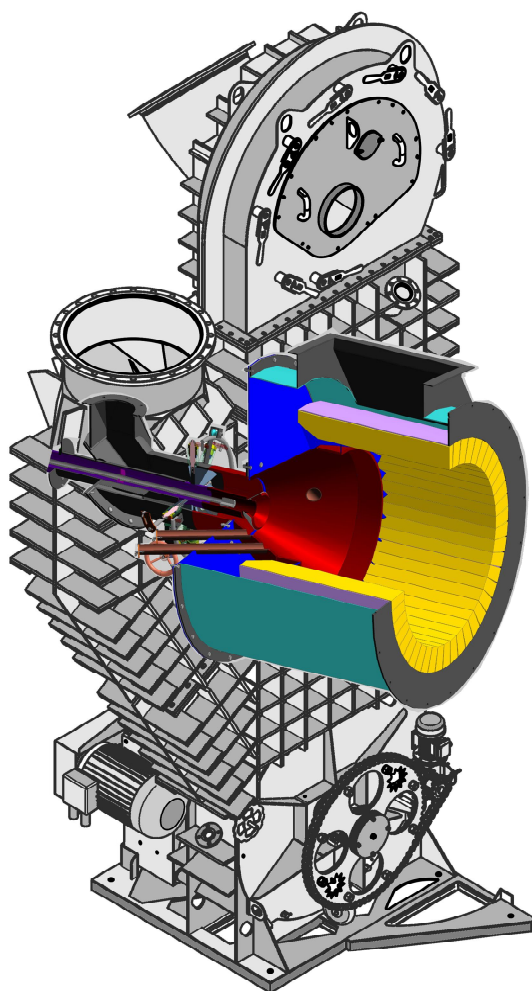




Ing. Büro FTT, Germany

Приготовление и использование пылевидного угольного топлива - ПУТ в промышленности

50-70 % Снижение стоимости топлива



Технологии сушки, гранулирования, обжига промышленных материалов и многие другие могут осуществляются на основе сжигания любого органического топлива (природный газ, жидкое топливо, топливная угольная пыль, мелкое древесное топливо). Затраты на топливо определяют экономику предприятий и составляют:

- **15-17 %** стоимости горячего асфальта.
- **20-30%** себестоимости продуктов обогащения минерального сырья, например концентратов руд цветных металлов, железо-рудного концентрата.
- **30-40%** себестоимости цемента, извести, различных промпродуктов получаемых спеканием, например керамзита, железорудных окатышей;
- Стоимость топлива **полностью** определяет себестоимость получения горячей воды и тепла, экономику ЖКХ, особенно в восточных, северных и северо-восточных районах, с сезонным завозом топлива.

**Таблица. 2017. Стоимость тепловой энергии = экономическая эффективность
Сравнение стоимости тепловой энергии при использовании основных топлив.**

Топливо	Мазут 10.000 ккал/кг 10.000 руб/тонн	Природный газ 8.000 ккал/м3 5.500 руб/1000 м3	Бурый Уголь 4200 ккал /кг 1000 руб /тонн
Тепло от сжигания топлива с кпд. 90% МВт в час /рубл	955	657	227
Тепловая мощность установки, МВт	10	10	10
Работа, час в год	6000	6000	6000
Стоимость топлива, млн. руб в год	57.323.015	39.409.573	13.648.337
Снижение затрат на топливо при переходе на уголь, руб /год	43.674.678	25.761.236	
долл /год	766.222	451.952	
Стоимость оборудования для перехода на угольную пыль, долл			
Асфальтовый завод	400.000	400.000	
Асфальтовый завод, окупаемость, год	0,52	0,89	
Цементный завод	700.000	700.000	
Цементный завод, окупаемость, год	0,91	1,55	
Сушильная установка	900.000	900.000	
Сушильная установка, окупаемость, год	1,17	1,99	

Использование угольной пыли как топлива на промышленных предприятиях вместо природного газа или мазута, дизельного топлива позволяет снизить затраты на топливо в 3-5 раза.

Технологические процессы и угольная пыль

С использованием пылевидного угольного или древесного топлива могут осуществляться многочисленные технологические процессы:

- **сушка:** медного, цинкового, пиритного, молибденового, флюоритового, титанового, баритового, никелевого, железорудного и других концентратов, технических солей, бентонитовых глин, песка и других материалов;
- **сушка взрыво-пожароопасных материалов, например углей,** в среде с пониженным содержанием кислорода;
- **сушка и гранулирование суспензий** в распылительных сушилках;
- **производство цемента, извести, керамзита,** спекание глинозёма, обжиг железорудных окатышей, обжиг кирпича;
- **гранулирование минеральных удобрений** и другие процессы.

Приготовление пылеугольного топлива – ПУТ

Работа установки приготовления пылевидного угольного топлива

Установка приготовления угольной пыли (ПУТ) выбирается в зависимости от типа и производительности топливопотребляющего аппарата, марки используемого угля, условий складирования и подачи угля на помол.

Загрузка кускового угля:

Для асфальтовых заводов работающих в одну смену, устанавливают небольшой бункер кускового угля, объёмом 5-6 м³, загрузка угля выполняется ковшовым погрузчиком, уголь складывают рядом с установкой помола на открытой площадке.

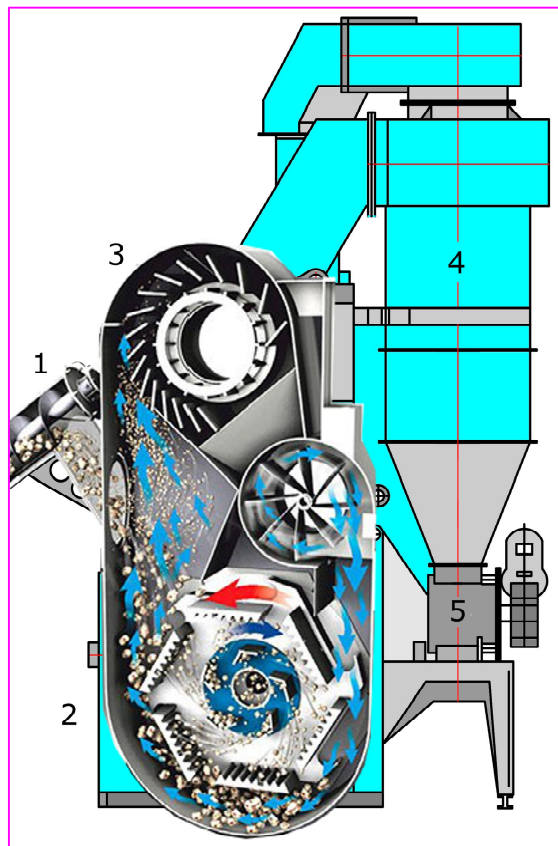
Для сушильных линий, работающих непрерывно в три смены в течение многих месяцев, используют расходный бункер кускового угля на 30-50 тонн, загружаемый раз в смену. Уголь загружаемый с самосвала или баггером на пластинчатый конвейер, поднимают элеватором в расходный бункер, подают шнековым питателем на вход угольной мельницы, расположенной на нулевой отметке.

Кусковой уголь измельчают в мельнице до размеров 70-90 микрон. Размеры частиц угольной пыли, регулируют воздушным сепаратором, расположенным на выходе из мельницы. Мелкие частицы проходят сепаратор, крупные возвращаются на повторный домол.

Основные блоки ударной угольной мельницы

1. Питатель кускового угля.
2. Камера измельчения
3. Воздушный сепаратор.
4. Циклон.
5. Выгрузка угольной пыли.

Угольная пыль после выхода из мельницы подаётся потоком воздуха к горелке (прямое сжигание) или улавливается циклонами и накапливается в малом расходном бункере (полу-прямое сжигание). Накопление в бункере позволяет поддерживать повышенную концентрацию угольной пыли на входе в горелку, что особенно важно при сжигании низкореакционных углей низкого качества.



Питатель, установленный под расходным бункером, регулируется автоматикой технологической линии, дозирует необходимое количество угольной пыли в линию пневмотранспорта, ведущую к пылеугольной горелке.

Способы приготовления и сжигания пылеугольного топлива выбирают в зависимости от свойств угля и технологического процесса.

1. Прямое сжигание. Это наиболее простой и дешёвый способ приготовления пылеугольного топлива, используемый для углей с реакционной способностью $V^{daf} > 20\%$ и невысокой влажности. Угольная пыль, получаемая после сушки и измельчения угля в мельнице, всем потоком отходящих от мельницы газов подаётся к горелочному устройству и сжигается при подаче в горелку дополнительного воздуха на горение.

Одна установка приготовления пылеугольного топлива используется для одного горелочного устройства – технологического аппарата.

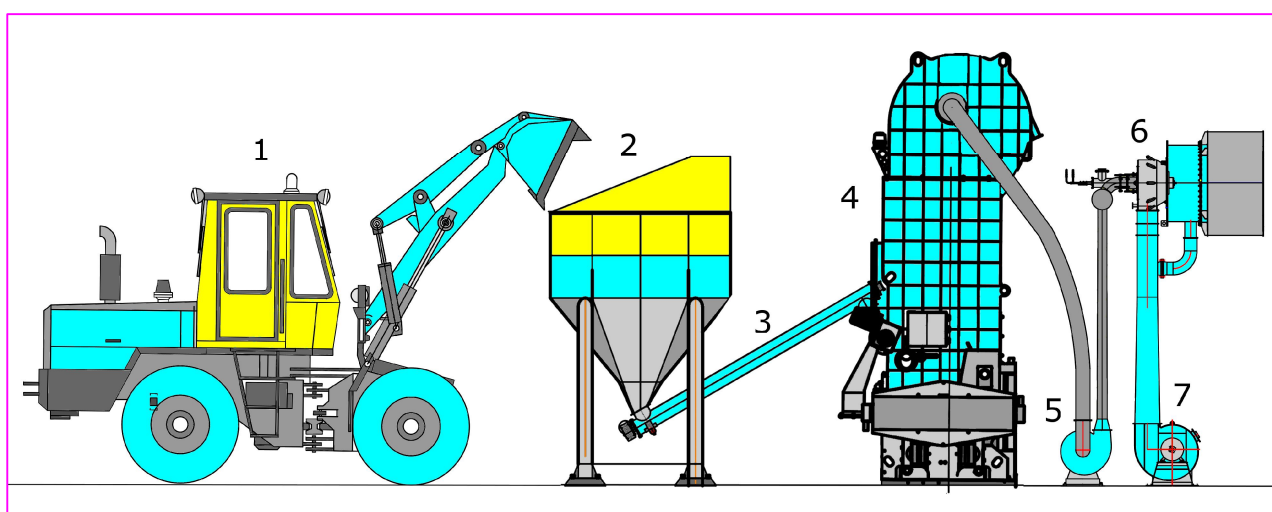


Схема приготовления и прямого сжигания ПУТ (асфальтовый завод)

1. Ковшовый погрузчик. 2. Бункер кускового угля. 3. Транспортирующий шнек – дозатор. 4. Угольная мельница. 5. Пылевой вентилятор. 6. Пылеугольная горелка (второе топливо природный газ или мазут). 7. Вентилятор подачи воздуха на горение.

2. Полу-прямое сжигание используется для низкореакционных углей, когда подача к горелке всего воздуха после мельницы начинает мешать процессу сжигания угольной пыли, ограничивая диапазон регулирования или другие параметры работы горелочного устройства.

Для улучшения процесса сжигания в циклоне отделяют большую часть угольной пыли от потока газов, а часть очищенных газов повторно возвращают в мельницу. Этот способ позволяет значительно повысить концентрацию угольной пыли подаваемой к горелке, снимает ограничения по влажности, зольности и другим параметрам используемого угля.

Модернизация полу-прямого способа сжигания - накопление угольной пыли в промежуточном бункере-дозаторе (на 1 час расхода), при использовании для транспортировки угольной пыли воздуха 1-2 бар от газодувки, позволяет работать с любой современной горелкой или несколькими горелками, при повышенной концентрации угольной пыли, при разрежении или давлении в технологическом аппарате. Разработанная схема и оборудование подходят практически для любых технологических линий: асфальтовых заводов, сушильных линий обогатительных фабрик, печей спекания цементного клинкера,

получения извести, получения железорудных окатышей, установок кипящего слоя, гранулирования минеральных удобрений и других.

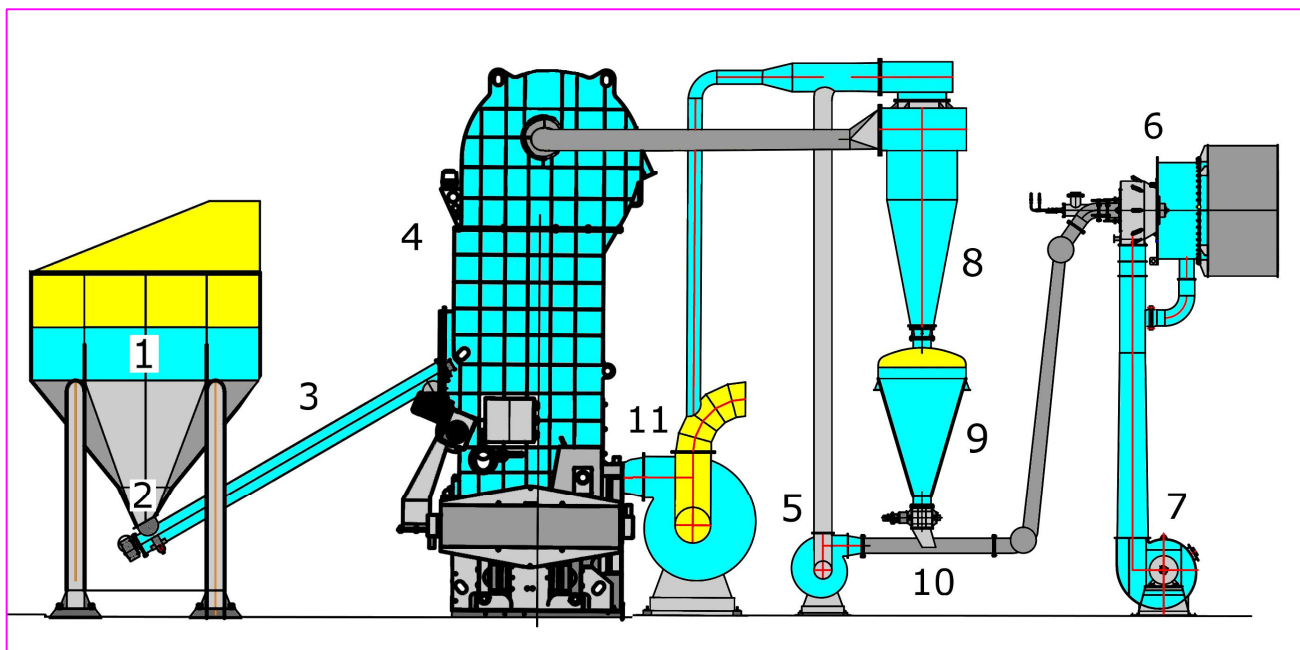


Схема приготовления и полу - прямого сжигания ПУТ (асфальтовый завод, сушильные установки)

1. Бункер кускового угля. 2. Активатор выгрузки . 3. Транспортирующий шнек – дозатор.
4. Угольная мельница. 5. Пылевой вентилятор. 6. Пылеугольная горелка (второе топливо природный газ или мазут). 7. Вентилятор подачи воздуха на горение. 8. Циклон. 9. Бункер-дозатор. 10. Инжектор. 11. Вентилятор горячего дутья.

3. Способ непрямого сжигания или разделённая схема – помол угля с отделением всей массы угольной пыли от газов в рукавных фильтрах, накопление угольной пыли промежуточном бункере или в силосах большого объёма.

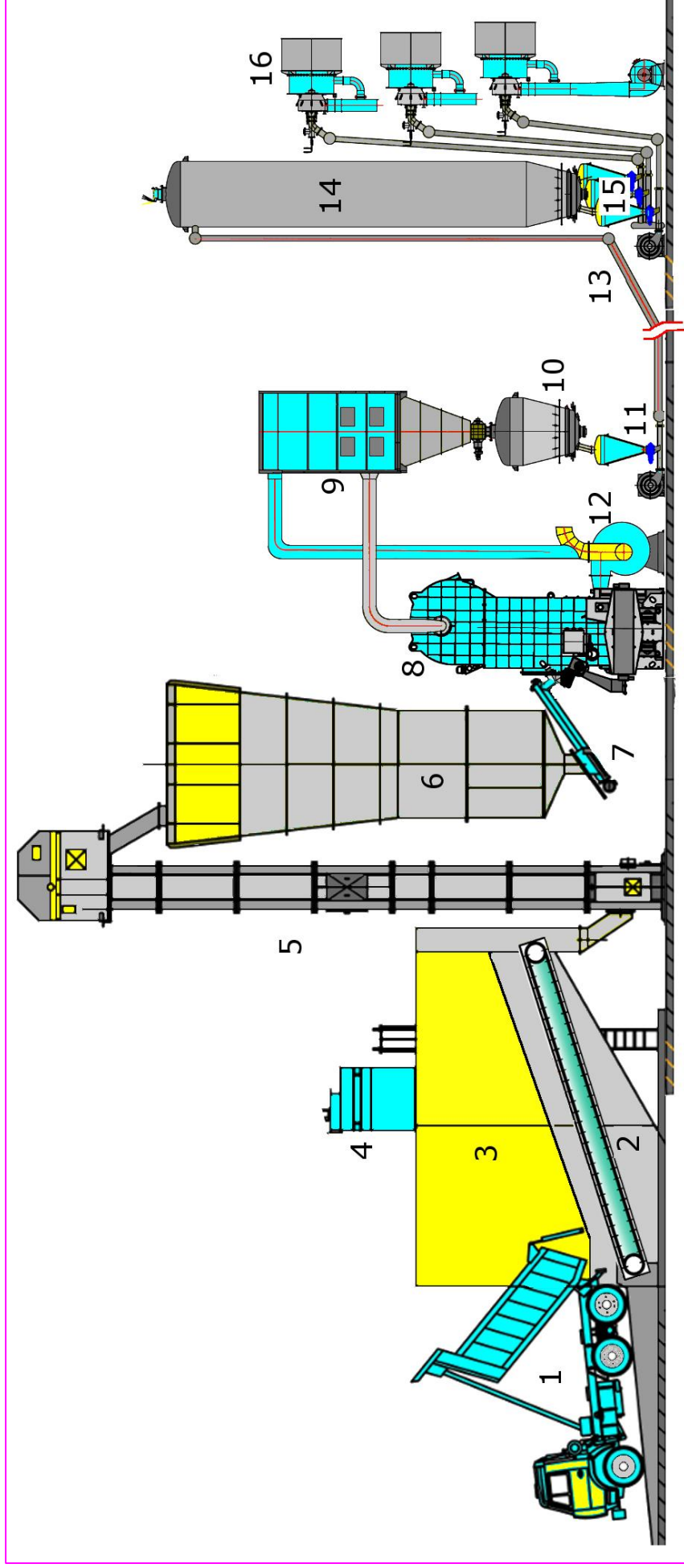
Приготовление угольной пыли с накоплением в силосах применяется:

- В крупных установках получения топливной угольной пыли на продажу. ПУТ из больших силосов перекачивают в транспортные автомобильные ёмкости и развозят потребителям.
- В центральных помольных станциях на территории крупных промышленных предприятий, имеющих много различных потребителей пылеугольного топлива.
- На энергетических котлах большой мощности при подаче угольной пыли ко многим горелкам, расположенным на различных уровнях.
- Для металлургических печей, туннельных печей и других установок, имеющих много горелочных устройств в составе одного теплового агрегата, сжигающего ПУТ.

Особенности работы крупных централизованных установок помола угля

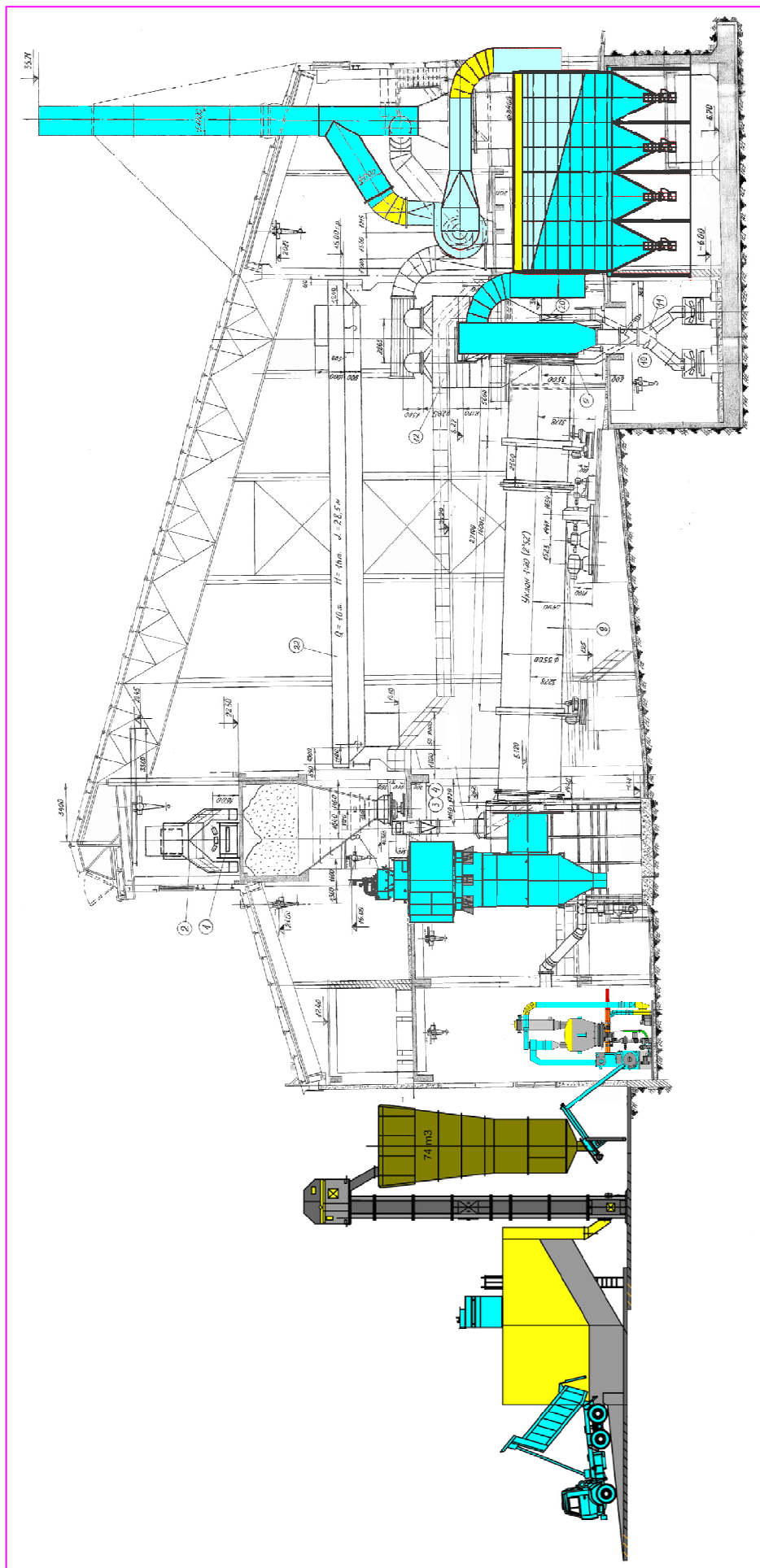
- Высокая концентрация угольной пыли в транспортирующем воздухе [5-40 кг/м³].
- Пневмотранспорт угольной пыли на большие расстояния [сотни и тысячи метров].
- Накопление сухой угольной пыли (ПУТ) в больших силосах [100 – 1000 м³].
- Время безремонтной работы угольных мельниц до 20.000 часов.
- Все потребители топлива ставятся в зависимость от надёжной работы одной установки приготовления угольной пыли.

Для обеспечения безопасности в современных установках приготовления и сжигания угольной пыли с накоплением в промежуточном бункере используется снижение содержания кислорода в аппаратах и газоходах системы пылеприготовления.



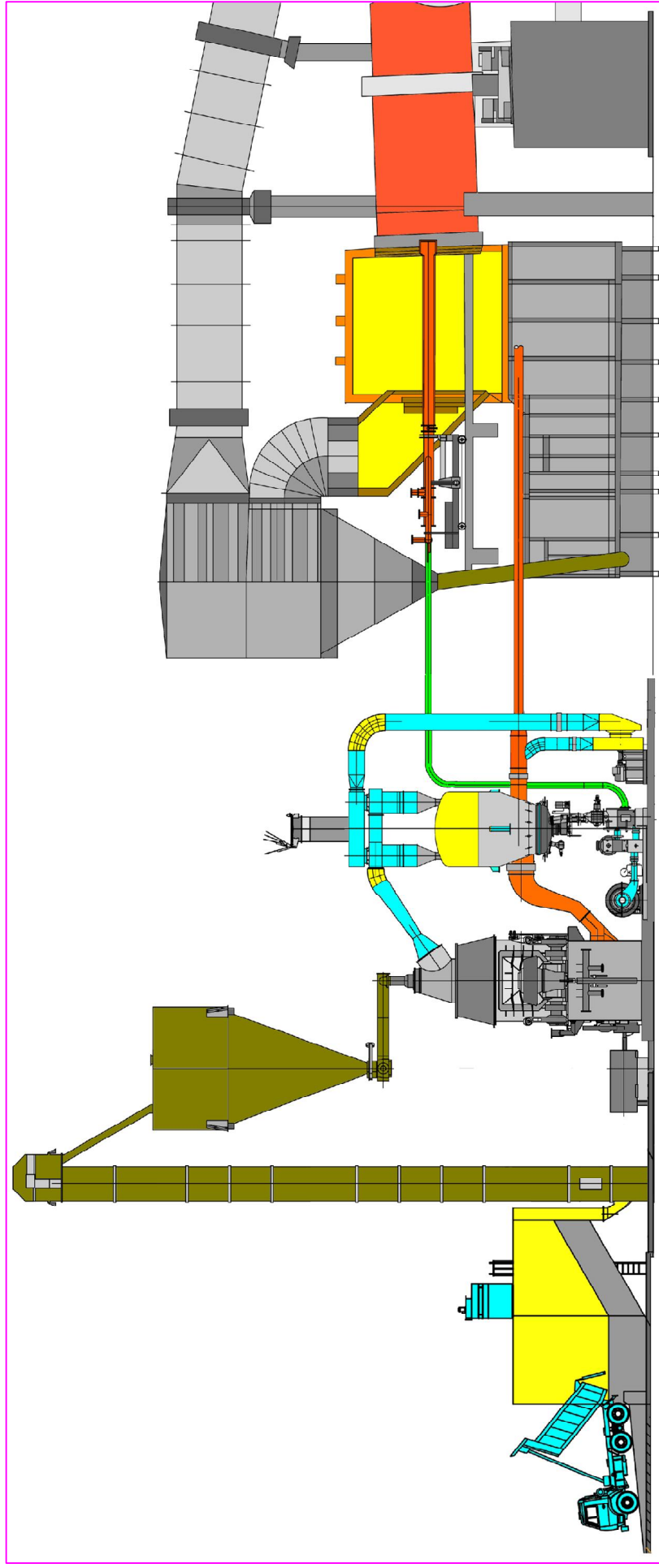
Разделённое приготовление ПУТ: Загрузка кускового угля, сушка и помол - в одной установке, накопление угольной пыли в силосах, транспортировка к горелкам и сжигание - в другой установке, отдельно от помола угля. накопление угольной пыли в силосах, транспортировка к горелкам и сжигание - в другой установке, отдельно от помола угля.

1. Подвоз кускового угля. 2. Пластинчатый транспортёр с приёмным участком. 3. Короб обеспыливания выгрузки угля. 4. Бункерный рукавный фильтр. 5. Элеватор. 6. Бункер накопления кускового угля. 7. Транспортирующий шнек - дозатор. 8. Угольная мельница. 9. Рукавный фильтр для отделения угольной пыли от газов после помола. 10. Малый накопитель ПУТ перед транспортировкой. 11. Дозатор ПУТ с инжектором. 12. Вентилятор горячего дутья для подачи горячих газов в мельницу для сушки угля. 13. Пневмотранспорт угольной пыли. 14. Силос - накопитель ПУТ. 15. Дозаторы ПУТ к горелкам. 16. Горелки технологических аппаратов.



Модернизация сушильной линии для использования пылеугольного топлива

Слева: установка приготовления ПУТ и Генератор горячих газов. Справа (опционально) – рукавный фильтр - сухая одноступенчатая система газоочистки за сушильной линией. Установка сухой газоочистки не обязательна при переходе на ПУТ, но в любом случае существенно улучшает экономические показатели работы сушильной линии.



Расположение оборудования печи спекания цементного клинкера при приготовлении и сжигании угольного топлива.

Локальная установка (одна к одной) угольной мельницы к цементной печи спекания. Особенности установки:

Полу- прямая схема приготовления и сжигания ПУТ с использованием небольшого бункера накопителя ПУТ, рассчитанного на 10-12 бар. Отсутствие рукавного фильтра угольной пыли, являющегося наиболее ответственным блоком при подготовке ПУТ. Отсутствие генератора горячих газов - горячие газы для сушки угля отбираются из холодильника цементного клинкера и разбавляются до нужной температуры. Низкое содержание кислорода в горячих газах обеспечивает инертризацию процесса сушки-помола угля. Повышенная безопасность, легкость управления, старта и остановки. **Общее снижение стоимости оборудования 30-40% по сравнению с установками работающих по разделённой схеме.**

Параметры работы сушильно-помольных установок

Влажность рабочего топлива W^p может быть представлена как сумма гигроскопической влажности W^{zu} и внешней влажности $W^{вн}$. Значения W^{zu} для разных видов топлива различны. Так, для антрацита $W^{zu} = 2,5 \%$, для подмосковного угля $7,5 \%$, а для торфа 11% .

Сушка топлива для относительно сухих углей при внешней влажности, не превышающей 10% , производится одновременно с размолотом в мельничном устройстве путем подачи внутрь мельницы горячего воздуха или продуктов сгорания.

Для влажных топлив с внешней влажностью $15 - 20 \%$ частичная предварительная подсушка топлива может осуществляться непосредственно перед мельничным устройством в коротких сушильных трубах. Для высоковлажных топлив с внешней влажностью более 20% возможно применение предварительной сушки топлива в отдельном сушильном устройстве. Снижение влажности угля также уменьшает затраты электро-энергии на размол.

Значение конечной влажности топливной пыли может быть принято по рекомендациям ВТИ и ЦКТИ. Так, например, влажность подсушенной пыли АШ должна быть $W^{пн} = 0,5/1 \%$; подмосковного угля - $W^{пн} = 11/16 \%$; торфа - $W^{пн} = 35/40 \%$. По условиям взрывобезопасности конечная влажность пыли сланцев, а также бурых углей, у которых $W^{zu} < 0,4 W^p$, не должна быть ниже гигроскопической. Для бурых углей с $W^{zu} \geq 0,4 W^p$ и каменных углей влажность пыли не должна быть менее 50% гигроскопической. Для фрезерного торфа требуется, чтобы $W^{пн} > 25 \%$.

Температура горячих газов. При влажности топлива до 30% начальная температура сушильного агента выбирается в пределах $400-450^\circ\text{C}$, а при влажности $30-40 \%$ - в пределах $700-900^\circ\text{C}$ (при наличии перед мельницей предвключенных подсушивающих устройств).

Производительность угольных мельниц = Расход ПУТ для сушильных аппаратов при температуре горячих газов $400 - 900^\circ\text{C}$

Тепловая мощность сушильного аппарата, МВт	2,5	6	12	25	40
Производительность сушильной установки по сухому продукту, тонн/ч	20	50	100	200	300
Количество испарённой влаги, тонн/час	2	5,2	10,5	21	32
Количество используемого угля, (4200 ккал/кг), кг/час	520	1.230	2.460	5.150	8.200
ТИП помольной системы	ПС-1	ПС-2	ПС-3	ПС-5	ПС-10

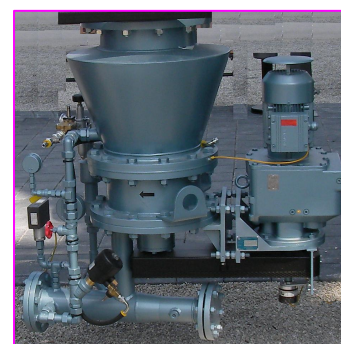
Помольная система (ПС) прямого или полу-прямого вдувания поставляется вместе с пылеугольной горелкой для технологического агрегата. Диапазон регулирования производительности $1:3$ - до $1:10$.

Дозатор ПУТ

Безопасность подготовки и сжигания угольной пыли прямым способом и полу-прямым способом высокая.

Системы пылеприготовления с промежуточным бункером более взрывоопасны. Этот недостаток можно уменьшить за счёт использования газовой сушки. В мельницу для сушки подаются горячие газы с **пониженным содержанием кислорода**.

Горячие газы с низким содержанием кислорода для подачи в мельницу забирают огнетехнического оборудования, в котором сжигают ПУТ (генераторы горячих газов, угольные котлы, печи спекания и тп.). Весовое содержание кислорода менее 9% (во влажных горячих газах) обеспечивает безопасность процесса сушки-помола для любых углей.



Для углей с небольшим содержанием летучих безопасность может быть обеспечена и при более высоком содержании кислорода в газах сушильно-помольной установки.

Необходимое для обеспечения безопасности снижение содержания кислорода в газах определяется специальным испытанием угольной пыли, полученной из кускового угля.

Концентрация угольной пыли в газах составляет

- на выходе из мельницы [0,3 -0,6 кг/м³].
- пневмотранспорт к горелкам при прямом способе [0,3 -0,6 кг/м³].
- пневмотранспорт к горелкам при полу-прямом способа [0,5-4 кг/м³, до 50 кг/м³].
- пневмотранспорт от силосов ПУТ [1-4 кг/м³, до 50 кг/м³].

Безопасность хранения угольной пыли:

- Должны учитываться свойства угольной пыли, например саморазогрев, особенно для бурых углей с высоким содержанием летучих.
- Инертизация внутреннего объёма силоса.
- Охлаждение угольной пыли перед загрузкой на хранение в силос.
- Предохранительные взрывные клапаны на силосах. Приборы контроля автоматики

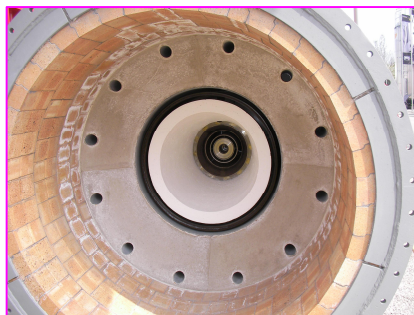
безопасного хранения и другие меры.

Резервная мельница: В случае перевода на ПУТ нескольких технологических линий работающих параллельно, и блочного (одна к одной) использования угольных мельниц приготовления ПУТ, устанавливают одну дополнительную резервную угольную мельницу на несколько технологических линий. «Блочный» подход с резервом обеспечивает наибольшую надёжность приготовления угольной пыли и снабжения топливом технологических установок.

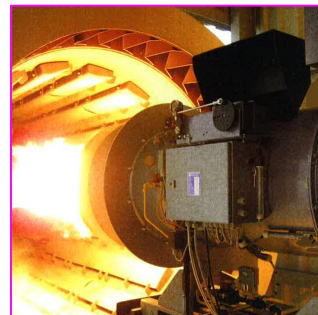
Применение крупных централизованных комплексов приготовления угольной пыли оправдано по экономическим причинам, если стоимость одной центральной помольной станции с силосами и вспомогательным оборудованием, меньше, чем суммарная стоимость отдельных локальных установок приготовления ПУТ, выполненных по схеме прямого или полу-прямого сжигания.

Сжигание угольной пыли

Сжигание угольной пыли на асфальтовых заводах выполняется с использованием муфельных горелок, устанавливаемых в торце барабанов для сушки и нагрева твёрдых компонентов асфальта. Пламя от горелки располагается во вращающемся барабане.



Муфельная камера горелки

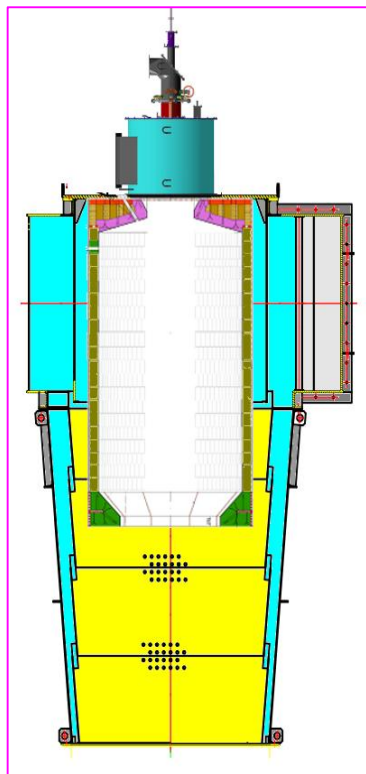


Сжигание угольной пыли для технологий сушки и гранулирования выполняется в вертикальных или горизонтальных генераторах горячих газов, со стальным кожухом, рассчитанных на длительную работу в условиях металлургических заводов, химических и других промышленных предприятий. Горение топлива заканчивается в границах камеры сгорания. На выходе из

генератора получают горячие газы с регулируемой температурой в диапазоне 200-1000°С.

Время старта пылеугольной горелки при сжигании ПУТ с выходом на номинальную мощность составляет как правило 20-30 минут. Первичный старт, когда в топливной системе нет готового пылеугольного топлива, выполняют с использованием резервного топлива. Последующие старты выполняют сразу на пылеугольном топливе, для этого оставляют в расходном бункере запас пылеугольного топлива примерно на час работы.

В состав генератора горячих газов входит двухтопливная горелка (ПУТ- жидкое топливо, ПУТ – газ) с муфельной камерой сгорания, устройством дозирования и пневмотранспорта угольной пыли.



Генераторы могут устанавливаться в помещении или на открытой площадке, хорошо встраиваются в любую технологическую линию.

Основной поток горячих газов подают в технологический аппарат на сушку или гранулирование промышленных продуктов. Часть горячих газов, вырабатываемых генератором, подают в угольную мельницу для сушки угля.

Пылеугольная горелка:
подвод ПУТ сверху,
воздух на горение снизу,
форсунка для жидкого
топлива в центре



Оборудование Подвода и дозирования угольной пыли



Влияние золы от сжигания углей

При сушке концентратов руд цветных металлов или железорудного концентрата снижение содержания целевого металла в концентрате за счёт разбавления золой от угля составляет 0,08 -0,12% в зависимости от марки сжигаемого угля. Минералы, входящие в состав золы, положительно влияют на процессы плавки концентратов металлов.

При обжиге цементного клинкера, продукты сжигания угля содержат активные соединения, характерные для вяжущих в цементе, извести. Компоненты золы от сжигания угля являются сырьевыми компонентами цемента.

При производстве асфальта минеральная зола от сжигания угля замещает часть мелкодисперсных добавок, специально добавляемых в асфальт для повышения его качества.

Зола от сжигания углей, остающаяся в отходящих газах, улавливается системой газоочистки технологической линии, смешивается с готовым продуктом. Дополнительное оборудование для газоочистки не требуется, потребительские свойства основного продукта не нарушаются.

Стоимость приготовления ПУТ = стоимость кускового угля + стоимость электроэнергии на помол, в расчёте 12 кВт на тонну ПУТ.

Способы приготовления угольной пыли без помола, связанные с технологией производства и обогащения углей используются на углеобогатительных фабриках, для повышения эффективности работы фабрики, повышения количества, качества и стоимости товарных угольных продуктов:

А. Сушка угольных концентратов мелких классов 1-13 мм, угольных шламов 0-2 мм при углеобогащении – ведёт к получению сухой угольной пыли с размерами частиц 70-100 микрон,

накапливаемой в бункерах рукавных фильтров при сухой чистовой очистке газов отходящих от аппаратов сушки угля.

Б. Термоаэродинамическая сепарация кускового угля с целью отделения от него пылевой составляющей используется на углеобогадательных фабриках, **в портах или пунктах перегрузки угля**. Сепараторы повышают качество кускового угля, пылевые фракции – ПУТ подсушиваются и отделяются от угля, могут использоваться на собственные нужды, или продаваться другим предприятиям.

Термоаэродинамическая сепарация используется также на крупных тепловых угольных электростанциях для оптимизации процессов приготовления угольной пыли, снижения расходов электроэнергии на помол угля.

Способы получения ПУТ без помола снижают стоимость ПУТ до стоимости кускового угля.

Оборудование описано в отдельных документах.

FTT - Ing.-Büro Feuerungs – und Trocknungstechnologien (технологии горения и сушки)
Разработка, проектирование, изготовление оборудование и комплектные установки:

- **генераторы горячих газов**
- **сушка взрыво-пожароопасных материалов** в среде с пониженным содержанием кислорода, углей, органического сырья для древесных строительных плит, древесного топлива,
- **вертикальные трубные сушилки для угля, угольных шламов**
- **установки для сушки промышленных материалов:** медного, цинкового, пиритного, молибденового, флюоритового, титанового, баритового, никелевого, железорудного и других концентратов; технических солей, бентонитовых глин, песка и других материалов,
- **гранулирование минеральных удобрений**
- **нагрев технологических газов**
- **выпарка растворов солей**
- **термическое разложение** окислов азота за печами
- **сушка и гранулирование суспензий** в распылительных сушилках
- **прямое контактное отопление** производственных цехов
- **разогрев оборудования, оттаивание** железнодорожных вагонов,
- **Установки приготовления пылеугольного топлива** для промышленных предприятий:
 - асфальтовых заводов,
 - заводов получения цементного клинкера,
 - металлургических предприятий,
 - химических предприятий,
 - производства минеральных удобрений и других технологий.

Адаптируем технологическое оборудование для работы на пылеугольном топливе.



Contact in Germany:
FTT - Ing.-Büro Feuerungs – und Trocknungstechnologien
(технологии горения и сушки)
phone: +49 163 72 55 806
Web Site: www.ftt-ing.de
e-mail: info@ftt-ing.de

