

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЖИГАНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

**Орлов С.В.**

**Научный руководитель — доцент Баранова М.П.**

*Сибирский федеральный университет*

Получение водоугольных суспензий (ВУС) с последующим их транспортом и использованием в качестве энергетического топлива является одним из перспективных путей перевода углей в жидкоподвижное состояние для обеспечения экологических требований по токсичным выбросам в окружающую среду и для замены мазута в промышленных теплоэнергетических установках. Возможность использования в процессе получения ВУС некондиционных углей и отходов угледобычи, углепереработки и других производств позволяет решать вопросы ресурсосбережения.

Для приготовления ВУТ подходит уголь разной степени метаморфизма и даже обводненные шламы. Процесс приготовления начинается в шаровой барабанной мельнице, куда поступает уголь и где он измельчается до максимально малой крупности в присутствии реагента-пластификатора и технической воды. Полученная водоугольная топливная суспензия может храниться в резервуарах довольно длительное время. Транспортироваться по трубопроводам и сжигаться в теплоэнергетических установках подобно жидким топливам. При этом не происходит окисления исходного угля и суспензии сохраняют свои первоначальные параметры.

Применение ВУС повышает экономичность энергоустановок как за счет снижения недожога, так и вследствие уменьшения загрязнения рабочих поверхностей нагрева в котлоагрегатах. Снижение недожога обусловлено тем, что такие компоненты суспензии, как вода (или другие полярные жидкости), в зоне горения в виде перегретого пара способствуют более тонкому распылению углеродной основы за счет микровзрывов суспензионных капель. Это приводит к более полному ее выгоранию и снижению в отходящих газах сажи, бенз(а)пирена и вторичных углеводородов. Резко сокращается образование и выброс твердых частиц микронных фракций ( до 80-95%), оксидов серы ( до 70-85%) и оксидов азота ( до 80-90%). Воспламенение распыленных капель начинается не с воспламенения летучих паров, а с гетерогенной реакции на их поверхности, в том числе с водой и водяным паром. Активация поверхностных частиц в каплях приводит к снижению температуры воспламенения водоугольной суспензии по сравнению с воспламенением угольной пыли: для топлив из антрацита – в 2 раза, из угля марок Г и Д – в 1,5-1,8 раза, а для топлив из бурых углей она снижается до 300-325°С. Воспламенение ВУС при правильной организации процесса горения начинается сразу же после ее распыления, как говорят на «срезе форсунки», т. е. до испарения ощутимой доли массы дисперсной среды. Процесс горения суспензии характеризуется высокой полнотой выгорания топлива (98-99,7%), малыми избытками воздуха (3-7%) Выделяется несколько основных способов сжигания ВУС:

- камерное сжигание в распыленном виде
- слоевой способ сжигания
- сжигание в кипящем слое
- низкотемпературный вихревой способ сжигания

В большинстве случаев для сжигания ВУТ используются камерные топki. Жидкое топливо и воздух подаются в топку через горелки, которые в части подачи воздуха

аналогичны диффузионным горелкам для сжигания богатого газа. Воздух поступает в амбразуру горелки через систему закручивающих поток лопаток (часто поворотных). В центре такой горелки располагается так называемая форсунка (распылитель) жидкого топлива. По принципу работы форсунки бывают:

- паровые
- механические
- паромеханические

Качество распыливания определяется фракционным составом капель и характером распределения их в поперечном сечении струи. Капли ВУТ летят в потоке воздуха, быстро прогревающегося за счет подмешивания горячих газов и отчасти за счет излучения. Подогреваясь при этом, в каплях ВУТ начинает испаряться частичка воды, тем самым нагревая угольную пылинку до температуры воспламенения и она загорается. Если смешение воздуха с топливом хорошее и процесс испарения идет при достаточном доступе воздуха, горение протекает в основном в парообразной фазе. При обычно имеющем место локальном недостатке воздуха горение протекает неполно, со значительным выделением сажи и наличием газообразных продуктов неполного сгорания. Раскаленная сажа дает сильное излучение по всему спектру, включая и область видимых лучей («светящийся факел»). Водоугольное топливо не содержит значительных количеств золы, и поэтому факельные топki не оборудуются какими-либо устройствами для ее удаления из топочной камеры.

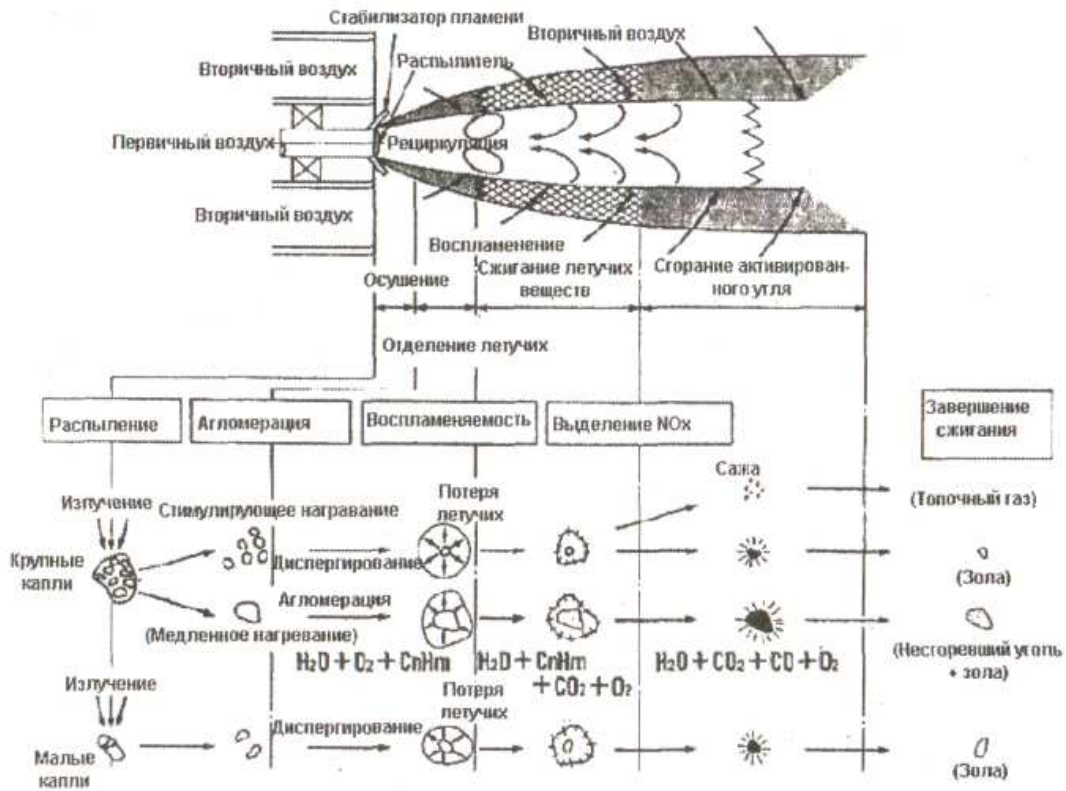
Основные параметры сжигания суспензии, установленные в результате стендовых исследований факельного метода сжигания в цилиндрической камере сгорания, подтверждают, что наибольшая полнота выгорания водоугольной суспензии (98-100%) наблюдается при коэффициенте избытка воздуха  $\alpha = 1,05 - 1,20$  и температуре подогрева воздуха  $300^{\circ}\text{C}$ . Содержание горючих в уносе и в золе, выпавшей в шлаковую воронку, свидетельствует о хорошем выжиге топлива даже при горении водоугольной суспензии преимущественно у фронтальной стенки. Содержание горючих в уносе во всех наладочных опытах изменялось в пределах 11-23%, содержание горючих в золе составляло 1,0-5%. Распыленные капли ВУТ, попадающие в топочную камеру, нагреваются как за счет теплоты радиационного излучения от пламени, так и за счет высокой температуры газообразных продуктов сгорания. Затем процессы развиваются в следующем порядке: испарение влаги, выход летучих веществ и воспламенение. Воспламенившаяся ВУТ сгорает, перемешиваясь со вторичным воздухом, и формирует тем самым условия сгорания для летучих веществ, отделившихся от угольных частиц. Активированный уголь, оставшийся после сгорания летучих, перемешивается с вторичным воздухом для сгорания, формируя слой горения активированного угля. Грубодисперсные частицы перемещаются к выходу топочной камеры еще до завершения сжигания и становятся основной составляющей несгоревших остатков в золе.

Поскольку ВУС сжигается с использованием распыления, получается более выгодное соотношение топлива и воздуха. Кроме того, увеличивается длина пламени на 20-30 % по сравнению с тем, что можно получить при пылеугольном сжигании угольных частиц.

При сжигании ВУТ имеет место следующая реакция водяного пара в зоне сгорания



Рис.1. Особенности сжигания ВУТ.



При данной реакции относительная излучательная способность пламени сжигания ВУС в основной зоне горения становится ниже, чем при горении тонкодисперсных угольных частиц. Температура пламени ВУТ меньше приблизительно на 100 °С, что вызвано расходом тепла на скрытую теплоту парообразования содержащейся в ВУС влаги.

Сжигание этого топлива проводится при очень малых избытках воздуха (3-7%), что способствует снижению тепловых потерь с уходящими газами и повышению КПД котла. Процесс горения ВУС во всех случаях характерен высокой полнотой выгорания топлива (98-99,7%), резким снижением механической неполноты сгорания и полным отсутствием химической неполноты сгорания топлива, что позволяет существенно повысить эффективность его использования, особенно в котлах со слоевым сжиганием угля, в которых КПД котла возрастает в этом случае с 50-60% до 80-85%.

Снижение выбросов, в случае сжигания ВУС, обусловлено химическими реакциями, в которых принимает участие вода, как несущая среда суспензий. Это – взаимодействие перегретого пара с углеродом топлива и термическая диссоциация воды:



Образующийся кислород стимулирует процесс горения, а водород и монооксид углерода являются восстановителями и способствуют снижению содержания в отходящих газах оксидов азота и серы:



Таким образом, все это позволяет рассматривать ВУС как экологически более чистое топливо по сравнению с углем, не требующее создания дополнительных систем очистки продуктов горения от вредных веществ перед их выбросом в атмосферу. По сравнению с углем сжигание ВУС практически предотвращает образование летучей золы, вдвое снижает образование оксидов углерода, в 6-8 раз оксидов азота. Полнота выгорания углерода достигает 99,5%. При сжигании водоугольного топлива ВУТ летучая зола агломерируется, вследствие чего выбросы твердых частиц так же сокращаются на 80-90%.

Рис.2. Факторы, влияющие на сжигание ВУТ.



Следует отметить, что в процессе производства (при необходимости) ВУС может быть деминерализован (со снижением зольности до 1-5%); в него могут быть введены химические присадки, существенно улучшающие свойства этого топлива.