

2. СПОСОБЫ СЖИГАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ТОПЛИВА

2.1. Сжигание твердого топлива

Сжигание твердого топлива в топочных устройствах может быть организовано различными способами: камерным и слоевым. В свою очередь камерный способ сжигания подразделяется на факельный и циклонный, а слоевой на горение в плотном слое и в кипящем слое (рис.2.1). Из них наиболее распространенным в современной крупной энергетике является факельный.

В основу классификации способов сжигания положена аэродинамическая характеристика процесса, определяющая условия омывания горящего топлива окислителем.

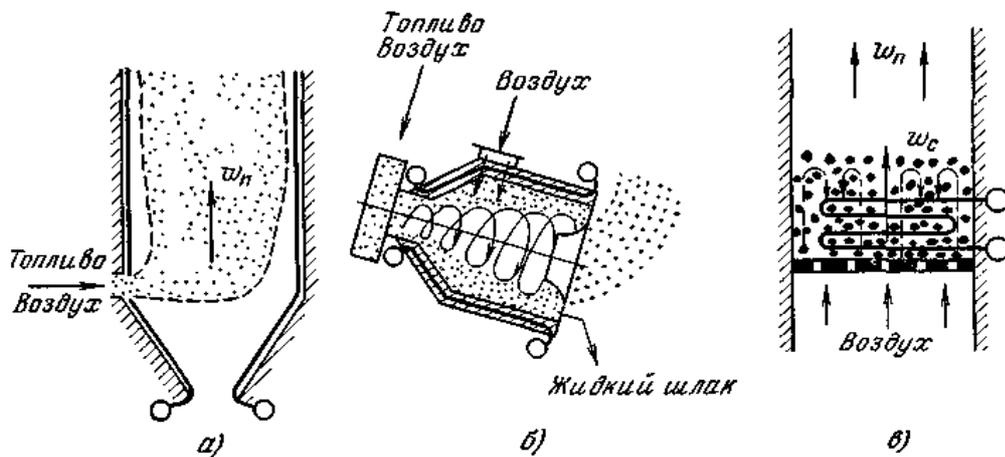


Рис.2.1. Схемы организации сжигания твердых топлив

а – факельный (камерный) способ сжигания; **б** – циклонный способ сжигания; **в** – сжигание топлива в кипящем слое.

Практически неограниченное повышение мощности топочных устройств связано со сжиганием угольной пыли в объеме топочной камеры во взвешенном состоянии. Такой способ сжигания топлива называется факельным (рис.2.1,а). Для парогенераторов производительностью выше 4...10 кг/с (15...35 т/ч), работающих на антраците, каменных и бурых углях, сланцах и фрезерном торфе, основным является пылевидный метод сжигания топлива в камерных топках. Топливо сжигается после предварительной подсушки и размола в сильно измельченном виде, частицы твердого топлива должны иметь размер до 100 мкм. Угольная пыль в смеси с некоторой частью необходимого для горения воздуха, называемого первичным, вдувается через горелочное устройство в топочную камеру. Остальная часть воздуха, необходимого для горения, так называемый вторичный воздух, обычно вводится в топку также через горелки, а в отдельных случаях помимо них. Горение угольной пыли происходит во взвешенном состоянии в газоздушных потоках при движении их через топочную камеру. Поэтому протекание горения ограничивается топочным пространством и чрезвычайно

коротким временем пребывания частиц в топке, составляющим 1...2 с. Угольная пылинка, обычно имеющая продолговатую форму и шероховатую поверхность, имеет большую парусность. Пылевидные частицы при установившемся движении парят в высокотемпературной газовой среде с повышенной вязкостью и практически следуют вместе с газовой потоком с той же скоростью. При малой относительной скорости движения частиц в потоке, практически равной нулю, уменьшается интенсивность обмена газов на их поверхности. Однако значительное увеличение поверхности пыли при тонком размоле и молекулярной диффузии обуславливает высокую интенсивность пылевидного сжигания.

В пылеугольных камерных топках можно сжигать многозольные, высоковлажные измельченные твердые топлива. В них совместно с твердым топливом, а также и отдельно можно сжигать жидкие и газообразные топлива. Подготовка, подача топлива и воздуха, процесс сжигания и удаление шлаков, золы и продуктов сгорания в этих топках полностью механизированы.

Вследствие низкой концентрации пыли в факеле запас топлива в топке ничтожный, поэтому пылеугольные топки малоинерционные и управление ими хорошо поддается автоматизации. По этой же причине пылеугольные топки чувствительны к нарушениям процесса, к неравномерности подачи топлива и воздуха. Пылеугольные топки допускают работу с небольшими избытками воздуха и, не ограничивая подогрев воздуха, позволяют иметь температуру на выходе из топочной камеры, приемлемую по условиям надежности работы и экономичности.

При циклонном методе сжигания (рис.2.1,б) сравнительно крупные частицы дробленки твердых топлив сгорают, циркулируя в газовой вихре, организуемом в нижней части обычной однокамерной топки, имеющей обтекаемую форму. В циклонных топках благодаря циркуляционному движению увеличивается время пребывания топливных частиц в камере, а благодаря значительно большему запасу горящего топлива по сравнению с пылеугольными топками достигается большая устойчивость процесса горения. В циклоне развивается более высокая температура горения, отчего шлаки переходят в жидкое состояние.

Циклонный метод как самостоятельный способ сжигания твердых топлив в виде дробленки, без их предварительного размола в мельницах, пока имел ограниченное применение. В энергетике этот метод был использован в топке Шершнева для сжигания фрезерного торфа в парогенераторах производительностью 20 кг/с (75 т/ч). В дальнейшем для сжигания фрезерного торфа стали применять топки с молотковыми мельницами, в которых обеспечивается более интенсивное сжигание при меньших потерях с механическим недожогом.

В последние годы проводятся значительные работы по усовершенствованию и освоению циклонного метода сжигания фрезерного торфа и бурых углей и созданию более совершенной конструкции вихревых топок. Вихревое сжигание широко применяют в циклонных предтопках двухкамерных

топок с жидким шлакоудалением. Стабилизация горения при больших скоростях подачи воздуха в циклонную камеру, достигающих до 150...200 м/с, и значительная интенсификация тепло- и массообмена в потоке с частицами топлива при большой относительной скорости их обтекания привели к тому, что топки с вихревым сжиганием по интенсивности работы вышли на одно из первых мест среди современных топочных устройств.

К недостаткам камерных топок относятся: расход энергии на приготовление пыли, значительный унос золы газами в конвективные газоходы, вызывающий износ хвостовых поверхностей нагрева и необходимость установки золоуловителей.

При сжигании твердых топлив в парогенераторах малой производительности до 3 кг/с (до 10 т/ч) – бурых и каменных углей и до 6 кг/с (до 20 т/ч) – антрацитов применяют слоевой способ (рис.2.1,в), так как в малом топочном объеме нельзя успешно организовать факельное сжигание.

Организация слоевого сжигания осуществляется принудительным движением воздуха через неподвижный или движущийся слой твердого топлива, в котором он реагирует и превращается в поток горячих продуктов сгорания. (Находящееся на решетке измельченное топливо с частицами размером 1...6 мм продувается потоком воздуха с такой скоростью, что частицы всплывают над решеткой и совершают возвратно-поступательные движения в вертикальной плоскости. При этом скорость газоздушного потока в пределах кипящего слоя больше, чем над ними. Более мелкие и частично выгоревшие частицы поднимаются в верхнюю часть кипящего слоя, где скорость потока снижается, и там сгорают.) В слоевых топках имеется значительный запас топлива, соизмеримый с его часовым расходом. Наличие значительного количества горящего топлива стабилизирует процесс горения. В слое при повышенных скоростях обтекания частиц топлива горение обычно протекает в диффузионной области. Поэтому слоевой процесс интенсифицируется форсировкой воздушного потока, а топливо подают в зависимости от изменения скорости горения. Форсировка дутья, а следовательно, и интенсификация сжигания ограничивается аэродинамической устойчивостью слоя и появлением значительного уноса штыбовых фракций. Для слоевого сжигания оптимальными являются куски величиной 20...30 мм, так называемый сорт «орешек», при которых обеспечивается достаточно устойчивое залегание частиц в слое и достаточно развитая поверхность реагирования.

Тепловоспринимающие поверхности в виде коридорного или шахматного пучка труб размещают внутри объема кипящего слоя и над ним. За счет развитой кондуктивной (контактной) передачи теплоты от раскаленных частиц к поверхности нагрева удельное тепловосприятие поверхностей в пределах кипящего слоя существенно возрастает. При этом температура газов в горящем слое остается относительно невысокой (800...1000 °С), что исключает перегрев металла и уменьшает образование вредных окислов азота в продуктах сгорания.

Кроме того, такой способ сжигания позволяет вводить в кипящий слой твердые присадки (например, известняк) для нейтрализации образующихся окислов серы.

Из-за недостаточной производительности, надежности и экономичности работы топки со слоевым сжиганием на мощных парогенераторах не применяются. К тому же, слоевые топки сложны, слабо механизированы и трудно поддаются автоматизации управления.

Водоугольное топливо, хотя и состоит из угля, является жидким топливом (жидким углём) и имеет вязкость, лишь немного превышающую вязкость мазута: примерно 800...1000 мПа*с по сравнению с 400...440 мПа*с (до 44 мм²/с) у мазута. Соответственно, способы подачи ВУТ в топку котла наиболее близки к способам подачи газа и мазута. Отличия состоят в учёте наличия абразивных частиц в ВУТ, а также конечного грансостава частиц угля в ВУТ. На сегодня можно выделить следующие способы сжигания:

классическое факельное сжигание с подачей ВУТ через горелки (центробежные, форкамерные, комбинированные и др.);

сжигание в кипящем слое (полностью или частичное);

сжигание с газификацией ВУТ (полной или частичной);

комбинированное сжигание с другими видами топлива: углём, газом, мазутом.

Факельное сжигание ВУТ осуществляется по классической схеме: топливо подаётся под давлением через распыляющую горелку, совершенно аналогично мазуту. Распыление ВУТ может производиться как сжатым воздухом, так и паром - выбор производится в зависимости от типа котла и условий в котельной.

Возможна промежуточная стадия газификации части ВУТ с целью подачи в котёл генераторного газа для стабильного горения ВУТ. Полностью самостоятельное сжигание ВУТ позволяет иметь только один источник энергии (уголь) и, следовательно, снизить затраты на содержание топливного хозяйства.

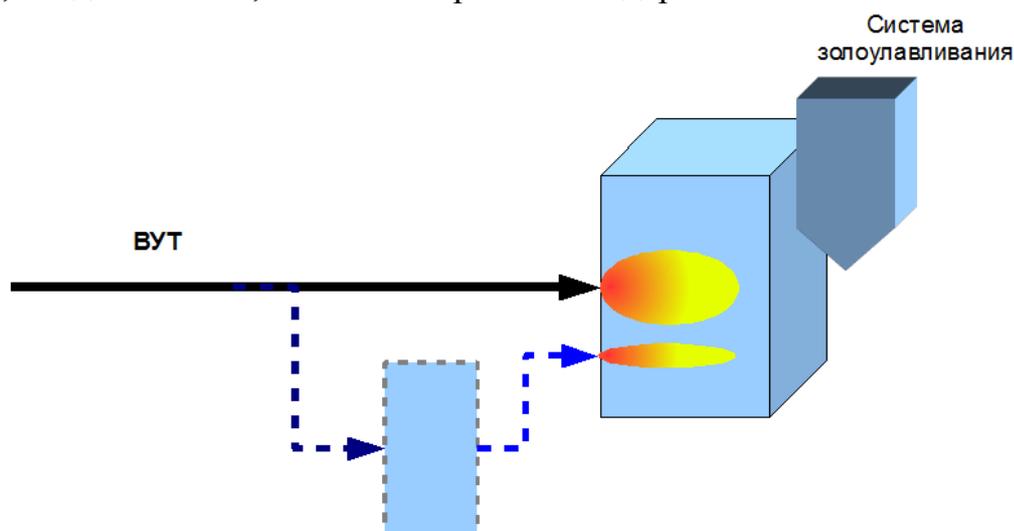


Рис.2.2. Факельное сжигание ВУТ

На первых порах использования ВУТ существовала проблема создания горелок, которые были бы устойчивы к абразивному истиранию частицами угля, входящими в состав ВУТ. В настоящее время инженеры отказываются от

использования прямооточных горелок, а их износ составляет не менее 1500...2000 часов.

При использовании факельного сжигания такие параметры ВУТ, как соотношение твёрдое/жидкое, тонина помола (грансостав), а также вязкость ВУТ должны быть как можно ближе к проектным значениям с целью сохранения стабильного воспламенения и горения ВУТ и сохранения высоких эксплуатационных характеристик котла (КПД, количество выбросов и др.).

Данный способ был опробован на Новосибирской ТЭЦ-5 в 1989-93 годах, а также является единственным способом, используемым в настоящее время на электростанциях в Китае.

Сжигание ВУТ в кипящем слое. Данный способ предполагает распыление ВУТ над предварительно нагретым (примерно до 900 °С) слоем инертного материала (обычно - песок). Нагретый песок воспламеняет ВУТ, а продукты горения направляются через газоходы.

Сжигание ВУТ в кипящем слое может быть использовано как самостоятельное сжигание. В этом случае вокруг котла должна быть смонтирована трубная система для нагрева теплоносителя.

Для модернизации газомазутных котлов на использование ВУТ, сжигание в кипящем слое может быть организовано независимо, в отдельно смонтированном предтопке (рис.2.3). В этом случае сжигание ВУТ осуществляется в предтопке кипящего слоя. Горячие газы из предтопка поступают в топку котла, выступающего, фактически, в роли котла-утилизатора. Внутри предтопка возможна частичная газификация ВУТ. Полученный генераторный газ также сгорает внутри предтопка.

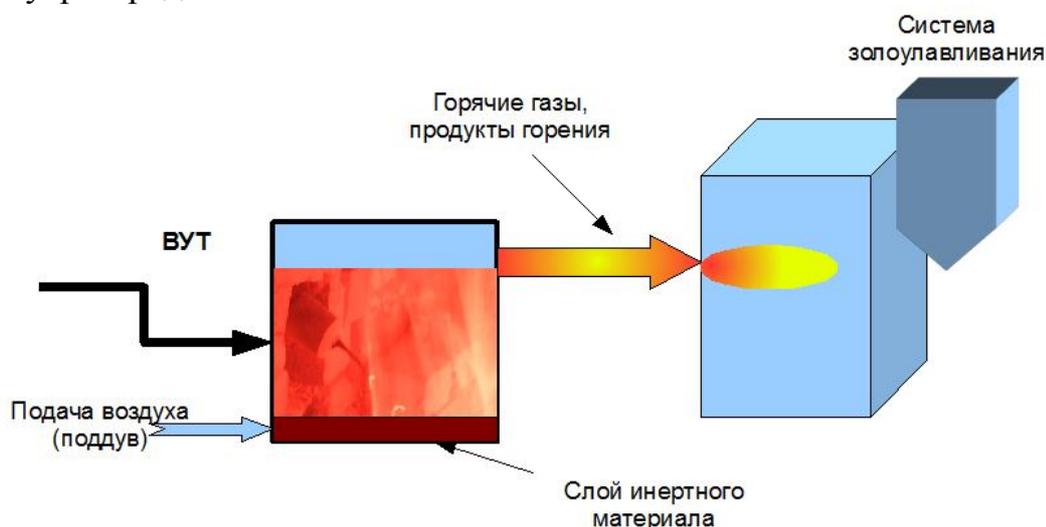


Рис.2.3. Сжигание в кипящем слое

С целью снижения размеров предтопок должен быть выполнен из материалов, способных выдержать высокую энергонапряжённость. В связи с этим в большинстве случаев использование предтопок кипящего слоя применимо для котлов с мощностью примерно до 5 МВт. Дополнительным лимитирующим фактором является попадание минеральной части угля (зола) непосредственно в инертный материал, что затрудняет её утилизацию. Кроме того, необходимо

обеспечивать постоянную стабильную подачу песка в кипящий слой для обеспечения стабильных режимов работы котла.

К положительным характеристикам способа является низкая чувствительность к грансоставу ВУТ, а также невысокие требования к распыливающей форсунке.

Наиболее приемлемым способом при использовании ВУТ на уже существующих объектах (т.е., при модернизации) является совместное сжигание ВУТ с уже используемыми видами топлива: газ, мазут или уголь. В этом случае ВУТ подаётся в котёл через одну или несколько горелок. В случае газомазутного котла второе топливо (газ или мазут, а также пылеуголь) подаются через другую (-ие) горелки. Точное соотношение ВУТ/газ или ВУТ/мазут определяется на стадии аэродинамического и теплового расчёта котла.

На угольных котлах со слоевым сжиганием уголь по-прежнему подаётся на колосниковую топку, а ВУТ подаётся через одну или несколько горелок, расположенных над колосниковой топкой. Такая схема была реализована, например, на котле КВТС-20, где наиболее оптимальное соотношение ВУТ/уголь составило 70%/30%.

К преимуществам такого сжигания относятся минимальные затраты на модернизацию котла при одновременной организации стабильного горения ВУТ. Также, наличие второго топлива (газа, мазута, угля), выполняющего роль "подсветки", снижает требования к горелке ВУТ.

К недостаткам комбинированного метода относится необходимость содержания двух топливных хозяйств: мазутного и ВУТ или газового и ВУТ. Это компенсируется большей гибкостью для владельцев котла при использовании того или иного вида топлива в различное время суток, либо в связи с сезонными изменениями нагрузки.

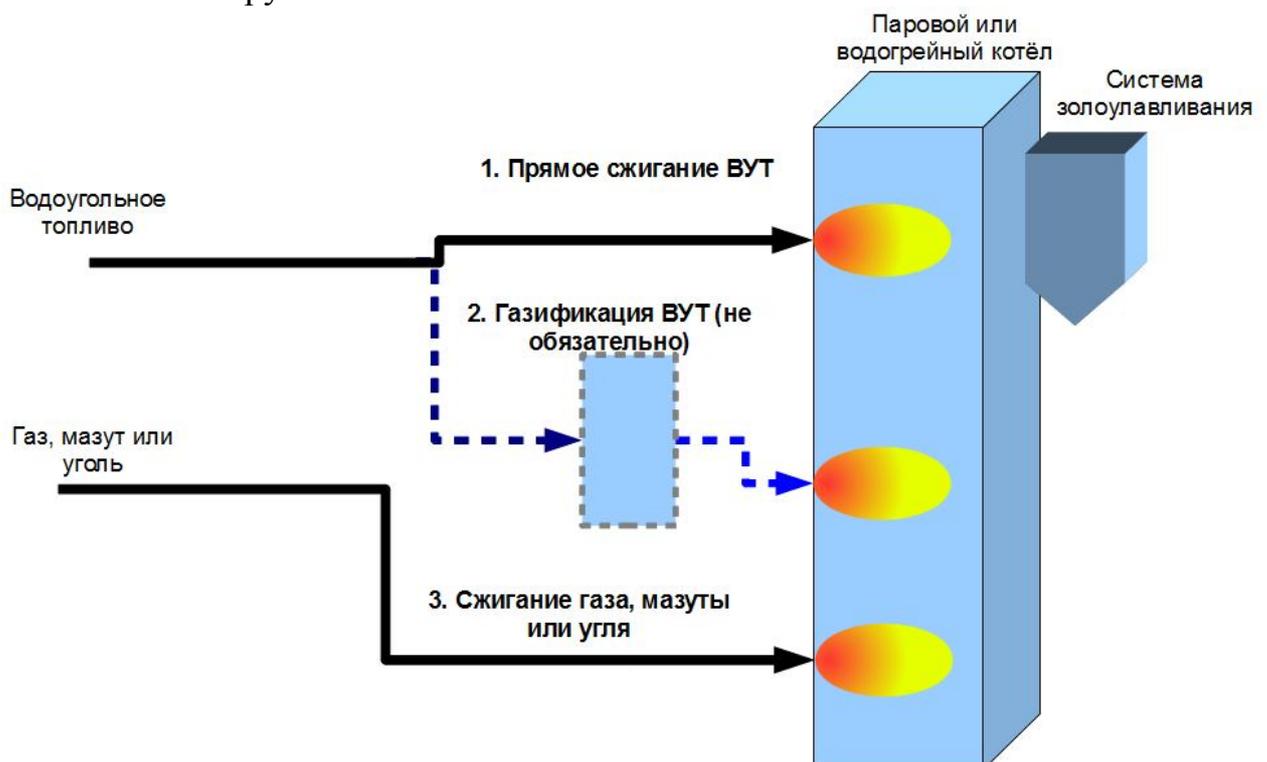


Рис.2.4. Комбинированное сжигание