экономайзер состоит из водяных камер (коллекторов) 1 и 2 и змеевиков 4 из стальных труб с наружным диаметром 38–51 мм и толщиной стенок 3–5 мм в зависимости от давления. Концы змеевиков ввальцовывают в отверстия коллекторов или приваривают к штуцерам камеры. Подводящие и отводящие трубы экономайзера присоединяют к коллекторам

путем сварки. Змеевики экономайзера обычно располагаются в шахматном порядке. В зависимости от размера экономайзеры по высоте делятся на отдельные пакеты, которые устанавливаются по ходу газов на некотором расстоянии один от другого. Пространство между пакетами используется для очистки от золы и ремонта экономайзера.

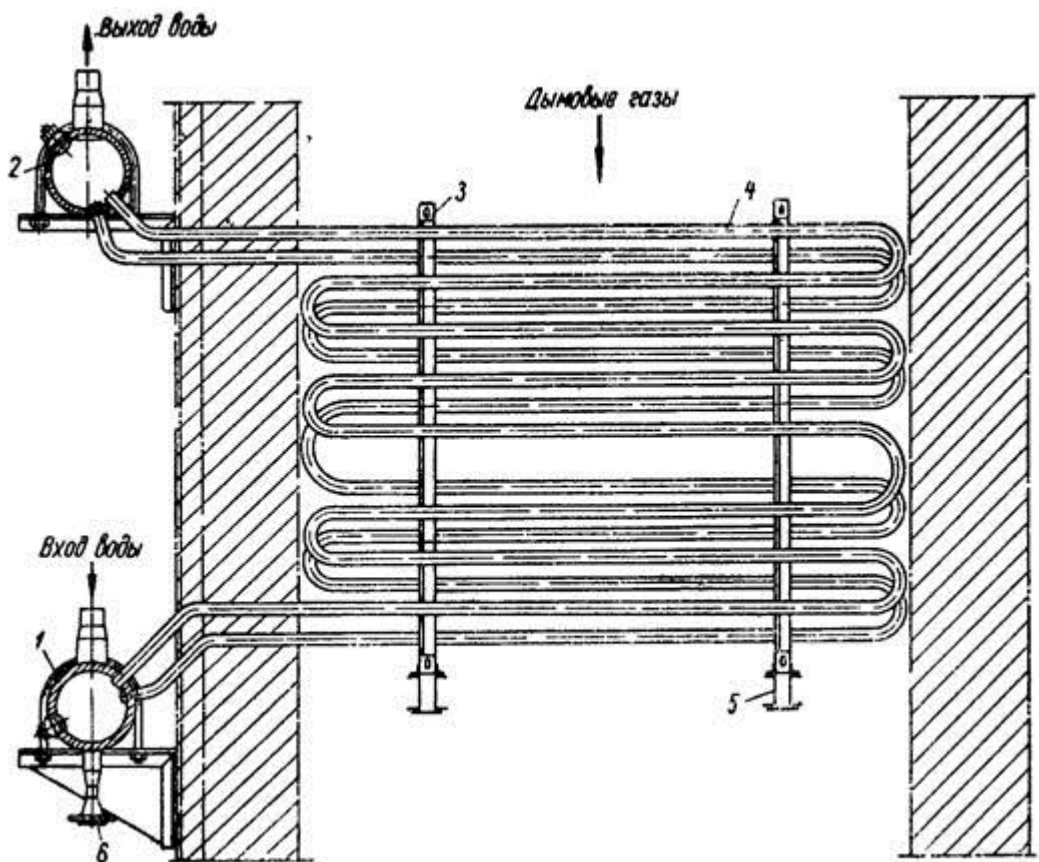


Рис. 2. Стальной змеевиковый экономайзер:

- 1 – нижний коллектор (вход воды); 2 – верхний коллектор (выход воды);
- 3 – опорная стойка; 4 – змеевики; 5 – опорные балки (охлаждаемые);
- 6 – спуск воды

Воздухоподогреватели

Воздухоподогреватели служат для подогрева воздуха перед его поступлением в топку. Оптимальная величина подогрева воздуха в воздухоподогревателе зависит от рода сжигаемого топлива, его влажности и типа топочного устройства и достигает 200 °С для каменных углей, сжигаемых на цепной решетке (во избежание перегрева колосников), 250 °С для торфа, сжигаемого на тех же решетках, 350 – 450 °С при сжигании жидкого и пылевидного топлива в камерных топках [9].

Для получения высокой температуры подогрева воздуха применяется двухступенчатый подогрев. Для этого воздухонагреватель делится на две части, между которыми («врассечку») устанавливается часть водяного экономайзера.

Температура поступающего воздуха, поступающего в воздухоподогреватель, должна быть не менее чем на 10 – 15 °С выше точки росы дымовых газов во избежание коррозии

холодного конца воздухоподогревателя в результате конденсации водяных паров, содержащихся в дымовых газах (при их соприкосновении с относительно холодными стенками воздухоподогревателя), а также забивания проходных каналов налипающей на влажные стенки золой.

Эти условия можно соблюсти двумя путями: повышением температуры уходящих газов и потерей тепла, что экономически невыгодно, либо установкой специальных устройств для подогрева воздуха перед его поступлением в воздухоподогреватель. Для этого применяются специальные калориферы, в которых воздух подогревается отборным паром от турбин или отработанным паром от питательных насосов. В некоторых случаях подогрев воздуха осуществляется путем рециркуляции, т. е. часть нагретого в воздухоподогревателе воздуха возвращается через всасывающий патрубок к дутьевому вентилятору и смешивается с холодным воздухом.

При малых нагрузках котлоагрегата предварительный подогрев воздуха (при прочих равных условиях) должен быть несколько выше, чем при нормальной нагрузке, что объясняется более низкой температурой дымовых газов.

По принципу работы *воздухоподогреватели* делятся на *рекуперативные* и *регенеративные* (вращающиеся).

В рекуперативных происходит непрерывная передача тепла дымовых газов воздуху через стенку поверхности нагрева, разделяющую обе эти среды.

Рекуперативные воздухоподогреватели бывают трубчатыми, пластинчатыми и чугунными ребристыми (рис. 3). Наибольшее распространение получили трубчатые воздухоподогреватели. Они состоят из отдельных кубов, набираемых из стальных труб с толщиной стенки 1,5 мм, длиной от 2 до 10 м и наружным диаметром 41 – 51 мм. Концы труб привариваются к верхней и нижней трубным доскам.

Внутри труб в вертикальном направлении движутся дымовые газы (черные стрелки). Снаружи трубы омываются воздухом (контурные стрелки), который движется в горизонтальном направлении, снизу вверх, перпендикулярно трубам. Движение газов и воздуха в воздухоподогревателе, как правило, осуществляется по принципу противотока.

Трубчатые воздухоподогреватели имеют высокий коэффициент теплопередачи (15 – 18 ккал/м²·ч·гр). Они просты в изготовлении и надежны в эксплуатации.

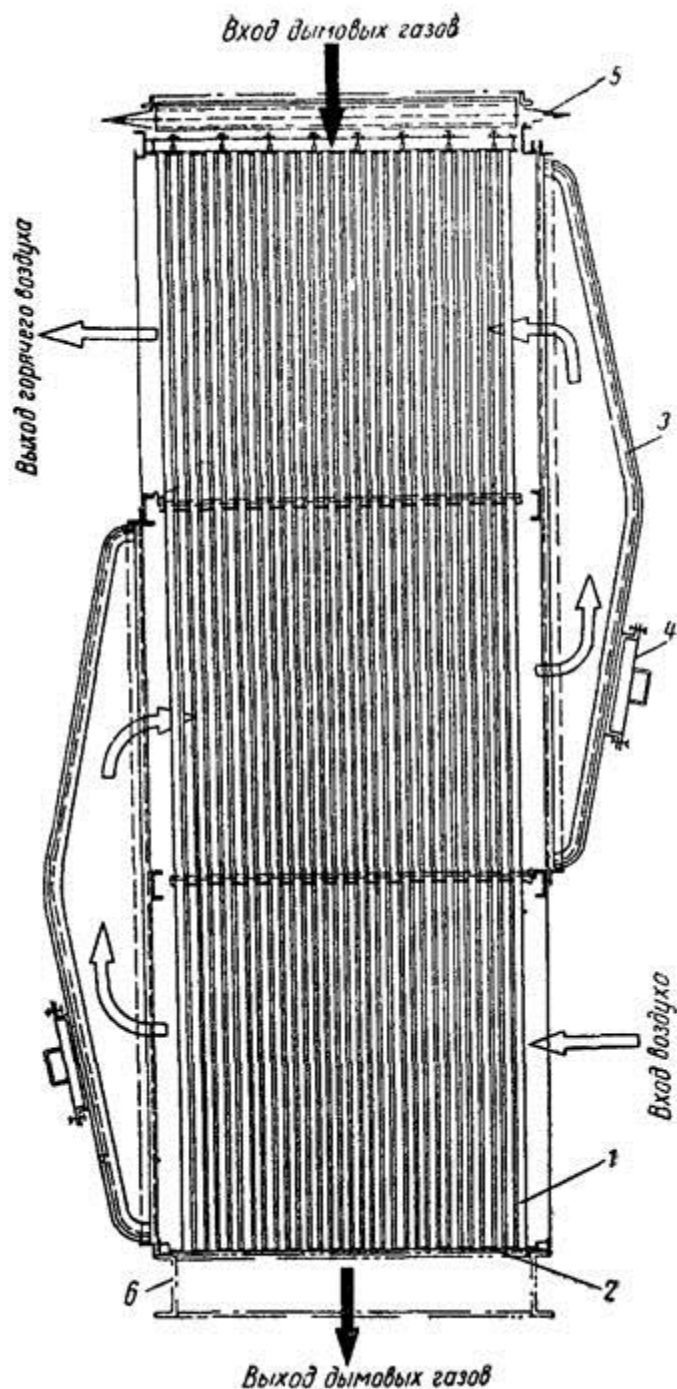


Рис. 3. Трубчатый воздухоподогреватель: 1 – трубы; 2 – нижняя трубная доска; 3 – перепускной короб для воздуха; 4 – люк; 5 – компенсатор;

6 – опорная рама

В **регенеративных воздухоподогревателях** теплообмен происходит в результате попеременного нагрева и охлаждения в газовом и воздушном потоках вертикальных гофрированных пластин, укрепленных на медленно вращающемся роторе (от 3 до 8 оборотов в минуту). При этом тепло, аккумулированное пластинами во время их омывания горячими газами, передается воздуху при последующем прохождении пластин

через воздушный поток. Регенеративный воздухоподогреватель (рис. 18) состоит из неподвижного цилиндрического корпуса 6, разделенного на две части. В одну из них по коробу 5 поступает воздух, а в другую по коробу 4 – газы. Движение газов и воздуха осуществляется противотоком. На рис. 4 направление движения газов показано черными стрелками, а движения воздуха – контурными.

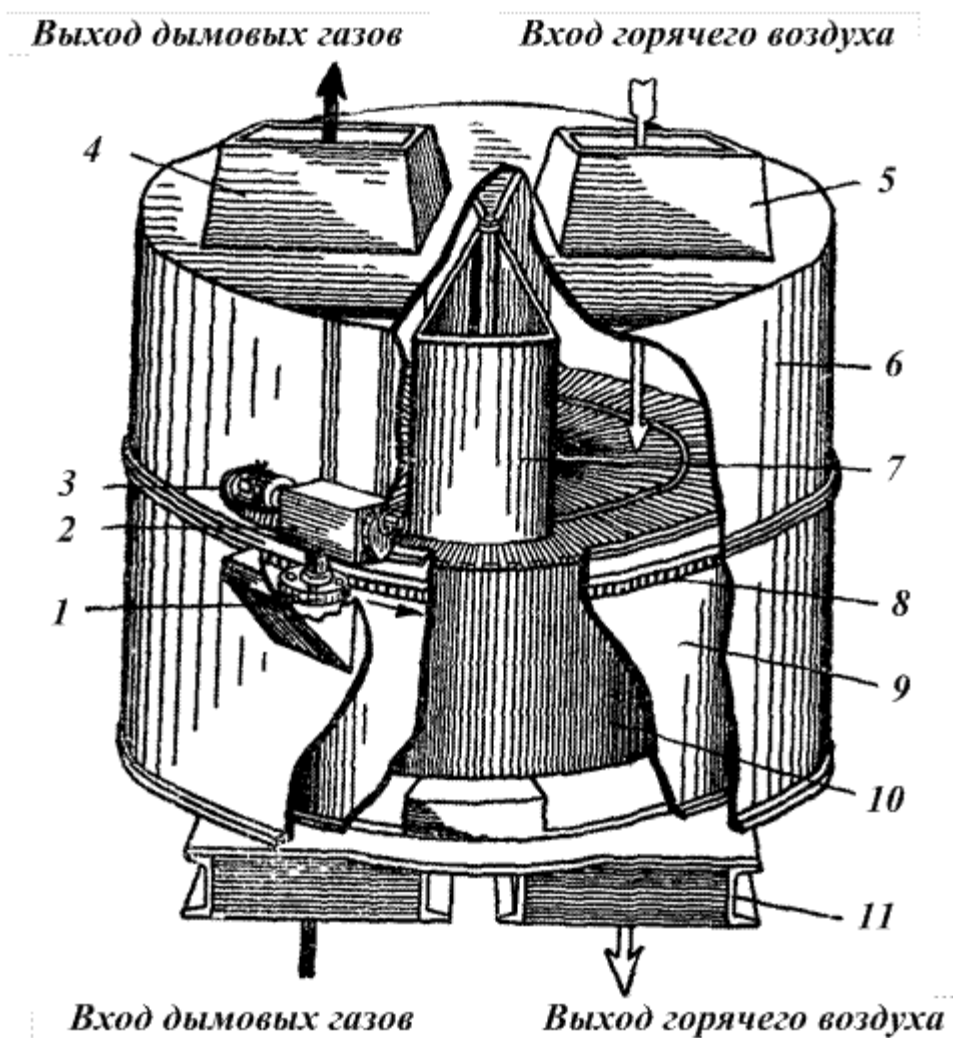


Рис. 4. Регенеративный воздухоподогреватель (общий вид):

1 – приводная шестерня; 2 – редуктор; 3 – электродвигатель;

4 – присоединительный газовый короб; 5 – присоединительный воздушный короб; 6 – корпус; 7 – сектор-разделитель; 8 – зубчатая шестерня; 9 – кожух ротора; 10 – пластинчатая секция (пакет ротора);

11 – опорная рама с присоединительными коробами

Ротор комплектуется из отдельных секций (пакетов), которые набираются из металлических нагревательных пластин (плоских и зубчатых).

Приводное устройство состоит из большой шестерни 8, закрепленной на наружной стенке кожуха 9 ротора, которая сцеплена с шестерней 1, приводимой в движение электродвигателем 3 через редуктор 2.

Достоинства регенеративного подогревателя заключаются в его компактности и малом весе. Недостатками являются более высокая чем у трубчатого воздухоподогревателя, трудоемкость изготовления, а также трудность создания надежных уплотнений, препятствующих перетеканию воздуха в газовую сторону воздухоподогревателя и дымовых газов помимо насадки. По этой причине присос воздуха в регенеративном воздухоподогревателе оказывается большим, чем в трубчатом.

В регенеративном воздухоподогревателе можно нагревать воздух до 200 – 250° С. Преимущественная область их применения – котельные агрегаты большой мощности, в частности предназначенные для сжигания газа и мазута. К котлу устанавливают два или более воздухоподогревателя, включенных параллельно.

Контрольные вопросы:

1. Что называют хвостовыми поверхностями нагрева.
2. Каково назначение экономайзера. Виды.
3. Для чего служит воздухоподогреватель.
4. На какие типы делятся воздухоподогреватели по принципу работы. В чем их различия.
5. В чем достоинства и недостатки разных типов воздухоподогревателей.

Практическое занятие № 6

Тема: «Анализ устройства и работы котла»

Цели: Изучить устройство и работу котла

Норма времени: 4 ч

Ход занятия:

Паровой или водогрейный котел представляет собой устройство в виде металлического сосуда, который обогревается продуктами сгорания топлива и служит для получения горячей воды или пара. Основным элементом котла является поверхность нагрева - поверхность металлических стенок, омываемых с одной стороны горячими газами, а с другой - водой. В современных котлах поверхность нагрева выполняется в виде труб, присоединенных к барабанам и коллекторам.

В зависимости от места расположения поверхность нагрева котла делится на радиационную и конвективную.

Радиационная поверхность нагрева воспринимает теплоту от газов главным образом вследствие их лучеиспускания. Большая часть этой поверхности, расположенная в топке, называется экраном. В зависимости от места расположения экраны разделяются на боковые (трубы размещены на боковых стенках топки), фронтовые (трубы находятся на передней стенке) и т.д.

Конвективная поверхность нагрева воспринимает теплоту от газов при соприкосновении (конвекции) с ними. Она расположена в газоходах котла, где передача теплоты лучеиспусканием хотя и наблюдается, но не является главной и по величине значительно меньше передачи теплоты конвекцией.

Площадь поверхности нагрева котла определяется со стороны, омываемой газами. При работе парового котла нижняя часть его объема всегда заполнена водой, а верхняя часть - паром. Объем котла, занятый водой, называется водяным пространством или водяным объемом. Та часть объема котла, которая при работе заполнена паром, называется паровым пространством.

От водяного объема котла зависит устойчивость его работы, т. к. вода в котле выполняет роль аккумулятора теплоты: запасает теплоту в период уменьшения нагрузки и отдает ее во время увеличения расхода пара. Поэтому в котлах с большим водяным объемом почти не изменяется давление даже при значительных колебаниях расхода пара.

Паровое пространство необходимо для сбора и осушки пара, образующегося в котле. Чем больше паровое пространство котла, тем благоприятнее условие для удаления влаги из пара - осушки. Наличие влаги в паре отрицательно влияет на работу большинства аппаратов, использующих пар. Для удаления влаги из пара в котле предусматривают сепарирующие устройство.

В процессе работы котла паровое и водяное пространства изменяются в зависимости от уровня воды в котле. Самый низкий уровень воды принимается из условия безопасной работы котла. Верхний уровень воды в котле не должен превышать уровня, при котором возможно резкое увеличение влажности образующегося пара или выброс котловой воды в паропровод. Расстояние между низшими и высшими уровнями воды (в зависимости от размеров котлов) в среднем составляет 50-100 мм.

Объем воды между указанными уровнями называется питательными, который в процессе работы котла заполняется попеременно водой и паром. На этих уровнях устанавливают водоуказательные стекла и пароводопробные краны, с помощью которых можно определить, находится ли уровень воды в котле в допустимых пределах.

Давление пара в котле контролируется манометрами, которые присоединяют с помощью сифонной изогнутой трубки к паровому пространству котла. Кроме того, на котле устанавливают предохранительный и обратный клапаны, вентили на питательном и паровом трубопроводах, а также на спускной линии, размещаемой в самой нижней части котла. Эта линия служит для продувки котла с целью удаления осевшей грязи (шлама) и выпуска воды при ремонте.

Паровой котел малой мощности имеет два барабана: верхний и нижний, которые соединены между собой пучком труб, образующих конвективную поверхность котла. В передней части котла размещается топка для сжигания топлива. Боковые стенки ее покрыты трубами - водяными экранами, образующими радиационную поверхность котла. Верхними концами экранной трубы завальцованны в верхнем барабане, а нижними - приварены к коллекторам.

В результате сжигания топлива в топке образуются дымовые газы высокой температуры. Эти газы проходят по газоходам котла, образуемым перегородками, омывают пучки труб, по которым движется (циркулирует) вода. В результате газы отдают воде часть своей теплоты и охлаждаются, а вода нагревается и превращается в пар, собираемый в верхнем барабане котла. Воздух для горения подается в топку снизу через поддувало (зольник), где частично собираются зола и мелкие кусочки топлива, провалившиеся через решетку.

Каркас котла - это несущая металлическая конструкция, воспринимающая вес котла с учетом временных и особых нагрузок и обеспечивающая требуемое взаимное расположение элементов котла. Конструкция каркаса зависит от мощности и компоновки котла.

Каркас котла (рис) представляет собой жесткую пространственную рамную конструкцию, состоящую из колонн, опорных и вспомогательных балок. Несущие колонны 2 - наиболее ответственная часть каркаса; они воспринимают основные нагрузки и передают их на фундамент 1. колонны изготавливают из швеллеров или двутавров, сваренных между собой с помощью специальных планок. Опорный башмак нижней части колонны состоит из опорной плиты, траверс и ребер.

Чтобы предохранить каркас от неравномерного нагрева, его выносят из зоны повышенных температур за обмуровку. Однако некоторые элементы каркаса, например опорные балки водяного экономайзера, не удастся вынести из зоны повышенных температур. В этом случае их изолируют или охлаждают воздухом, проходящем внутри элементов каркаса коробчатого сечения.

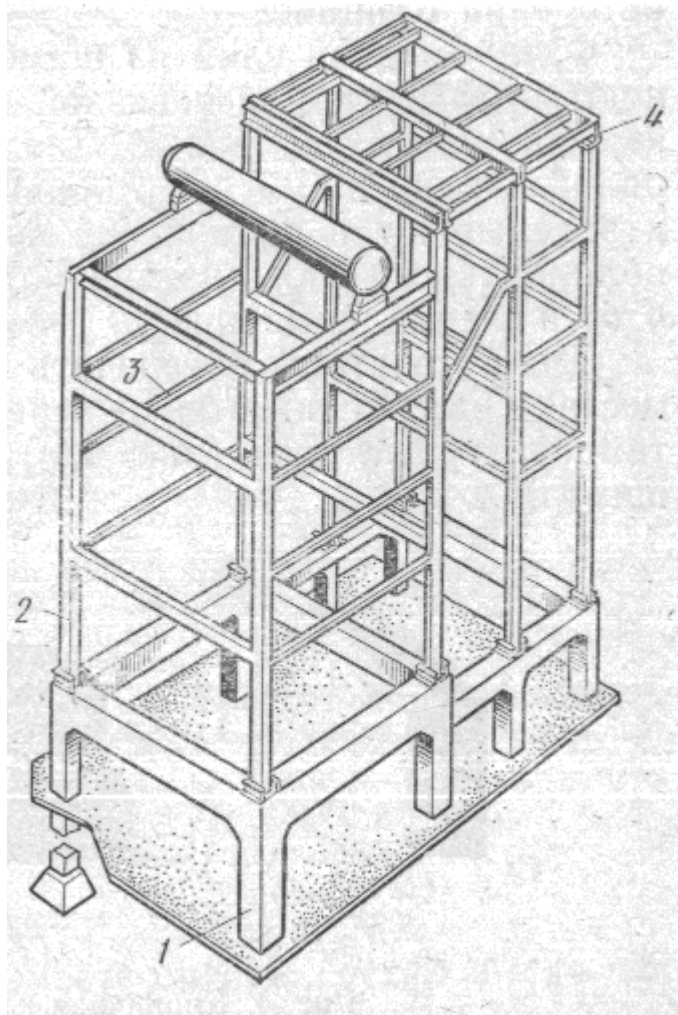


Рис. 1 Каркас котла типа БГ: 1-фундамент; 2-несущая колонна; 3- связи; 4-балка

Обмуровка котла - это система огнеупорных и теплоизоляционных ограждений или конструкций котла, предназначенных для уменьшения тепловых потерь и обеспечения газовой плотности.

Конструкция обмуровки зависит от условий, в которых она работает. Если стены топочной камеры закрыты трубами поверхностей нагрева - экранированы, то температура внутренней огневой стенки обмуровки будет значительно ниже, чем у неэкранированных котлов, и разность температур между наружной и внутренней стенками обмуровки уменьшится, т.е. обмуровка будет работать в более благоприятных условиях. В этом случае ее можно выполнить более легкой и дешевой.

Для котлов малой и средней мощности применяют тяжелые и облегченные обмуровки. Масса 1 м^3 тяжелой обмуровки составляет 1600-1900 кг, а облегченной 350-1300 кг.

Для создания жаростойкого слоя в котлах малой и средней мощности применяют сравнительно дешевые материалы: шамотный кирпич и шамотобетон. Для теплоизоляционного слоя используют диатомовый кирпич, диатомобетон, совелитовые и вермикулитовые плиты, изделия из шлако- и стекловаты, асбозурит и др. для облегченных обмуровок применяют плиты, панели и щиты из жаростойких и теплоизоляционных бетонов, набивных масс и обмазок.

К *гарнитуре котла* относятся устройства для обслуживания газоходов и топки котла: лазы, гляделки, затворы шлаковых и золовых бункеров, газовые и воздушные клапаны и заслонки, взрывные клапаны, а также обдувочные аппараты.

Лазы - предназначены для осмотра и ремонта поверхностей нагрева, могут быть прямоугольными размерами не менее 400х400 мм или круглыми диаметром не менее 450 мм. Дверцы лазов устанавливают на чугунной раме, которую закрепляют в обмуровку или на каркасе котла.

Гляделки - служат для визуального осмотра топки и газоходов с наружной стороны котла. По устройству они не отличаются от лазов, но имеют значительно меньшие размеры.

Затворы шлаковых и золовых бункеров - используют для периодического удаления золы и шлака из бункеров.

Газовые и воздушные клапаны и заслонки - применяют для отключения газоходов, а также регулирования тяги и дутья.

Взрывные клапаны выпускают дымовые газы при повышении давления в топке или газоходе котла, предохраняя их от разрушения.

Во время работы котла на его поверхностях нагрева могут откладываться шлак и зола, что ухудшает теплопередачу. Очищают поверхности нагрева от золы и шлака струей пара, воздуха или с помощью дробеочистительных установок.

Не смотря, на большие различия в устройстве во всех котлах по существу протекают два одинаковых основных процесса: горение топлива с образованием газов высокой температуры (продуктов сгорания) и передача теплоты от этих газов воде. В результате этого в паровых котлах вода нагревается и испаряется, превращаясь в пар. В водогрейных котлах, в отличие от паровых, вода лишь нагревается до требуемой температуры и испарения не происходит.

Работу паровых котлов характеризуют следующие показатели:

1. паропроизводительность (мощность котла) D - количество вырабатываемого пара в кг или т в 1 с или в 1 ч;
2. паронапряжение поверхности нагрева D/H_K - количество пара, кг, получаемого с одного m^2 поверхности нагрева за 1 час. Эта величина является важной характеристикой, отражающей интенсивность паросъема в котле;
3. параметры получаемого пара - давление и температура;
4. КПД котла - отношение количества теплоты, расходуемой на образование пара (полезная теплота), ко всей затраченной теплоте, вносимой в топку с топливом; следовательно, коэффициент характеризует степень использования теплоты сгорания топлива в котле.

Работа водогрейных котлов характеризуется теплопроизводительностью (мощностью) Q - количеством вырабатываемой теплоты в единицу времени Вт, а также тепловым напряжением поверхности нагрева котла Q/H_K , температурой нагрева воды и КПД. Тепловое напряжение поверхности нагрева (или удельная тепловая нагрузка), $Вт/м^2$,

вырабатывает количество теплоты, передаваемое за 1 времени через 1 м² поверхности нагрева. КПД как парового, так и водогрейного котла выражаются в долях единиц или в процентах.

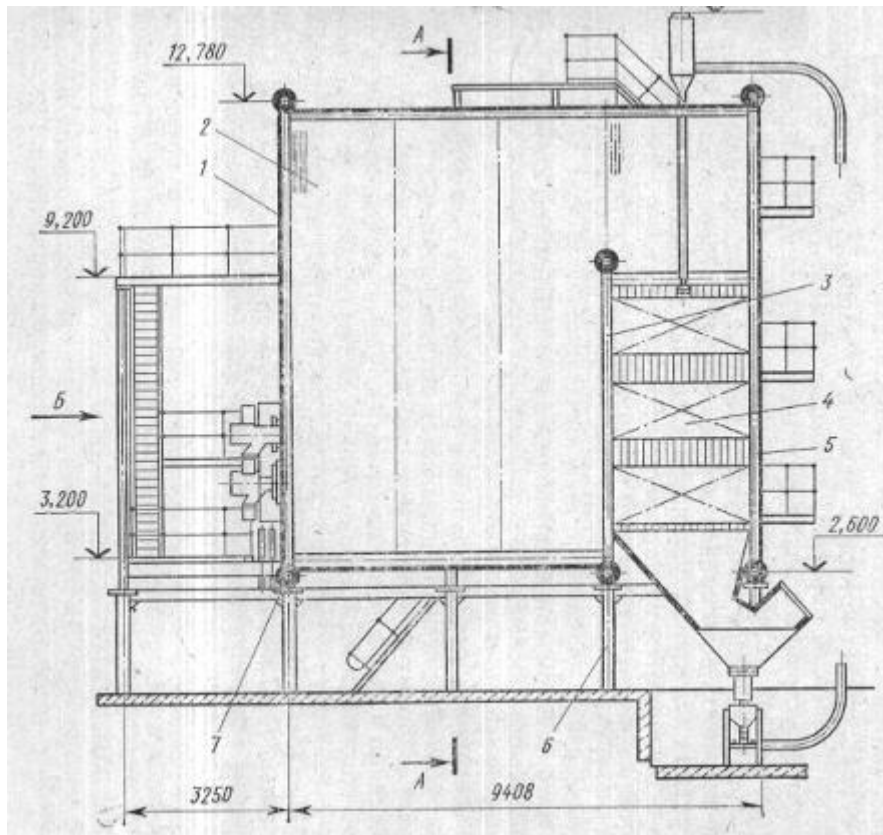


Рис. 2 Котел КВ-ГМ-100: 1-передний экран; 2-боковой экран; 3- промежуточный экран; 4- конвективные пакеты; 5-задний экран; 6-портал; 7-камера

Контрольные вопросы:

1. Гарнитура котла.
2. Показатели, характеризующие работу паровых котлов.
3. Мощность и КПД парового котла.

Практическое занятие № 7

Тема: « Анализ устройства и работы холодильных машин».

Цели: Изучить устройство и принцип действия холодильной машины

Норма времени: 2 ч

Ход занятия:

Из всех способов наибольшее применение получило охлаждение с помощью холодильных машин (машинное охлаждение), при котором используется принцип кипящих жидких газов. Работа холодильной машины полностью автоматизирована, что обеспечивает удобство в эксплуатации, безопасность работы обслуживающего персонала, возможность соблюдения требуемого температурного режима для различных видов продуктов, а также режима экономии.

Холодильная машина - «это кольцевая герметически замкнутая система, по которой циркулирует одно и то же количество рабочего вещества, называемого холодильным агентом.

В торговом машиностроении применяются холодильные машины двух видов: компрессионная и абсорбционная, в которых используются различные способы обеспечения циркуляции хладагента. В компрессионной холодильной машине для циркуляции хладагента затрачивается механическая энергия, а в абсорбционной - тепловая.

Наибольшее распространение получила компрессионная холодильная машина», в которой основным рабочим узлом является компрессор .

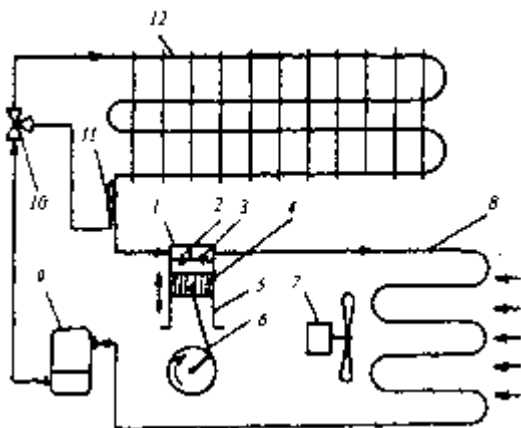


Схема компрессионной холодильной машины: 1 - компрессор; 2 - всасывающий клапан; 3 - нагнетающий воздух клапан;

4 - поршень; 5 - цилиндр; 6 - электропривод; 7 - электровентилятор;

8 - конденсатор; 9 - ресивер; 10- терморегулирующий вентиль; 11 - датчик;

12 - испаритель

Схема компрессионной холодильной машины: 1 - компрессор; 2 - всасывающий клапан; 3 - нагнетающий воздух клапан;

4 - поршень; 5 - цилиндр; 6 - электропривод; 7 - электровентилятор;

8 - конденсатор; 9 - ресивер; 10- терморегулирующий вентиль; 11 - датчик;

12 - испаритель

Компрессионная холодильная машина состоит из компрессора 1, конденсатора 8, ресивера 9, терморегулирующего вентиля 10 и испарителя 12. Эти части соединены между собой трубопроводами и образуют замкнутую герметичную систему, которая заполнена холодильным агентом - хладоном.

Компрессор служит для непрерывного отсасывания холодных паров хладона из испарителя, сжатия их и нагнетания в конденсатор. Важнейшими частями компрессора являются цилиндр 5, поршень 4 и два клапана (всасывающий 2 и нагнетающий 3). Поршень совершает в цилиндре возвратно-поступательное движение с помощью электропривода 6. При опускании поршня увеличивается объем рабочей полости цилиндра и давление в нем снижается. Вследствие этого открывается всасывающий клапан, и цилиндр заполняется парообразным хладоном, поступающим из испарителя. При поднятии поршня (при закрытых клапанах) пары хладона сжимаются и нагреваются за счет сжатия до температуры 50 - 60°C. При достижении наибольшего давления паров в цилиндре открывается нагнетающий клапан, и горячие пары хладона выталкиваются в конденсатор.

Конденсатор - это теплообменный аппарат, охлаждаемый с помощью электровентилятора. Конденсатор воздушного охлаждения представляет собой трубчатый змеевик из металлических труб с насаженными на них ребрами из металлических пластин. По змеевику сверху вниз проходит охлаждаемый холодильный агент, а снаружи змеевик обдувается воздухом от электровентилятора 7. В конденсаторе горячие пары хладона отдают свою теплоту воздуху помещения. В результате их температура понижается до температуры конденсации, которая обычно на 8-12°C выше температуры воздуха помещения. При дальнейшем охлаждении пары хладона отдают скрытую теплоту парообразования при постоянной температуре и превращаются в жидкость. Интенсивность конденсации зависит от размера охлаждаемой площади поверхности конденсатора, разности температур хладоново-го пара и воздуха помещения, а также чистоты поверхности конденсатора. Загрязнение конденсатора смазочными маслами, пылью затрудняет теплообмен между холодильным агентом и наружным воздухом. Жидкий хладон, постепенно проходя через фильтр-осушитель, накапливается в ресивере 9.

Ресивер представляет собой стальной герметичный сосуд, служащий для накопления, хранения сжиженного хладона и равномерной его подачи в другие части холодильной машины. В ресивере и конденсаторе поддерживается одинаковое давление, равное давлению конденсации. Из ресивера жидкий хладон подается к терморегулирующему вентилю 10.

Терморегулирующий вентиль (ТРВ) - автоматический прибор, который регулирует заполнение испарителя жидким хладоном. Основными его частями являются игольчатый клапан, закрывающий доступ жидкого хладона из ресивера в испаритель, и датчик 11, контролирую

щий температуру паров хладона на выходе из испарителя. При повышении температуры, что является признаком недостаточного заполнения испарителя, клапан вентиля автоматически открывается, увеличивая подачу жидкого хладона в испаритель. Другой важной функцией ТРВ является дросселирование (расширение жидкости при истечении через узкие отверстия) жидкого хладона. Дросселирование происходит в кольцевой щели между игольчатым клапаном и седлом вентиля. На этом участке резко падает давление жидкого хладона, поскольку в испарителе поддерживается более низкое давление, чем в конденсаторе и ресивере. При этом давление конденсации хладона понижается до давления кипения. Соответственно понижается температура кипения жидкого хладона.

Устройство абсорбционной холодильной машины

Абсорбционная холодильная машина по своему устройству значительно отличается от компрессионной. В ней отсутствует компрессор, а кроме хладагента в ее системе циркулирует также жидкость, называемая абсорбентом. Абсорбентом являются жидкости, обладающие хорошей поглотительной способностью хладагента.

В качестве хладагента в абсорбционных машинах обычно используют аммиак, а абсорбентом для него служит вода. Так, в одном объеме воды при 0°C растворяется более 1000 объемов аммиака. Вследствие хорошей растворимости аммиака в воде, хладагент и абсорбент находятся в системе абсорбционной машины в виде водоаммиачного раствора с различной концентрацией в нем аммиака в отдельных частях машины.

Основные узлы абсорбционной машины

Генератор (кипятильник), конденсатор, испаритель, абсорбер, два регулирующих вентиля, а также насос соединены между собой соответствующими трубопроводами и образуют замкнутую систему (рис. 1).

Абсорбционная холодильная машина работает следующим образом. В испарителе, находящемся в охлаждаемой среде, из имеющегося в нем водоаммиачного раствора выделяются пары кипящего аммиака. Происходит это потому, что температура кипения аммиака при одинаковом давлении значительно ниже, чем воды (температура кипения аммиака при атмосферном давлении минус $33,4^{\circ}\text{C}$).

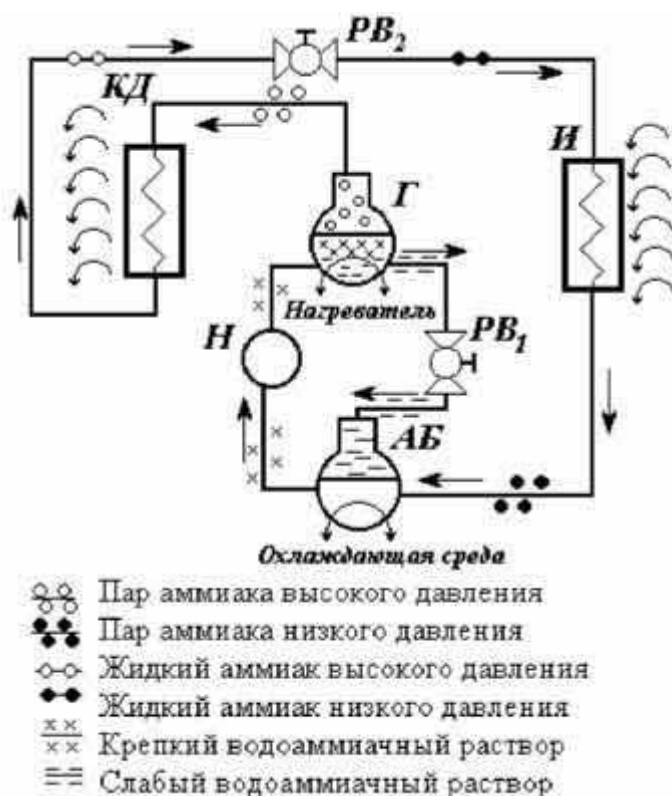


Рис. 1. Упрощенная схема абсорбционной холодильной машины:

Г - генератор (кипятильник); АБ - абсорбер; КД - конденсатор; И - испаритель; Н - насос; PB1 и PB2 - регулирующие вентили

Выделяющиеся пары аммиака из испарителя непрерывно как бы отсасываются в абсорбер (давление в абсорбере несколько ниже, чем в испарителе) и поглощаются находящимся в абсорбере водоаммиачным раствором. Насыщение водоаммиачного

раствора аммиаком сопровождается повышением температуры, что ухудшает растворимость аммиака. Во избежание этого абсорбер охлаждают водой или окружающим воздухом, поддерживая тем самым активное насыщение аммиаком водоаммиачного раствора в абсорбере.

Насыщенный аммиаком крепкий (концентрированный) водоаммиачный раствор **абсорбционной холодильной машины** перекачивается насосом в генератор (кипятильник), который обогревается каким-либо источником тепла (электронагревателем, паром и др.)

Абсорбционная холодильная машина: принцип работы

В абсорбционной холодильной машине результате нагрева водоаммиачный раствор в генераторе кипит. При кипении раствора из него выделяются пары аммиака высокого давления, которые поступают в конденсатор, а оставшийся в генераторе слабоконцентрированный раствор возвращается через регулирующий вентиль РВ1 в абсорбер, где снова насыщается парами аммиака, поступающими из испарителя.

В конденсаторе, охлаждаемом водой или окружающим воздухом, пары аммиака высокого давления превращаются в жидкость. Жидкий аммиак проходит через регулирующий вентиль РВ2, дросселируется и при низком давлении поступает в испаритель.

Таким образом, в замкнутой системе абсорбционной холодильной машины, также как и в компрессионной, циркулирует (не расходуясь) холодильный агент, который отбирает тепло от охлаждаемого объекта через испаритель и отдает его в окружающую среду через конденсатор.

Рассматривая принципиальные схемы компрессионной и абсорбционной холодильных машин, нетрудно заметить, что при наличии в них одинаковых частей - конденсатора, испарителя и регулирующих вентилей, имеющих в обеих машинах одинаковое назначение, в абсорбционной машине вместо компрессора применен узел генератор-абсорбер. При этом генератор как бы представляет нагнетательную часть компрессора, а абсорбер - всасывающую.

Сравнивая работу компрессионной и **абсорбционной холодильной машин** и циркуляцию хладагентов в их системах, следует обратить внимание на имеющиеся различия. Так, если в компрессионной машине по замкнутому кольцу ее системы циркулирует только хладагент, то в абсорбционной машине имеются два циркуляционных кольца. Одно из них - большое кольцо, по которому циркулирует хладагент; другое - малое, между абсорбером и генератором, по которому циркулирует водоаммиачный раствор различной концентрации (оно является звеном большого кольца).

Работа абсорбционной машины по схеме, приведенной на рис. 1, оказывается недостаточно эффективной. Так, при кипении раствора в генераторе из него будут выделяться не только пары аммиака, но и водяные пары. Водяные пары, попадая вместе с парами аммиака в конденсатор, превратятся в воду, которая будет поглощать аммиак. Вследствие этого количество жидкого аммиака, поступающего в испаритель, уменьшится, а, следовательно, снизится эффективность работы испарителя.

Кроме того, при поглощении в конденсаторе аммиака водой будет выделяться тепло, из-за чего снизится эффективность работы конденсатора. Для устранения указанных явлений и повышения эффективности работы абсорбционной машины в ее системе устанавливают дополнительные аппараты - теплообменник растворов, ректификатор и дефлегматор.

Схема устройства такой абсорбционной холодильной машины показана на рис. 2. В теплообменнике тепло слабого водоаммиачного раствора, поступающего из генератора в абсорбер, используется для предварительного подогрева крепкого раствора, подаваемого насосом из абсорбера в генератор. Такой теплообмен между растворами повышает эффективность работы машины.

В ректификаторе и дефлегматоре пары аммиака очищаются от паров воды, в результате чего концентрация паров аммиака, поступающих в конденсатор, значительно повышается.

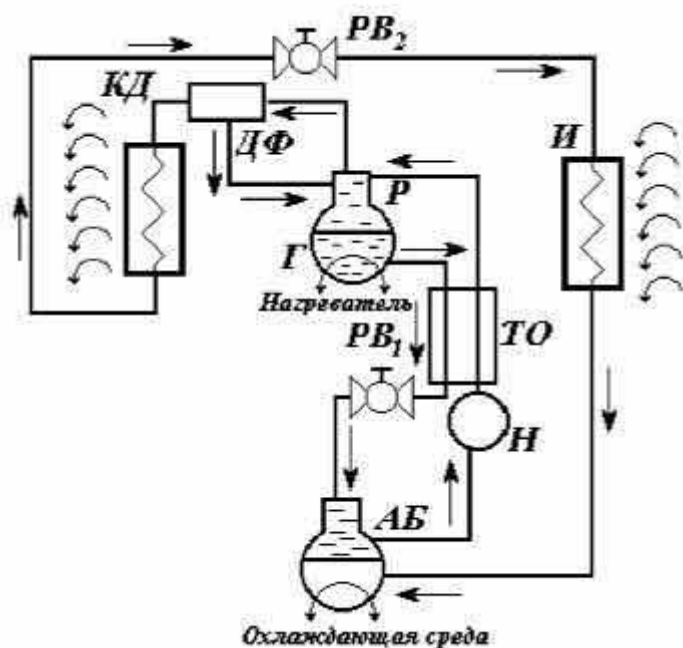


Рис. 2. Принципиальная схема абсорбционной холодильной машины:

Г - генератор (кипятильник); Р - ректификатор; ДФ - дефлегматор; КД - конденсатор; PB1, PB2 - регулирующие вентили; ТО - теплообменник; Н - насос; АБ - абсорбер

В ректификаторе и дефлегматоре пары аммиака очищаются от паров воды, в результате чего концентрация паров аммиака, поступающих в конденсатор, значительно повышается. Пары аммиака, очищенные от воды, направляются в конденсатор, а вода (с незначительным содержанием аммиака) попадает в генератор и через теплообменник растворов возвращается в абсорбер.

Контрольные вопросы:

1. Компрессионные холодильные установки.
2. Абсорбционные холодильные установки.
3. Применение холода.