

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

ФТД.В.03 ОСНОВЫ ЭНЕРГЕТИКИ

Направление подготовки 35.03.06 Агроинженерия

Профиль подготовки Электрооборудование и электротехнологии

Форма обучения: заочная

СОДЕРЖАНИЕ

1. Методические материалы по проведению лабораторных работ.....	3
1.1 Лабораторная работа №ЛР-1 Циклы основных тепловых электрических станций.....	3
1.2 Лабораторная работа № ЛР-2 Ветроэнергетика.....	6
1.3 Лабораторная работа № ЛР-3 Котельные установки ТЭС.....	8
1.4 Лабораторная работа № ЛР-4 Центробежные насосы.....	11

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1.1 Лабораторная работа №1 (2 часа).

Тема: Циклы основных тепловых электрических станций.

1.1.1 Цель работы : 1.ТЭС

1.1.2 Задачи работы:

Тепловая электростанция (ТЭС), электростанция, вырабатывающая электрическую энергию в результате преобразования тепловой энергии, выделяющейся при сжигании органического топлива. Первые ТЭС появились в кон. 19 в (в 1882 — в Нью-Йорке, 1883 — в Петербурге, 1884 — в Берлине) и получили преимущественное распространение. В сер. 70-х гг. 20 в. ТЭС — основной вид электрической станций. Доля вырабатываемой ими электроэнергии составляла: в России и США св. 80% (1975), в мире около 76% (1973). Около 75% всей электроэнергии России производится на тепловых электростанциях. Большинство городов России снабжаются именно ТЭС. Часто в городах используются ТЭЦ - теплоэлектроцентрали, производящие не только электроэнергию, но и тепло в виде горячей воды. Такая система является довольно-таки непрактичной т.к. в отличие от электрокабеля надежность теплотрасс чрезвычайно низка на больших расстояниях, эффективность централизованного теплоснабжения сильно при передаче также понижается. Подсчитано, что при протяженности теплотрасс более 20 км (типичная ситуация для большинства городов) установка электрического бойлера в дельно стоящем доме становится экономически выгодна.

На тепловых электростанциях преобразуется химическая энергия топлива сначала в механическую, а затем в электрическую. Топливом для такой электростанции могут служить уголь, торф, газ, горючие сланцы, мазут. Тепловые электрические станции подразделяют на конденсационные (КЭС), предназначенные для выработки только электрической энергии, и теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), производящие кроме электрической тепловую энергию в виде горячей воды и пара. Крупные КЭС районного значения получили название государственных районных электростанций (ГРЭС)..

Простейшая принципиальная схема КЭС, работающей на угле, представлена на рис. Уголь подается в топливный бункер 1, а из него — в дробильную установку 2, где превращается в пыль. Угольная пыль поступает в топку парогенератора (парового котла) 3, имеющего систему трубок, в которых циркулирует химически очищенная вода, называемая питательной. В котле вода нагревается, испаряется, а образовавшийся насыщенный пар доводится до температуры 400—650°C и под давлением 3—24 МПа поступает по паропроводу в паровую турбину 4. Параметры пара зависят от мощности агрегатов.

Способ преобразования тепловой энергии в механическую в паровой турбине. Тепловые конденсационные электростанции имеют невысокий КПД (30—40%), так как большая часть энергии теряется с отходящими топочными газами и охлаждающей водой конденсатора.

Сооружать КЭС выгодно в непосредственной близости от мест добычи топлива. При этом потребители электроэнергии могут находиться на значительном расстоянии от

станции. Теплоэлектроцентраль отличается от конденсационной станции установленной на ней специальной теплофикационной турбиной с отбором пара. На ТЭЦ одна часть пара полностью используется в турбине для выработки электроэнергии в генераторе 5 и затем поступает в конденсатор 6, а другая, имеющая большую температуру и давление (на рис. штриховая линия), отбирается от промежуточной ступени турбины и используется для теплоснабжения. Конденсат насосом 7 через деаэратор 8 и далее питательным насосом 9 подается в парогенератор. Количество отбираемого пара зависит от потребности предприятий в тепловой энергии. Коэффициент полезного действия ТЭЦ достигает 60—70%.

Такие станции строят обычно вблизи потребителей — промышленных предприятий или жилых массивов. Чаще всего они работают на привозном топливе. Рассмотренные тепловые электростанции по виду основного теплового агрегата — паровой турбины — относятся к паротурбинным станциям. Значительно меньшее распространение получили тепловые станции с газотурбинными (ГТУ), парогазовыми (ПГУ) и дизельными установками.

Наиболее экономичными являются крупные тепловые паротурбинные электростанции (сокращенно ТЭС). Большинство ТЭС нашей страны используют в качестве топлива угольную пыль. Для выработки 1 кВт-ч электроэнергии затрачивается несколько сот граммов угля. В паровом котле свыше 90% выделяемой топливом энергии передается пару. В турбине кинетическая энергия струй пара передается ротору.

Вал турбины жестко соединен с валом генератора. Современные паровые турбины для ТЭС — весьма совершенные, быстроходные, высокоэкономичные машины с большим ресурсом работы. Их мощность в одновальном исполнении достигает 1 млн. 200 тыс. кВт, и это не является пределом. Такие машины всегда бывают многоступенчатыми, т. е. имеют обычно несколько десятков дисков с рабочими лопатками и такое же Энергоблок мощностью 1 млн. 200 тыс. кВт Костромской ГРЭС. Количество, перед каждым диском, групп сопел, через которые протекает струя пара. Давление и температура пара постепенно снижаются. Из курса физики известно, что КПД тепловых двигателей увеличивается с ростом начальной температуры рабочего тела. Поэтому поступающий в турбину пар доводят до высоких параметров: температуру — почти до 550 °С и давление — до 25 МПа. Коэффициент полезного действия ТЭС достигает 40%. Большая часть энергии теряется вместе с горячим отработанным паром. По мнению ученых в основе энергетики ближайшего будущего по-прежнему останется теплоэнергетика на не возобновляемых ресурсах. Но структура ее изменится. Должно сократиться использование нефти. Существенно возрастет производство электроэнергии на атомных электростанциях. Начнется использование пока еще не тронутых гигантских запасов дешевых углей, например, в Кузнецком, Канско-Ачинском, Экибастузском бассейнах. Широко будет применяться природный газ, запасы которого в стране намного превосходят запасы в других странах.

К сожалению, запасы нефти, газа, угля отнюдь не бесконечны. Природе, чтобы создать эти запасы, потребовались миллионы лет, израсходованы они будут за сотни лет. Сегодня в мире стали всерьез задумываться над тем, как не допустить хищнического разграбления земных богатств. Ведь лишь при этом условии запасов топлива может хватить на века. К сожалению, многие нефтедобывающие страны живут сегодняшним днем. Они нещадно расходуют подаренные им природой нефтяные запасы. Сейчас многие из этих стран, особенно в районе Персидского залива, буквально купаются в золоте, не

задумываясь, что через несколько десятков лет эти запасы иссякнут. Что же произойдет тогда —, а это рано или поздно случится, — когда месторождения нефти и газа будут исчерпаны? Происшедшее повышение цен на нефть, необходимую не только энергетике, но и транспорту, и химии, заставило задуматься о других видах топлива, пригодных для замены нефти и газа. Особенно призадумались тогда те страны, где нет собственных запасов нефти и газа и которым приходится их покупать.

1.2 Лабораторная работа №2 (2 часа).

Тема: Ветроэнергетика.

1.2.1 Цель работы :

1. Принцип работы ветрогенераторов
2. КПД мощности генераторов ветроэнергетических установок
3. Принципы работы

1.2.2 Задачи работы:

Ветроэнергетика с ее современным техническим оснащением является вполне сложившимся направлением энергетики. Ветроэнергетические установки мощностью от нескольких киловатт до мегаватт производятся в Европе, США и других частях мира. Большая часть этих установок используется для производства электроэнергии, как в единой энергосистеме, так и в автономных режимах.

Известно, что при скорости ветра u , м/с, и плотности воздуха ρ , кг/м³, ветроколесо, ометающее площадь F , м² развивает мощность P , Вт, определяемую

$$P = \xi F \rho u^3 / 2. \quad (1.1)$$

Здесь ξ – коэффициент мощности, характеризующий эффективность использования ветроколесом энергии ветрового потока и принимаемый равным 0,35.

Из (1.1) видно, что мощность P пропорциональна ометаемой площади F и кубу скорости. Коэффициент мощности зависит от конструкции ветроколеса и скорости ветра. Так как скорость ветра непостоянна, а мощность очень сильно зависит от скорости, то выбор оптимальной конструкции ветроколеса во многом определяется требованиями потребителя энергии. Обычно среднегодовая мощность, снимаемая с единицы площади ветроколеса, пропорциональна плотности воздуха и кубу средней скорости. Максимальная проектная мощность ветроэнергетической установки (ВЭУ) определяется для некоторой стандартной скорости ветра. Обычно эта скорость равна примерно 12 м/с, при этом снимаемая с 1 м² ометаемой площади мощность — порядка 300 Вт при значении ξ от 0,3 до 0,45. В районах с благоприятными ветровыми условиями среднегодовое производство электроэнергии составляет 22 – 30% его максимального проектного значения. Срок службы ветрогенераторов обычно не менее 15 – 20 лет, а их стоимость колеблется от 1000 до 1500 долл. США за 1 кВт проектной мощности.

Одно из основных условий при проектировании ветровых установок — обеспечение их защиты от разрушения очень сильными случайными порывами ветра. Ветровые нагрузки пропорциональны квадрату скорости ветра, а раз в 50 лет бывают ветры со скоростью, в 5 – 10 раз превышающей среднюю, поэтому установки приходится проектировать с очень большим запасом прочности. Кроме того, скорость ветра очень колеблется во времени, что может привести к усталостным разрушениям, а для лопастей к тому же существенны переменные гравитационные нагрузки (порядка 10^7 циклов за 20 лет эксплуатации).

Причиной возникновения ветров является поглощение земной атмосферой солнечного излучения, приводящее к расширению воздуха и

появлению конвективных течений. В глобальном масштабе на эти термические явления накладывается эффект вращения Земли, приводящий к появлению преобладающих направлений ветра. Кроме этих общих, или синоптических, закономерностей многое в этих процессах определяется местными особенностями, обусловленными определенными географическими или экологическими факторами. Скорость ветров увеличивается с высотой, а их горизонтальная составляющая значительно больше вертикальной. Последнее обстоятельство является основной причиной возникновения резких порывов ветра и некоторых других мелкомасштабных эффектов. Суммарная кинетическая энергия ветров оценивается величиной порядка $0,7 \cdot 10^{21}$ Дж. Вследствие трения, в основном в атмосфере, а также при контакте с земной и водной поверхностями эта энергия непрерывно рассеивается, при этом рассеиваемая мощность — порядка $1,2 \cdot 10^{15}$ Вт, что равно примерно 1% поглощенной энергии солнечного излучения.

Для анализа ветроэнергетического потенциала местности составляется ветроэнергетический кадастр, который представляет собой районированную систему численных характеристик режима ветра. Ветроэнергетический кадастр — это совокупность объективно достоверных и необходимых количественных сведений, характеризующих ветер как источник энергии. В кадастре все характеристики обычно представлены в табличной или графической форме, используя материалы многолетних наблюдений.

Достоверно оценить, какая доля энергии ветра может быть использована в энергетике, вряд ли возможно, так как эта оценка очень сильно зависит от уровня развития ветроэнергетики и ее потребителей. Тем не менее, официальные оценки возможной доли ветроэнергетики в энергетике в целом, например, в Великобритании и Западной Германии, не предполагающие каких-либо серьезных изменений в сложившейся инфраструктуре энергопотребления, дают не менее 20%. При определенных изменениях инфраструктуры доля ветроэнергетики может быть существенно большей. Автономные ветровые энергоустановки весьма перспективны для вытеснения дизельных электростанций и отопительных установок, работающих на нефтепродуктах, особенно в отдаленных районах и на островах.

Ветроэнергетические установки классифицируются по двум основным признакам — геометрии ветроколеса и его положению относительно направления ветра.

1.3 Лабораторная работа №3 (2 часа).

Тема: Котельные установки ТЭС.

1.3.1 Цель работы :

1. Котельные установки
2. Выбор и эксплуатация котельных установок

1.3.2 Задачи работы:

Современные котельные используются для сжигания различных видов топлива для выработки тепловой энергии. Полученное тепло затем передается теплоносителю. Обычно это вода. Нагретая вода до определенной температуры, при помощи мощных насосов поступает для обогрева в холодное время года в квартиры, дома, офисы, на предприятия, торговые Центры, государственные и другие учреждения. Чем выше КПД котельных, тем меньше расход топлива: природного и сжиженного газа, дров, каменного, бурого и сланцевого угля, топочного мазута, керосина, солярки, пеллетов и так далее. Котлы, в которых сжигается топливо, могут быть водяными и для выработки пара.

По своему конструкционному исполнению практически все современные котлы построены по одному принципу: стальной или из чугуна корпус, внутри которого располагается топка и теплообменник. Казалось бы, все так просто, но на самом деле это сложнейшая система. Именно теплообменный агрегат является самой главной и, конечно, самой дорогой составной частью. Выбор котла требует математических расчетов (сколько «повесят» на котел потребителей, расстояние доставки теплоносителя до них) с учетом использования вида топлива. Последнее особенно важно. От вида топлива в полной зависимости находится нагрев теплоносителя, интенсивность процесса, экологическая чистота и другие факторы. Поэтому, прежде чем заказывать котел, необходимо определить:

ВИДЫ КОТЕЛЬНЫХ



ТИПЫ КОТЕЛЬНЫХ



Термомасляные Газовые Угольные На мазуте На биотопливе.

Краткая информация о продукции все плюсы и преимущества данного аппарата. Современные котельные используются для сжигания различных видов топлива для выработки тепловой энергии. Полученное тепло затем передается теплоносителю. Обычно это вода. Нагретая вода до определенной температуры, при помощи мощных насосов поступает для обогрева в холодное время года в квартиры, дома, офисы, на предприятия, торговые Центры, государственные и другие учреждения. Чем выше КПД котельных, тем меньше расход топлива: природного и сжиженного газа, дров, каменного, бурого и сланцевого угля, топочного мазута, керосина, солярки, пеллетов и так далее. Котлы, в которых сжигается топливо, могут быть водяными и для выработки пара. По своему конструкционному исполнению практически все современные котлы построены по одному принципу: стальной или из чугуна корпус, внутри которого располагается топка и теплообменник. Казалось бы, все так просто, но на самом деле это сложнейшая система. Именно теплообменный агрегат является самой главной и, конечно, самой дорогой составной частью. Выбор котла требует математических расчетов (сколько «повесят» на котел потребителей, расстояние доставки теплоносителя до них) с учетом использования вида топлива. Последнее особенно важно. От вида топлива в составной частью. Выбор котла требует математических расчетов (сколько «повесят» на котел потребителей, расстояние доставки теплоносителя до них) с учетом использования вида топлива. Последнее особенно важно. От вида топлива в полной зависимости находится нагрев теплоносителя, интенсивность процесса, экологическая чистота и другие факторы.

На тепловой электростанции задача отопления является одной из первостепенной. ТЭС состоит из топливного хозяйства; систем подготовки топлива, котельной установки, в которой имеется котёл и вспомогательное отопительное оборудование; турбинной установки; установки водоподготовки очистки конденсата; системы технического водоснабжения, золшлакоудаления; системы оборудования автоматизированного управления. Котельные установки ТЭС в зависимости от используемого вида топлива, в своём составе имеют: приёмное, разгрузочное устройство; склад топлива жидкого и твёрдого, транспортный механизм, дробильные установки для угля, мазутное хозяйство,

включающее насосы перекачки мазута, подогреватели мазута, фильтры.

Принцип работы котельной установки ТЭС следующий: воздух для горения подаётся в топочное пространство котла, с помощью дутьевого вентилятора, газы дымовые, использованные откачиваются через дымовые трубы. Система воздуховода и газоотводная преобразуют в себе газ воздушный тракт, а дымососы, дымовая труба, вентиляторы дутьевые преобразуются в тягдую установку. Во время горения происходят химические превращения, которые утилизируются из котла, в виде шлака. Для безопасности человека и защиты атмосферы, устанавливаются также специальные золоуловители.

1.4 Лабораторная работа №4 (2 часа).

Тема: Центробежные насосы

1.4.1 Цель работы :

1. Центробежные насосы
2. Принцип действия

1.4.2

Цель работы:

1. Выявить зависимости напора H , мощности N , и КПД η насоса от расхода Q при постоянной частоте вращения рабочего колеса $n = const$.
2. Построить рабочие характеристики насоса по опытным данным.

Краткие теоретические сведения

Характеристикой центробежного насоса называется графическое изображение зависимости напора H , потребляемой мощности N и коэффициента полезного действия η насоса от подачи Q при постоянной частоте вращения.

Все рабочие характеристики центробежного насоса наносят на общий график, по оси абсцисс откладывая расходы насоса Q , а по оси ординат значения H , N и η (рис. 5). Практически эти характеристики строят на основании испытаний насоса, при различной степени открытия задвижки на напорном трубопроводе. Кривые строят минимум по 5 – 6 точкам, т.е. при 5 – 6 расходах (включая $Q = 0$).

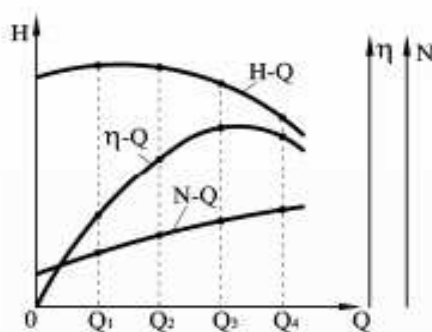


Рис. 5. Характеристика центробежного насоса

Характеристика $H - Q$. Графическая зависимость между развиваемым напором H и подачей Q при постоянном числе оборотов, называется рабочей характеристикой насоса $H - Q$ (рис. 6).

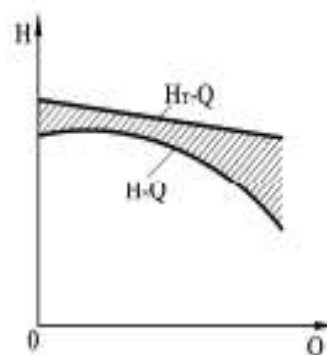


Рис. 6. Характеристика $H - Q$

Теоретическая характеристика насоса $H_t - Q$ с учетом конечного числа лопаток графически представляет собой прямую линию, которая понижается с увеличением расхода. При течении реальной жидкости в насосе часть энергии расходуется на преодоление гидравлических сопротивлений: на трение в каналах между рабочими лопатками и в спиральной камере, а также на удар жидкости о лопатки рабочего колеса при входе и выходе с него. С учетом всех этих потерь характеристика представляет собой кривую $H - Q$ (рис. 6).

Характеристика $N - Q$. Это кривая зависимости мощности насоса от производительности при постоянном числе оборотов (рис. 7). Характеристика $N - Q$ обычно имеет вид слабо искривленной линии, причем с увеличением расхода мощность увеличивается. При нулевом расходе $N = N_0$.

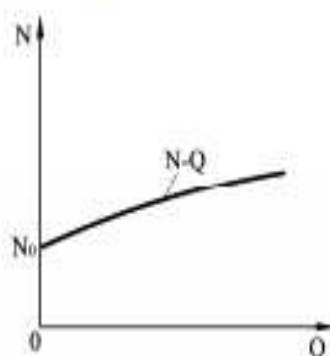


Рис. 7. Характеристика $N - Q$

Нулевой расход насоса получается, когда задвижка на нагнетательном патрубке полностью перекрыта. При этом мощность насоса (т.е. мощность на его валу) не равна нулю, так как насос затрачивает энергию, получаемую им от

электродвигателя, на перемешивание и нагревание жидкости внутри корпуса насоса, без подачи ее в нагнетательный трубопровод. Однако, при нулевой подаче мощность все же минимальна. Поэтому центробежный насос пускают в ход при закрытой задвижке. При этом пусковая мощность и пусковой момент минимальны. Это особенно важно при использовании широко применяемых электродвигателей переменного тока с короткозамкнутым ротором. Если применяемый двигатель имеет большой запас мощности, пуск насоса возможен и при открытой задвижке.

Характеристика $\eta - Q$. Кривая $\eta - Q$ представлена на рисунке 8. При нулевом расходе, т.е. при закрытой задвижке, КПД равен нулю, вследствие равенства нулю полезной мощности. При некотором (оптимальном) расходе кпд получает максимальное значение и при дальнейшем увеличении производительности насоса несколько снижается.

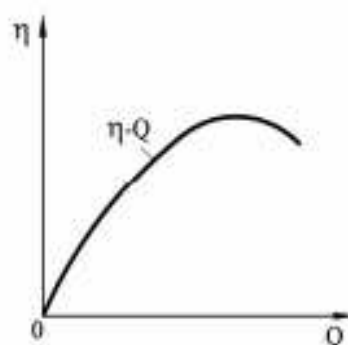


Рис. 8. Характеристика $\eta - Q$

Описание экспериментальной установки

Установка для испытания центробежных насосов (рис. 9) ЛСИЦН-1 представляет собой рамную конструкцию, на которой смонтированы: два циркуляционных (центробежных) насоса UPC 25-60, пульт управления, система трубопроводов с запорной арматурой и напорный бак. Для измерения подачи и определения напора в систему трубопроводов встроены расходомер и датчики давления.

На панели пульта управления размещены клавиши включения-отключения установки и насосов; дисплей ваттметра и расходомера.

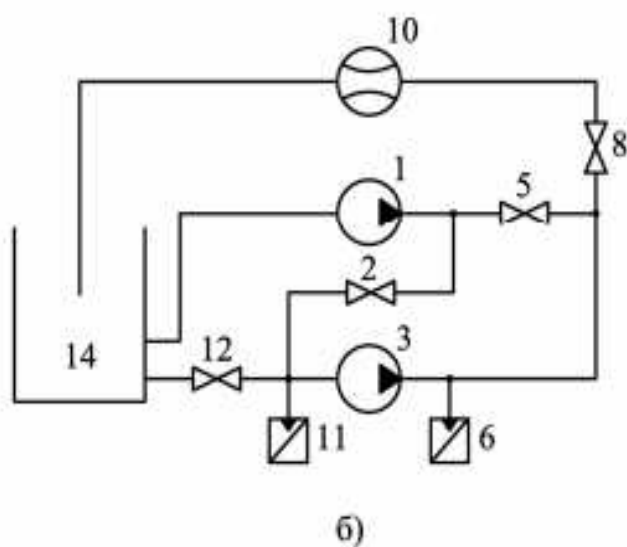
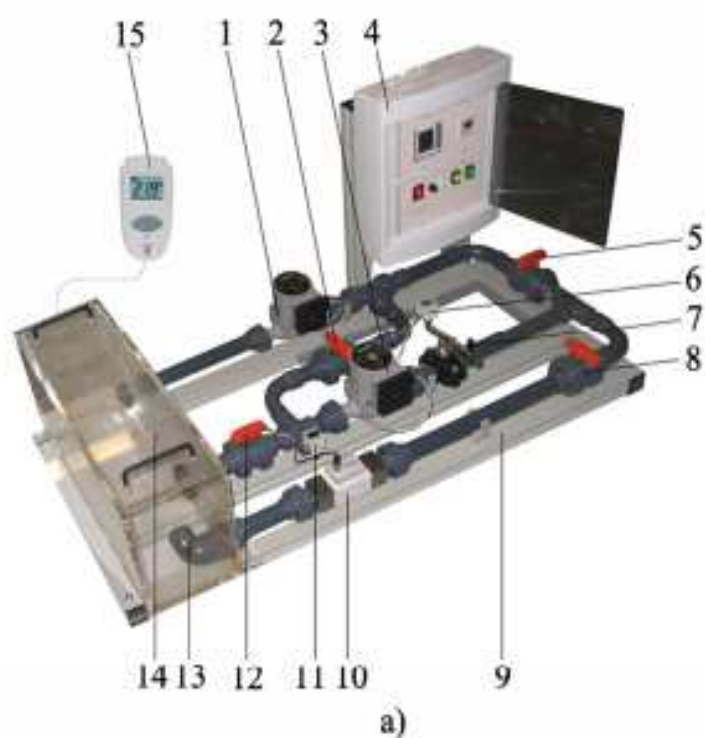


Рис. 9. Установка для испытания центробежных насосов:

а) внешний вид установки; б) гидравлическая схема установки

1, 3 – насосы УРС 25-60; 2, 5, 8, 12, – вентили; 4 – пульт управления; 6 – датчик давления (манометр); 9 – рама; 10 – расходомер; 11 – датчик давления (мановакуумметр); 13 – трубопровод; 14 – напорный бак; 15 – термометр

Циркуляционные насосы предназначены для циркуляции теплоносителя в

системах отопления и горячего водоснабжения (рис. 10). Они относятся к лопастным насосам и подразделяются на два типа: с *сухим* и *мокрым ротором*. Изготавливаются циркуляционные насосы в виде моноблоков, которые крепятся непосредственно на трубопроводе. Приводной двигатель и корпус являются отдельными элементами, собранными в единый блок, а рабочее колесо устанавливается непосредственно на валу привода.

Насосы с «сухим» ротором являются консольными моноблочными насосами с расположением входного и выходного патрубков в линию (*in-line*). Ротор электродвигателя не соприкасается с перекачиваемым теплоносителем за счет скользящего торцевого уплотнения, состоящего из двух очень точно отполированных колец, прижимаемых друг к другу пружиной, которая производит самоподгонку уплотнения. Это делает насос герметичным и предотвращает попадание жидкости в электродвигатель. При работе насоса кольца вращаются относительно друг друга, а избыточное давление в системе отопления обеспечивает образование тонкой водяной пленки, которая служит в качестве смазки, между поверхностями скольжения.

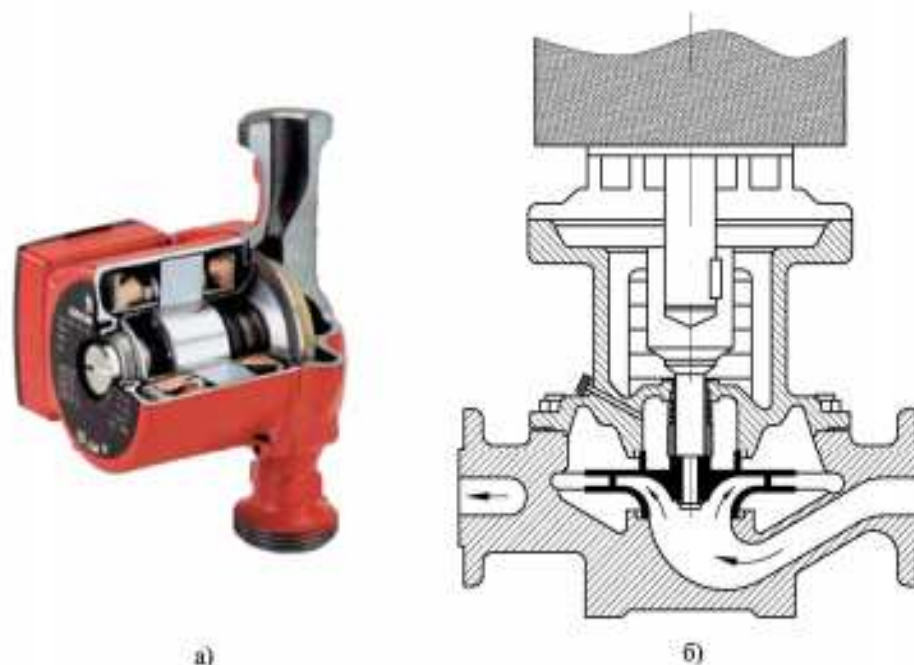


Рис. 10. Циркуляционный насос:

а) - разрез циркуляционного насоса UPS 25-40 фирмы Grundfos; б) - схема циркуляционного насоса

КПД насосов с «сухим» ротором составляет 40–80%, поэтому им отдают предпочтение в больших системах отопления и горячего водоснабжения.

Отечественными аналогами циркуляционных насосов с «сухим» ротором являются моноблочные насосы с патрубками "в линию" типа КМК, ЛМ и ЦНЛ.

Насосы с «мокрым» ротором. В насосах данного типа рабочее колесо вместе с ротором погружены в перекачиваемую жидкость, которая смазывает подшипники вала и одновременно охлаждает электродвигатель. Защиту электропривода от влаги обеспечивает конструктивное исполнение так называемого «мокрого» ротора, суть которого в том, что вращающееся электромагнитное поле, создаваемое статором, действует на ротор и приводит его в движение через водонепроницаемый цилиндрический стакан, выполненный из нержавеющей немагнитной стали.

Насосы данного типа практически бесшумны и могут годами работать без технического обслуживания, а их монтаж, ремонт и замена не требуют трудоемких операций. Отрицательной стороной насосов с «мокрым» ротором является их низкий КПД (10–50%).

Отечественными аналогами насосов с "мокрым" ротором являются насосы типа ЦВЦ.

Маркируют циркуляционные насосы следующим образом:

1. Иностраный насос фирмы Grundfos UPS 25-40 A 180,

где UPS – трехскоростной (UP – односкоростной, UPE – с электронным регулированием); 25 – внутренний диаметр патрубков, мм; 40 – максимальный напор, дм; А – исполнение насоса (А – с воздухоотделителем в корпусе, В – бронзовый корпус, N – корпус из нержавеющей стали); 180 – монтажная длина, мм.

2. Электронасос 1КМЛ 80-160-У3.1,

где 1 – модификация насоса; К – консольный; М – моноблочный; Л – линейный; 80 – диаметры входного и выходного патрубков, мм; 160 – диаметр рабочего колеса, мм; У3.1 – климатическое исполнение и категория размещения.

3. Электронасос ЦВЦ 4-2,8,

где: ЦВЦ – тип насоса центробежный водяной циркуляционный (ЦВЦ-Т – имеет торцовое уплотнение); 4 – номинальная подача, м³/ч; 2,8 – напор, м;