

# КОТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА

# Технологическая схема котельной установки

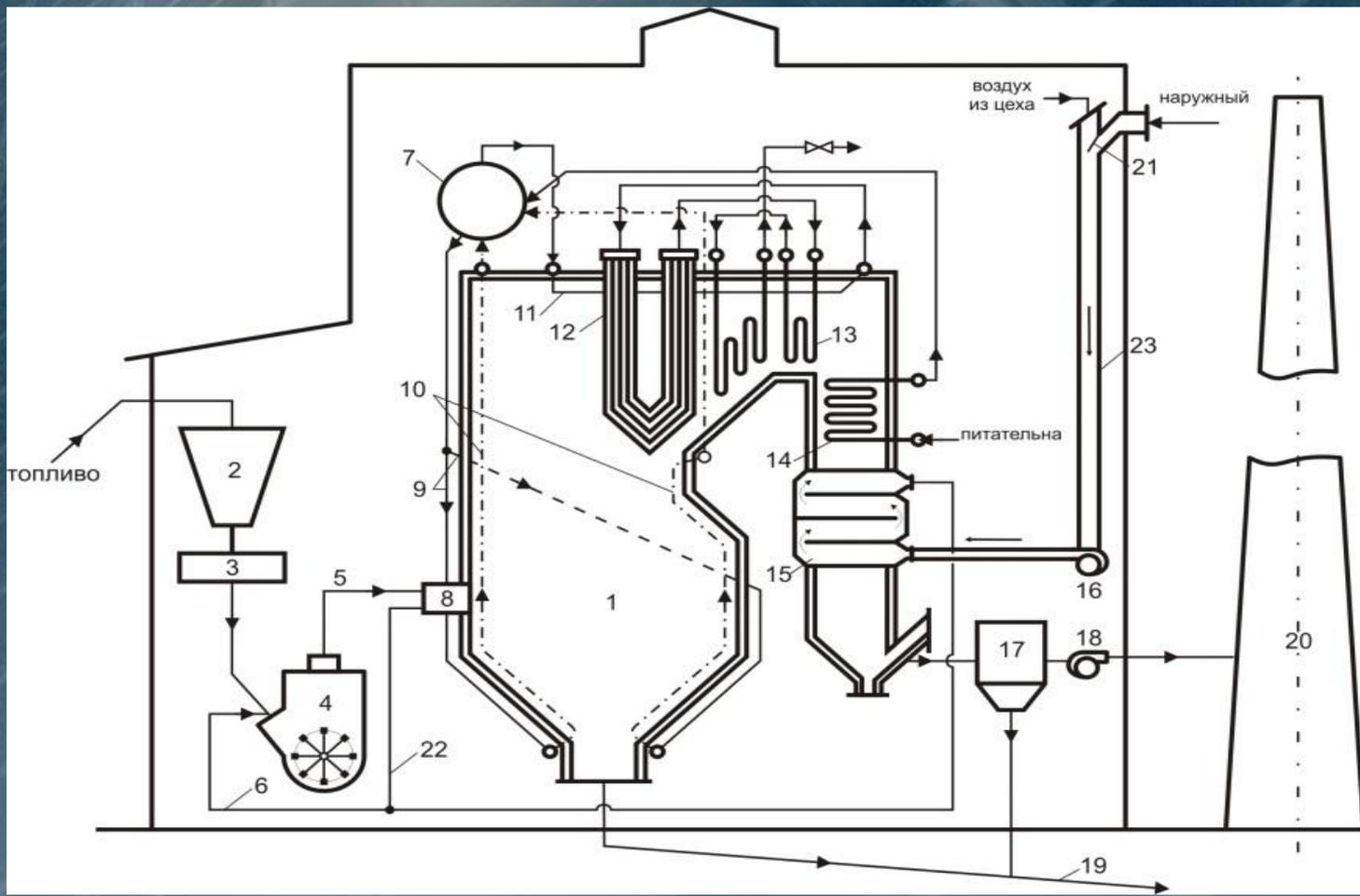
# ЧТО ТАКОЕ КОТЕЛ?

**- это паровой котел вместе с совокупностью оборудования, обеспечивающего его работу**

**В состав котельной установки, кроме парового котла, входят:**

- .оборудование топливоприготовления**
- .тягодутьевая установка**
- .устройства золоулавливания газовоздушного тракта котла**
- .питательные насосы**
- .регулирующие устройства питательного тракта**
- .электродвигатели**
- .системы управления и защиты парового котла.**

# ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ НА ТВЕРДОМ ТОПЛИВЕ



1 – топочная камера; 2 – бункер сырого угля; 3 – питатель сырого угля; 4 – углеразмольная мельница; 5 – пылепроводы; 6 – воздухопровод; 7 – барабан котла; 8 – горелочные устройства; 9 – отпусные трубы; 10 – топочные экраны; 11 – радиационный пароперегреватель; 12 – ширмовый пароперегреватель; 13 – конвективный пароперегреватель; 14 – экономайзер; 15 – воздухоподогреватель; 16 – дутьевой вентилятор; 17 – золоулавливающее устройство; 18 – дымосос; 19 – канал гидрозоло(шлако)удаления; 20 – дымовая труба; 21 – шибер; 22 – воздухопровод; 23 – воздухопровод.

# ТРАКТЫ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

- 1. Золошлакоудаления**  
комплекс оборудования, для улавливания и транспорта золы и шлака до золошлакоотвала
- 2. Топливоподачи и пылеприготовления**  
комплекс оборудования, необходимого для приема топлива на станцию, его разгрузки, подачи на склад или в котельный цех, дробления, очистки, подсушки и размола до пылевидного состояния и транспорта в горелочное устройство
- 3. Пароводяной**  
система теплообменников и других элементов, по которой движется питательная, котловая вода, пароводяная смесь и перегретый пар
- 4. Воздушный**  
Газо-воздушный комплекс оборудования, необходимый для приема атмосферного холодного воздуха, его подогрева и транспорта в мельницу и горелочное устройство
- 5. Газовый**  
комплекс оборудования, по которым движутся продукты сгорания (от топочной камеры до дымовой трубы)



# ТОПЛИВОПРИГОТОВЛЕНИЕ

Топливное хозяйство служит для разгрузки, учета, хранения, внутристанционной транспортировки и приготовления поступающего на электростанцию топлива.

# ТОПЛИВОПРИГОТОВЛЕНИЕ



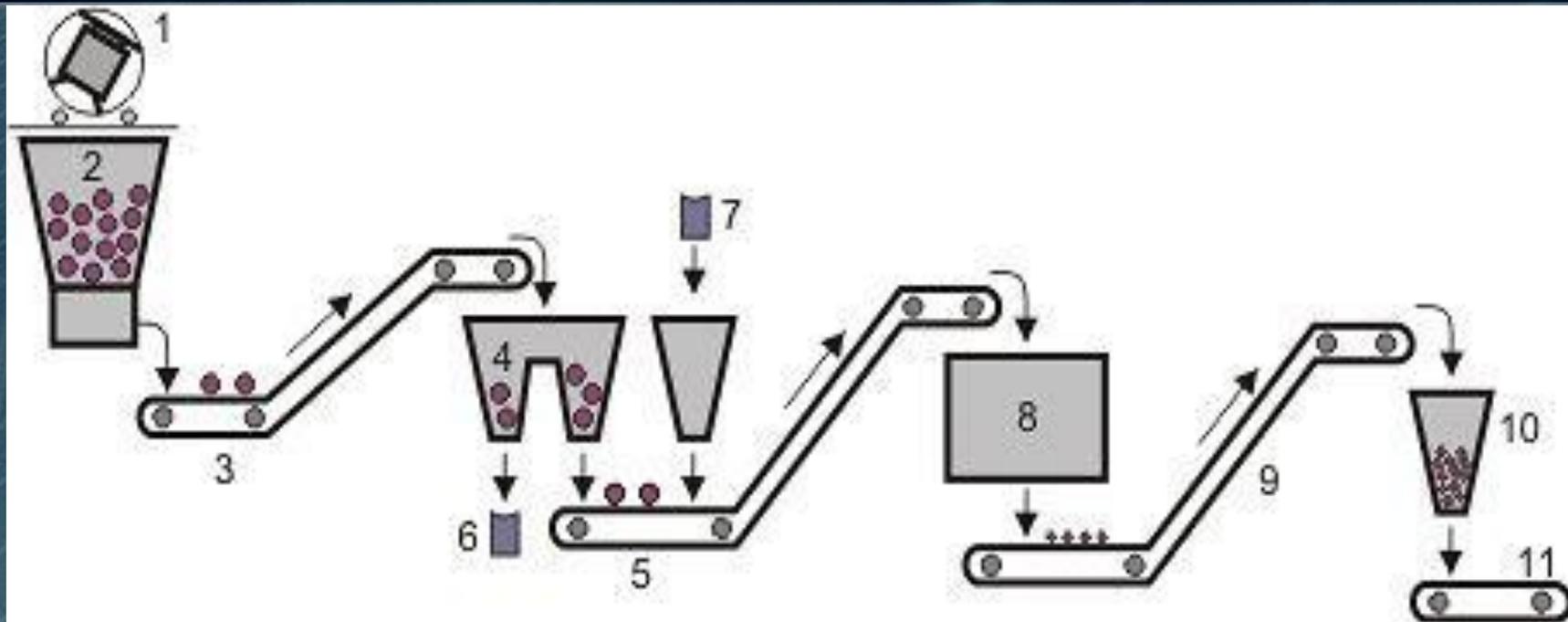
1. Дробление в дробилках до  
размера  $< 15 - 25$  мм



2. Размол в  
мельницах до пыли



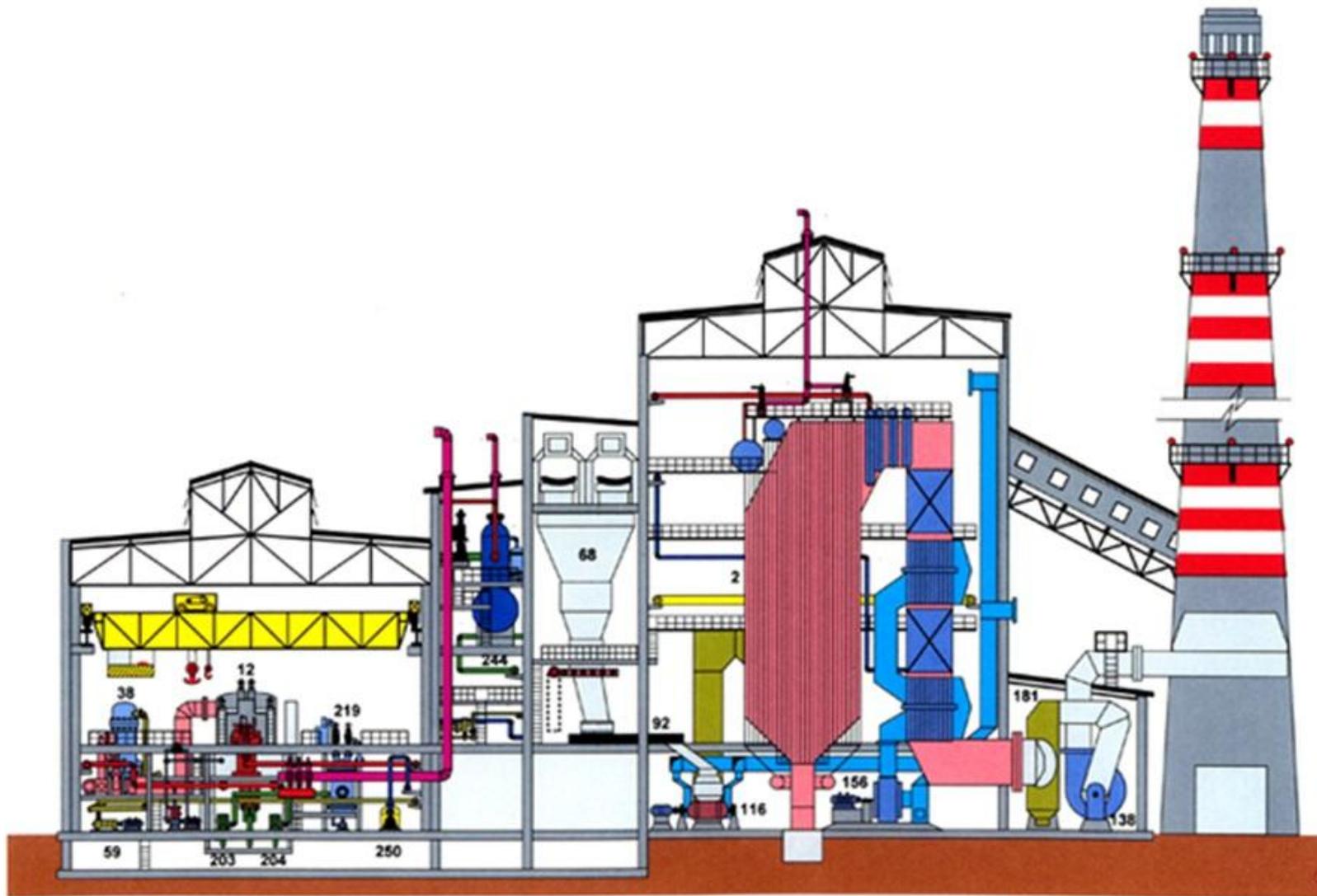
# ПОДГОТОВКА ТВЕРДОГО ТОПЛИВА К СЖИГАНИЮ



1 – вагонопрокидыватель;  
2 – приемный бункер;  
3 – ленточный конвейер;  
4 – узел пересыпки;  
5 – ленточный конвейер подачи топлива в дробильное отделение;  
6 – ленточный конвейер подачи угля на склад;

7 – ленточный конвейер выдачи топлива со склада;  
8 – дробильное отделение;  
9 – ленточный конвейер в главный корпус ТЭС;  
10 – узел пересыпки;  
11 – ленточный конвейер главного корпуса

# ПОДГОТОВКА ТВЕРДОГО ТОПЛИВА К СЖИГАНИЮ



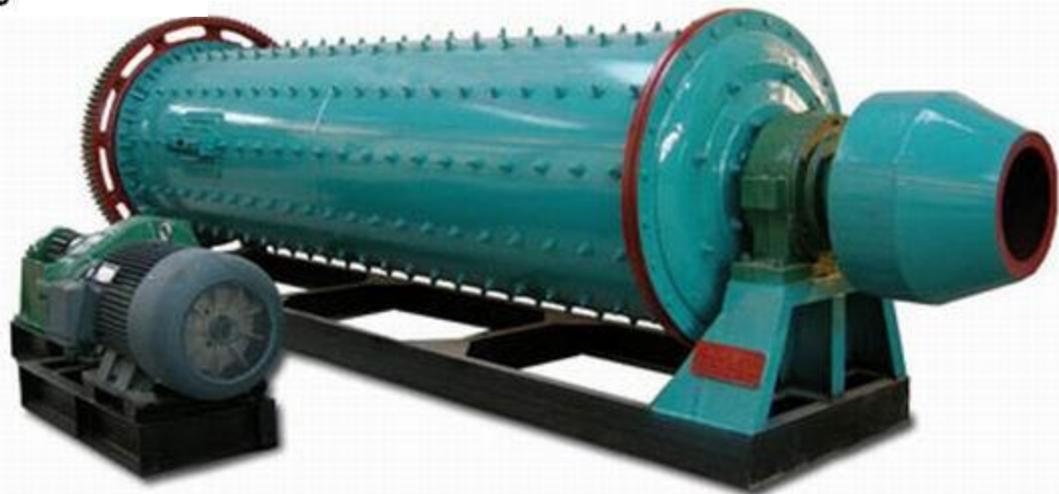
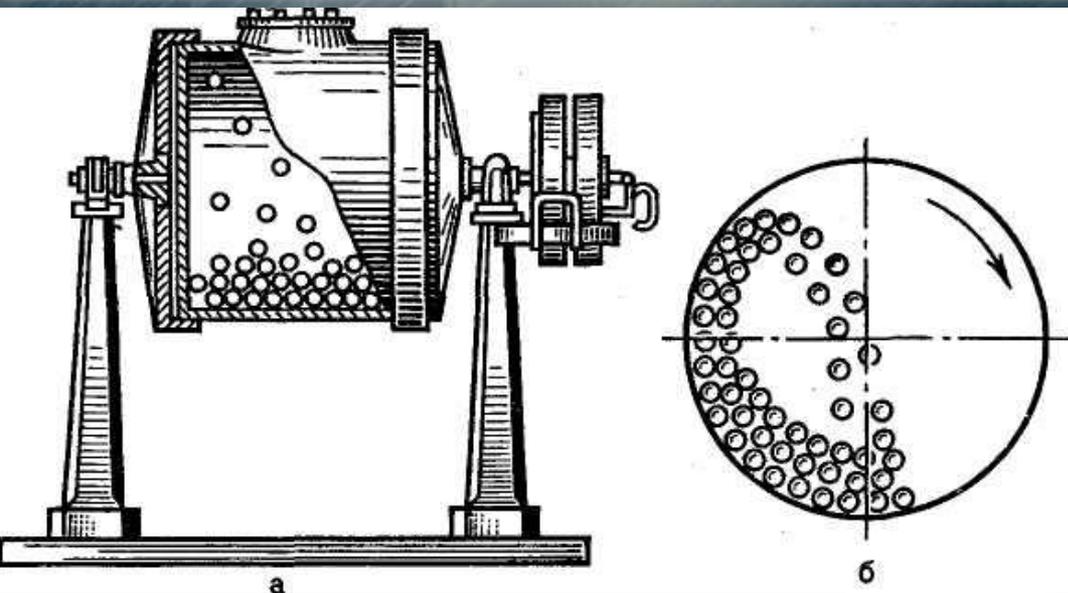
# СХЕМЫ ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЯ

1. с шаровой барабанной мельницей  
*для всех видов топлив и всего диапазона их твердости*
2. с молотковой мельницей и инерционным сепаратором  
*бурые и каменные угли средней и малой твердости*
3. с валковой среднеходной мельницей  
*сухие каменные угли с незначительным вкраплением очень твердых фракций*
4. с мельницей-вентилятором  
*сильновлажные и мягкие бурые угли*

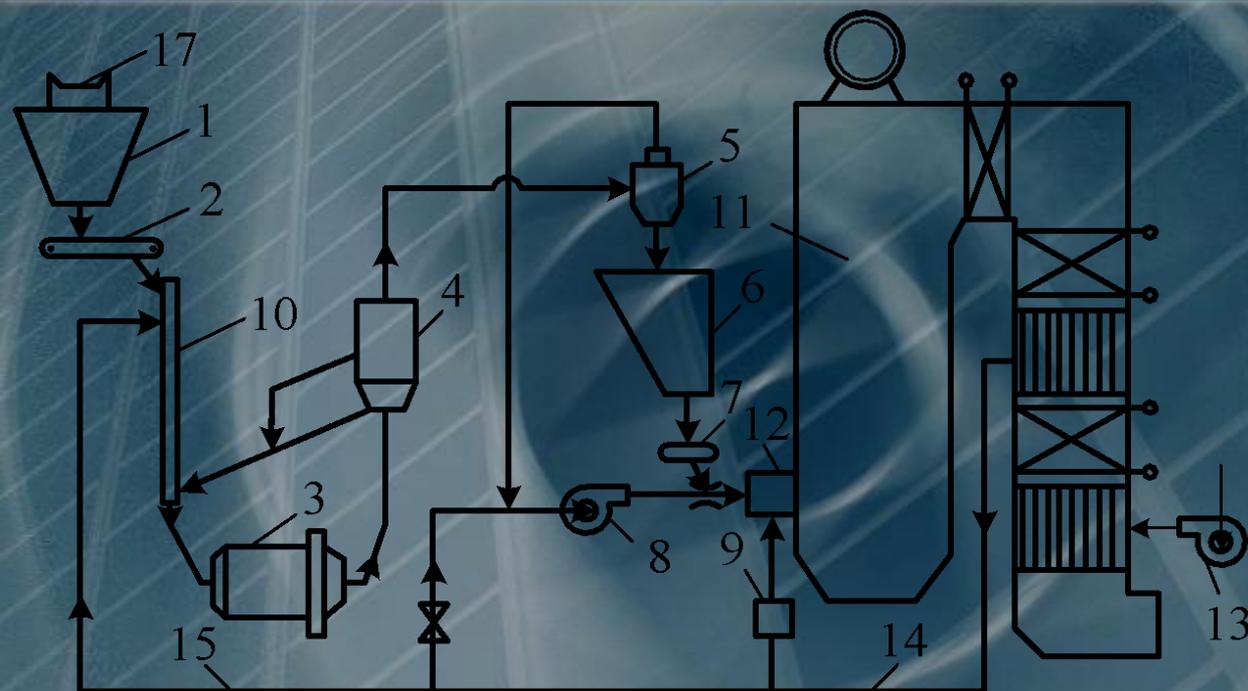
# СХЕМЫ ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЯ

Тип мельницы	n, об/мин	B, т/ч	$\text{Э}_p$ , кВт*ч/т	Износ, г/т <sub>топл</sub>	Принцип размола	Обозначение	Топливо
Тихоходная	16÷23	4÷50	15÷40	<400	удар, истирание	Ш-4, ШБМ, Ш-16, Ш-25, Ш-50	каменные угли, включая антрациты, кроме высоковлажных
Среднеходная	50÷150	25	6÷10	40	раздавливание	МВС, МШС, МРС	сухие каменные угли с незначительным вкраплением очень твердых фракций
Быстроходная	500÷3000	35	8÷15	>400	удар, истирание	ММ, МВ	бурые и каменные угли средней и малой твердости при допустимом для сжигания грубом размоле топлива, торф, сланец

# СХЕМЫ ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЯ С ШБМ



# СХЕМЫ ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЯ С ШБМ



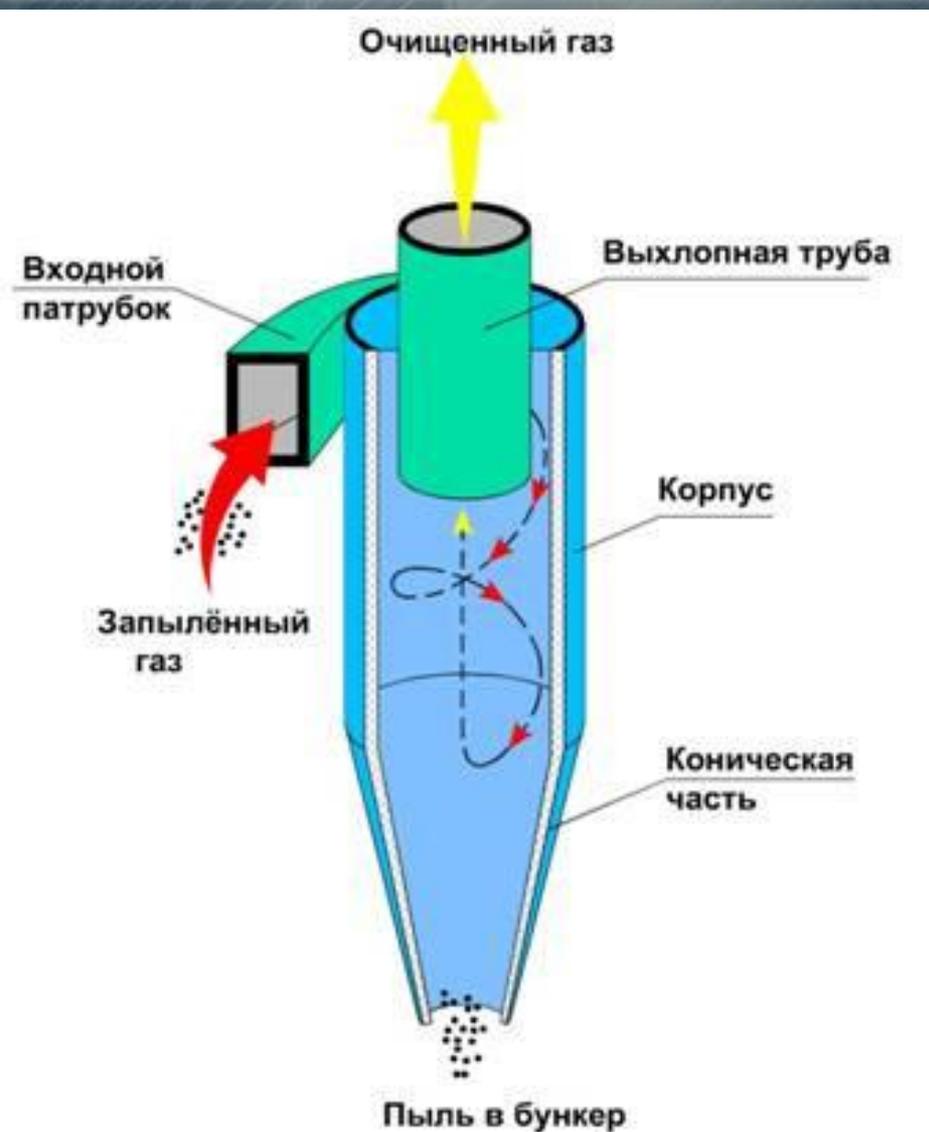
а)

## с шаровой барабанной мельницей

- 1 – бункер сырого топлива
- 2 – питатель сырого угля
- 3 – углеразмольная мельница
- 4 – сепаратор пыли
- 5 – циклон
- 6 – бункер пыли
- 7 – питатель пыли
- 8 – мельничный вентилятор
- 9 – короб-распределитель горячего воздуха
- 10 – шахта предварительной сушки
- 11 – паровой котел
- 12 – горелка котла
- 13 – дутьевой вентилятор

- 14 – тракт горячего воздуха
- 15 – тракт первичного горячего воздуха;
- 16 – отбор топочных газов на сушку топлива
- 17 – транспортер подачи сырого топлива со склада.

# СХЕМЫ ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЯ С ШБМ



сепаратор

# СХЕМЫ ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЯ С ШБМ

## Преимущества:

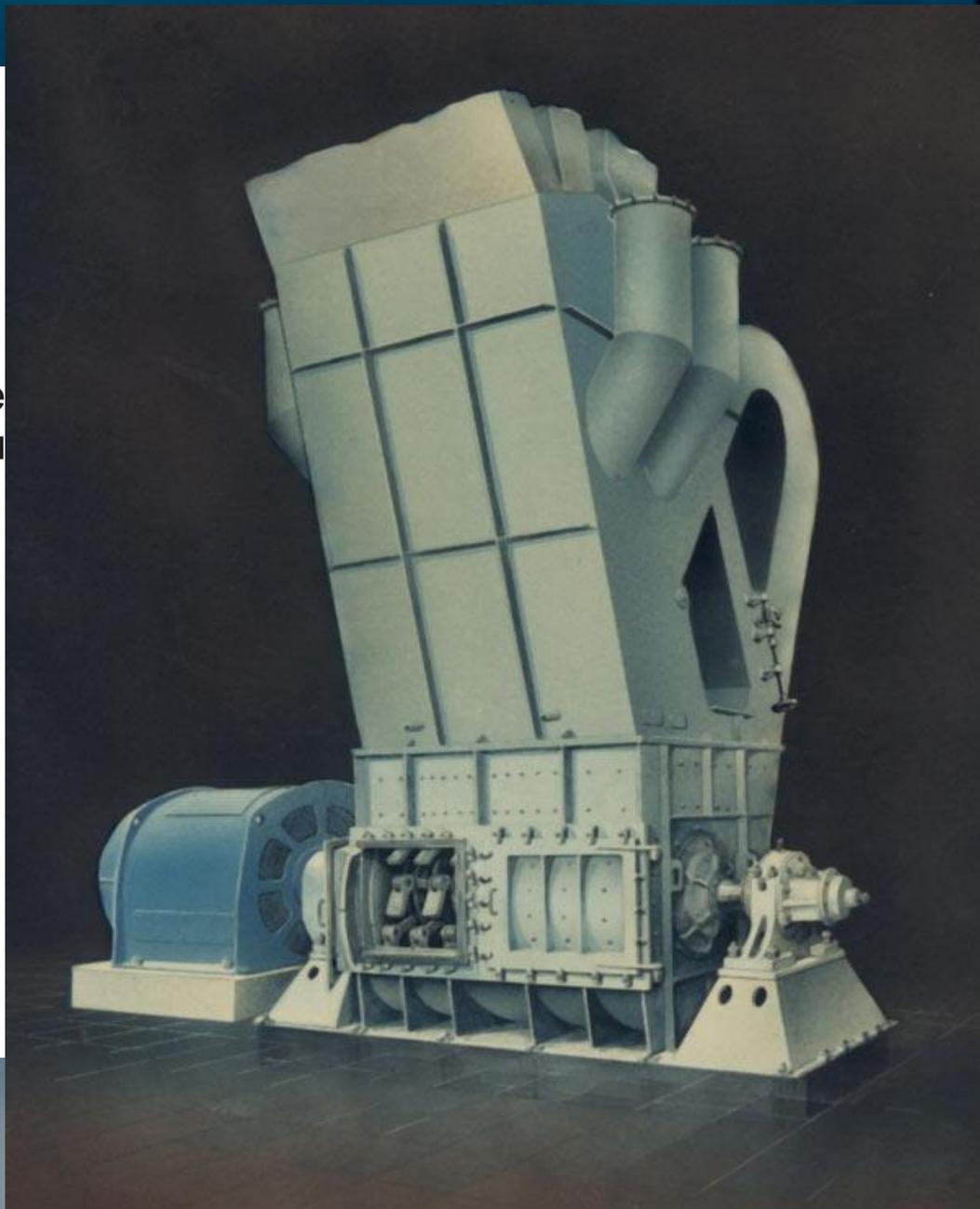
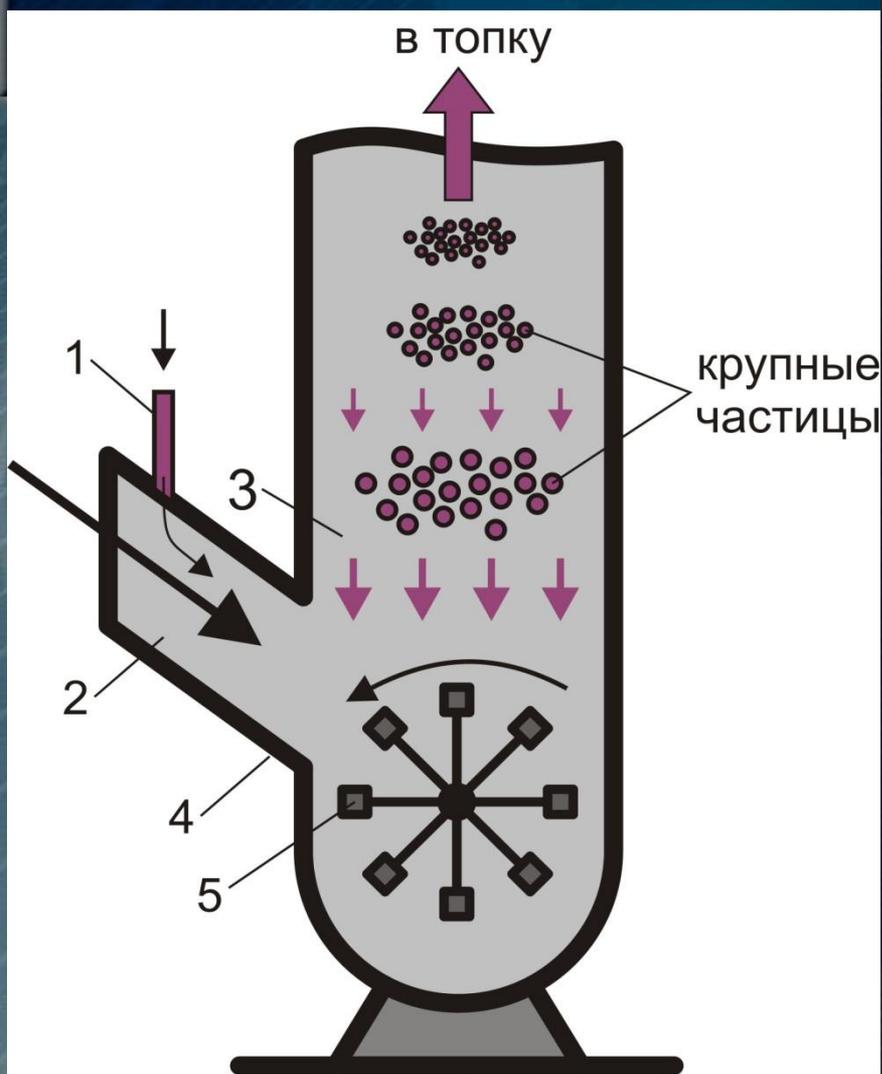
1. большая единичная производительность
2. надежность;
3. нечувствительность к попаданию металла
4. универсальность

## Недостатки:

1. относительно большой расход энергии на размол
2. большие затраты металла на износ мелющих органов

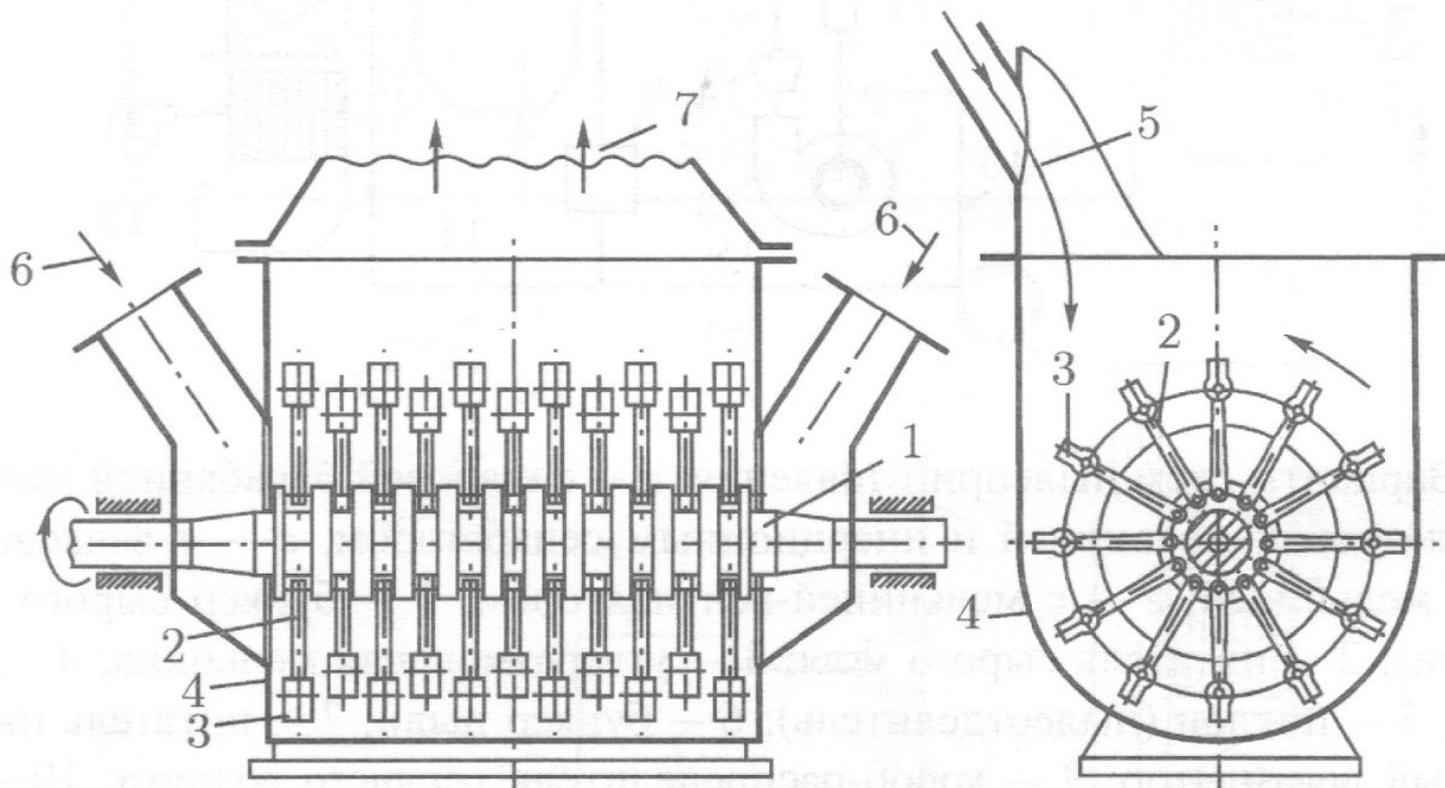
*не экономична при частичной загрузке топливом, должна иметь бункер пыли и работать постоянно с полной загрузкой*

# СХЕМЫ ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЯ С ММ



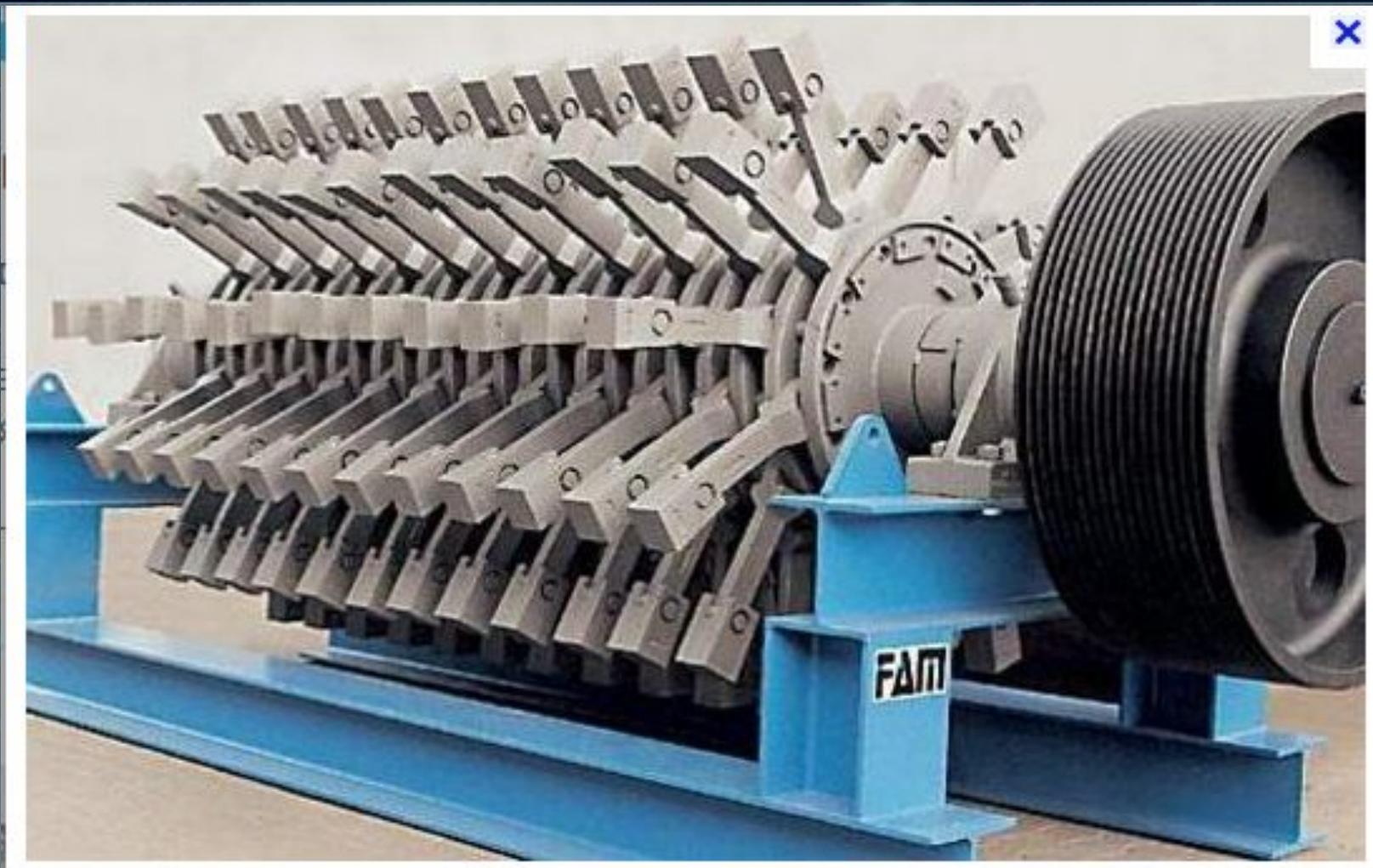
**бурые и каменные угли  
средней и малой твердости**

# СХЕМЫ ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЯ С ММ



1 – вал мельницы; 2 – билодержатели; 3 – била; 4 – корпус мельницы; 5 – подвод топлива; 6 – подвод горячего воздуха; 7 – выход пылевоздушной смеси

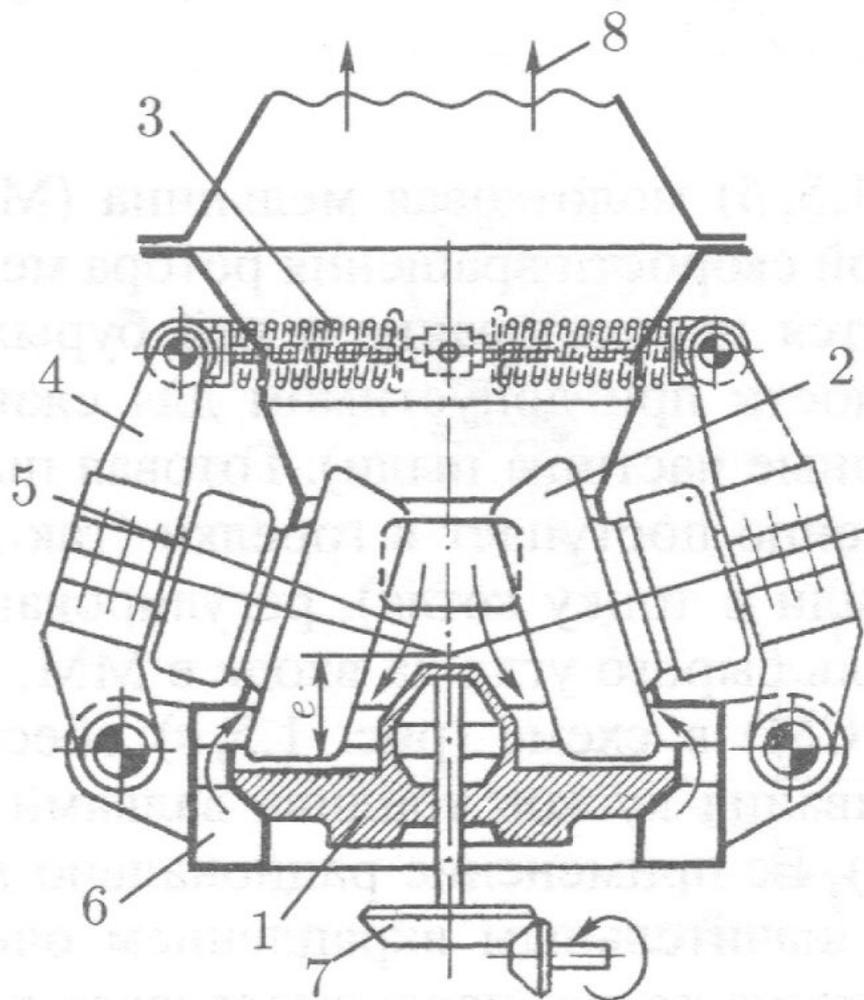
# СХЕМЫ ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЯ С ММ



$\tau_{\text{раб}} = 300 \div 1000$  ч – до 50% износа бил



# СХЕМЫ ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЯ С МВС



- 1 – вращающийся стол;
- 2 – конические валки;
- 3 – прижимные пружины;
- 4 – рычаги валков;
- 5 – окно подачи топлива;
- 6 – камера горячего воздуха;
- 7 – привод вращения стола;
- 8 – выход пылевоздушной смеси

# СХЕМЫ ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЯ С МВС

## Преимущества:

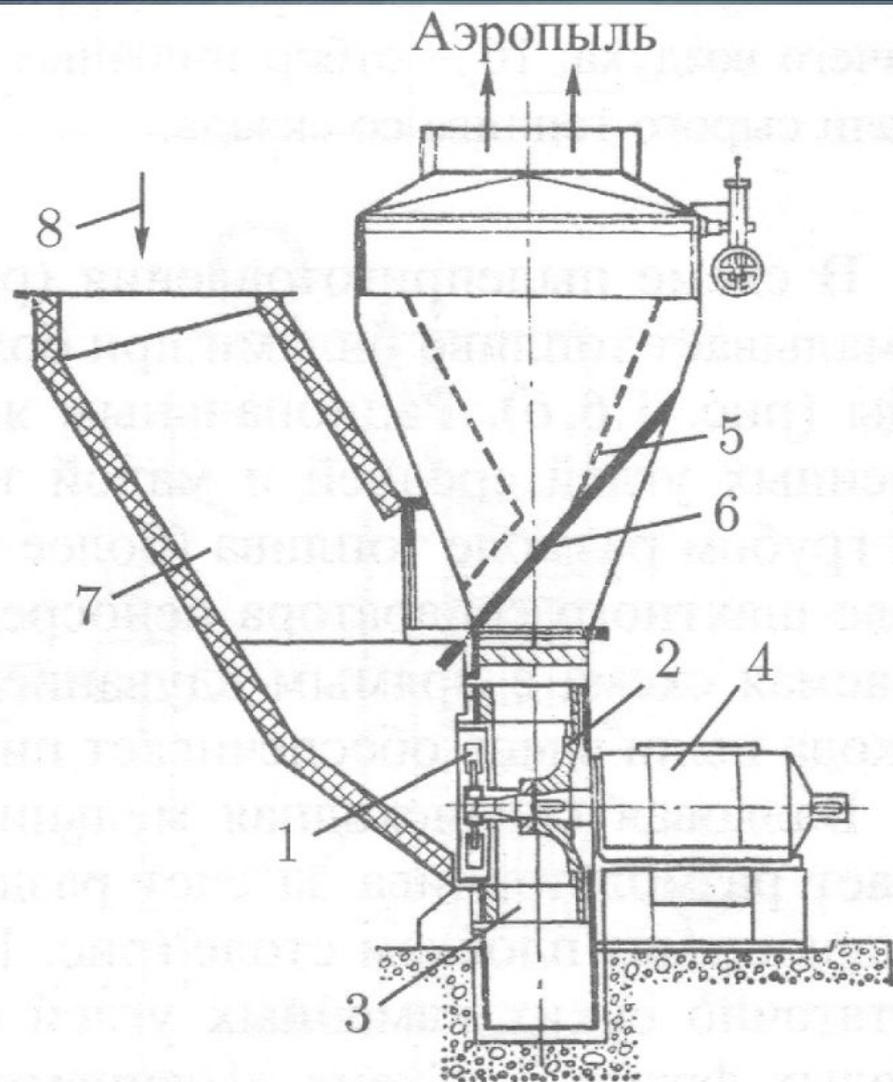
1. большой КПД
2. малый износ мелющих органов;
3. меньший расход энергии на холостой ход и, значит, минимальный расход энергии на размол

## Недостатки:

1. сложность конструкции
2. требует более квалифицированного обслуживания
3. чувствительность к попаданию металла



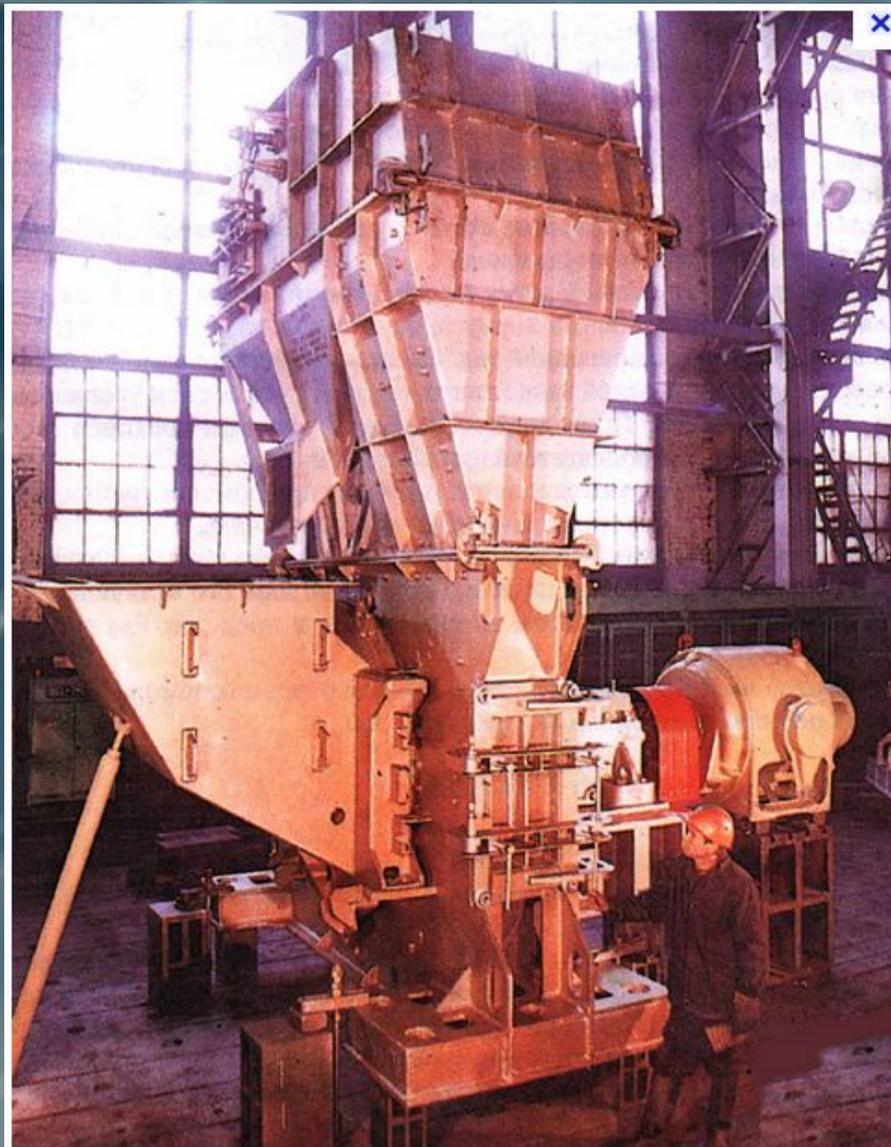
# СХЕМЫ ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЯ С М-В



- 1 – предвключенные била;
- 2 – ротор вентилятора;
- 3 – лопатки ротора;
- 4 – электродвигатель;
- 5 – сепаратор;
- 6 – лоток возврата грубых фракций;
- 7 – шахта для подачи топлива и горячего воздуха;
- 8 – выход пылевоздушной смеси

# СХЕМЫ ПЫЛЕПРИГОТОВЛЕНИЯ С М-В

**Мельница-вентилятор (МВ)** - вентилятор, лопасти которого выполняются из износостойких материалов и используется для размола сланцев





# УГОЛЬНАЯ ПЫЛЬ И ЕЁ ХАРАКТЕРИСТИКИ

# ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЫЛИ

1. Размолоспособность топлива
2. Тонкость размола пыли
3. Затраты энергии на размол топлива
4. Влажность пыли
5. Взрываемость пыли

# РАЗМОЛОСПОСОБНОСТЬ ТОПЛИВА

Характеризуется лабораторным относительным коэффициентом размолоспособности  $K_{л.о}$

Значение  $K_{л.о}$  определяется по результатам размола одинаковой начальной порции дробленого топлива в лабораторной мельнице строго определенное время путем сравнения тонкости полученной пыли с тонкостью аналогичной пыли эталонного очень твердого при размоле топлива

# РАЗМОЛОСПОСОБНОСТЬ ТОПЛИВА

при  $K_{л.о} \leq 1.1$  - топливо с высокую твердость

при  $1.5 > K_{л.о} > 1.1$  - топливо средней твердости

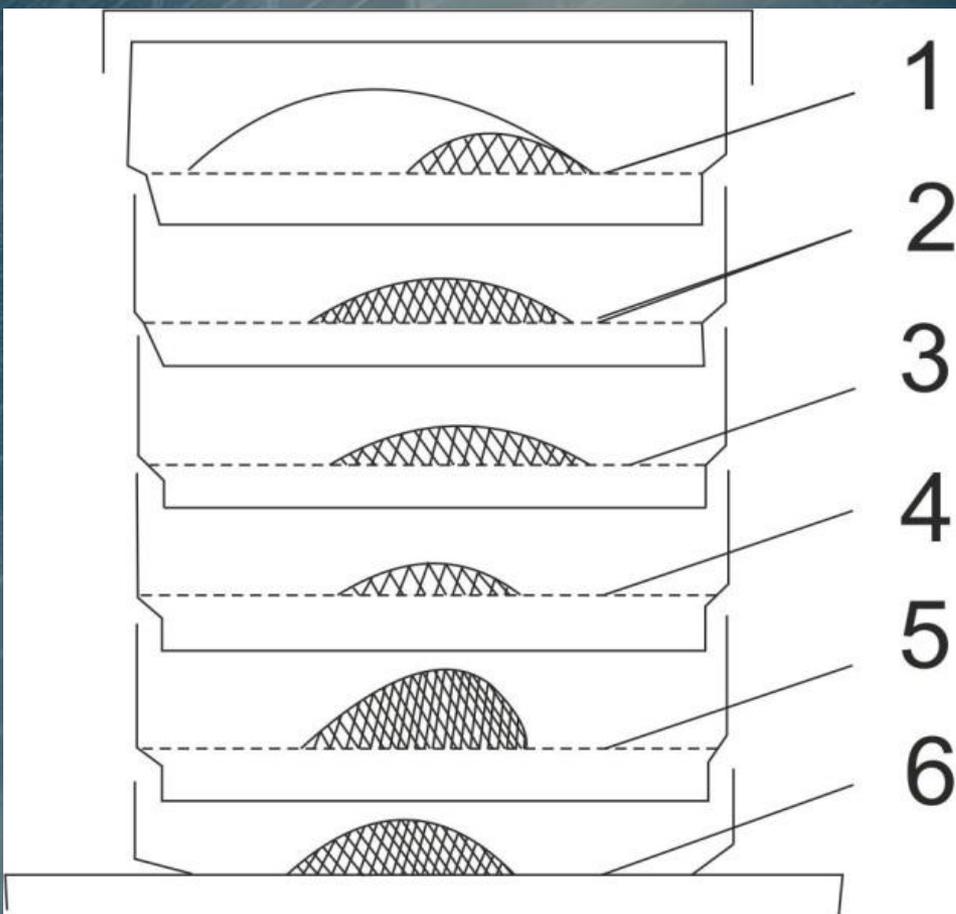
при  $K_{л.о} > 1.5$  - мягкое топливо (легко разрушается при ударе или раздавливании)

# ТОНКОСТЬ РАЗМОЛА ПЫЛИ

**Определяют по рассеву взятой порции полученного порошка на ситах**

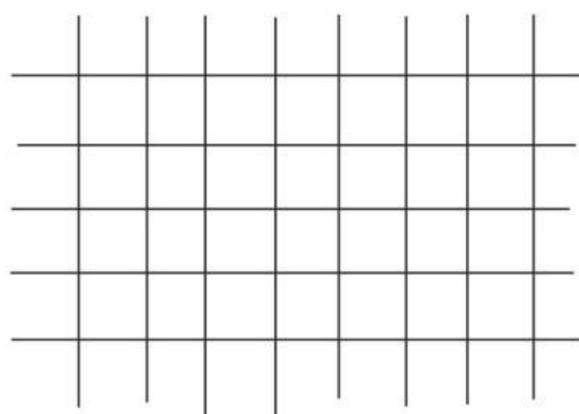
Отобранную порцию пыли просеивают через 4-5 сит с постепенно убывающим размером ячеек сита. Рассев производят на вибрационной машине. Сита нумеруют по размеру отверстия в свету  $x$  выраженному в микрометрах.

# ТОНКОСТЬ РАЗМОЛА ПЫЛИ



a)

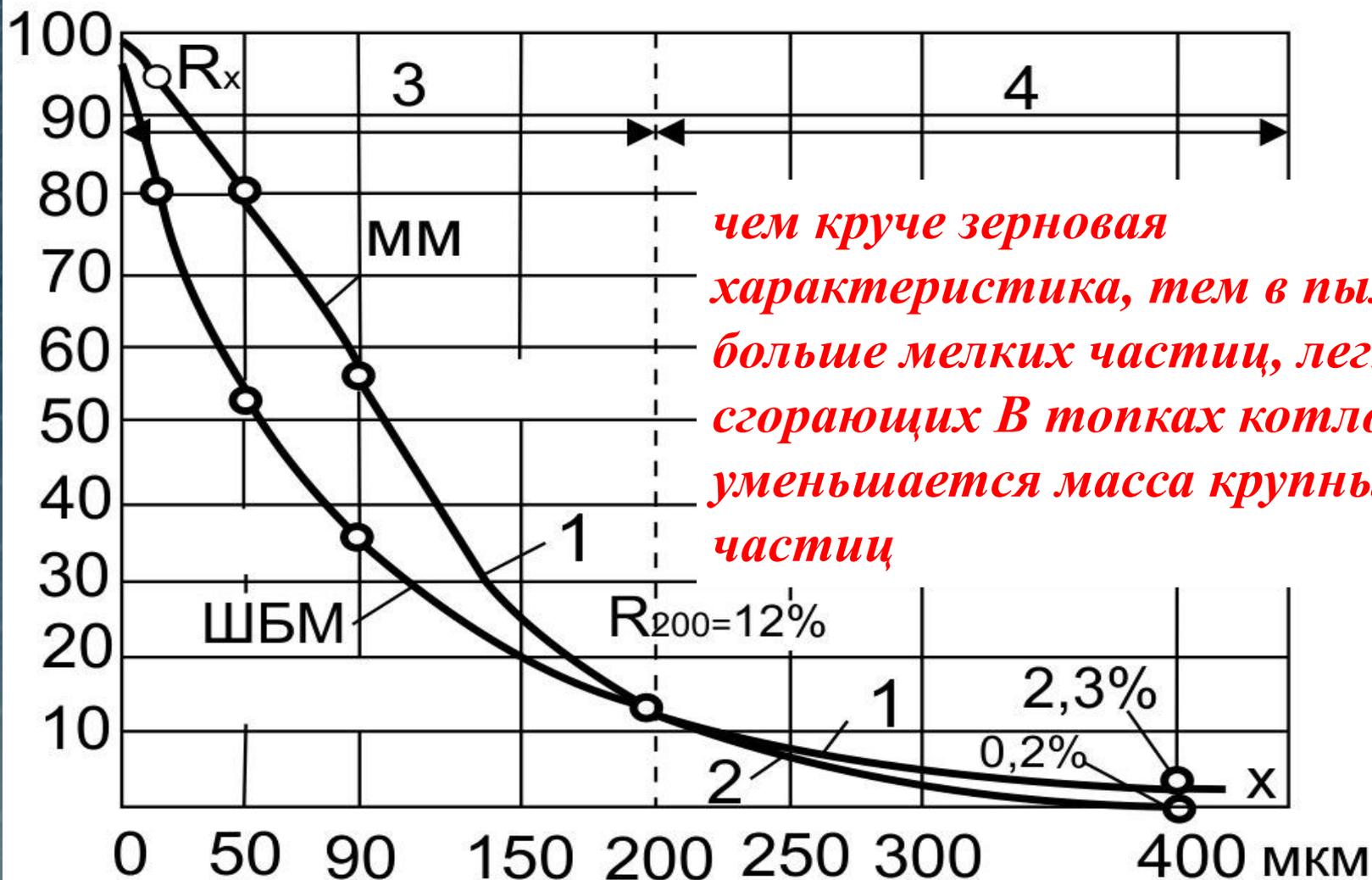
$$R_x = 100e^{-bx^n},$$



$x - 90 \text{ MKM}$

б)

# ТОНКОСТЬ РАЗМОЛА ПЫЛИ



*чем круче зерновая характеристика, тем в пыли больше мелких частиц, легко сгорающих в топках котлов, и уменьшается масса крупных частиц*

# ТОНКОСТЬ РАЗМОЛА ПЫЛИ

В эксплуатации для быстрой (оперативной) оценки качества угольной пыли пользуются обычно ситом 90 мкм, дающим четкое представление о характере пыли (тонкая или грубая), то есть интегральным остатком  $R_{90}$ . При известных для данной пылесистемы значений  $b$  и  $n$  по полученному  $R_{90}$  легко рассчитать полную зерновую характеристику, а также оценить качество пыли:

- при значениях  $R_{90} < 15\%$  пыль относится к тонкой,
- при  $R_{90} > 40\%$  является грубой,
- в диапазоне  $R_{90} = 15 \div 40\%$  пыль считается среднего состава.

$$R_x = 100e^{-bx^n},$$

# ВЗРЫВАЕМОСТЬ ПЫЛИ

*Взрыв в объеме, заполненном взвешенной в воздухе угольной пылью, будет тем интенсивнее, чем больше удельная поверхность пыли (чем мельче фракции) и чем выше выход летучих веществ*

**предохранительный клапан**

Ограничивается температура сушильного агента на выходе из мельницы:

-не выше 80-100 °С при наличии бункеров пыли

-до 130°С в пылесистемах с прямым вдуванием пыли в топку

# ПОДГОТОВКА К СЖИГАНИЮ ЖИДКОГО И ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА

# ПОДГОТОВКА К СЖИГАНИЮ МАЗУТА

Мазут на ТЭС может использоваться в качестве *основного*, *резервного* и *растопочного* топлива.

Мазутное  
хозяйство

хранение в мазутных баках

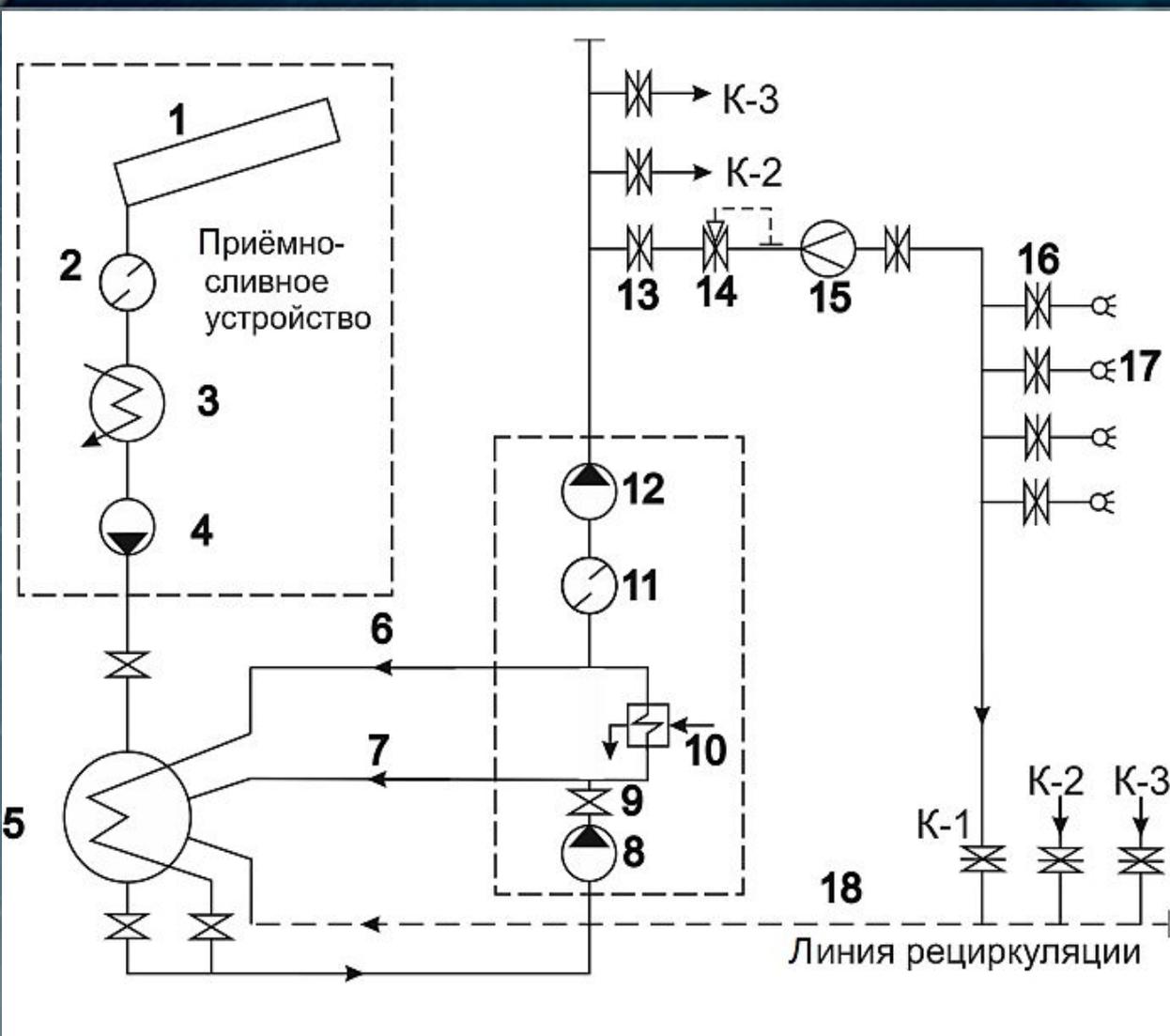


подготовка



главный корпус  
к паровым котлам  
в распыленном состоянии

# ПОДГОТОВКА К СЖИГАНИЮ МАЗУТА



- 1 – сливное устройство
- 2 – фильтр грубой очистки
- 3 – приемный резервуар с подогревом
- 4 – погруженные перекачивающие насосы
- 5 – основные баки хранения мазута
- 6, 7 и 18 – линии рециркуляции мазута
- 8 – мазутный насос 1-го подъема
- 9 – обратный клапан
- 10 – паровой мазутный подогреватель
- 11 – фильтр тонкой очистки
- 12 – мазутный насос 2-го подъема
- 13 – запорная задвижка;
- 14 – регулятор расхода
- 15 – расходомер
- 16 – задвижки перед форсункой; 17 – форсунки

# ПОДГОТОВКА К СЖИГАНИЮ ГАЗА

В большинстве случаев на ТЭС, использующих газовое топливо

Преимущества:

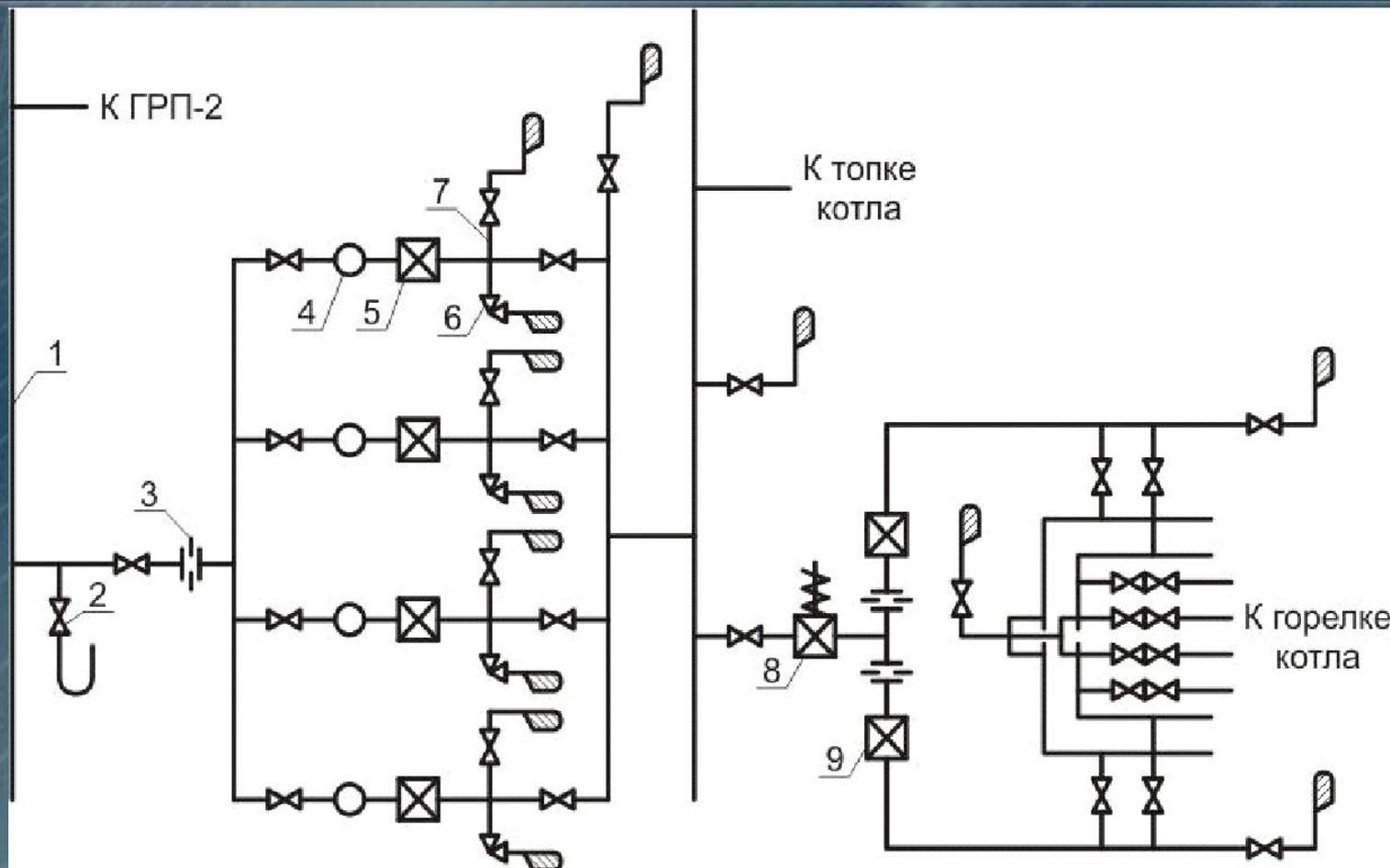
- высокая удельная теплота сгорания
- удобство транспортировки на большие расстояния
- устойчивое и полное горение
- минимальное загрязнение окружающей среды токсичными компонентами продуктов сгорания.

# ПОДГОТОВКА К СЖИГАНИЮ ГАЗА

Природный газ транспортируется по газопроводам. В зависимости от величины давления, под которым перекачивается газ, различают газопроводы:

1. **высокого** (0,3 – 1,2 МПа);
2. **среднего** (0,005 – 0,3 МПа)
3. **низкого** (< 0,005 МПа) давлений

# ПОДГОТОВКА К СЖИГАНИЮ ГАЗА



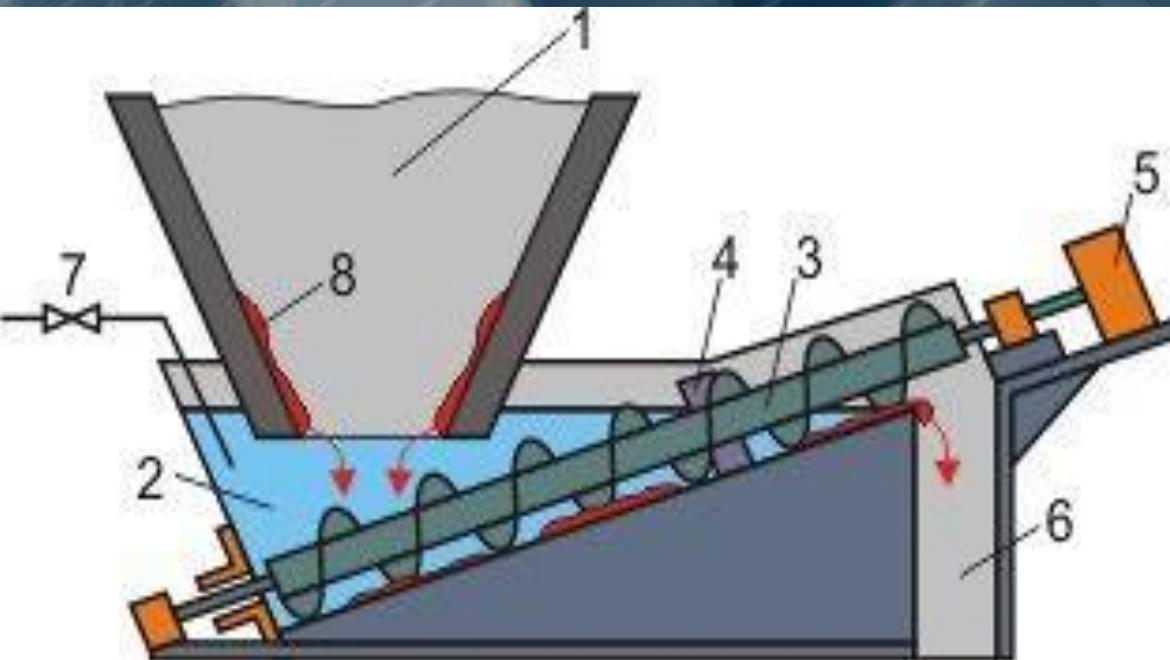
1 – магистраль газа от ГРС; 2 – конденсатоотвод; 3 – расходомер; 4 – фильтр; 5 – регулятор давления; 6 – предохранительный клапан; 7 – свеча для продувки газопровода; 8 – отсечной клапан; 9 – регулирующий клапан

# ШЛАКОУДАЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

# ШЛАКОУДАЛЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Предназначение:

1. обеспечивают непрерывное удаление шлака, его охлаждение и частичное дробление
2. выполняют роль гидравлического затвора



- 1 – воронка топочной камеры;
- 2 – шлаковая ванна;
- 3 – шнек;
- 4 – кольцо для дробления шлака;
- 5 – привод шнека;
- 6 – канал отвода шлака в систему гидрошлакоудаления;
- 7 – линия подачи воды;
- 8 – шлак в нижней части топочной камеры

# ГАЗОВОЗДУШНЫЙ ТРАКТ КОТЛА

# ГАЗОВОЗДУШНЫЙ ТРАКТ КОТЛА

единая система воздушных коробов и газоходов, обеспечивающая подачу воздуха через воздухоподогреватель и горелки в топку, движение образующихся продуктов сгорания (газов) по газоходам котла и удаление охлажденных газов в дымовую трубу.

# ГАЗОВОЗДУШНЫЙ ТРАКТ КОТЛА

## Способы организации тяги

Естественная тяга  
или самотяга

$$H_c = h_{\text{тр}} (\rho_v - \rho_g) g$$

для трубы  
высотой 100 м

$H_c = 350 - 400$  Па  
или 35–40 мм вод. ст.

котлы малой  
производительности

Уравновешенная  
тяга

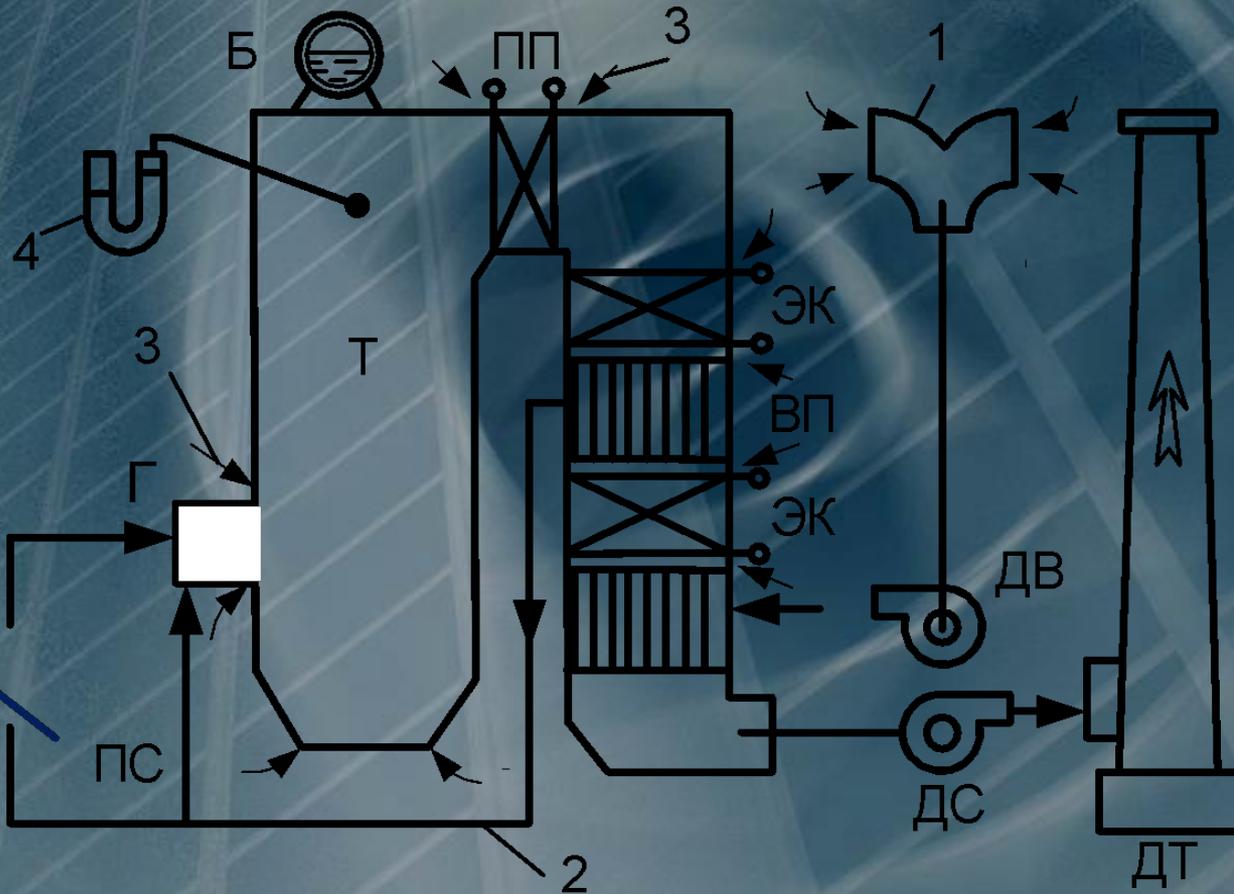
Сопротивление  
газового тракта котла,  
преодолевается  
дымососами,  
имеющими напор  
2,0–3,5 кПа

котлы большой производительности

Под наддувом

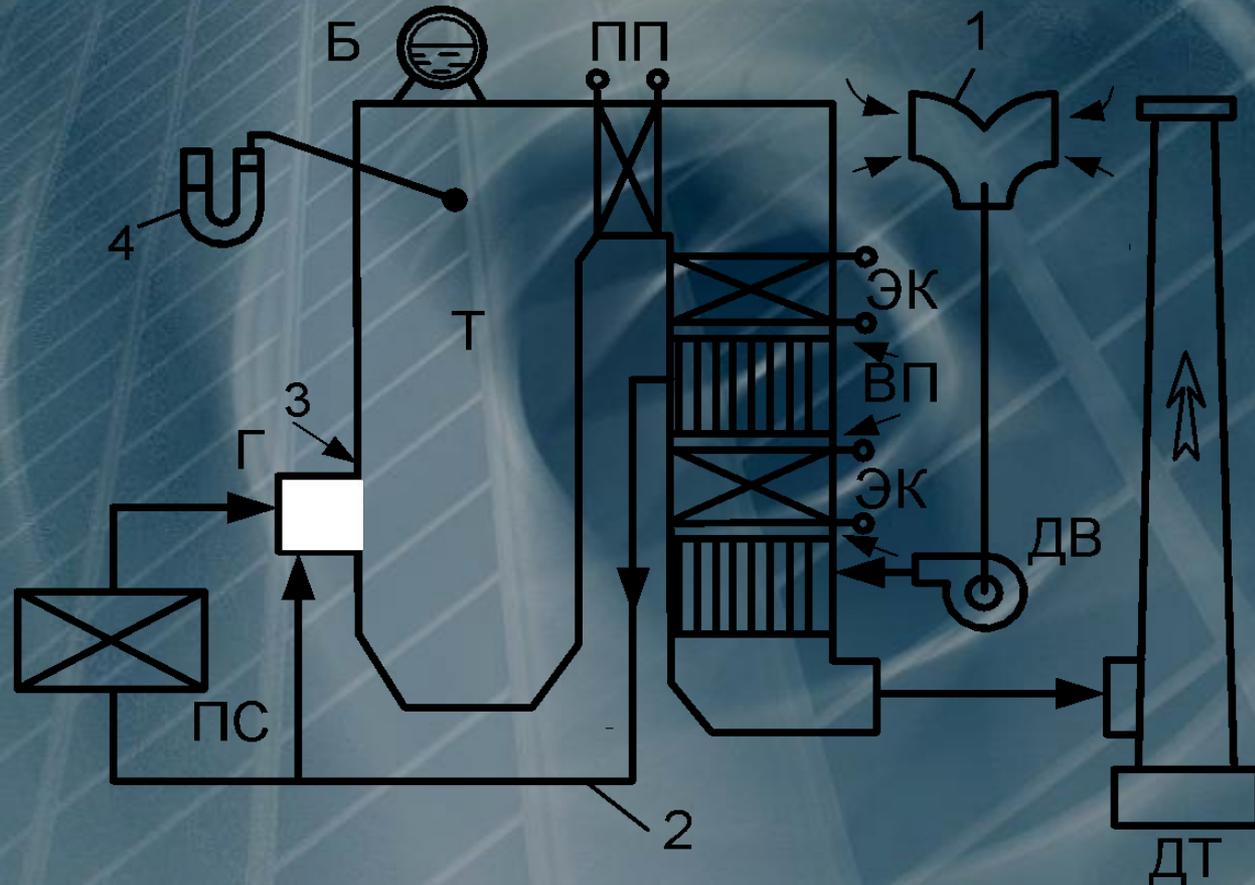
Транспорт воздуха  
до топки и  
продуктов сгорания  
до выхода в  
атмосферу  
обеспечивается  
высоконапорными  
дутьевыми  
вентиляторами

# ГАЗОВОЗДУШНЫЙ ТРАКТ КОТЛА



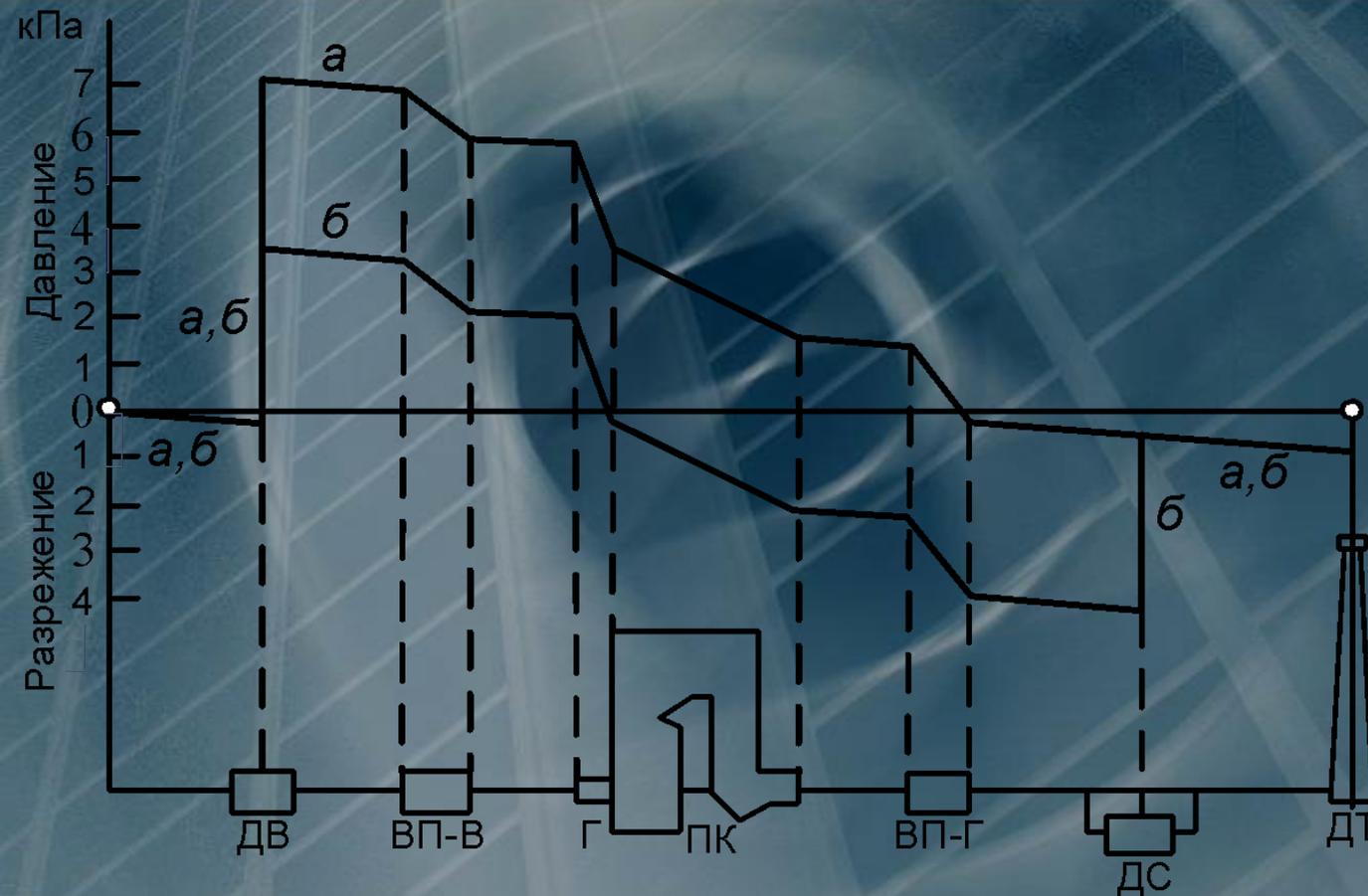
- 1 – воздухозаборник
- 2 – короб горячего воздуха
- 3 – присосы холодного воздуха
- 4 – система контроля разрежения на выходе из топки
- Б – барабан
- ПП – пароперегреватель
- ЭК – экономайзер
- ВП – воздухоподогреватель
- ДВ – дутьевой вентилятор
- ДС – дымосос
- ДТ – дымовая труба;
- ПС – система пылеприготовления
- Г – горелка
- Т – топочная камера

# ГАЗОВОЗДУШНЫЙ ТРАКТ КОТЛА



- 1 – воздухозаборник
- 2 – короб горячего воздуха
- Б – барабан
- ПП – пароперегреватель
- ЭК – экономайзер
- ВП – воздухоподогреватель
- ДВ – дутьевой вентилятор
- ДТ – дымовая труба
- ПС – система пылеприготовления
- Г – горелка
- Т – топочная камера

# ГАЗОВОЗДУШНЫЙ ТРАКТ КОТЛА



ДВ – дутьевой вентилятор  
ВП-В – воздухоподогреватель (воздушная сторона)  
Г – горелка  
ПК – паровой котел  
ВП-Г – воздухоподогреватель (газовая сторона)  
ДС – дымосос  
ДТ – дымовая труба

**Сопоставление распределения давления в газоздушном тракте котельной установки, работающей с уравновешенной тягой (а) и под наддувом (б)**

# ГАЗОВОЗДУШНЫЙ ТРАКТ КОТЛА

## Недостатки котлов «под наддувом»:

- чтобы исключить проникновение в котельное отделение токсичных газов, необходимо обеспечить полную газоплотность всех стен газоходов котла, что достигается переходом на новую технологию производства настенных экранов и заметно увеличивает стоимость котла
- за счет термических напряжений со временем происходит разгерметизация тракта, исключение которой требует больших постоянных затрат

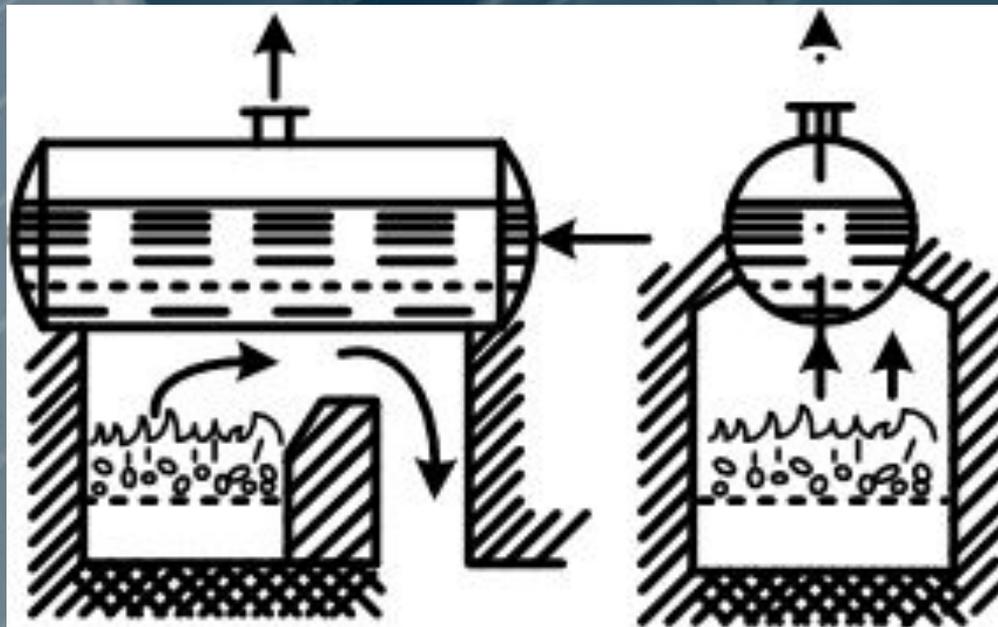
## Преимущества котлов «под наддувом»:

- исключает присосы воздуха и уменьшает объем удаляемых из котла газов
- напор, который создает высоконапорный дутьевой вентилятор, меньше, чем сумма напоров дутьевого вентилятора и дымососа в уравновешенной схеме. Это приводит к экономии энергии на привод тягодутьевых машин.



# СЛОЕВЫЕ ТОПКИ

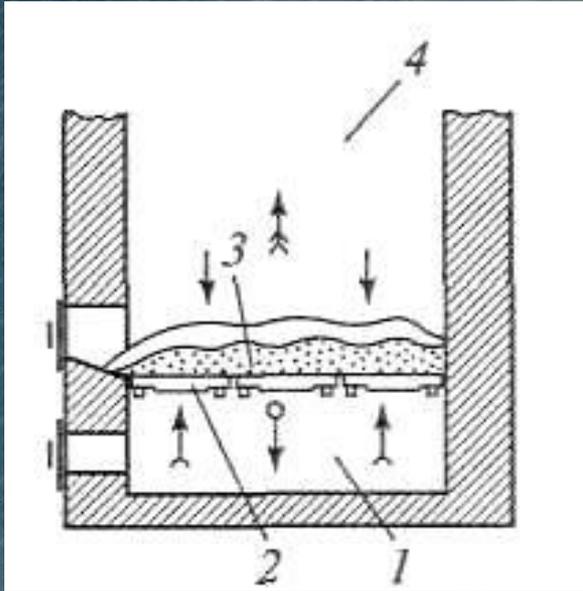
В малом топочном объеме нельзя успешно организовать факельное сжигание, поэтому при сжигании твердого топлива в паровых котлах малой производительности (до 10 т/ч при сжигании бурых и каменных углей и до 20 т/ч при сжигании антрацитов) применяют слоевой способ сжигания



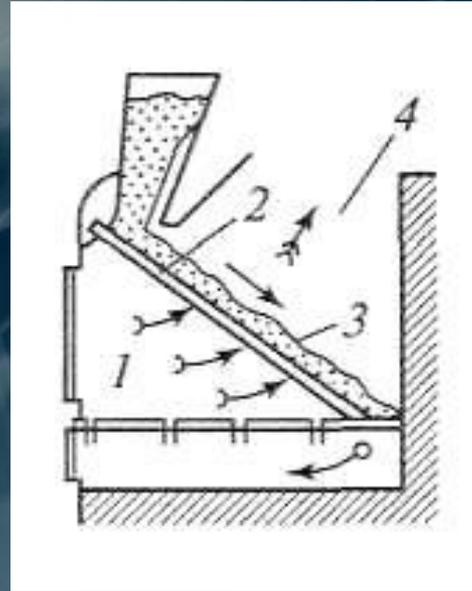
# СЛОВЕВЫЕ ТОПКИ С ПЛОТНЫМ ФИЛЬТРАЦИОННЫМ СЛОЕМ



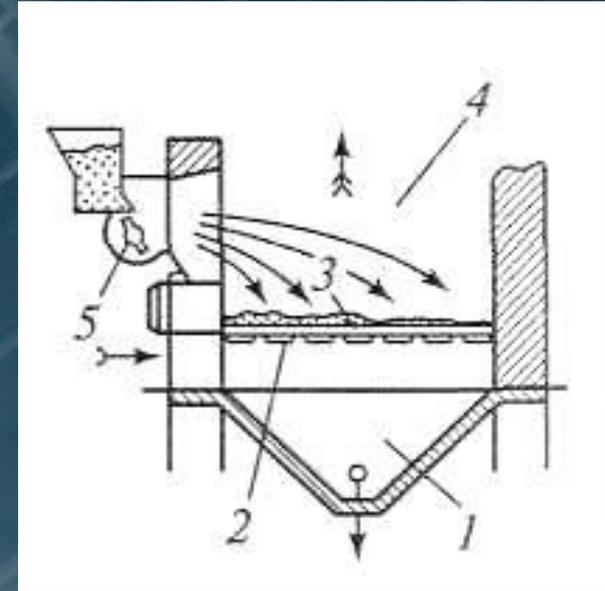
# СЛОВЕВЫЕ ТОПКИ С ПЛОТНЫМ ФИЛЬТРАЦИОННЫМ СЛОЕМ



с ручной горизонтальной колосниковой решеткой



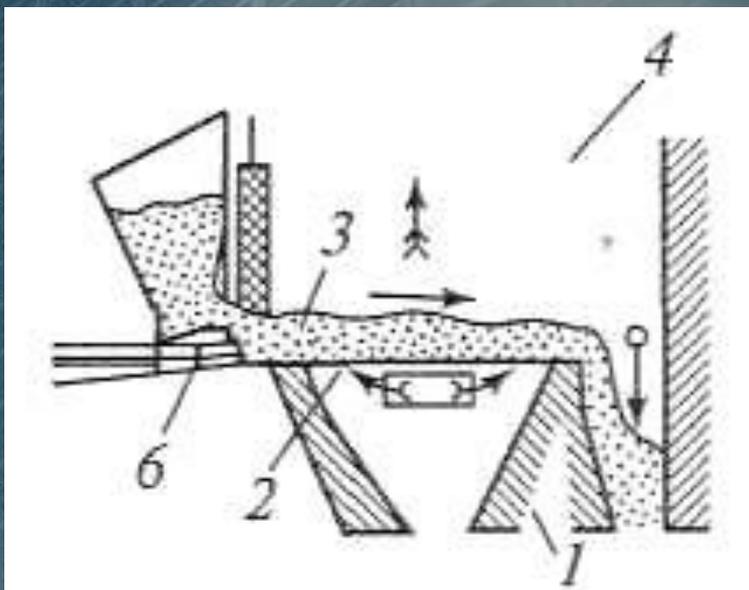
с наклонной решеткой



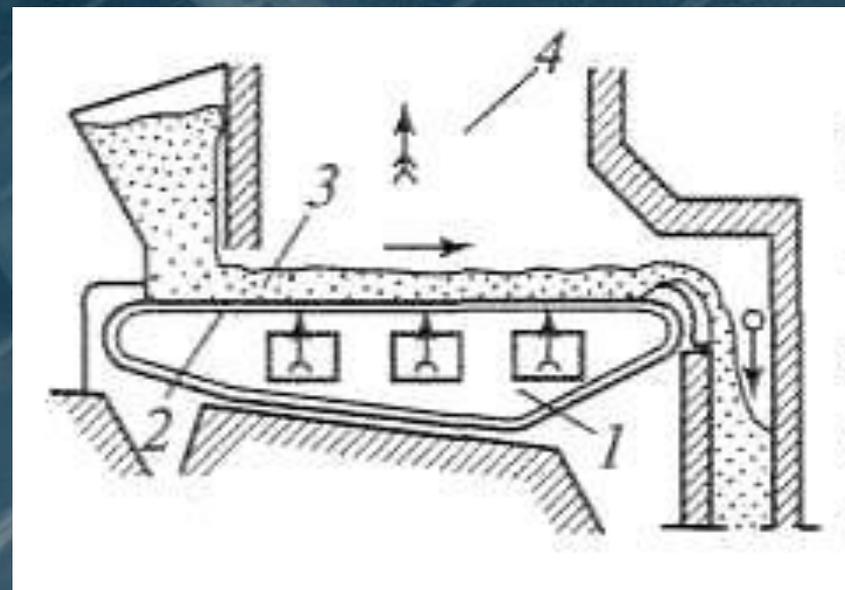
с забрасывателем топлива на решетке

1 – зольник, 2 – колосниковая решетка, 3 – слой топлива, 4 – топочная камера, 5 – забрасыватель топлива, 6 - планка

# СЛОВЕВЫЕ ТОПКИ С ПЛОТНЫМ ФИЛЬТРАЦИОННЫМ СЛОЕМ



с шурующей планкой



с цепной механической  
решеткой

1 – зольник, 2 – колосниковая решетка, 3 – слой топлива, 4 – топочная камера, 5 – забрасыватель топлива, 6 - планка

# СЛОВЕВЫЕ ТОПКИ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ

Применяются при:

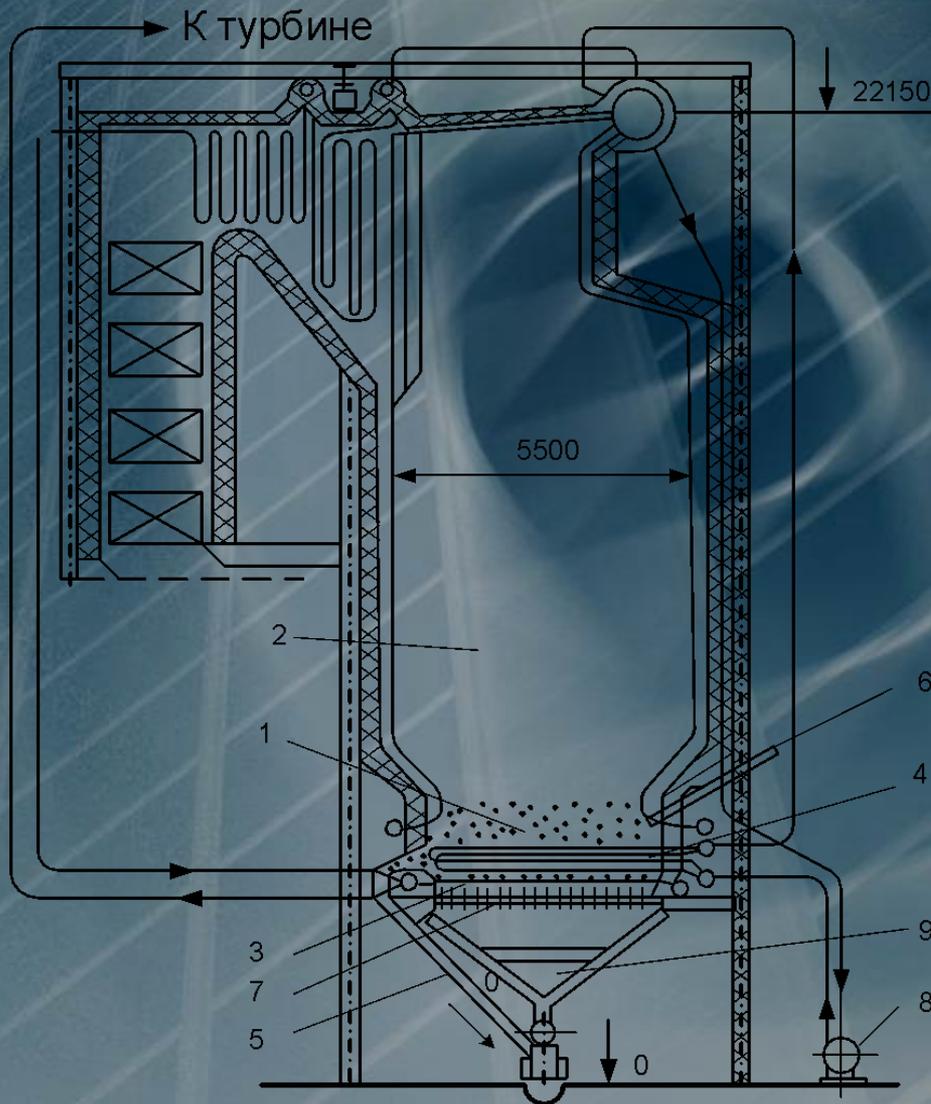
- 1. плохом качестве угля** (зольность и влажность выше 50–60% массы угля)
- 2. невозможность факельного сжигания** (срыв пламени, шлакование экранов, затруднения с понижением нагрузки)
- 3. низкая температура горения** исключает шлакование стен топки (температура начала шлакования обычно больше 950°C), резко снижает возможность образования оксидов азота.

*Важным преимуществом топок с кипящим слоем является их экологическая безопасность. Выбросы окислов азота (NOx) сокращаются на 70-80%, а окислов серы на 50%*

# СЛОВЕВЫЕ ТОПКИ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ



# СЛОВЕВЫЕ ТОПКИ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ



- 1 – разбавленный слой топлива;
- 2 – объем камерной топки;
- 3, 4 – змеевиковая пароперегревательная и испарительная поверхности теплообмена;
- 5 – отвод золы из плотного слоя;
- 6 – подача топлива в слой;
- 7 – решетка кипящего слоя;
- 8 – насос принудительной циркуляции;
- 9 – короб подогретого воздуха.

**Конструкция парового котла с низкотемпературным кипящим слоем**

# СЛОВЕВЫЕ ТОПКИ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ

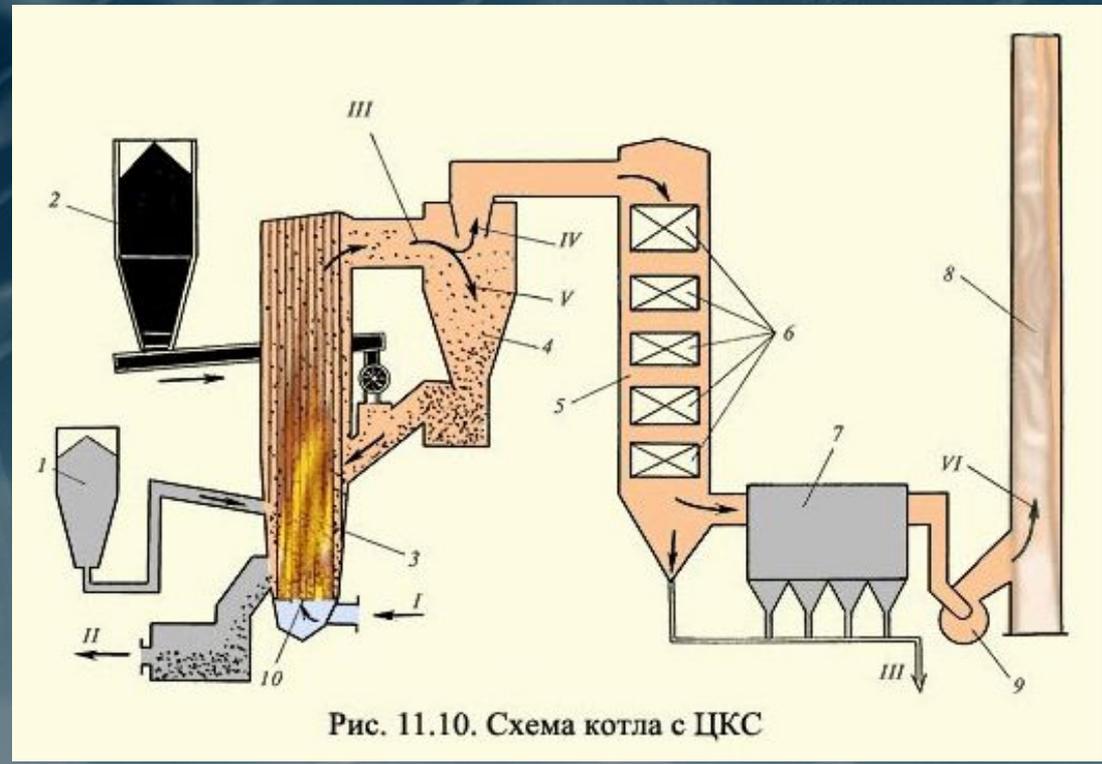
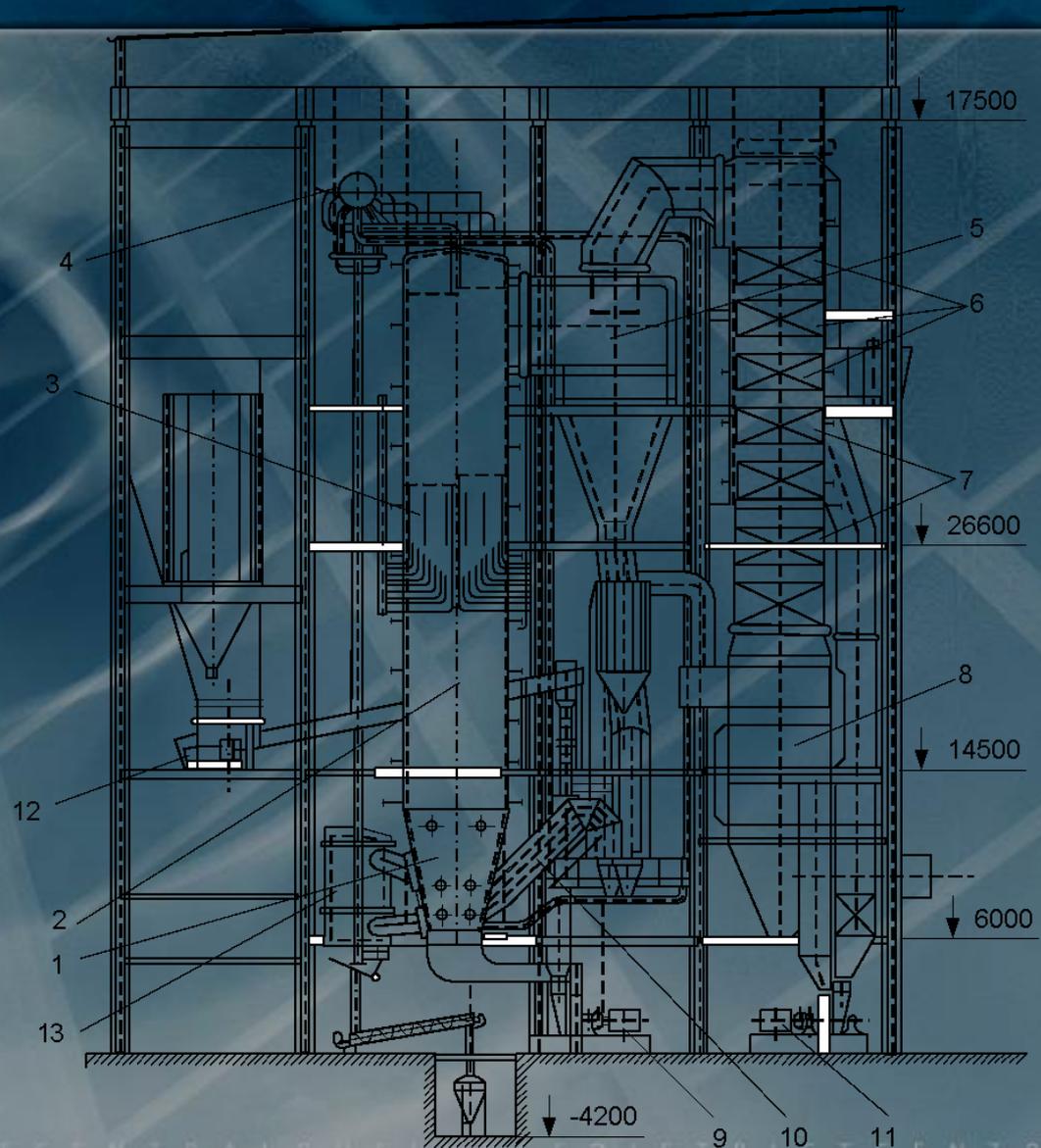


Рис. 11.10. Схема котла с ЦКС

Конструкция парового котла с ЦКС

# СЛОВЕВЫЕ ТОПКИ С КИПЯЩИМ СЛОЕМ

- 1 – зона взрыхленного топлива;
- 2 – призматическая часть топки;
- 3 – ширмовая поверхность в объеме топки;
- 4 – барабан;
- 5 – горячий циклон;
- 6 – конвективный пароперегреватель;
- 7 – пакеты экономайзера;
- 8 – воздухоподогреватель;
- 9 – высоконапорный вентилятор;
- 10 – возврат золы в топку;
- 11 – дымосос рециркуляции газов;
- 12 – подача свежего топлива в зону горения;
- 13 – дозатор известковой пульпы.



Конструкция парового котла с ЦКС