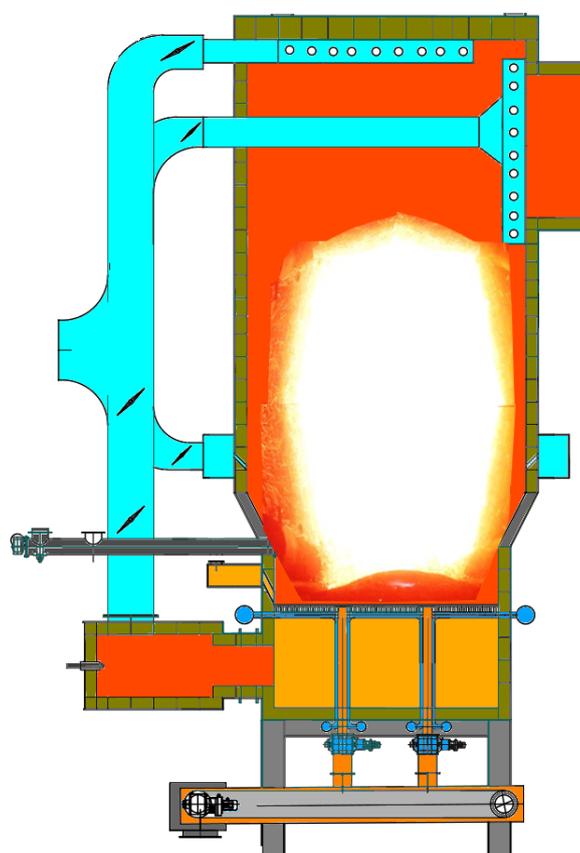




Ing. Büro FTT

Термическое повышение качества углей
Получение полукокса **в кипящем слое**



Углеобогащение - Энергетика - Metallургия

ПОЛУКОКС – ПРИМЕНЕНИЕ

Полукокк является продуктом термического облагораживания углей, с повышенными потребительскими показателями и стоимостью.

К концу второй мировой войны полукоксованию подвергалось 25–30 млн т угля в год. Полукокк использовался для производства водяного газа и последующего получения технологического водорода, необходимого для ожигения бурых или каменных углей.

В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ промышленной практикой установлены области использования ПОЛУКОКСА в металлургии и промышленности:

- при **получении ферросплавов**, с улучшением технических и экономических показателей,
- при **подготовке шихты для коксования** в количестве 20-30%, замещая тощие угли, обеспечивая получение кокса с повышенными показателями качества,
- при изготовлении **коксобрикетов**, полукокк как основной наполнитель,
- **вдувание в доменные печи** пылеугольного топлива ПУТ из полукокса, улучшает работу доменных печей, более чем ПУТ из других углей,

для замены дорогих марок угля:

- **антрацита, коксика** для барботажных печей ПЖВ и ШВУ, печей плавки меди и свинца,
- **коксика** для вращающихся печей восстановления, велшпечей,
- **коксика** в шихте при агломерации рудных концентратов, 6-7% от веса агломерата,
- **коксика** в установках обжига извести, входящей в шихту агломерационных машин,
- **коксика** в шахтных печах цветной металлургии и в других случаях.

Полукокк может применяться во многих случаях, когда летучие в угле мешают металлургическому процессу или делают технологией опасной.

Высокая пористость и реакционная способность обеспечивает преимущества при использовании полукокса по сравнению с коксиком и использование полукокса, как активированного угля в слоевых фильтрах при очистке воды и газов.

Полукокк является бытовым бездымным топливом, идеальным топливом для РЖД.

Полукокк является отличным сырьем для газификации и в ряде химических производств.

ПОЛУКОКС – ПРЕИМУЩЕСТВА

Обеспечение безопасной сушки угольных концентратов 0,5 – 3 мм и шламов 0-0,5 мм твердым теплоносителем - полукоксом.

Обеспечение стабильного качества продукции УОФ по влаге, зольности, содержанию серы, в случае коксующихся углей также по основным показателям спекаемости с возможностью регулирования содержания летучих.

Повышение калорийности угля –полукокса в 1,3-1,5 раз по сравнению с первичным углем, в случае бурых углей – повышение калорийности до 1,5-2 раз.

Повышение суммарной товарной стоимости продукции УОФ в 3-5 раз.

Сокращение транспортных расходов вследствие усадки угля, полукокса при сушке и полукоксовании, повышения насыпной плотности -большая заполняемость вагонов, снижение количества паразитно транспортируемой влаги.

Получение до 100% готовой шихты для коксования от одного поставщика.

Получение через полукокк шихты для коксования лучшего качества, чем шихты из смесей первичных коксующихся углей.

Облегченный сбыт продукции УОФ в России и за рубежом вследствие повышенной калорийности и стабильных показателей качества.

Чистая угольная энергетика при сжигании только летучих из угля с получением полукокса. «Угольная газификация» - Перевод мазутных котлов, угольных котлов и промышленных потребителей на сжигание синтезгаза получаемого из летучих при производстве полукокса.

Решение проблемы использования шахтного метана путем стабилизации его калорийности путём смешением с более калорийным синтез газом (аналогично смешению доменного и коксового газов).

Экономическая выгода от использования полукокса особенно высока при его получении из бурых углей, обеспечивает значительное расширение ассортимента угольных предприятий с получением угольных продуктов повышенной потребительской ценности и качества, при одновременном получении технологических преимуществ в металлургии, энергетике и других отраслях.

Получение полукокса является первым шагом в технологии глубокой переработки угля в химические продукты высокой стоимости с растущим спросом.

ПОЛУКОКС – ТЕХНОЛОГИЯ **КООПЕРАЦИИ** РЕСУРСОВ

Кооперационная технология разработана с целью максимально снизить затраты и оборудование для получения полукокса, характеризуется двойным использованием оборудования, процессов и продуктов углеобогащения, энергетики и металлургии с производством полукокса в комплексе с традиционными продуктами.

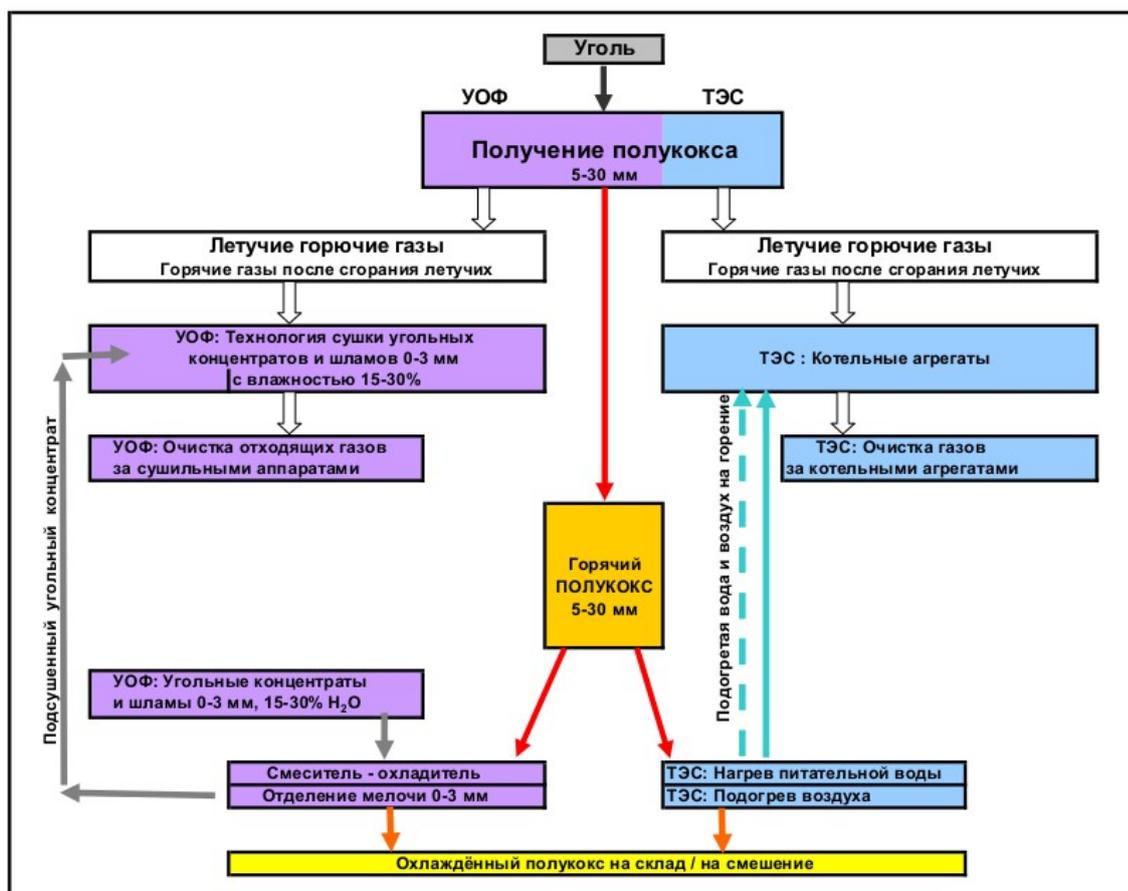


Рис 1: Схема технологии получения полукокса кооперацией ресурсов УОФ и ТЭС

ТЕХНОЛОГИЯ КИПАЩЕГО СЛОЯ заключается в **двойном** использовании **Генераторов горячих газов** для сушки угля или **энергетических котлов** с топкой кипящего слоя (КС) для получения полукокса, использованием продуктов мокрого обогащения угля – для охлаждения полукокса, использованием выделившихся в КС летучих как газового топлива. Это обеспечивает минимальный набор оборудования для получения полукокса, полную утилизацию тепла от сжигания летучих, качественную очистку отходящих газов – в существующей системе технологической или энергетической газоочистки.

Кипящий Слой обеспечивает передачу тепла, примерно в пять раз более интенсивную, чем конвекцией при прямом обтекании твердых частичек горячими газами.

Технология кооперации может быть реализована на любой углеобогадательной фабрике (УОФ), тепловой электрической станции (ТЭС) или котельной с минимальными капиталовложениями.

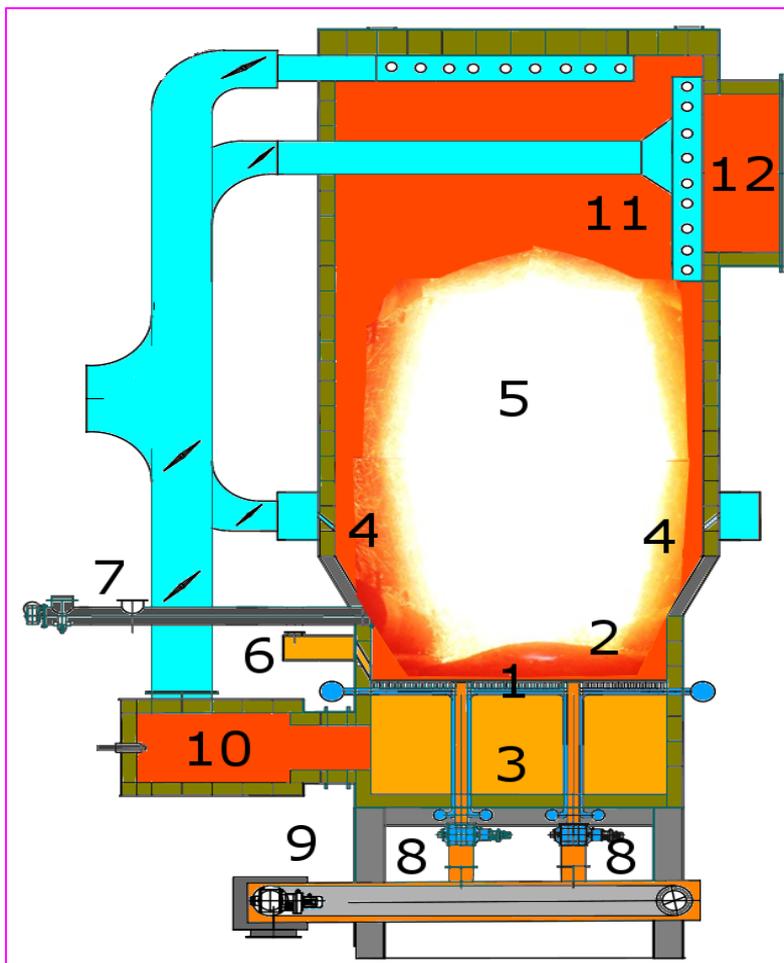


Рис 2: Генератор горячих газов 30 МВт с топкой кипящего слоя для получения полукокса.

1. Водоохлаждаемая воздухо-распределительная решётка.
2. Зона кипящего слоя.
3. Камера подачи и распределения первичного воздуха.
4. Сопла подачи воздуха на дожигание.
5. Камера дожигания.
6. Подача инертного наполнителя (шлак, песок).
7. Подача угля.
8. Охлаждающие каналы выпуска полукокса.
9. Транспортер полукокса.
10. Стартовая камера сгорания.
11. Коллектор воздуха на смешение.
12. Канал выхода горячих газов с регулируемой температурой.

Из технологии исключены процессы и сложное оборудование для очистки горючих газов и переработки смол в товарные химические продукты – горючие газы и смолы, мелкие частички угля сжигаются над кипящим слоем с использованием ступенчатой подачи воздуха на дожигание.

Постоянное движение частиц угля в кипящем слое **препятствует их спеканию** между собой, крупные спеклы полукокса, коржи, трудно удаляемые из зоны нагрева, не образуются.

Из технологии исключены процессы охлаждения продуктов коксования в водяной ванне или в установках сухого охлаждения/тушения кокса - УСТК.

В технологии «кооперации» при получении полукокса используются **ресурсы кооперации** - преимущества двойного использования продуктов и оборудования УОФ и ТЭС, без дополнительного строительства и использования дополнительных сред.

Ресурс 1: Полукокк охлаждается смешением с влажными угольными концентратами и шламами 0-3 мм – одним из продуктов углеобогадательной фабрики, одновременно с термической и адсорбционной сушкой угольных продуктов при смешении с полукоксом.

Ресурс 2: При получении полукокса в топке КС котельного агрегата, раскаленный полукокк выполняет роль источника тепла для подогрева питательной воды котла или воздуха на горение, что выполняется одновременно с транспортировкой продукта на склад.

Ресурс 3: Летучие компоненты, удаляемые из угля, сжигаются как газовое топливо в генераторах горячих газов для сушки угля, или в камерах сгорания котельных установок, как основное топливо, без строительства специальных аппаратов для утилизации тепла – используются существующие теплообменные поверхности котлов, выполняющее дополнительную функцию в рамках **кооперации** получения полукокса и тепловой энергии. Это позволяет исключить из технологии оборудование для очистки и переработки горючих газов в товарные химические продукты, исключается попадание золы в товарные подсушенные угли.

Ресурс 4: Для очистки отходящих газов при получении полукокса используется существующее оборудование технологических линий сушки угля или оборудование газоочистки котельного агрегата.

Техника кипящего слоя

Основой технологии КС является интенсивный процесс теплообмена в кипящем слое твёрдых частиц размером 3-30 мм продуваемых снизу воздухом через сопла.

При получении полукокса, для подачи в кипящий слой кускового угля используют стандартное оборудование: забрасыватели, течки, шнеки и тп.

Основной элемент аппаратов кипящего слоя – водоохлаждаемая решётка с соплами через которые снизу подаётся воздух.

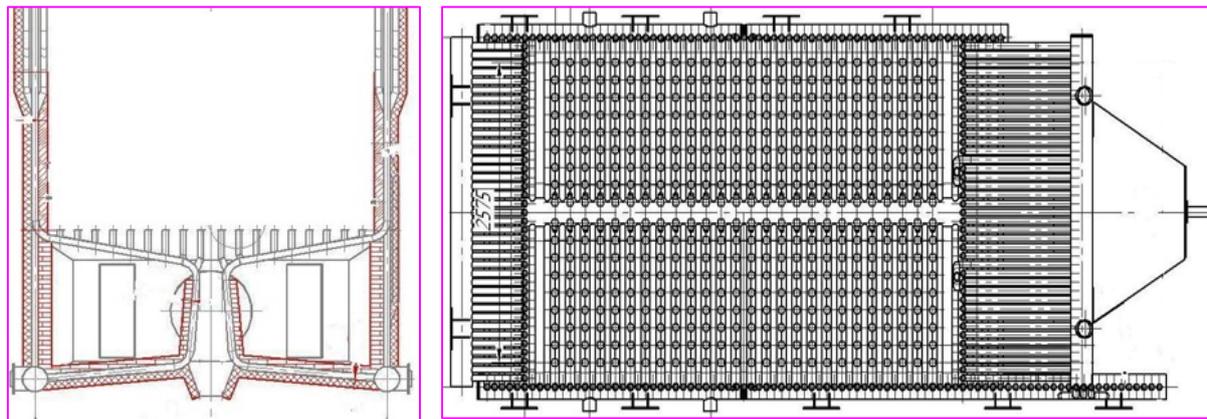


Рис 3: Поперечный разрез (слева) и план (справа) воздухораспределительной решётки кипящего слоя котельного агрегата

Верхние колпачки на соплах могут быть различной конструкции, в основном предотвращают выпадение угля через сопла вниз. Воздухораспределительные решётки специальной конструкции позволяют организовать направленное движение угля по площади решётки:

- круговое движение угля с последующим направлением к каналу выгрузки для обеспечения глубокого удаления летучих;
- направленное движение угля сразу к выпускному каналу для получения полукокса со средним содержанием летучих.



Рис 4: Решётка кипящего слоя с направляющими соплами в районе бокового выпуска полукокса

Выше воздухо-распределительной решётки нижняя часть топочного объёма расширяется под углом примерно 60 градусов. Это приводит к снижению восходящей скорости горячих газов, частицы угля выпадают из потока, многократно возвращаясь на решётку.

Под слой угля подаётся 50-70% всего воздуха, это обеспечивает газификацию топлива без выноса твёрдых частиц. Вторичный воздух 30-50% подаётся выше зоны кипящего слоя и служит для дожига летучих и других продуктов частичного пиролиза угля.

Старт топки кипящего слоя начинается с разогрева до 450-550°C инертного наполнителя – шлака или песка на решётке. Разогрев выполняется подачей снизу газов от стартовой камеры сгорания, на которой установлена жидкотопливная форсунка. После разогрева инертного наполнителя на него подают первые порции топлива.

Операции старта из холодного состояния занимают от 20 до 40 минут.

Общее время нахождения частиц угля в кипящем слое и камере сгорания составляет 50-400 секунд. Это обеспечивает возможность в широком диапазоне регулировать степень выгорания органики (летучие + смолы) в углях.

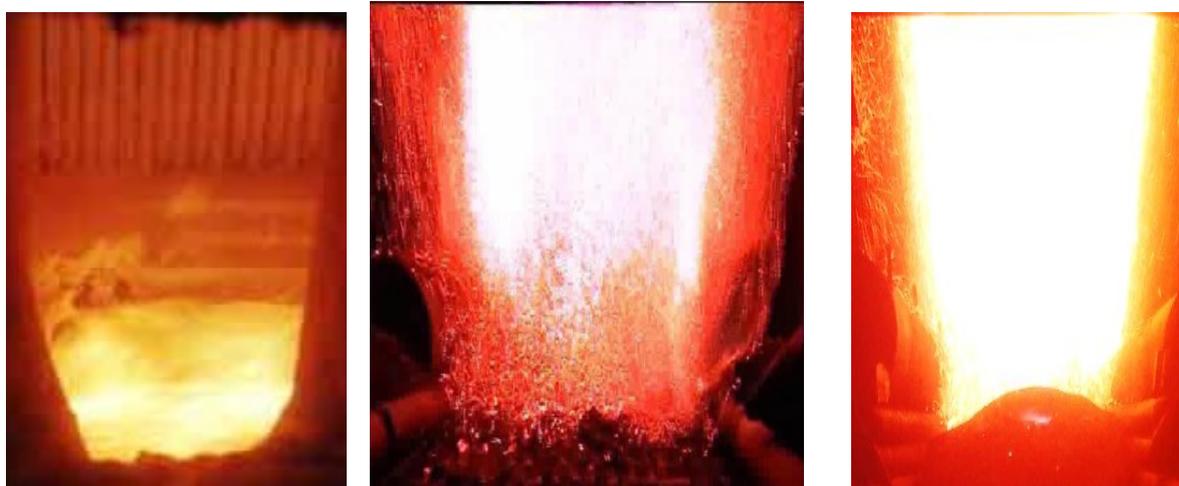


Рис 5: Кипящий слой при старте: слева – разогрев инертного наполнителя, в центре начало подачи топлива, справа – номинальный рабочий режим

Полукокс удаляют вниз под решётку через водоохлаждаемые каналы и водоохлаждаемую арматуру на пластинчатый конвейер, снабженный дополнительными устройствами охлаждения (вариант ТЭС) или на охлаждение смешением с влажными мелкими продуктами углеобогащения (вариант УОФ).

Кипящий слой используется также для удаления из угля серы. Добавление в кипящий слой молотого известняка позволяет связать серу и вывести её из процесса в виде гипса в составе сухой золы. Этим способом снижают содержание серы в полукоксе.

Получение полукокса в кипящем слое путем сжигания только летучих компонентов угля, низкое образование окислов азота, возможность эффективно связывать серу известняком позволяет получать горячие газы высокой чистоты, не требующих сложной очистки. Предлагаемая технология получения полукокса удовлетворяет самым высоким требованиям по защите окружающей среды.

Топки кипящего слоя в котельных агрегатах

Технология получения полукокса реализуется на энергетическом угольном или мазутном котле путём модернизации холодной воронки под топочной камерой и установки там дополнительной топки кипящего слоя. При переводе котельного агрегата на получение полукокса в кипящем слое сохраняются без изменения 90-95% существующих трубных поверхностей.

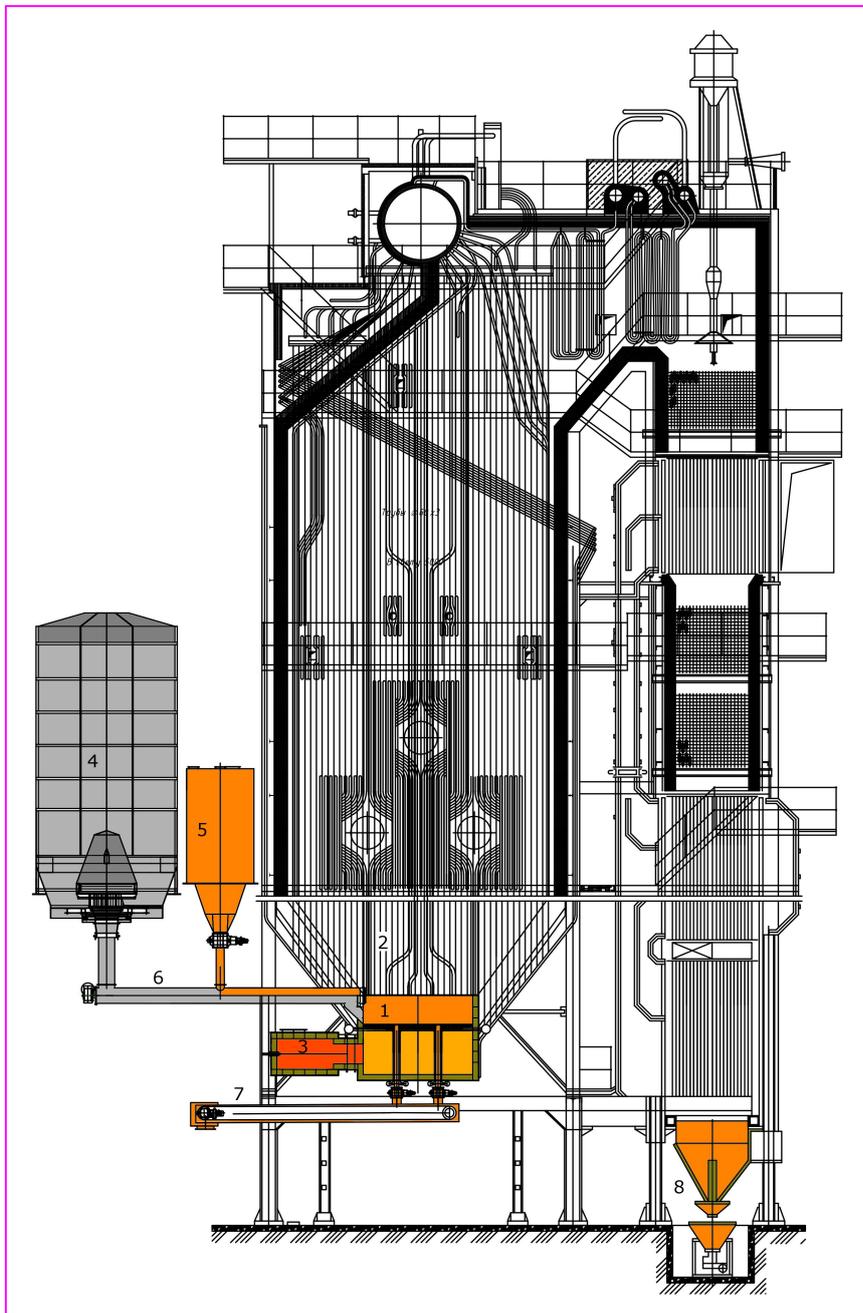


Рис 8: Перевод энергетического котла на получение полукокса в кипящем слое и сжигание летучих в камере сгорания

1. Кипящий слой.
2. Камера сгорания.
3. Стартовая камера сгорания.
4. Бункер угля.
5. Бункер шлака.
6. Подача угля на удаление летучих.
7. Выгрузка полукокса.
8. Удаление золоноса.

В зоне дожигания над кипящим слоем сжигаются газообразные летучие, состоящие из метана CH_4 , водорода H_2 , окиси углерода CO , паров воды, небольшого количества смол и пылевидных фракций угля, образующихся за счёт истирания частичек угля. При этом в объём камеры сгорания энергетического котла выносятся минимальное количество золы и работа газоочистки отходящих газов лишь незначительно отличается от работы котла на природном газе. Варианты работы энерготехнологического котла:

А. Комбинированная технология использования двух топлив (первичного, проектного для котла) и угля (из которого выжигаются летучие для получения полукокса) позволяет совмещать режимы получения тепла и выработкой полукокса.

Б. Полный перевод котла на кипящий слой, когда тепло получают только от сжигания летучих, обеспечивает максимальную производительность по полукоксу.

С. Работа котла в режиме **полного сжигания угля**, когда полукокс не нужен.

При остановке части горелок первичного топлива, в них продолжают подавать немного воздуха на охлаждение, чтобы избежать термических повреждений.

Учитывая простоту конструкции и возможность сжигания любого низкосортного топлива, топочное устройство кипящего слоя подходит для проектирования и реконструкции энергетических **пылеугольных и мазутных котлов**, а также для **превращения котлов в энерго-технологические агрегаты, позволяющие получать полукокс**, сжигать отходы. Топки кипящего слоя хорошо интегрируются в конструкцию уже построенных котельных агрегатов, оборудованных первоначально топками слоевого сжигания угля, сжигания ПУТ, жидкого топлива - мазута и других топлив.

Широкий диапазон регулирования процессов с топкой кипящего слоя в совокупности с различным составом исходной смеси углей, позволяют получать полукокс с регулируемыми характеристиками для различных металлургических процессов.

При «**кооперативной**» технологии получения полукокса не ставится цель выделения отдельно жидких и газообразных продуктов термического разложения – все кроме полукокса сжигается в топке энергетического котла. **Это обуславливает минимальные инвестиции и максимальную простоту процесса**, по сравнению с другими способами полукоксования, представляющих собой сложное химическое производство, не свойственное фабрикам углеобогащения или ТЭС.

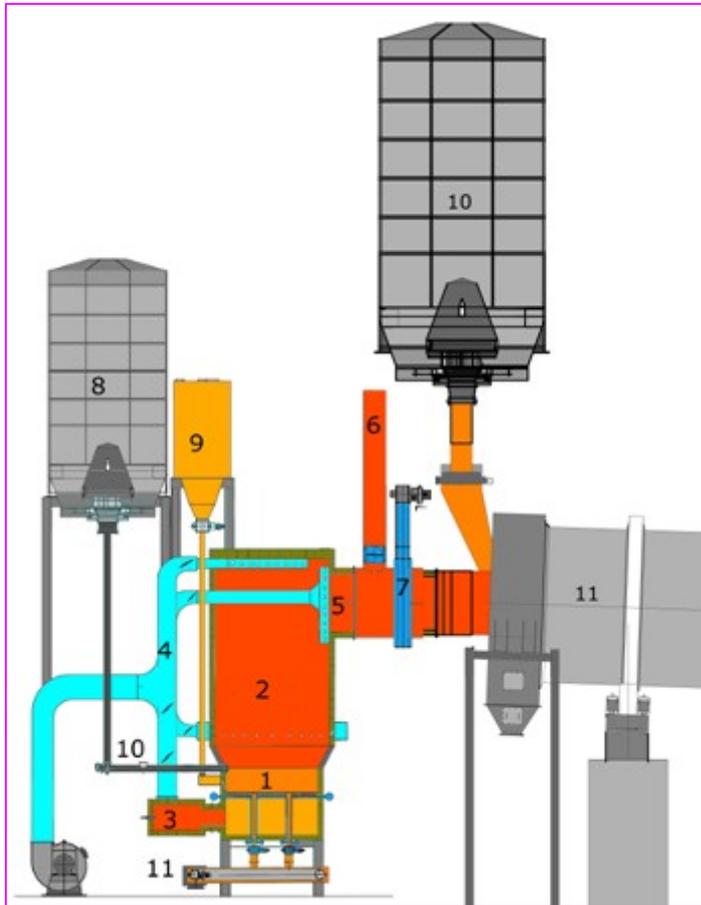
Для энергетики перевод угольных или мазутных котлов на получение полукокса в кипящем слое позволит экономить жидкое топливо, снижает недожог угольного топлива, сжигание только летучих и смол улучшает работу золоулавливания.

Положительные особенности получения полукокса в кипящем слое:

- потери с механическим недожогом не превышают 2,5%;
 - расширяется предел регулирования температуры перегретого пара;
 - котел не имеет ограничений по нагрузке, диапазон регулирования 30-100%;
 - снижение в 2 раза (относительно слоевых и факельных топок) выбросов оксидов азота.
- За счет двухстадийного горения и низких температур слоя во всем регулировочном диапазоне нагрузок и при любых избытках воздуха в топке максимальная концентрация NO_x не превышает 200 мг/м³;
- исключены значительные потери с химическим недожогом, концентрация окиси углерода за счет дожигания не превышает 100 ppm.
 - часть используемого тепла будет отбираться через трубные экраны, расположенные в кипящем слое, где теплообмен по меньшей мере в пять раз интенсивнее чем на поверхностях нагрева омываемых газами.

Получение полукокса в Генераторах горячих газов с топкой кипящего слоя

Генераторы горячих газов с температурами 500-1000 °С при сжигании угля в топках кипящего слоя и сухим удалением 60-80% золы под решётку, предназначены для цехов сушки фабрик углеобогащения, позволяют сжигать высокозольные отходы.



Использование генераторов горячих газов для получения полукокса повторяет работу топки энергетического котла с кипящим слоем. Полукокс после удаления летучих выводится из кипящего слоя под воздухораспределительную решётку.

Горячие газы от сжигания летучих и смол направляются в сушильный аппарат, отходящие газы очищаются в газоочистке сушильной линии.

Минеральные компоненты угля остаются в полукоксе не превращаясь в летучую золу.

Комбинация сушки с получением полукокса обеспечивает чистые горячие газы, которые вносят минимальное количество золы в подсушиваемый продукт, аналогично сжиганию природного газа. Это позволяет использовать уголь в чистых технологиях, где попадание золы в продукты нежелательно.

Рис 9: Генератор горячих газов с топкой кипящего слоя для сушильной линии

1. Кипящий слой. 2. Камера дожигания летучих. 3. Стартовая камера сгорания. 4. Разводка воздуха. 5. Поддача третичного воздуха. 6. Растопочная труба. 7. Отключающий щибер. 8. Бункер угля для полукокса. 9. Бункер инертного наполнителя. 10. Поддача концентрата на сушку. 11. Выгрузка полукокса.

Охлаждение кускового полукокса выполняют смешением с влажными угольными концентратами 0,5-3 мм или шламами 0-0,5 мм с влажностью 15-30%. При смешении полукокс охлаждается, а угольный концентрат подсушивается за счёт испарения влаги и адсорбции части влаги полукоксом.

Кусковой Полукокс с размерами частиц 5-30 мм отделяется от мелких подсушенных угольных продуктов на грохоте или в кипящем слое с дополнительным нагревом воздуха.

В технологии «кооперации» генераторы кроме горячих газов, производят нужный в металлургии полукокс, при минимальном попадании золы в продукты сушки или гранулирования.

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПО ПОЛУКОКСУ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Таблица 1.

Сырьевой Уголь 5840 ккал/кг, влажность 13%, зольность 4,2%, летучие 45,8%			
Количество угля, кг	1000	1000	1000
Летучие в полукоксе, % (задание)	5	10	15
Количество полукокса от веса угля, %	0,54	0,59	0,65
Количество сжигаемых летучих, %	0,36	0,33	0,30
Тепло при полном сжигании угля, МВт	6,79	6,79	6,79
Тепло от сжигания отделяемых летучих, МВт	3,12	2,89	2,63
Энерготехнологический котёл или Генератор для получения тепла и полукокса			
Тепловая мощность, МВт (пример)	40	40	40
Количество сырьевого угля, кг	12.827	13.849	15.203
Количество получаемого полукокса, кг	6.873	8.152	9.847

Таблица 1 показывает соотношения получаемого полукокса и свободного тепла от сырьевого угля с содержанием летучих 45,8%, позволяет оценить энергетические мощности необходимые для на получения требуемого количества полукокса.

Таблица 2. Пример: Получение полукокса с 5% летучих из угля с 45,8% летучих

Требуемое количество полукокса, тонн в год	100.000
Время работы установки, часов	7000
Загрузка оборудования, %	83
Суммарная тепловая мощность котлов или генераторов горячих газов, МВт	100

ЭКОНОМИКА . ПОВЫШЕНИЕ СТОИМОСТИ ТОВАРНОЙ ПРОДУКЦИИ

Таблица 3. Повышение стоимости товарной продукции через полукокс

	Стоимость продукции	Коэфф. повышения стоимости
	долл/т	
Уголь	60-80	1,00
Полукокс НК	120-150	2,00
Полукокс восстановитель	230	3,83
Полукокс ПУТ- доменный кокс	350-400	5,83
Полукокс литейный	430-450	7,17
Карбид кальция	1250 - 2160	20,83
Переработка синтез-газа		
Спирт метанол	300- 350	5,00
Этилен	600-700	10,00
Полиэтилен	1200-1300	20,00
Изделия из пластмасс	2500-30000	41,67

- полукокс заменяет коксовый орешек ценой 230 долл/т,
 - крупнокусковой полукокс заменяет литейный кокс с ценой - 430-450 долл/т,
 - ПУТ из полукокса заменяет 15% доменного кокса ценой 350-400 долл/т.
 Таким образом из концентрата угля марки Ж ценой 60-80 долл/т можно получить значительно более дорогие угольные продукты.

Переход на сжигание угля в кипящем слое наиболее рентабелен для внутризаводских котельных и ТЭС металлургических предприятий.

При замене мазута на угольное топливо достигается двойная экономия:

- снижается стоимость топлива для котла при переходе с мазута на уголь, с полным использованием тепла от сжигания летучих и облегчением газоочистки;
- котёл превращается в энерго-технологический агрегат для получения полукокса из бурого угля (смеси углей), которым в основных металлургических технологиях заменяют значительно более дорогие антрацит, кокс, коксик.

Технология кипящего слоя является одним из вариантов реализации крупного производства Полукокса путём кооперации углеобогащения с энергетикой и металлургией. Полукокс и сопутствующие продукты – синтезгаз и смолы позволяют значительно повысить стоимость товарных продуктов получаемых из угля. Получаемые из угля жидкие топлива имеют себестоимость на уровне 10 долл за баррель, могут производиться в установках любой мощности, начиная от 50 тонн/сутки.

Дальнейшим расширением производства угольных продуктов повышенной стоимости является использование камерных печей, установок с использованием твёрдого теплоносителя для повышения калорийности синтез-газа, и другие разрабатываемые нами технологии.

Инжиниринговая компания FTT - Ing.-Büro Feuerungs – und Trocknungstechnologien выполняет Базовое проектирование, разработку и поставку оборудования для крупнотоннажных технологических производств.

Технические решения по повышению эффективности технологических процессов разработаны на основе инженерного опыта фирмы и фирм -партнёров, являющихся ведущими производителями в областях специализации.

Предприятия зоны обслуживания:

- Черная металлургия
- Цветная металлургия
- Производство минеральных удобрений
- Горно-обогатительные предприятия
- Химическая промышленность
- Производство строительных материалов



Контакт в Германии:

**FTT - Ing.-Büro Feuerung
und Trocknungstechnologien**
(технологии горения и сушки)

phone: +49 163 72 55 806
Web Site: www.ftt-ing.de
e-mail: info@ftt-ing.de



Инжиниринговая компания FTT-Ing.-Büro Feuerungs – und Trocknungstechnologien
Базовое проектирование, разработка и поставка оборудования крупнотоннажных технологических производств

- **генераторы горячих газов, горелочные устройства, дозирование топлива**
- **вертикальные скоростные трубные сушилки для угля, угольных шламов**
- **сушка материалов:** медного, цинкового, пиритного, молибденового, флюоритового, титанового, баритового, никелевого, железорудного и других концентратов; технических солей, бентонитовых глин, песка
- **сушка распылением, барботажные аппараты, упаривание, кристаллизация** растворов солей, суспензий, эмульсий: нитратных растворов, фосфатных суспензий, синтетических моющих средств, керамических смесей, лигносульфонатов и других
- **сушка взрыво-пожароопасных материалов** в среде с пониженным содержанием кислорода, углей, органического сырья для древесных строительных материалов, возобновляемого органического топлива

- **сжигание высокозольных и влажных топлив, угольных шламов, отходов**
- **сжигание низкокалорийных газов, доменных газов, коксовых газов, шахтного метана** в энерго-технологических аппаратах
- **обжиг, спекание** промышленных материалов
- **гранулирование минеральных удобрений**
- **нагрев технологических газов, агрессивных газов, нитратных газов**
- **разогрев оборудования, оттаивание** железнодорожных вагонов
- **прямое воздушное отопление** производственных цехов
- **термическое разложение** окислов азота за печами
- **металлургические печи, плавки меди, свинца, шлаковозгоночные, прямое получение** чугуна

- **установки приготовления пылеугольного топлива, древесной пыли** для промышленных предприятий: асфальтовых заводов, заводов получения цементного клинкера, металлургических и химических предприятий, производства строительных материалов и других технологий.

- **получение полукокса** из бурого угля, газификация углей и отходов
- **переработка шлаков, извлечение металлов.** приготовление шлако-цементов из гранулированных шлаков.

- **пневмотранспорт, складирование, дозирование** порошков и гранулятов
- **транспорт шламов, паст, суспензий** с высоким содержанием твёрдого
- **совершенствование технологических аппаратов, численное моделирование технологических процессов,** металлургических печей, обжиговых печей, процессов сушки, горения, энерго-технологического оборудования. повышение надёжности и технико-экономических показателей.