5Лекция

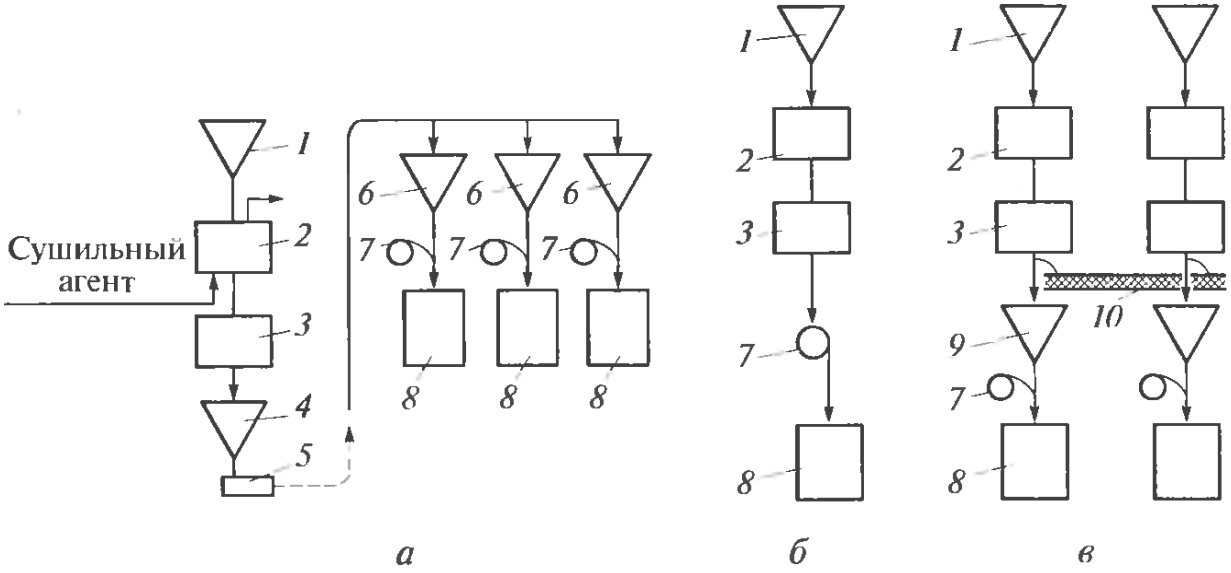
Общие сведения о системе топливоприготовления. Сжигание твердого, жидкого и газообразного топлива. Схемы. Характеристики угольной пыли. Основное оборудование схем топливоприготовления.

5.1Приготовление к сжиганию твердого топлива

Топливоприготовление включает в себя комплекс элементов оборудования и механизмов транспорта, обеспечивающих размол и непрерывную подачу подготовленного для сжигания топлива в горелки парового котла. Сжигание *твердого топлива* происходит в следующей последовательности: 1) разгрузка топлива (размораживание в зимнее время); 2) дробление кусков топлива в дробилках до максимального размера частиц 15-25 мм (дробленка); 3) сушка и размол в углеразмольных мельницах до мельчайшей угольной пыли (пылеприготовление); 4) подача топлива к горелкам котла.

Для размола топлива применяют *центральные* и *индивидуальные* системы пылеприготовления (см. рисунок 6.1). Центральные схемы пылеприготовления всегда *разомкнуты* по сушке (т.е. отработанный сушильный агент вместе с некоторым количеством неуловленного топлива сбрасывается в атмосферу).

Индивидуальная система пылеприготовления с *прямым* вдуванием (см. рисунок 6.1, б) отличается жесткой связью мельничного оборудования с котлом. Изменение нагрузки котла требует изменения и режима работы мельничного оборудования. Такая система пылеприготовления находит применение при сжигании высокореакционных бурых и каменных углей, допускающих наиболее грубый помол.



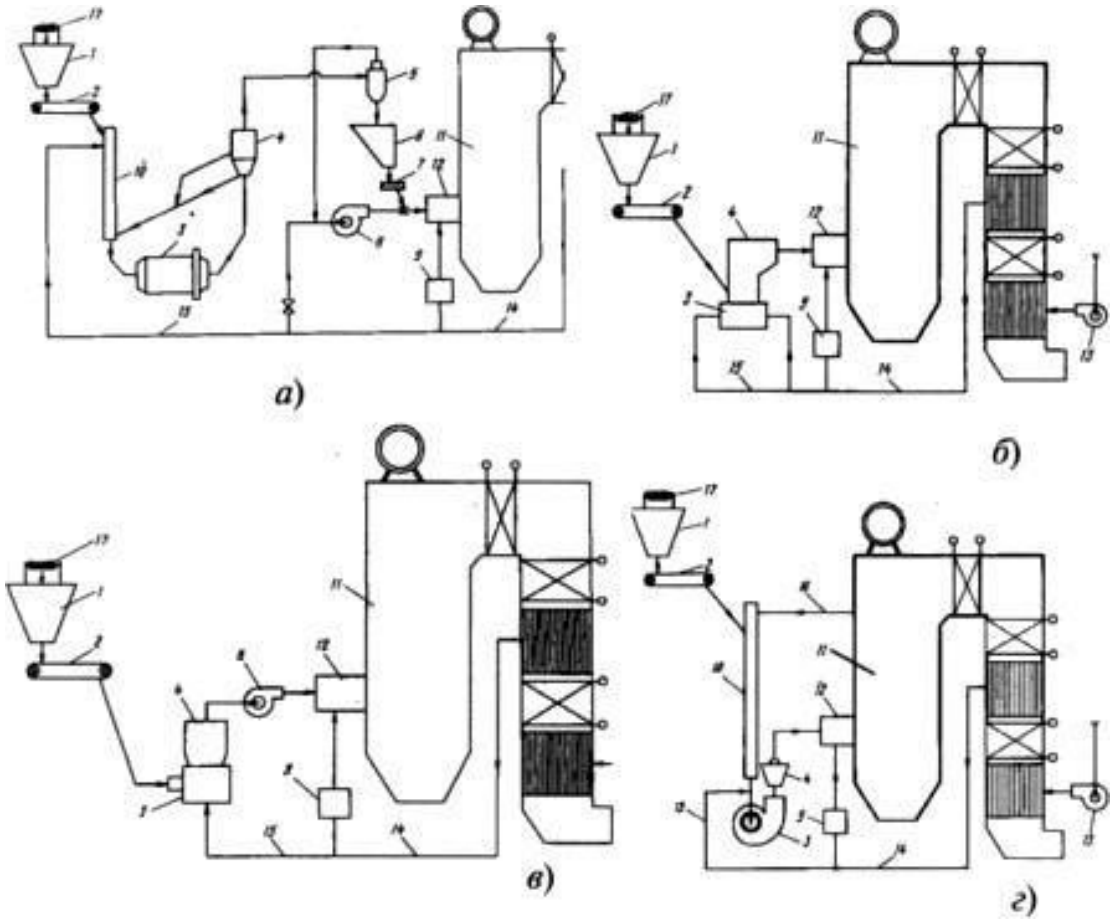
1 - бункер сырого угля; 2 - сушилка; 3-мельница; 4 - бункер готовой пыли; 5 - насос для пыли; 6 - расходные бункера, 7-вентиляторы; 8 - топочные камеры котлов; 9 - промежуточный бункер; 10 - шнек для пыли. а) центральная; б) индивидуальная с прямым вдуванием; в) индивидуальная с промежуточным пылевым бункером.

Рисунок 5.1 – Схемы пылеприготовления

В индивидуальной системе пылеприготовления с *промежуточным пылевым бункером* (см. рисунок 6.1. в) работа оборудования не зависит от работы котла, что является основным достоинством этой системы. Наличие промежуточного пылевого бункера повышает надежность установки. Этому способствует связь мельничных устройств отдельных котлов, обеспечивающая возможность с помощью пылевого шнека передавать пыль в случае необходимости от одного котла другому.

Индивидуальная система пылеприготовления с промежуточным бункером применяется для мощных котлов при работе на тощих и малореакционных топливах, требующих тонкого помола.

На рисунке 6.2 показаны наиболее характерные варианты схем пылеприготовления с различными углеразмольными мельницами.



1- бункер сырого топлива; 2 - питатель сырого угля; 3-мельница; 4 - сепаратор пыли; 5 - пылеотделитель; 6 - бункер пыли; 7 - питатель пыли; 8 - мельничный вентилятор; 9-распре-делитель горячего воздуха; 10 - шахта предварительной сушки топлива; 11-котел; 12- горелки; 13- дутьевой вентилятор; 14,15 - тракты горячего воздуха;16 - отбор топочных газов на сушку топлива; 17-транспортер.

а) - с шаровой барабанной мельницей; б) - с молотковой мельницей и инерционным сепаратором; в - с валковой среднеходовой мельницей; г) - с мельницей-вентилятором

Рисунок 5.2 - Варианты схем пылеприготовления

5.2 Характеристики угольной пыли

1) Малая насыпная плотность ($\rho_{пл}^{нас}$=400-500 кг/м^3). За 3-6 часов пыль слеживается ($\rho_{пл}$=900 кг/м^3), теряет сыпучесть $\Rightarrow$ стенки бункера под 60 º.

2) Влажность пыли: влажная – слеживается, сухая – взрывоопасна. Оптимальная влажность для антрацита 1-2%, для каменного угля - 5-10 %, для бурого угля - 10-20 %, для торфа - 30-35 %.

3) Полидисперсность (1-1000 мкм). Фракционный состав определяют путем рассева пыли на ситах с ячейками: x = 90, 200, 500, 1000 мкм.

4) Оптимальная тонкость помола. С $\uparrow$ диаметра частицы $\uparrow$ масса горючих веществ, $\Rightarrow$ $\uparrow$ время горения. С $\uparrow$ $V^г$ $\downarrow$ время воспламенения и $\downarrow$ время горения. С $\uparrow$ размера частицы $\uparrow$ R_{90}, q_4 $\Rightarrow$ $\downarrow$ КПД котла $\Rightarrow$ $\uparrow$ расход топлива.

Для снижения размера частицы, необходимо снизить $R_{90} \Rightarrow$ увеличатся затраты на помол: $R_{90}^{опт} = 4 + 0{,}8 \cdot V^{г}$, %.

Топливо	Антацит, Т	Каменный уголь	Бурый уголь
$R_{90}^{опт}$, %	7-8	20-35	50-60

Топливо с высоким $V^{г}$, быстро воспламеняется и полнее сгорает, поэтому допускает более грубый помол.

5) Механическая прочность углей, которая влияет на: энергозатраты на помол; производительность мельниц; износ мелющих органов. Коэффициент размолоспособности $K_{ло} = (Э_{Ант} / Э_{иссл.в-во}) > 1$. Для рабочего топлива вводятся поправки на влажность и дробление $K_{рт} = K_{ло} \cdot (П_{вл} / П_{др})$ (для каменных углей: $К_{рт}$ = 1,2-1,8, для бурых углей - $К_{рт}$>2). По $К_{рт}$ проектируют мельницы.

6) Абразивность твердого топлива: $K_{абр} = G_{ст3} / \Delta Э = 0{,}3 - 0{,}8$, *г / кВт*ч*, где числитель – износ металла (сталь 3), а знаменатель – энергозатраты. По $К_{абр}$ судят о продолжительности межремонтной компании.

7) Взрываемость угольной пыли. Предельное значение O_2, при котором взрыв не происходит: $O_2^{пред}$ = 16 % (торф), 18 % (бурый уголь), 19 % (каменный уголь). Вероятность взрываемости повышается: с ↑ $V^{г}$; при ↓ $W_{пл}$; при ↓ R_{90}; с ↑ $t_{аэросмеси}$ (поэтому $t_{аэр}^{пред}$=70 ^{0}С (бурый уголь), 100 ^{0}С (каменный уголь), 130 ^{0}С (антрацит). Для защиты от возможного взрыва пылесистемы оборудованы взрывными клапанами.

5.3 Основное оборудование схем топливоприготовления

В системе пылеприготовления, кроме основного оборудования (мельниц), имеется ряд вспомогательных элементов: сепараторы, циклоны, клапаны-мигалки, пылепитатели, пылеотделители, влияющие на равномерность выдачи пыли в горелочные устройства топки. К важным элементам системы пылеприготовления относятся также взрывные клапаны.

1) Сушка топлива

Для улучшения размола топлива, хранения и транспортирования пыли, а также для интенсификации ее зажигания и горения топливо подсушивают. Сушка топлива может осуществляться по *замкнутой* и *разомкнутой* схемам.

При замкнутой схеме отработавший в системе пылеприготовления сушильный агент вместе с пылью направляют в топку (см. рисунок 6.2, *б* и *в).* При разомкнутой схеме отработавшие сушильные газы сбрасывают в атмосферу (см. рисунок 6.2, а). Для относительно сухих углей при внешней влажности, не превышающей 10 %, сушку топлива ведут одновременно с размолом в мельничном устройстве путем подачи внутрь мельницы горячего воздуха или продуктов сгорания. Для влажных топлив (15-20 %) частичная предварительная подсушка может осуществляться по замкнутой схеме непосредственно перед мельничным устройством в коротких сушильных трубах.

Окончательная подсушка топлива выполняется в мельнице в процессе размола. Для высоковлажных топлив (более 20 %) возможно применение предварительной сушки топлива в отдельном сушильном устройстве с разомкнутой схемой сушки. Для предварительной подсушки топлива перед мельницей применяют различные типы сушилок: *газовые барабанные, паровые трубчатые, пневматические (трубы-сушилки), с кипящим слоем* и т.д. Значение конечной влажности пыли определяется по условиям самовозгорания и взрывобезопасности.

2) Мельницы для приготовления пыли

Шаровая барабанная мельница (ШБМ) представляет собой цилиндрический барабан (d=1.5-4 м, l=2,5-12 м), выложенный внутри волнистыми броневыми плитами из марганцовистой стали толщиной около 100 мм (см. рисунок 6.3). Барабан заполняется на 15-30 % своего объема стальными шарами диаметром от 25 до 70 мм. Размол топлива происходит при вращении барабана за счет массы металлических шаров.

Факторы, влияющие на размол:

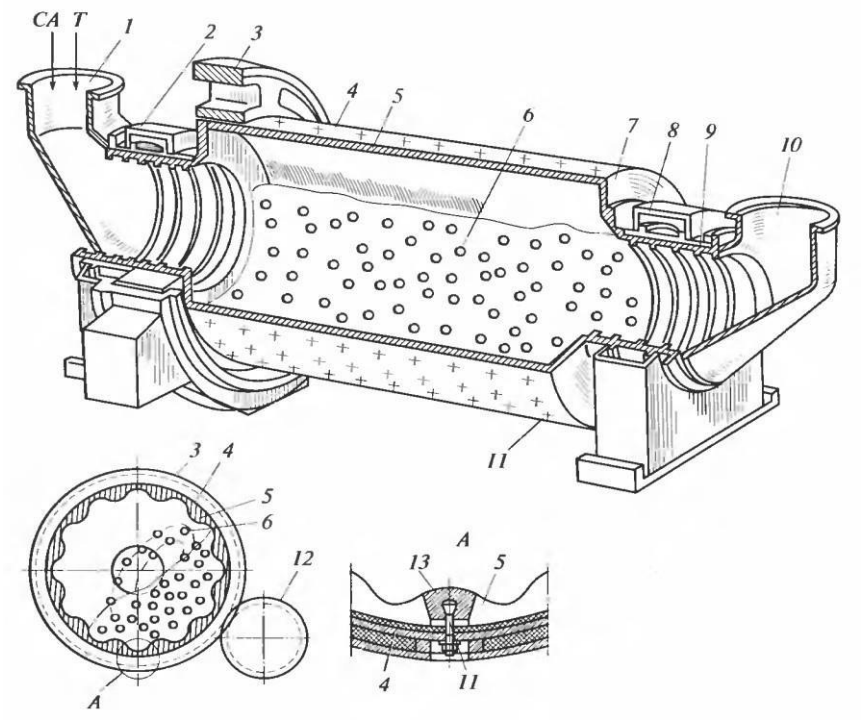
– частота вращения барабана (с $\uparrow n \Rightarrow \uparrow B_м$, но при $n > n_{кр} = 42{,}3/\sqrt{D_б}$ все шары прижмутся к внутренней поверхности барабана $\Rightarrow B_м = 0, \Rightarrow n_{раб} = 0{,}75 \cdot n_{кр}$;

– доля шаровой загрузки: $\Psi = V_{шар} / V_{бар} \cong 0{,}25$;

– диаметр шаров (при $\downarrow D_ш \Rightarrow \downarrow B_м$). Износ шаров 150÷300 грамм/тут;

– скорость вентиляции $W_б = 1 \div 3\ м/с$;

– удельные энергозатраты на помол $Э_м = N_м / B_м$; $N_м = N_{хх} + b \cdot B_м, кВт$.



1- патрубок подачи топлива и сушильного агента;
2, 8 - опорно-упорный и опорный подшипник;
3 - зубчатый венец;
4 - барабан;
5 - броневые плиты;
6 - стальные шары;
7 - торцевая стенка;
9- цапфы;
10 - патрубок готовой пыли.

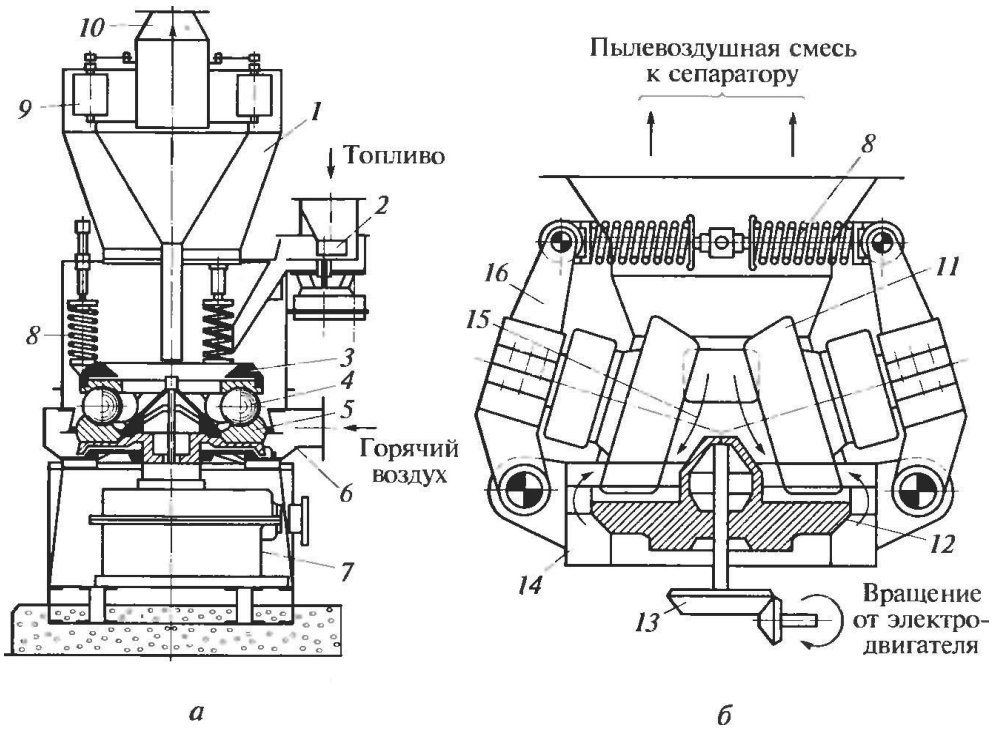
Рисунок 5.3 – Конструкция ШБМ

Достоинства: ШБМ пригодна для размола с одновременной сушкой как мягких топлив, так и твердых топлив. В ШБМ можно получить пыль любом тонкости помола; возможно достижение большой единичной мощности (30 т/ч). Наибольшее применение находят ШБМ в индивидуальных системах пылеприготовления с промежуточным бункером.

Недостатки: громоздкость и сложность оборудования, значительный удельный расход электроэнергии на пылеприготовление (25-35 кВт*ч/т).

Шаровая и валковая среднеходные мельницы

Среднеходные мельницы выполняются шаровыми (МШС) либо валковыми (МВС). Измельчение топлива в *среднеходных мельницах* происходит раздавливанием кусков угля на вращающемся радиальном столе под действием сил раздавливания прижимаемых к столу вращающихся стальных шаров в МШС и конических валков в МВС (см. рисунок 6.4). Производительность составляет: МШС - 3,5-50 т/ч, МВС - 3,8-14 т/ч.



1 - сепаратор пыли;
2 - питатель;
3- верхнее неподвижное кольцо;
4- шары;
5 - подвижное нижнее кольцо;
6-патрубок для подачи воздуха;
7-приводной механизм;
8 -пружина;
9- лопатка;
10 - патрубок выдачи пыли;

Рисунок 5.4 - МШС (а) и МВС (б) мельницы

Достоинства: меньшие энергозатраты (по сравнению с ШБМ); компактность.

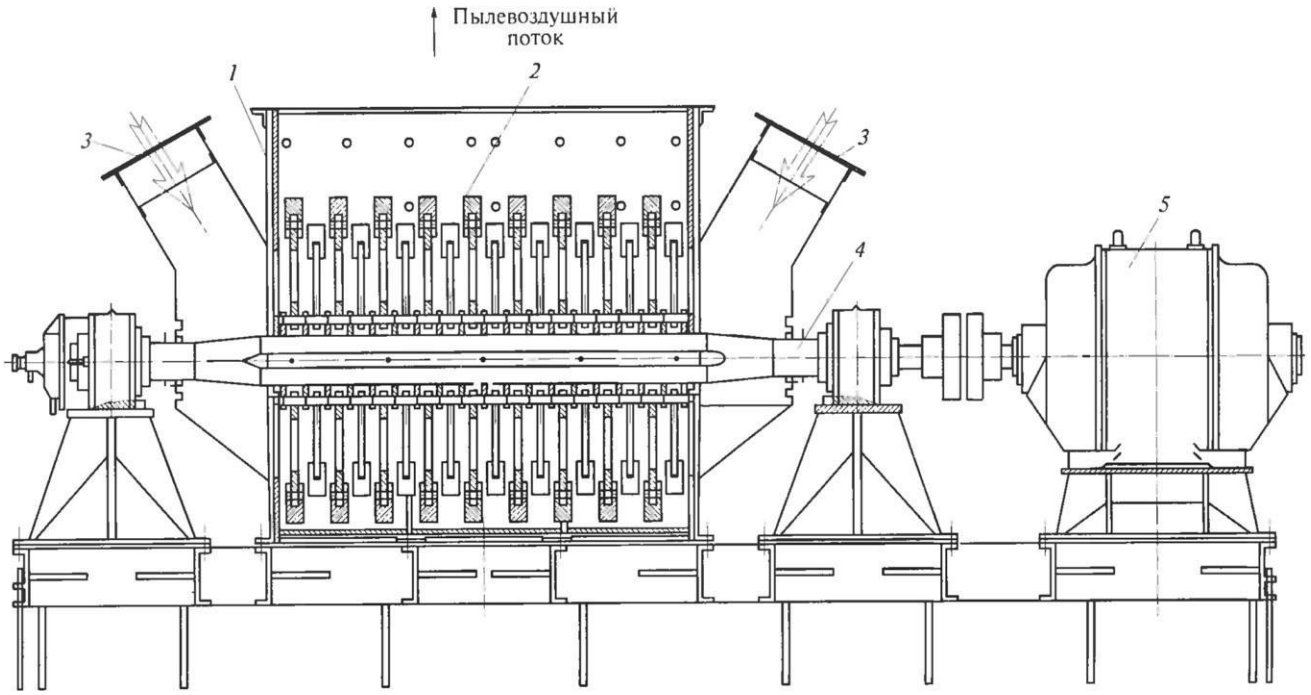
Недостатки: при работе недопустимо попадание с топливом металлических включений и предметов повышенной прочности, так как раздавливание при этом существенно ухудшается, ↑ доля крупных кусков, ↓ вынос пыли ⇒ производительность мельницы ↓. Влажные зольные угли в этих мельницах слипаются и спрессовываются под размольными органами, в результате чего их размол ухудшается.

Молотковые мельницы (ММ) размалывает топливо билами при большой скорости вращения ротора мельницы (735-980 об/мин). Мельницы данного типа относятся к классу быстроходных. Мельница состоит из стального корпуса толщиной 10-15 мм, покрытого изнутри гладкими броневыми плитами толщиной 20-30 мм. Мельницы устанавливаются непосредственно у топок в индивидуальных системах пылеприготовления с прямым вдуванием. Рациональным является использование в ней бурых и каменных углей средней и малой твердости при допустимом для сжигания грубом размоле топлива.

В зависимости от способа подвода горячего сушильного агента к мельнице различают: молотковые мельницы аксиальные ММА, молотковые мельницы тангенциальные, молотковые мельницы с комбинированным подводом воздуха ММАТ. Производительность мельниц ММА: 2,7-24 т/ч.

Достоинства: ММТ более компактны, отличаются меньшим удельным расходом энергии на помол (5-12 кВт*ч/т) и более равномерным износом бил.

Недостатки: основными недостатками молотковых мельниц является сравнительно быстрый износ бил ⇒, замены через 300-600 ч работы.



1 – корпус; 2 – билы; 3 – патрубки для сушильного агента; 4 – ротор; 5 – электродвигатель.

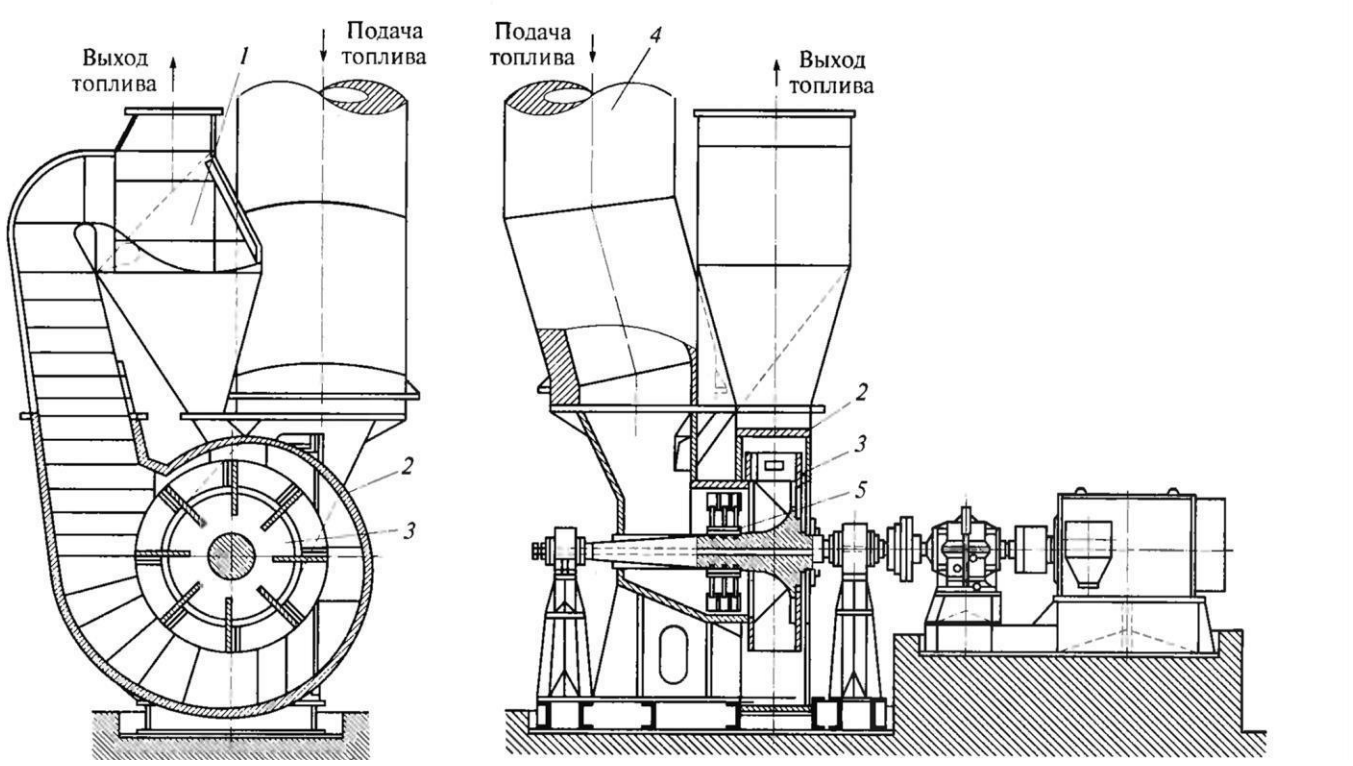
Рисунок 5.5 – Конструкция мельницы типа ММА

Мельница-вентилятор

Для размола сильновлажных и мягких бурых углей применяется *мельница - вентилятор* (МВ), которая имеет на одной оси размольную часть, подобную молотковой мельнице, и вентилятор, который создает разрежение на входе в сушильную шахту для подвода горячих топочных газов (800 - 1000°С) и напор в пылепроводе для подачи топлива в горелки.

МВ (см. рисунок 6.6) имеет стальной корпус, покрытый изнутри броневыми плитками. Ротор состоит из мелющего колеса-вентилятора с лопатками. К лопаткам мелющего колеса крепятся броневые била. Для повышения производительности мельниц, экономичности размола, уменьшения износа лопаток и диска используется двухступенчатый размол топлива с предвключенной бильной частью. Последняя представляет собой несколько рядов молотков, расположенных на валу МВ. Под действием центробежных сил частично размолотое в первой ступени топливо отбрасывается к наружной поверхности бильной части корпуса и с сушильным агентом по кольцевому зазору поступает равномерно по всей окружности приемной части вентилятора. Благодаря этому лопатки вентиляторного колеса равномерно нагружаются.

Суммарный напор, развиваемый МВ, составляет 1-2 кПа. Единичная производительность МВ составляет > 100 т/ч. Расход энергии: 6-10 кВт*ч/т.



1- инерционный сепаратор; 2 – корпус; 3 – мелющее колесо-вентилятор; 4 – канал подвода топлива и сушильного агента; 5 – предвключенная бильная часть

Рисунок 5.6 – Конструкция МВ с предвключенной бильной частью

5.4 Приготовление к сжиганию жидкого и газообразного топлива

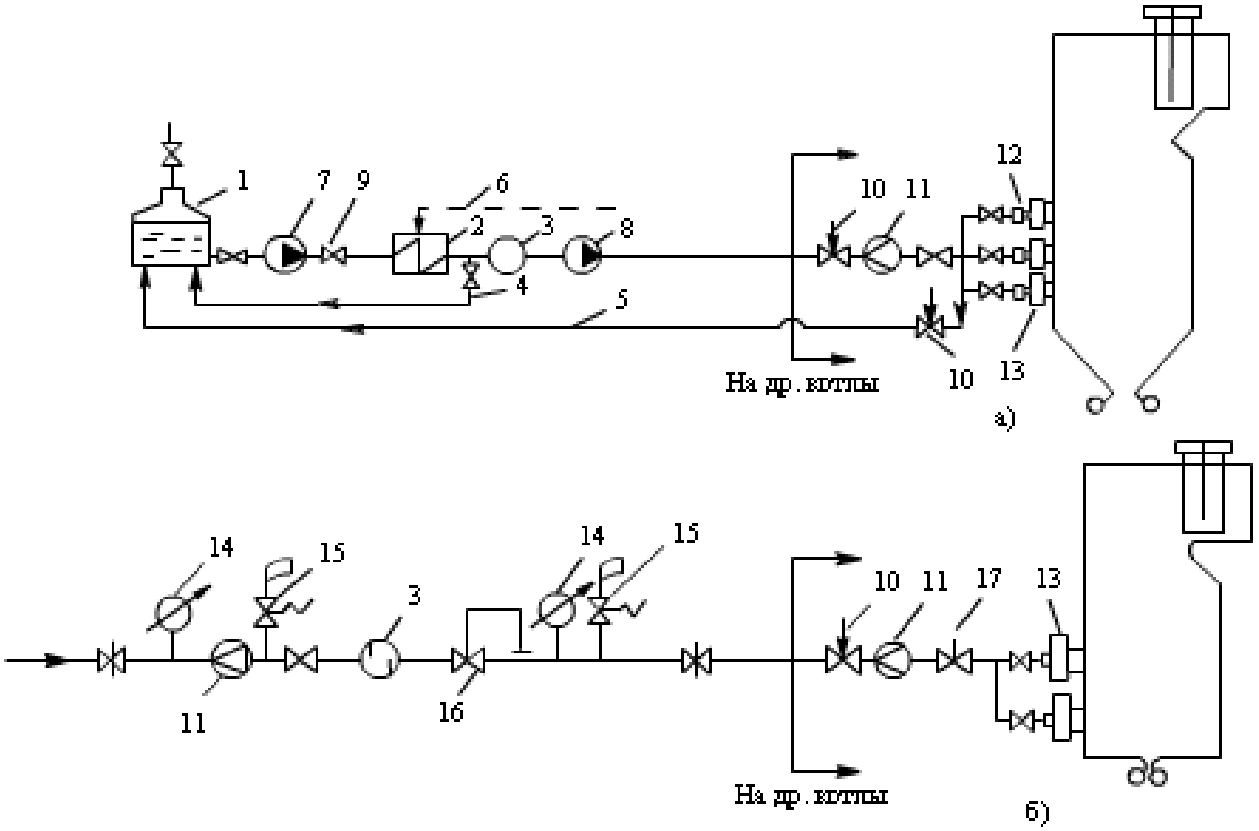
Мазут хранится на электростанции в мазутных баках, откуда подается в главный корпус к котлам после ряда операций его подготовки.

Приготовление мазута к сжиганию (см. рисунок 6.7, а) состоит в удалении из него мелких твердых фракций и волокон (фильтрация), нагреве его в паровых теплообменниках (t=100-150 °С) для транспортировки и распыления в горелках.

Транспорт мазута из баков - хранилищ к горелкам котла обеспечивается двумя группами мазутных насосов (давление до 4 МПа). Первая группа насосов прокачивает мазут через установки его нагрева и очистки, вторая - подает мазут по трубопроводу в котельное отделение.

Для поддержания текучести мазута (70-80°С) в баки - хранилища постоянно поступает нагретый мазут, а также возвращается избыточный мазутот котлов.

Подготовка к сжиганию природного газа: газ поступает в газорегуляторный пункт (ГРП), где проходит фильтрацию, затем его давление снижается от давления в центральной магистрали (5-7,5 МПа) до необходимого давления в газопроводах котельного отделения (0,15-0,2 МПа) вдроссельных регуляторах давления (см. рисунок 6.7.б). Во избежание прекращения подачи газа на станцию при выходе из строя регулятора основная магистраль имеет вторую (байпасную) линию с таким же набором аппаратуры.



1-мазутохранилище; 2 - паровой теплообменник; 3-фильтр; 4,5 - линии рециркуляции мазута; 6- подвод пара к теплообменнику; 7,8 - насосы 1 и 2 ступенейдавления; 9 - обратный клапан; 10-регулятор расхода; 11- измеритель расхода; 12-мазутная форсунка; 13-горелка; 14 - измеритель давления газа; 15 - предохранительный клапан; 16 - регулятор давления "после себя"; 17 - быстродействующий клапан.

Рисунок 5.7- Технологическая схема подготовки к сжиганиюжидкого (мазута) и газообразного топлива