

## ВВЕДЕНИЕ

Тепловая энергия – необходимое условие жизнедеятельности человека, совершенствования общества, в котором он живет, и создания благоприятных факторов его быта. Оптимизация систем производства и распределения тепловой энергии, корректировка энергетических и водных балансов, энергосбережение и энергоаудит позволяют улучшить перспективы развития теплоэнергетики, повысить технико-экономические показатели теплоэнергетического оборудования. Пути и перспективы развития теплоэнергетики определены энергетической программой Российской Федерации.

Эффективность, безопасность, надежность и экономичность работы теплоэнергетического оборудования котельных во многом определяются методом сжигания топлива, совершенством и правильностью выбора оборудования и приборов, своевременностью и качеством проведения пуско-наладочных работ, квалификацией и степенью подготовки обслуживающего персонала. Повышение надежности и экономичности систем теплоснабжения зависит от работы котельных агрегатов, рационально спроектированной тепловой схемы котельной, широкого внедрения энергосберегающих технологий, экономии топлива, тепловой и электрической энергии. Перевод предприятий на хозяйственный расчет и самофинансирование, повышение цен на топливо, воду требуют пересмотра подходов к проектированию и эксплуатации теплоэнергетического оборудования котельных.

Это в значительной степени зависит от обеспеченности подготовленными инженерно-техническими работниками производственных, проектных и других организаций, а также от качества обучения и подготовки операторов котельной.

## Лекция 1

Основы теплоэнергетики как науки были заложены М.В. Ломоносовым в середине XVIII века. Созданная им кинетическая теория теплоты и четко сформулированные законы сохранения массы и энергии явились научными предпосылками для решения проблемы превращения теплоты в механическую работу.

В шестидесятых годах XVIII столетия (1763 г.) русский теплотехник И.И. Ползунов исходя из глубокого изучения имевшихся немногочисленных паровых атмосферных насосных машин воплотил в построенной им паровой машине идею универсального теплового двигателя. Им впервые была построена двухцилиндровая паровая машина, впервые применен автомат питания и построен для получения пара котел собственной конструкции.

В конце XVIII века выдающийся ученый - академик В.В. Петров, известный открытиями в области электричества, провел обширные эксперименты с процессами горения, способствовавшие краху лженаучной теории флогистона.

Ученый И.П. Алымов (1864 г.) исследовал природу естественной тяги в паровых котлах и предложил применение искусственной тяги.

В конце XIX века (1831 – 1895) И.А. Вышеградский развил теорию регулирования работы парового котла, предложил формулу расчета скорости изменения давления при растопке котла и создал основы общей теории регулирования паровых котлов.

В начале XX века (1907 г.) ученый Н.П. Петров на основе теории теплопроводности и теплопередачи проанализировал условия теплопередачи в котлах, дал рекомендации по конструированию котлов и впервые изложил основы теории циркуляции в паровых котлах.

В 1905 г. Гриневецкий, продолжив работу Н.П. Петрова, разработал графический метод расчета циркуляции в паровом котле.

К.В. Кирш, совместно с Гриневецким создал в Московском высшем техническом училище первоклассную лабораторию паровых котлов по изучению методов сжигания местных топлив и антрацитов, а также явился первым организатором Всесоюзного теплотехнического института в Москве (ВТИ).

В начале XX века М.В. Кирпичев своими работами внес значительный вклад в область теории теплового моделирования и теплового расчета котла. А.С. Предводителей провел глубокое изучение процессов горения углерода и создал теорию горения углерода.

В первой половине XX века многие российские ученые работали над созданием новых, прогрессивных конструкций котельных агрегатов. Л.К. Рамзин обогатил науку и технику в области различных технических разработок. В результате им создан первый в мире промышленный прямоточный котел.

Г.Ф. Кнорре разработал теорию циклонного сжигания и, изучив топочные процессы и устройства, создал циклонную топку. В области конструирования топок работает целая плеяда русских конструкторов. Среди них инженер В.Г. Шухов, ставший почетным членом Академии наук, создавший прогрессивную для того времени конструкцию котлоагрегата. Макарьевым предложена конструкция топки для сжигания фрезерного торфа без его измельчения. А.А. Шершнева создал первую в мире топку для сжигания фрезерного торфа во взвешенном состоянии. Перечень известных ученых, конструкторов, изобретателей можно продолжить. Перечисленные исследования и изобретения дают представление об объеме вклада наших ученых в развитие теплоэнергетики.

В настоящее время теоретические исследования и практическое их внедрение осуществляются нашими центральными научно - исследовательскими институтами, такими как Всесоюзный теплотехнический институт (ВТИ, г. Москва) и его филиалы Уральский (г. Челябинск), Сибирский (г. Красноярск), Центральный котлотурбинный институт (ЦКТИ г. Санкт - Петербург), энергетический институт им. Кржижановского (г. Москва) и др.

Разработкой новых конструкций паровых котлов занимаются конструкторские отделы при котлостроительных заводах, поддерживающие тесную связь с научно - исследовательскими институтами. В настоящее время паровые котлы изготавливают в России на следующих заводах: Таганрогский котлостроительный завод (ТКЗ), Подольский машиностроительный завод, Барнаульский котлостроительный завод (БКЗ), Бийский котлостроительный завод (котлы малой мощности).

### **1.1 Общие положения работы теплогенерирующих установок**

При сжигании органического топлива горючие химические элементы (углерод, водород, сера), входящие в состав топлива, соединяются с кислородом воздуха, выделяют теплоту и образуют продукты сгорания (двуокись углерода,

водяные пары, сернистый газ, окислы азота). От продуктов полного сгорания органического топлива тепловая энергия передается рабочему телу, которым обычно служит вода, сжатая до давления, выше атмосферного. Для превращения химической энергии топлива в тепловую энергию существует комплекс устройств, называемых котельной, или теплогенерирующей установкой.

Котельной установкой называют комплекс устройств и механизмов, предназначенных для производства тепловой энергии в виде водяного пара или горячей воды. Водяной пар используется для технологических нужд промышленных предприятий и получения электроэнергии, в сельском хозяйстве, а также для нагрева воды, направляемой на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Горячую воду используют для отопления производственных, общественных и жилых зданий, а также для коммунально-бытовых нужд населения.

В котельную установку необходимо подать некоторое количество топлива и окислителя (воздуха); обеспечить сгорание топлива и отдачу теплоты от продуктов сгорания топлива рабочему телу и удалить продукты сгорания топлива; подать рабочее тело – воду, сжатую до необходимого давления, нагреть эту воду до требуемой температуры или превратить ее в пар, отделить влагу из пара, а иногда и перегреть пар, обеспечив надежную работу всех элементов установки.

Для осуществления перечисленных процессов котельная установка должна включать в себя теплогенератор – паровой или водогрейный котельный агрегат (котел), хвостовые поверхности нагрева (водяной экономайзер, воздухоподогреватель, пароперегреватель), горелочные устройства, а также различные дополнительные устройства. Производительность теплогенератора определяется количеством теплоты или пара, получаемого в процессе сжигания в агрегате органического топлива.

На рис. 1.1 и 1.2 изображен план и продольный разрез котельной, работающей на природном газе или жидком топливе.

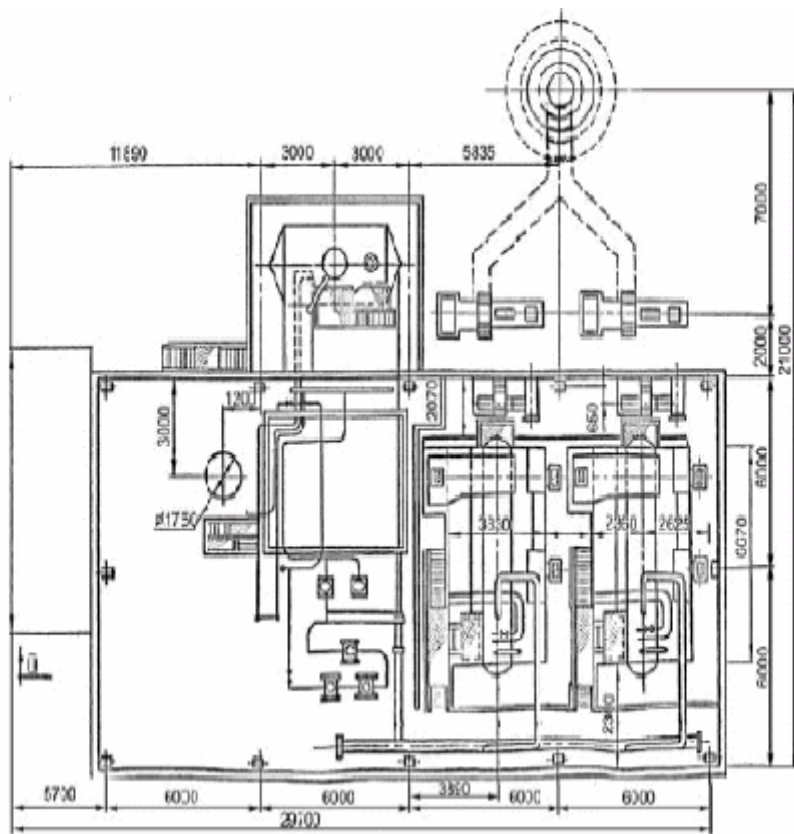


Рис. 1.1. План котельной с двумя котлами ДКВР-4-13

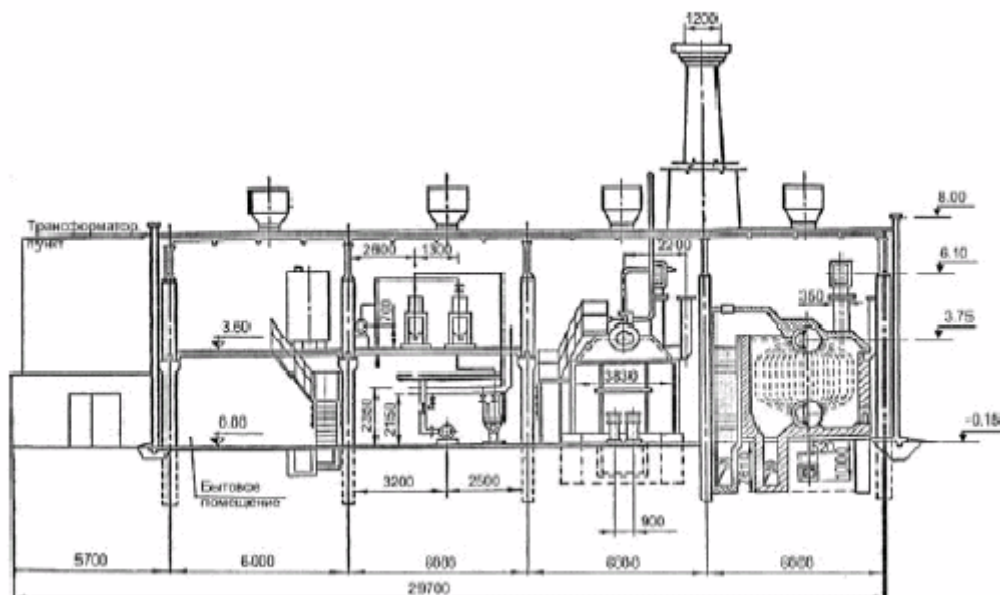


Рис. 1.2. Продольный разрез котельной с двумя котлами ДКВР-4-13

Радиационные поверхности нагрева размещены в топочной камере и воспринимают теплоту от продуктов сгорания топлива, одновременно защищая стены топки от прямого воздействия излучающей среды. Конвективные поверхности нагрева установлены за топкой, в газоходах котла. К конвективным

или хвостовым поверхностям нагрева также относят пароперегреватели, водяные экономайзеры, контактные теплообменники, воздухоподогреватели, которые предназначены для снижения потерь теплоты с уходящими топочными газами, увеличения КПД котельного агрегата или установки и в конечном итоге для снижения расхода топлива.

Котельная или теплогенерирующая установка также включает в себя: горелочные устройства для подачи и подготовки топлива к сжиганию; дутьевой вентилятор для нагнетания воздуха, необходимого для горения топлива; дымосос для удаления продуктов сгорания; дымовую трубу для отвода дымовых газов; оборудование для химической очистки воды от вредных примесей и деаэрации; питательные насосы для увеличения давления воды и подачи ее в котельный агрегат. При сжигании твердого топлива в котельных, кроме того, имеются системы шлако- и золоудаления для удаления очаговых остатков топлива, а также золоуловители – отделяющие золу из дымовых газов. Все эти устройства размещаются в специальном здании, называемом *котельной*, включающей в себя котельные установки, а также помещения для различных вспомогательных служб и мастерских.

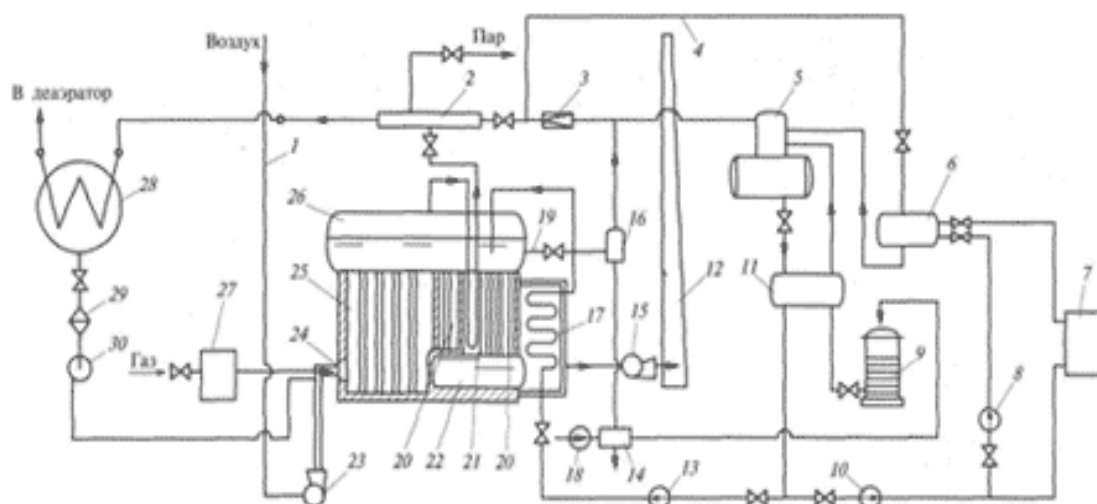


Рис. 1.3. Технологическая схема производственно-отопительной котельной:

1-воздухозаборный короб; 2-паросборный коллектор; 3-редукционная установка; 4-паропровод к бойлеру; 5-деаэратор; 6-пароводяной бойлер; 7-потребитель; 8-сетевой насос; 9-система химической подготовки воды; 10-подпиточный насос; 11-охладитель деаэрированной воды; 12-дымовая труба; 13-питательный насос; 14-подогреватель сырой воды; 15-дымосос; 16-расширитель непрерывной продувки; 17-водяной экономайзер; 18-насос; 19-трубопровод непрерывной продувки; 20-конвективные поверхности нагрева; 21-пароперегреватель; 22, 26-нижний и

верхний барабаны; 23-дутьевой вентилятор; 24-горелка; 25-топка котельного агрегата; 27-ГРП котельной; 28-мазутохранилище; 29-фильтр; 30-насос.

Производственно-отопительная котельная, предназначена для выработки отопительным котлом пара с необходимыми параметрами качества, который используется технологическими потребителями, а также для выработки горячей воды для обеспечения систем отопления, вентиляции, кондиционирования и горячего водоснабжения.

Система отопления в котельной обеспечивает заданный тепловой режим в помещениях в холодное время года, компенсируя теплопотери через наружные ограждения зданий.

Система вентиляции в котельной создает требуемую чистоту воздуха в рабочей зоне производственных зданий, необходимый воздушный и тепловой режимы в общественных зданиях путем организации воздухообмена в помещениях.

Система кондиционирования воздуха в котельной применяется для создания в помещении микроклимата, удовлетворяющего повышенным санитарно-гигиеническим или технологическим требованиям, путем обеспечения строго заданных температуры, влажности, подвижности и чистоты воздуха в рабочей зоне.

Система горячего водоснабжения в котельной предназначена для подогрева и транспортирования воды к местам водоразбора на хозяйственно-бытовые или производственные нужды.

Теплотехнологическое оборудование в котельной является потребителем тепловой энергии в виде подогретой воды или водяного пара и включает в себя как специальные теплопроводы, так и разные теплообменные аппараты.

Природный газ в отопительном котле по газопроводу поступает на территорию предприятия в газорегуляторный пункт (ГРП) 27 (Рис. 1.3) или газорегуляторную установку (ГРУ), где давление городского газа снижают до рабочего и поддерживают его на заданном уровне. Из ГРП газ подается к горелкам 24 котельного агрегата.

Устройства для снижения давления газа перед котельной, магистрали для отвода газа и разводка трубопроводов в котельной должны быть выполнены в соответствии с указаниями «Правил безопасности в газовом хозяйстве» Госгортехнадзора.

Вода, предназначенная для подачи в паровые и водогрейные котлы или в тепловые сети, должна удовлетворять ряду технических, санитарных и экономических требований. В случае поступления воды в котельную из городского водопровода обработка сводится к ее умягчению и снижению щелочности в специальных фильтрах, а при использовании воды из открытых водоемов к этому добавляется еще и очистка от взвешенных веществ.

До поступления в устройства для химической очистки вода должна быть нагрета в теплообменниках. Загрязненный конденсат, возвращаемый от технологических потребителей, также подвергается очистке. Подготовленные тем или иным способом вода и конденсат направляются в устройства (деаэраторы) для удаления из них растворенных газов. После деаэраторов с помощью питательных насосов вода направляется в котельный агрегат или подпиточными насосами в тепловые сети.

В промышленных котельных с паровыми котлами, как правило, используются центробежные насосы с электрическим приводом и с приводом от паровой турбины. Для подпитки водой тепловых сетей, когда в качестве источника теплоснабжения установлены стальные водогрейные котлы, применяются центробежные насосы, обычно с электрическим приводом. В небольших котельных иногда для подачи питательной воды используют поршневые паровые насосы или инжекторы.

Отопительный котел имеет топку (25) с расположенными в ней испарительными поверхностями нагрева (кипятильными трубами), верхний (26) и нижний (22) барабаны, конвективные поверхности нагрева (20), пароперегреватель (21), водяной экономайзер (17).

Воздух в отопительном котле, необходимый для сжигания газа, забирается из верхней части котельной и по воздухозаборному коробу (1) поступает на вход дутьевого вентилятора (23), откуда под давлением подается в горелки (24). Продукты горения проходят последовательно через все теплоиспользующие элементы и с помощью дымососа (15) выбрасываются в дымовую трубу (12).

Пар в отопительном котле поступает в общий сборный коллектор (2), откуда направляется к технологическим потребителям. Часть пара после снижения давления в редукционной установке (3) подается в деаэратор (5), где происходит удаление из питательной воды растворенных в ней агрессивных газов для предотвращения коррозии поверхностей нагрева.



Для получения горячей воды, расходуемой на технологические нужды и теплоснабжение, в котельной установлен пароводяной бойлер (6). Пар в бойлер поступает из общего паросборного коллектора (2) по специальному паропроводу (4). Сетевая вода сетевым насосом 8, установленным на обратной линии, подается для нагрева в бойлер, из которого поступает в прямую линию системы теплоснабжения к потребителям (7) теплоты. Конденсат пара из бойлера поступает в деаэратор 5. Подпитка тепловой сети осуществляется подпиточным насосом (10), забирающим воду из деаэратора, общего для системы теплоснабжения и питания котла. Для уменьшения содержания котловой воды из барабана (26) по трубопроводу (19) производится непрерывная продувка.

Вода в отопительном котле направляется в расширитель непрерывной продувки (16), где в результате снижения давления вскипает. Образующийся при этом пар поступает в паровую линию к деаэратору, а горячая вода — в подогреватель сырой воды (14), которая насосом (18) подается в систему химической подготовки воды. Химически очищенная вода перед поступлением в деаэратор подогревается в охладителе 11 деаэрированной воды. Деаэрированная вода питательным насосом 13 направляется в водяной экономайзер (17) котла.

Теплогенераторы с давлением выше 0,07 МПа (0,7 кгс/см<sup>2</sup>) и температурой выше 115 °С подлежат регистрации в государственной организации, контролирующей правильность конструкции котлоагрегата, соответствие установленным правилам и нормам оборудования и здания котельной и соблюдение обслуживающим персоналом Правил устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов Госгортехнадзора РФ. Размеры зданий котельных, материалы, из которых они выполняются, проходы между стенами и оборудованием, а также расстояния до ферм и перекрытий определяются Правилами и нормами Госгортехнадзора РФ.

Эффективность работы котельных во многом определяется правильностью выбора метода сжигания топлива, совершенством оборудования и приборов, своевременностью и качеством проведения пуско-наладочных работ, квалификацией обслуживающего персонала и др. Безопасность, надежность и экономичность работы котельных установок и теплоэнергетического оборудования зависят от степени подготовки обслуживающего персонала, правильности выполнения производственных и должностных инструкций.

## 1.2. Мазутное хозяйство отопительных котельных

Схема мазутного хозяйства. Мазут может быть основным топливом, резервным (например, в зимнее время), аварийным, растопочным, когда основным является сжигаемое в пылевидном состоянии твердое топливо.

Мазут к потребителю доставляется железнодорожным транспортом, нефтеналивными судами, по трубопроводам (если нефтеперерабатывающие заводы находятся на небольших расстояниях). Мазутное хозяйство при доставке мазута железнодорожным транспортом состоит из следующих сооружений и устройств: слив-пой эстакады с промежуточной емкостью; мазутохранилища; мазутонасосной станции; системы мазутопроводов между емкостями мазута, мазутонасосной и котельными установками, устройствами для подогрева мазута; установок для приема, хранения и ввода в мазут жидких присадок.

Схема мазутного хозяйства с наземным мазутохранилищем приведена на рис. 1.4. Из железнодорожных цистерн 1, располагающихся при сливе на эстакаде 2, мазут по переносному слив-пому лотку 3 поступает в сливной желоб 4 и затем по отводящей трубе 5 — в приемную емкость 6. Из нее мазут по мазутопроводам подается в фильтр 10 грубой очистки и насосами 9 через фильтры 8 гонкой очистки закачивается в емкость мазутохранилища 7. Из емкости мазутохранилища через фильтры 11 тонкой очистки и подогреватели 13 насосами 12 мазут подается в горелки 14 котельных агрегатов. Часть разогретого мазута направляется по линии /5 рециркуляции в мазутохранилище для разогрева находящегося там мазута. Рециркуляция мазута предназначена для предупреждения застывания мазута в трубопроводах при уменьшении или прекращении его потребления.

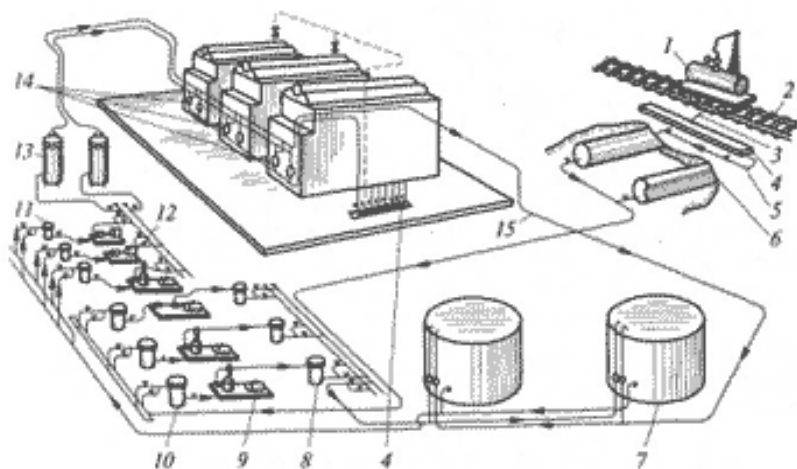


Рис. 1.4. Схема мазутного хозяйства с наземным мазутохранилищем:

1-железнодорожная цистерна; 2-эстакада; 3-переносный сливной лоток; 4-сливной желоб; 5-отводящая труба; 6-приемная емкость; 7-мазутаохранилище; 8, 11-фильтры тонкой очистки; 9, 12-насосы; 10-фильтр грубой очистки; 13-подогреватель; 14-горелки котлов; 15-линия рециркуляции.

При сливе из железнодорожной цистерны мазут самотеком движется по открытым лоткам (желобам) в приемные баки. По дну лотков проложены паропроводы. Слив мазута из цистерн происходит через нижний сливной прибор в межрельсовые желоба. Мазут из приемных резервуаров перекачивается погружными нефтяными насосами в основные резервуары для хранения. Подогрев л мазута в приемных и основных резервуарах до 70 °С проводится обычно трубчатыми подогревателями поверхностного типа, обогреваемыми паром. В водогрейных котельных пар отсутствует, поэтому подогрев мазута осуществляется горячей водой с температурой до 150 °С.

Для уменьшения опасности донных отложений и загрязнения поверхностей нагрева при длительном хранении к мазуту добавляют жидкие присадки типа ВНИИНП-102 и ВНИИНП-103.

Мазут для отопительного котла может быть основным топливом, резервным (например, в зимние месяцы), аварийным, позволяющим в случае необходимости быстро перевести котельную с одного вида топлива на другой. Котельная представляет промышленное здание, в котором имеются: устройства для хранения некоторого запаса топлива, механизмы для его подготовки к сжиганию и подачи в топку; оборудование для хранения, водоочистки, подогрева и перекачки воды для питания котельного агрегата, теплообменников, деаэраторов, баков, питательных, сетевых и других насосов; различные вспомогательные устройства и машины, предназначенные для обеспечения длительной и надежной работы котельных агрегатов, в том числе и приборов, позволяющих контролировать ход процессов в котельном агрегате. Около здания котельной обычно располагаются: устройства для приемки, разгрузки и подачи жидкого топлива по емкостям, аппаратам для подогрева, фильтрации и транспорта в котельную; трубопроводы, подводящие газ к котельной, и газорегуляторные пункты (ГРП) для приема, очистки и снижения давления газа перед котлами; склады для хранения материалов и запасных частей, необходимых при эксплуатации и ремонтах оборудования котельной; устройства для приемки и преобразования электрической энергии, потребляемой котельной установкой.

На территории котельной регламентировано устройство проездов и площадок разного назначения, зеленой зоны для защиты окружающего

пространства. Снабжение котельной топливом может осуществляться различными путями: по железной дороге, автотранспортом и по трубопроводам.

При использовании жидкого топлива, подаваемого в железнодорожных или автомобильных цистернах, на территории котельной предусмотрены устройства для разгрузки топлива, его слива и хранения. Жидкое топливо из хранилищ перекачивается насосами, подогревается для снижения вязкости и фильтруется для освобождения от частиц, засоряющих форсунки. Из мазутохранилища (28), обогреваемого паром, через фильтры (29) тонкой очистки насосами (30) мазут подается в горелку (24) и после смешивания с воздухом сгорает.

### **1.3. Мазутохранилища для отопительных котлов**

Запас мазута содержится в резервуарах — мазутохранилищах, которых, как правило, не менее двух. Суммарная вместимость резервуаров выбирается в зависимости от производительности котельной, дальности и способа доставки (железнодорожный, трубопроводный и др.). Применяют нормальный ряд мазутохранилищ вместимостью 100; 200; 500; 1 000; 2 000; 3 000; 5 000; 10 000 и 20 000 м<sup>3</sup>.

Выполняются мазутохранилища наземными, полуподземными (заглубленными) и подземными. Резервуары бывают основные, расходные и резервные. Все они должны обладать безопасностью хранения топлива в пожарном отношении; полной герметичностью; несгораемостью, долговечностью, коррозионной стойкостью против воздействия агрессивных грунтовых вод; удобствами обслуживания и очистки от отстоя и осадков; возможностью установки внутри резервуара подогревающих устройств и другого технологического оборудования.

Резервуары мазутохранилища обычно выполняют железобетонными или металлическими. Последние применяют в районах Крайнего Севера и в сейсмически опасных районах. Теплоизоляция металлических хранилищ выполнена из полиуретана, обшитого металлическими листами.

### **1.4. Насосы для перекачки мазута**

Наибольшее применение для перекачки мазута в отопительных котлах находят шестеренные и винтовые насосы. При вращении шестерен 2 в направлении, обозначенном на рисунке стрелками, жидкость попадает во впадины, образованные зубьями шестерни и корпусом 4 насоса, и перемещается из всасывающей полости 3 в нагнетательную 1. Для бесшумной и плавной подачи

перекачиваемой жидкости зубья шестерен часто выполняют косыми. Производительность шестеренных насосов обычно не превышает 20 м<sup>3</sup>/ч, а напор – 12 МПа (1 200 м вод. ст.).

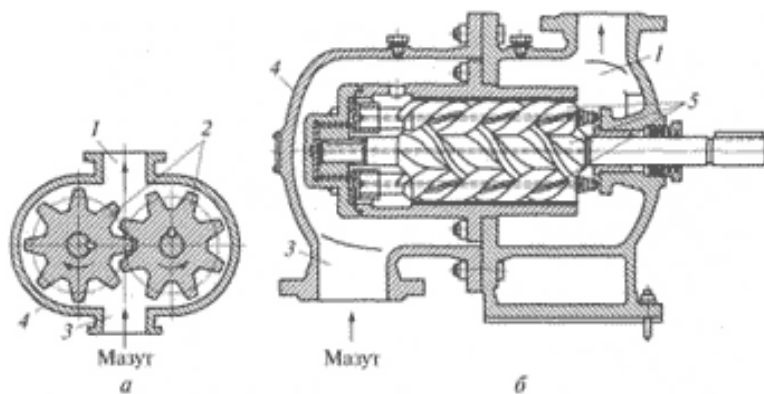


Рис. 1.5. Шестеренный (а) и винтовой (б) насосы для перекачки мазута:

1-нагнетательная полость; 2-шестерни; 3-всасывающая полость; 4-корпус; 5-винтовые роторы.

В винтовых насосах мазут подается путем выдавливания его роторами с винтовой нарезкой. Винтовые насосы по сравнению с шестеренными бесшумны и работают с большим числом оборотов. Наиболее распространены трехвинтовые насосы с центральным ведущим ротором. При вращении винтовых роторов 5 в раскрывающуюся впадину винтового канала из всасывающей полости 3 поступает мазут. При дальнейшем вращении роторов эта впадина закрывается и мазут, находящийся в ней, переносится в нагнетательную полость 1. Там впадина раскрывается, и мазут выдавливается выступами винтов роторов.

### 1.5. Место парового котла в тепловой схеме ТЭС

Котельный агрегат является одним из основных элементов в схеме ТЭС (Рис. 1.6).

В паровом котле 1 происходит превращение химической энергии, заключенной в топливе, в тепловую энергию. Там же эта тепловая энергия расходуется на нагрев воды до кипения, испарения воды и перегрев пара. Производственными отходами являются охлажденные дымовые газы, летучая зола и шлак. Сочетание топки и теплоиспользующих поверхностей называется котельным агрегатом.

Котельная установка – это более широкое понятие, включающее дополнительные устройства для приготовления и ввода в топку топлива;

вентиляторы для подачи воздуха; дымососы для отвода в атмосферу дымовых газов; питательные насосы и другое, более мелкое оборудование.

Перегретый пар из котла поступает в паровую турбину 3, где энергия, заключенная в нем, превращается в механическую работу (вращение ротора).

С ротором турбины связан ротор электрического генератора 4, в котором механическая работа превращается в электрическую энергию.

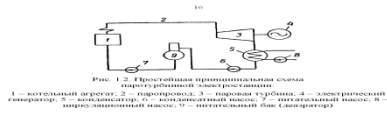


Рис. 1.2. Простейшая принципиальная схема паротурбинной электростанции  
1 – котельный агрегат; 2 – паропровод; 3 – паровая турбина; 4 – электрический генератор; 5 – конденсатор; 6 – конденсатный насос; 7 – питательный насос; 8 – циркуляционный насос; 9 – питательный бак (деаэрактор)

Старившийся и перегретый пар сбрасывается в конденсатор 5, куда подается охлаждающая вода 8. Конденсат из конденсатора турбины забирается конденсатным насосом 6 и подается далее в следующие многочисленные элементы тепловой схемы, включающие регенеративные подогреватели, деаэраторы и другие элементы. Далее питательная вода насосом 7 подается в паровой котел.

Приведенные данные свидетельствуют о важной роли котлоагрегата в работе тепловой схемы.

#### 1.5. Принципиальная схема современной котельной установки

Схема котельной установки представлена на рис. 1.3. Пылевоздушная смесь подается в топку 13 через пылеугольные горелки 11. Барабан котла 12 вынесен за пределы газохода. Вода из него по опускным трубам поступает в нижние коллекторы экранов 17, покрывающих все стенки топки. В экранах происходит частичное испарение воды. Далее пароводяная смесь поступает в барабан котла, где происходит отделение пара. Пар из барабана котла подается в пароперегреватель 20 и затем идет к потребителю. Дымовые газы из топки подаются в пароперегреватель и из него в опускную шахту. В опускной шахте расположены водяной экономайзер 21, в котором подогревается циркуляционная вода из конденсатора и пароперегревателя. Далее, уже охлажденные газы отдают тепло воздуху. Горючий воздух затем подается в дутьевые механизмы и в пылеугольный агрегат. После котла дымовые газы очищаются от летучей золы и золоуловителями и через дымосос и дымовую трубу выбрасываются в атмосферу.

Рис. 1.6. Простейшая принципиальная схема паротурбинной электростанции:

1 – котельный агрегат; 2 – паропровод; 3 – паровая турбина; 4 – электрический генератор; 5 – конденсатор; 6 – конденсатный насос; 7 – питательный насос; 8 – циркуляционный насос; 9 – питательный бак (деаэрактор)

Отработавший в турбине пар сбрасывается в конденсатор 5, куда подается охлаждающая вода 8. Конденсат из конденсатора турбины забирается конденсатным насосом 6 и подается далее в следующие многочисленные элементы тепловой схемы, включающие регенеративные подогреватели, деаэраторы и другие элементы. Далее питательная вода насосом 7 подается в паровой котел.

### 1.6. Принципиальная схема современной котельной установки

Схема котельной установки представлена на рис. 1.7.

Пылевоздушная смесь подается в топку 13 через пылеугольные горелки 11. Барабан котла 12 вынесен за пределы газохода. Вода из него по опускным трубам поступает в нижние коллекторы экранов 17, покрывающих все стенки топки. В экранах происходит частичное испарение воды. Далее пароводяная смесь поступает в барабан котла, где происходит отделение пара. Пар из барабана котла подается в пароперегреватель 20 и затем идет к потребителю. Дымовые газы из топки подаются в пароперегреватель и из него в опускную шахту. В опускной шахте расположены водяной экономайзер 21, в котором подогревается

питательная вода до поступления в барабан котла, и воздухоподогреватель 22, где уходящие газы отдают тепло воздуху. Горячий воздух затем подается в углеразмольные мельницы и к пылеугольным горелкам. После котла дымовые газы очищаются от летучей золы в золоуловителях и через дымосос и дымовую трубу выбрасываются в атмосферу.

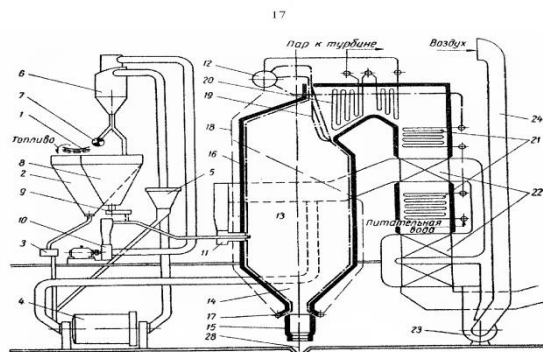


Рис. 1.3. Схема котельной установки:

1 – ленточный транспортер; 2 – бункер сырого угля; 3 – питатель сырого угля; 4 – пылеугольная мельница; 5 – сепаратор; 6 – циклон; 7 – пылевой шнек; 8 – бункер угольной пыли; 9 – питатель угольной пыли; 10 – мельничный вентилятор; 11 – горелки; 12 – барабан котла; 13 – топка; 14 – холодная воронка; 15 – шлаковый комод; 16 – топочные экраны (подъемные трубы); 17 – коллекторы экранов; 18 – водоподводящие (опускные) трубы; 19 – фестон; 20 – пароперегреватель; 21 – водяной экономайзер (две ступени); 22 – воздухоподогреватель (две ступени); 23 – дутьевой вентилятор; 24 – короб для забора воздуха

Паровой котел, обеспечивающий паром турбину сравнительно небольшой мощности – 100 МВт, вырабатывает пара около 400 т/ч при температуре перегрева 540–570 °С. При этом расход угля может составить от 50–100 тонн в час (в зависимости от его теплотворности). Высота такого котла 35–40 м, ширина и глубина 15–20 м.

Рис. 1.7. Схема котельной установки:

1 – ленточный транспортер; 2 – бункер сырого угля; 3 – питатель сырого угля; 4 – пылеугольная мельница; 5 – сепаратор; 6 – циклон; 7 – пылевой шнек; 8 – бункер угольной пыли; 9 – питатель угольной пыли; 10 – мельничный вентилятор; 11 – горелки; 12 – барабан котла; 13 – топка; 14 – холодная воронка; 15 – шлаковый комод; 16 – топочные экраны (подъемные трубы); 17 – коллекторы экранов; 18 – водоподводящие (опускные) трубы; 19 – фестон; 20 – пароперегреватель; 21 – водяной экономайзер (две ступени); 22 – воздухоподогреватель (две ступени); 23 – дутьевой вентилятор; 24 – короб для забора воздуха

Паровой котел, обеспечивающий паром турбину сравнительно небольшой мощности – 100 МВт, вырабатывает пара около 400 т/ч при температуре перегрева 540÷570 °С. При этом расход угля может составить от 50÷100 тонн в час (в зависимости от его теплотворности). Высота такого котла 35÷40 м, ширина и глубина 15÷20 м.