

**ИНЖЕНЕРНАЯ  
ШКОЛА  
ЭНЕРГЕТИКИ**



**Разработчик: В.В. Шестакова**

# **Современные технологии выработки электрической энергии на тепловых ЭСТ**

**Преподаватель: Шестакова Вера Васильевна**

**ауд. 162, корпус 8**

**Почта: [shestakova@tpu.ru](mailto:shestakova@tpu.ru)**

**В лекции использованы кадры**

**из видео**

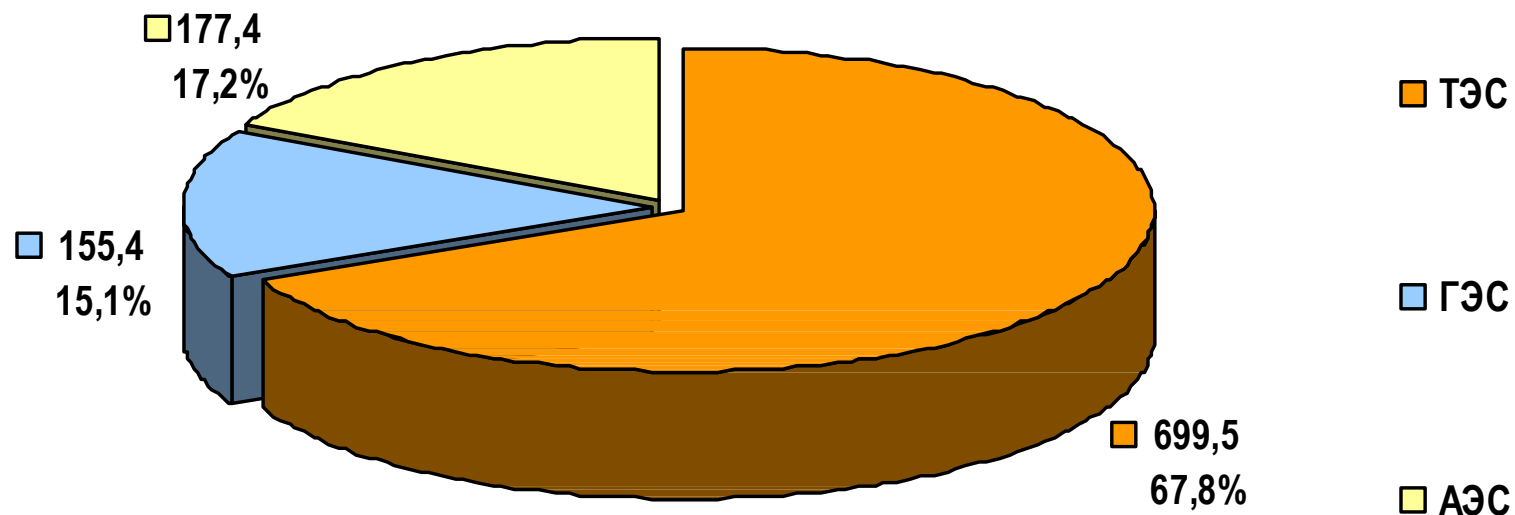
**«How does Thermal Power Plant  
Work?»**

**[www.LearnEngineering.org](http://www.LearnEngineering.org)**



# Структура выработки электроэнергии в Единой энергосистеме России

1. ТЭС – тепловые электростанции: 67,8%
2. ГЭС – гидроэлектростанции: 15,1%
3. АЭС – атомные электростанции: 17,2%



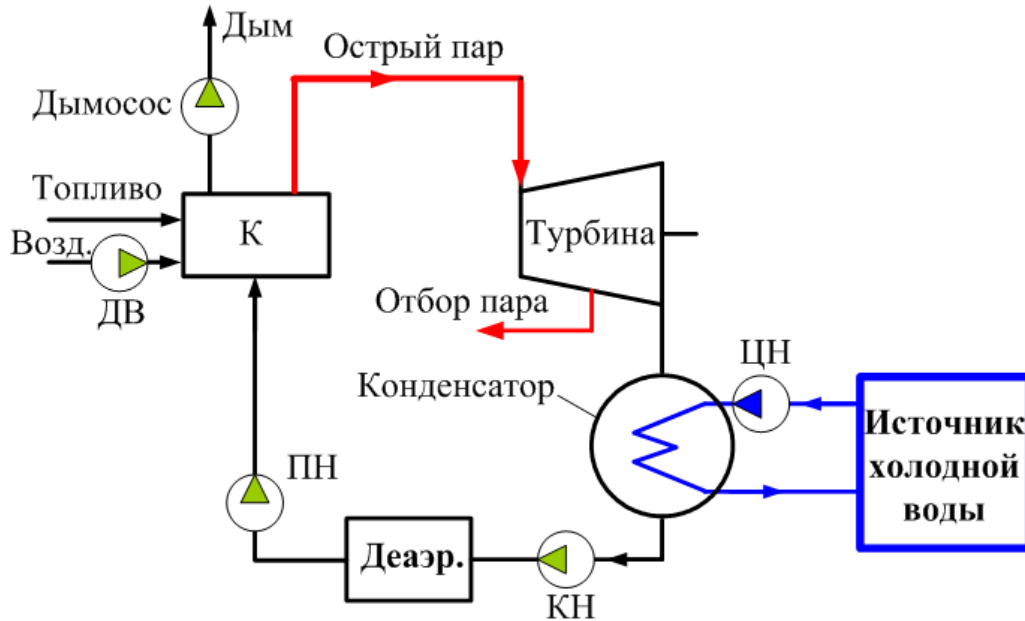
## ТЭС и экология

- При выработке 24000 кВт·ч
- энергии в атмосферу в течение суток выбрасывается
- 380 кг двуокиси серы,
- 60 кг окиси азота, 1
- 2 кг золы,
- 1,4 кг окиси углерода.
- Итого **253,4 кг** вредных химических соединений.

$$\eta_{\text{ТЭС}} = 35-45\%$$



# Принципиальная технологическая схема ТЭС (упрощенная)



## Принятые обозначения:

К - котел

ДВ – дутьевой вентилятор,

ЦН – циркуляционный насос,

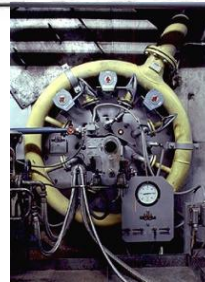
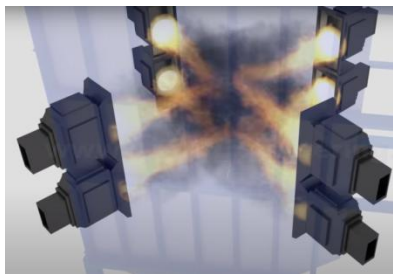
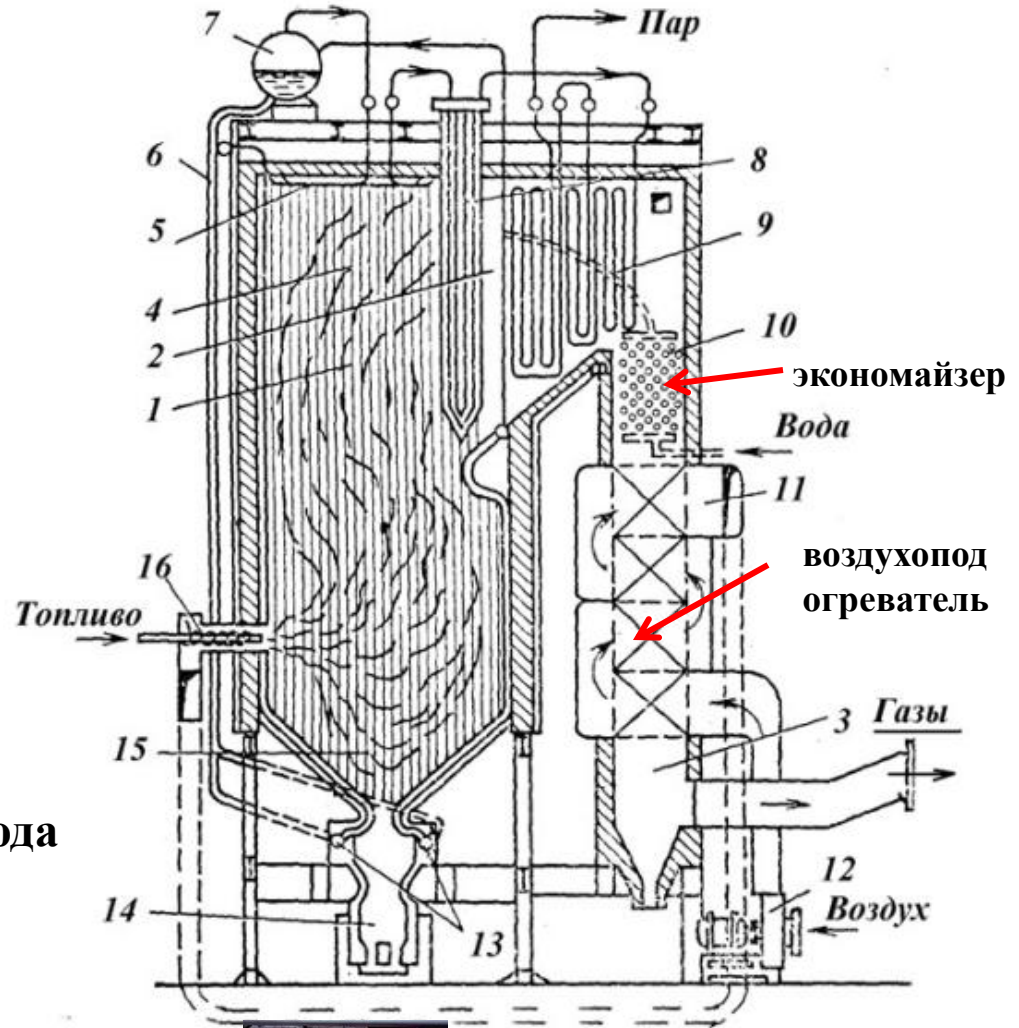
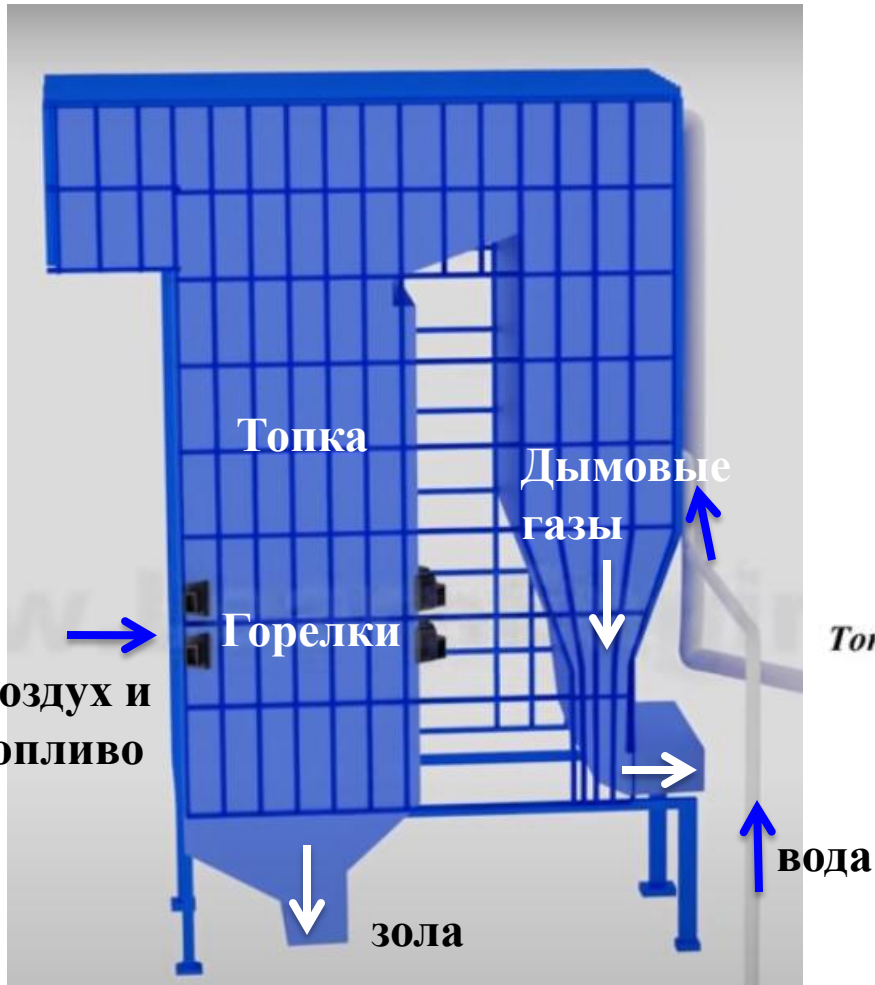
КН – конденсатный насос,

ПН – питательный насос

Деаэратор

1. В котел К подаются топливо, воздух и вода.
2. Из котла выходят дымовые газы и острый пар с температурой до  $550^{\circ}\text{C}$  и давлением до 30 МПа.
3. Пар вращает ротор турбины, тепловая энергия преобразуется в кинетическую энергию. Ротор турбины вращает ротор генератора.
4. На выходе из турбины пар охлаждается и превращается в воду в конденсаторе за счет внешнего источника холодной воды.
5. Конденсат очищается от примесей газов в деаэраторе, подогревается и снова подается в котел насосом ПН.

# Конструкция и принцип работы котла



# Топка котла

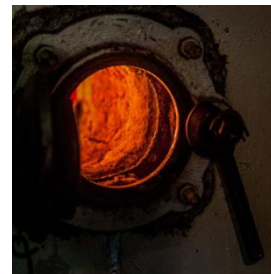


Вихревая горелка

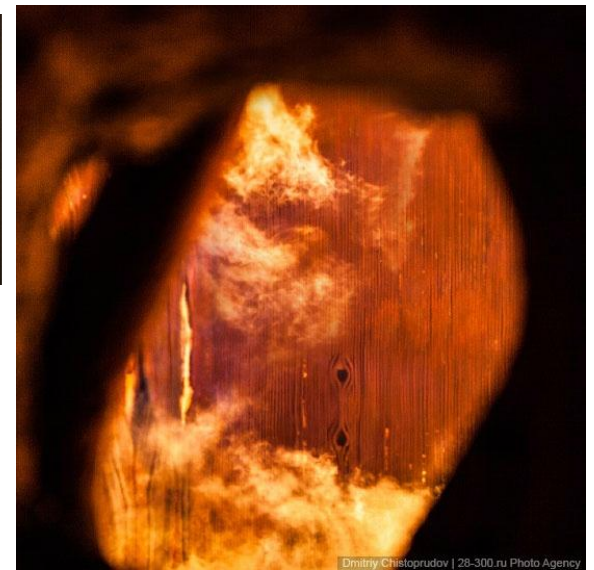


Макет котла

Топка котла с тремя ярусами горелок



Заглянем в топку ...



Лифт возле котла

# Как работает котел

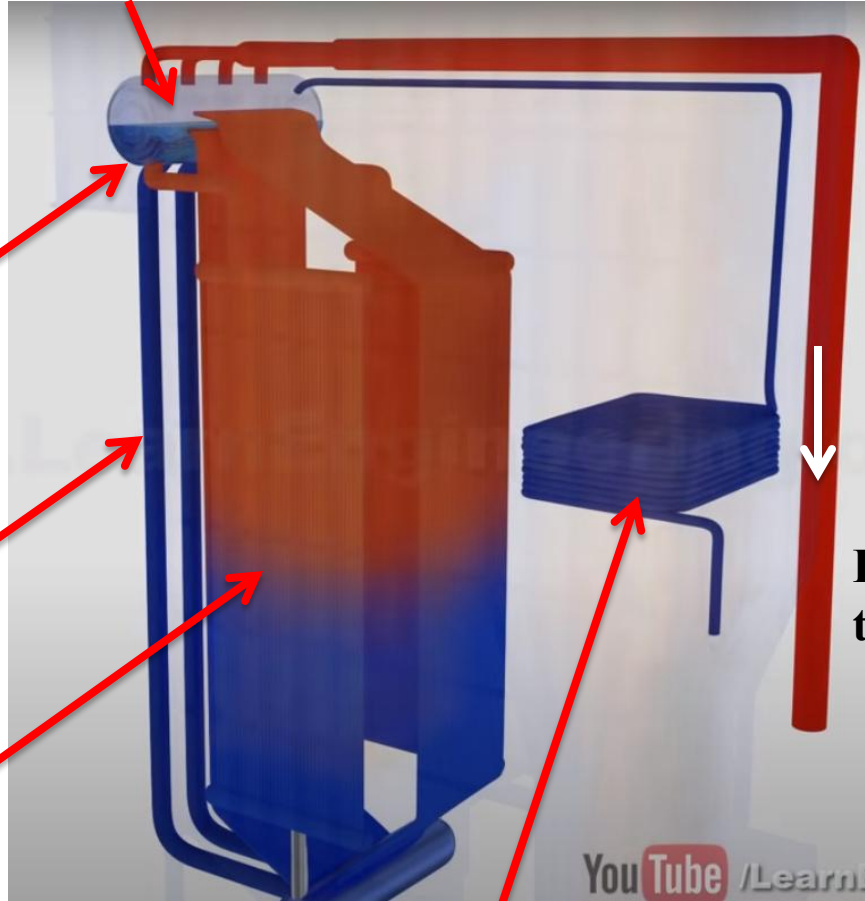
Пар  $t \approx 350^\circ \text{C}$



Барaban

Спускные трубы

Топочные экраны  
(трубки)

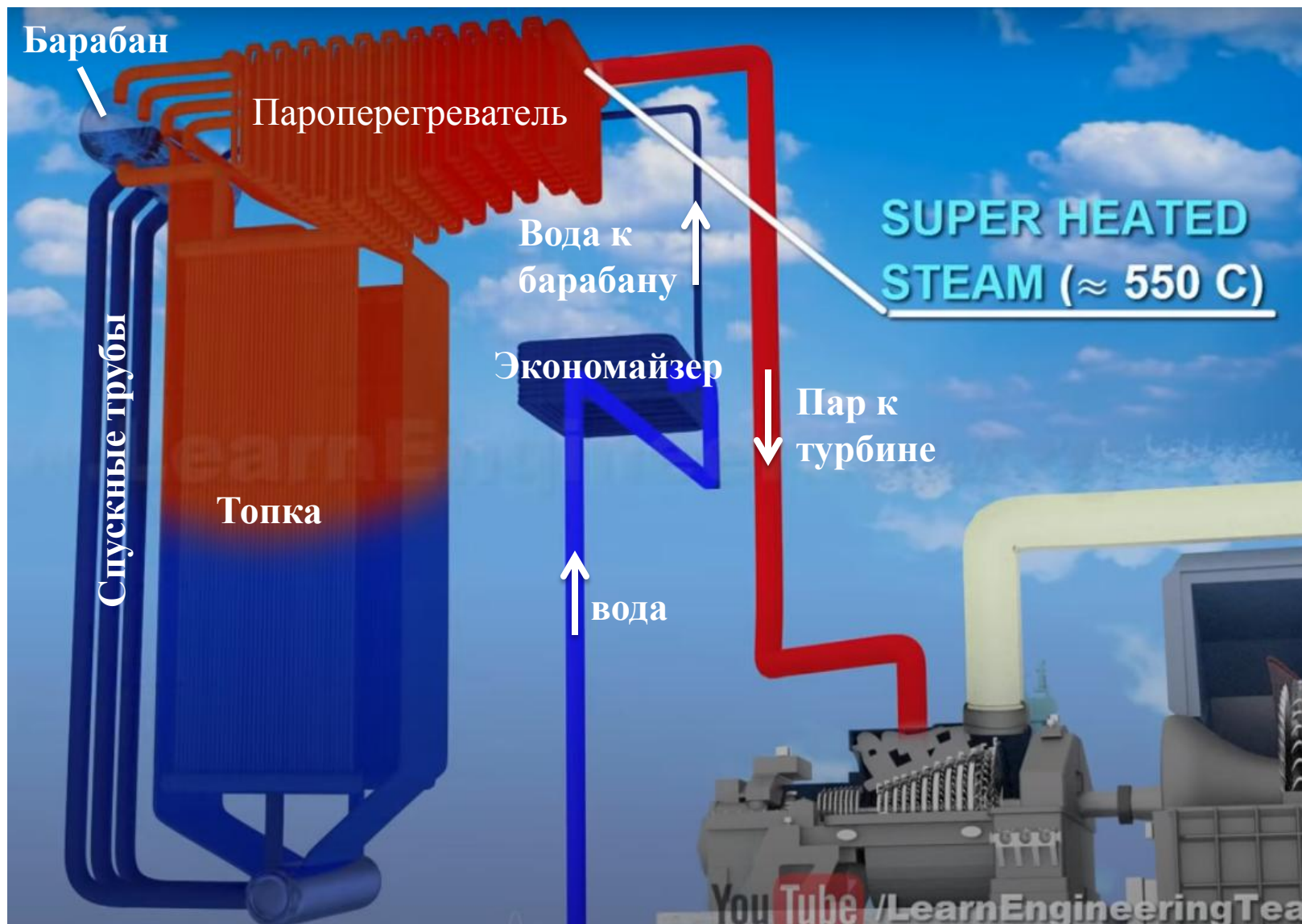


К турбине  
 $t \approx 350^\circ \text{C}$

Экономайзер для  
предварительного  
подогрева воды

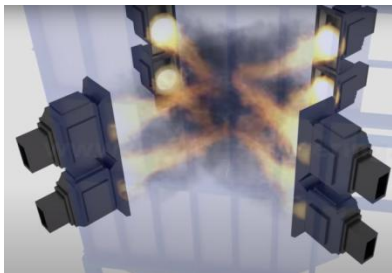
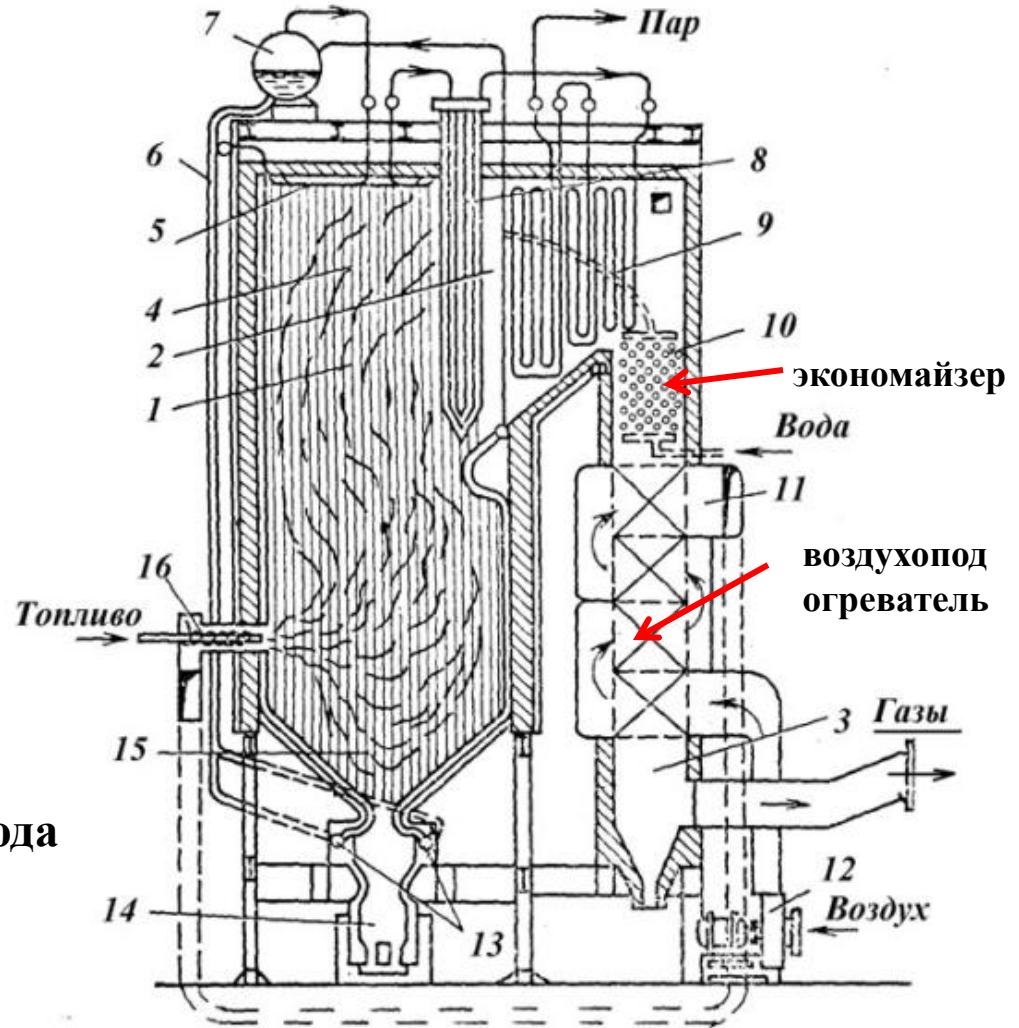
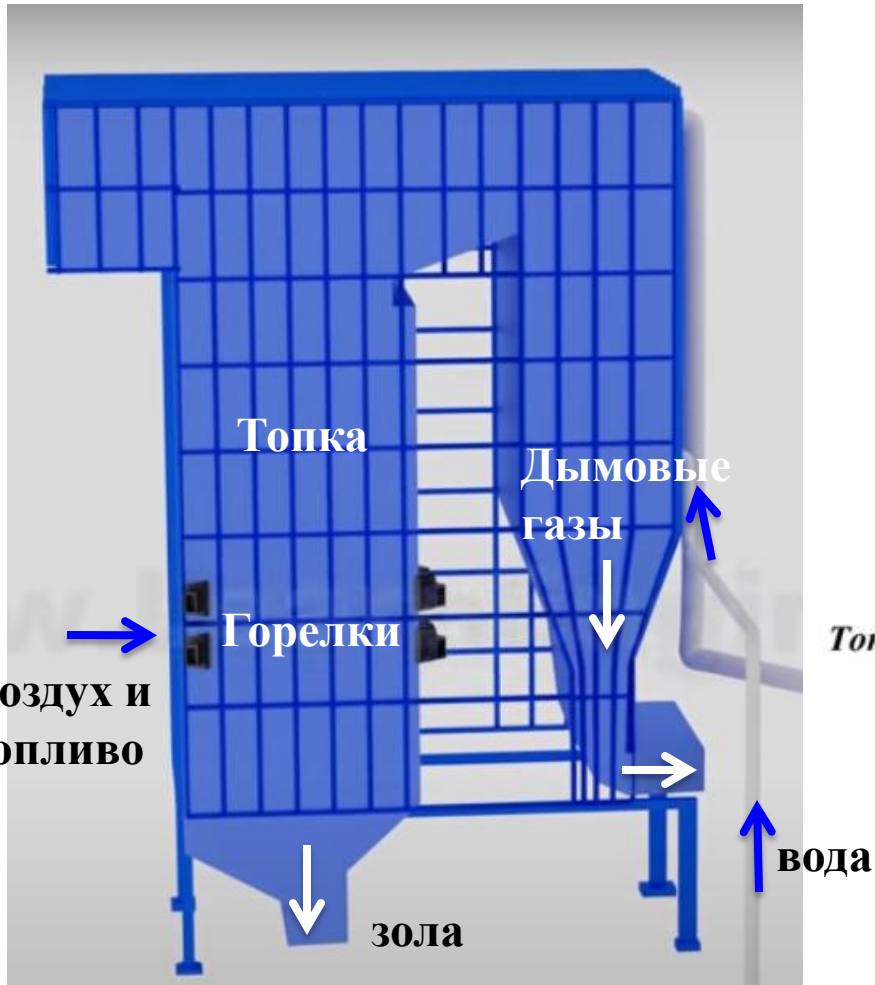


## Перегрев пара – первый способ повышения КПД тепловой машины (турбины) и станции в целом





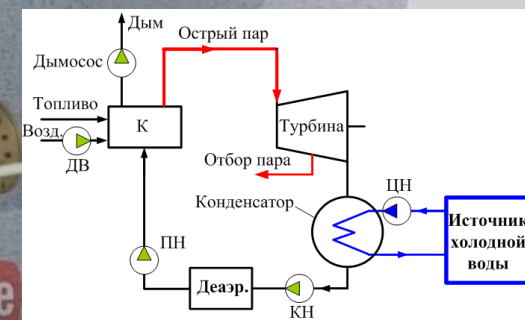
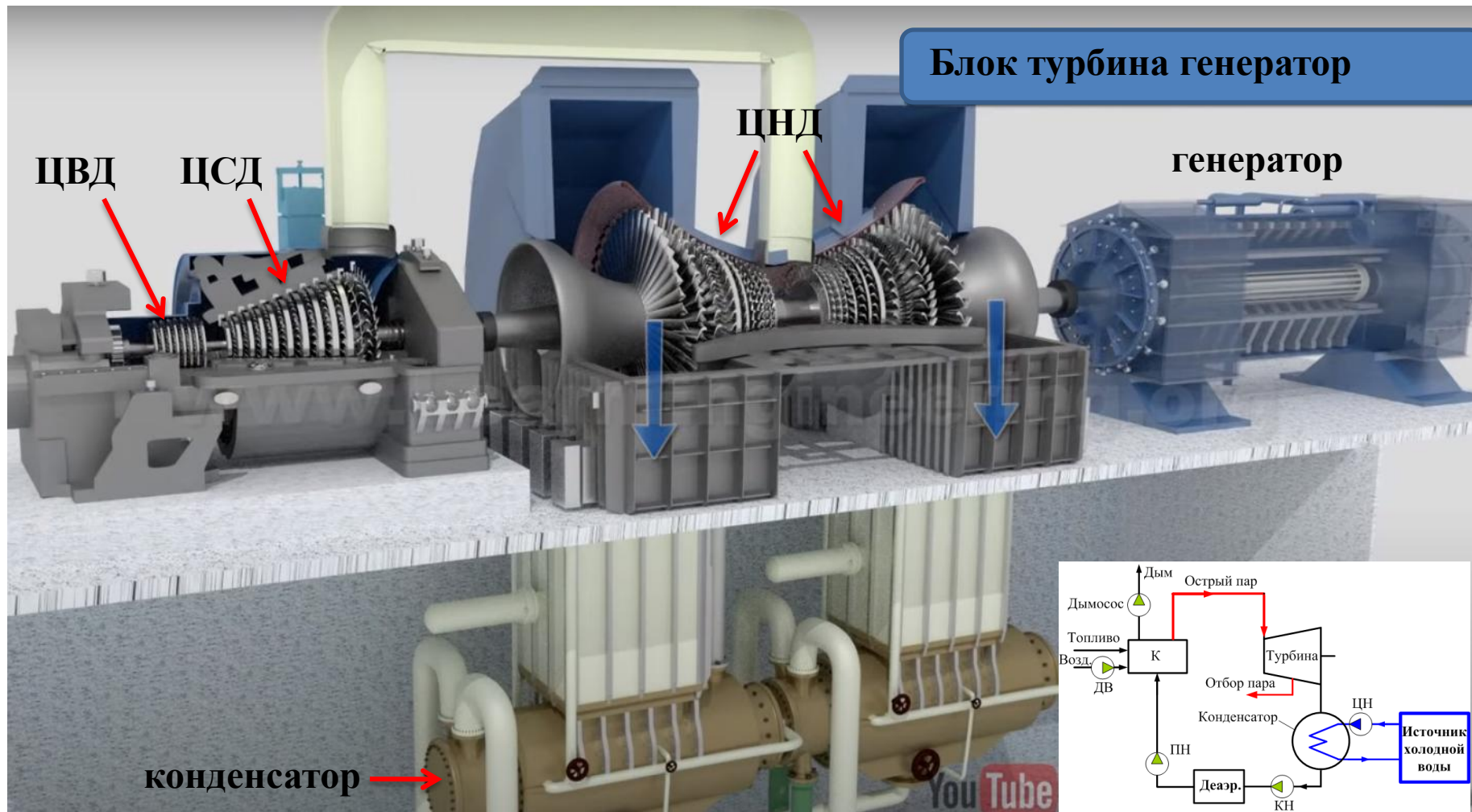
# Конструкция и принцип работы котла



Горелки, через них подается воздух и топливо

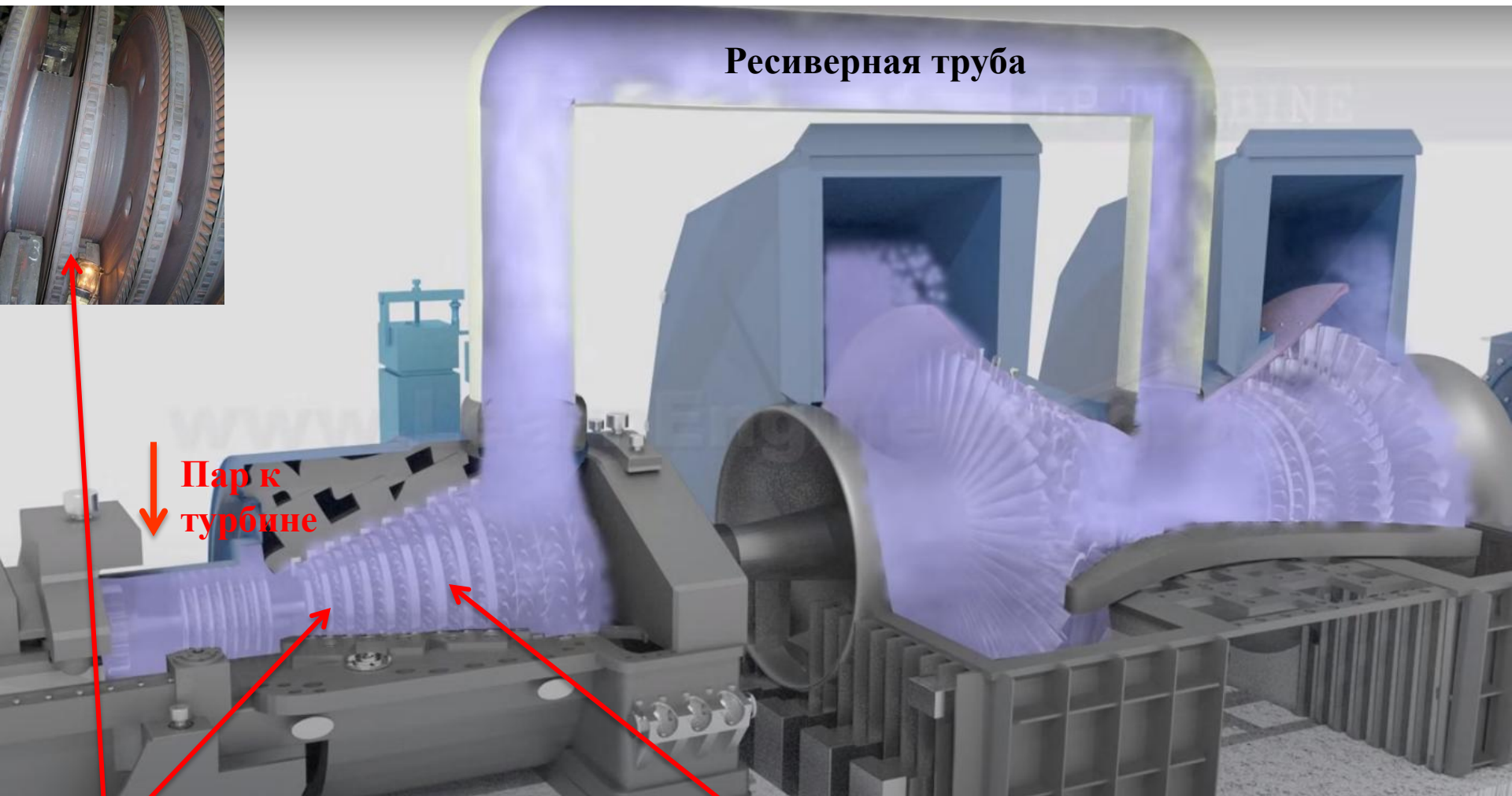


# Конструкция и принцип работы паровой турбины (многоступенчатой)

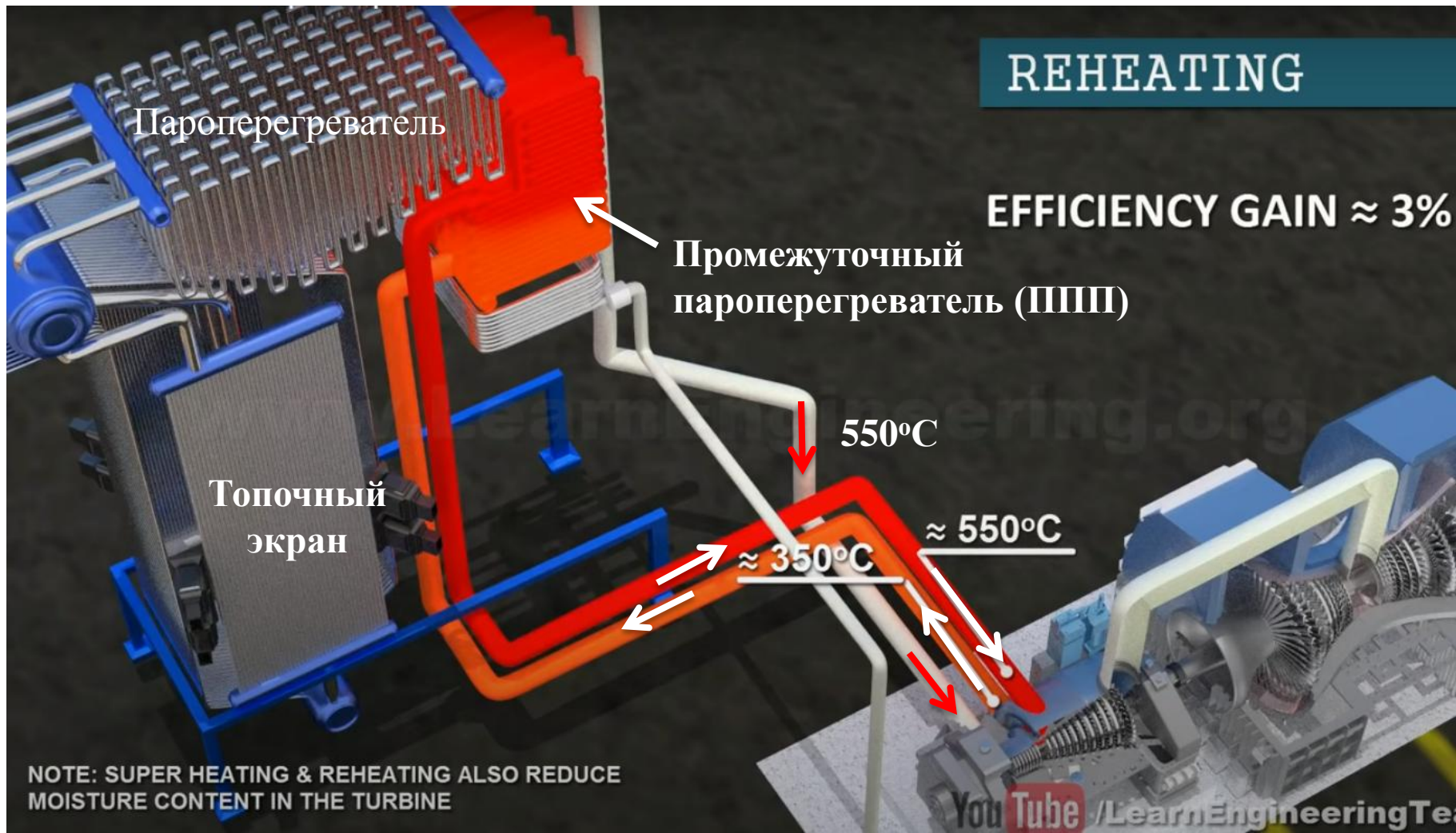


**Ступень:** рабочее колесо + неподвижная сопловая решетка

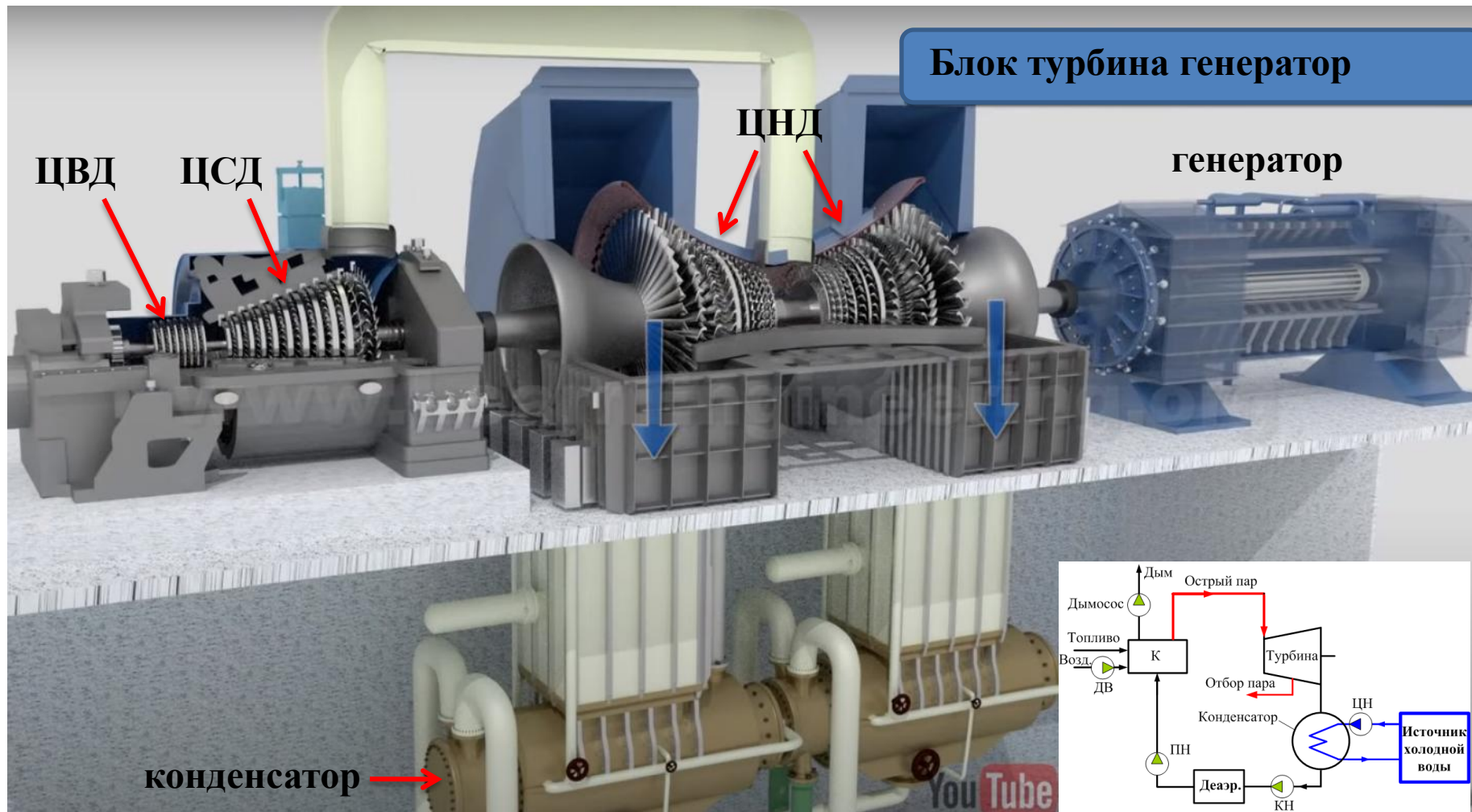
# Турбина (тепловая машина) – преобразует тепловую энергию пара в кинетическую энергию



## Промежуточный перегрев пара – второй способ повышения КПД тепловой машины и станции в целом



# Конструкция и принцип работы паровой турбины (многоступенчатой)



**Ступень:** рабочее колесо + неподвижная сопловая решетка

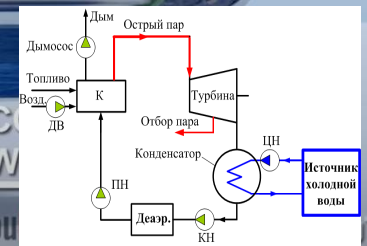
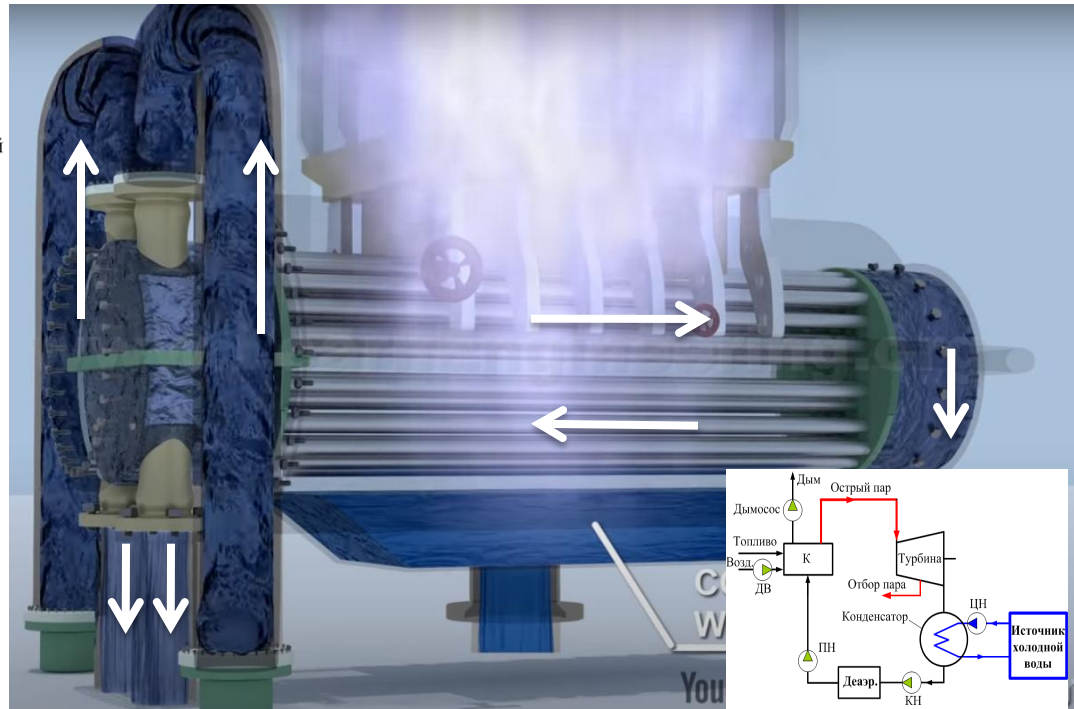
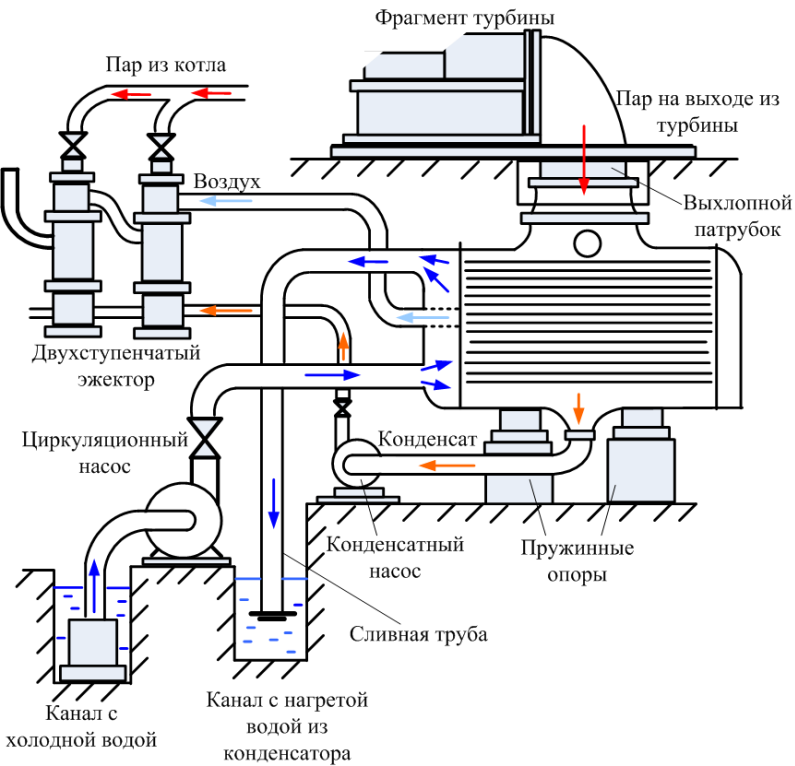
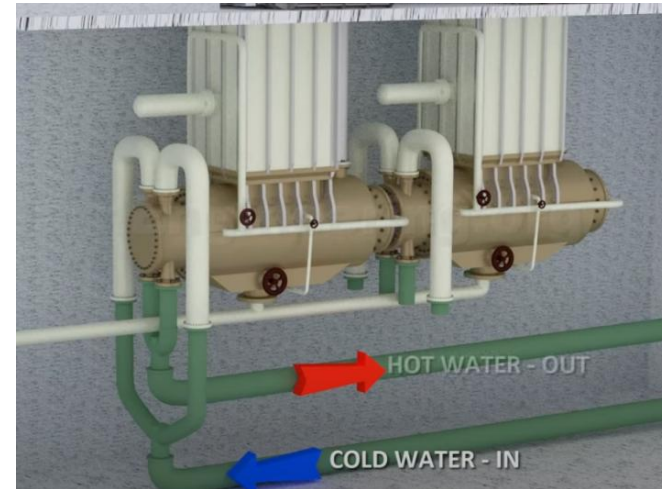
# Конденсатор

— устройство для охлаждения и конденсации пара



КПД идеальной  
тепловой  
машины

$$\eta = \frac{T_{\text{наг.}} - T_{\text{охл.}}}{T_{\text{наг.}}}$$



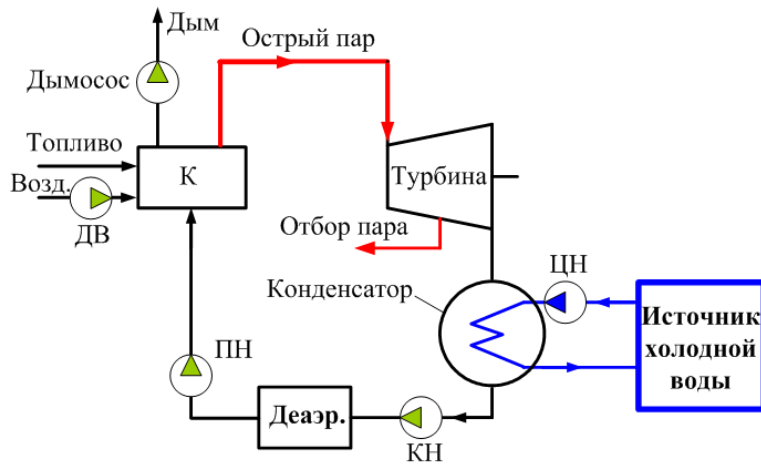
# Источники холодной воды для ТЭС



Градирни Московской ТЭЦ-2



Искусственный водоем на Сургутской ГРЭС-2



Найдите ЦН на схеме

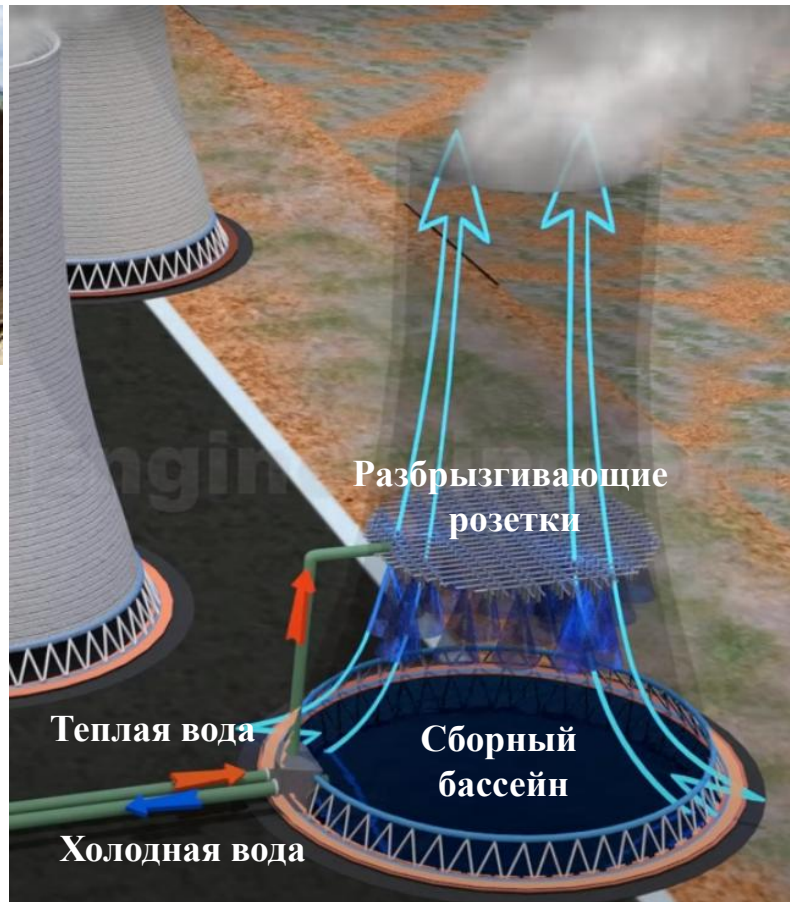


Самая высокая градирня в мире—  
202 метра, Индия

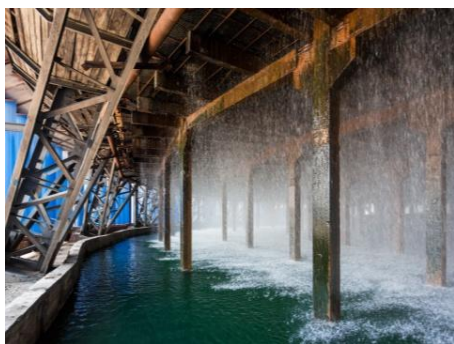
# Градирни



Пар из градирни



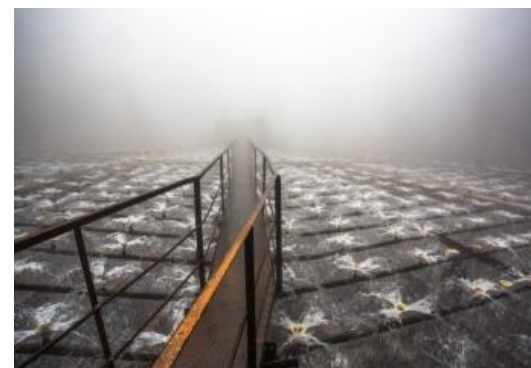
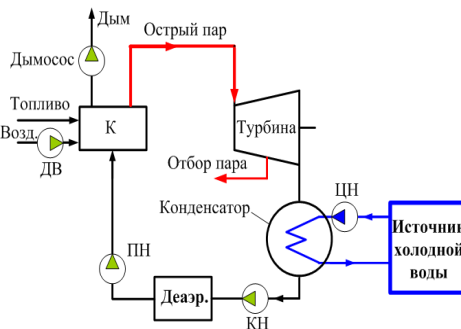
Отверстия в стенах градирни



Сборный бассейн  
ХОЛОДНОЙ ВОДЫ



Внешний вид градирни

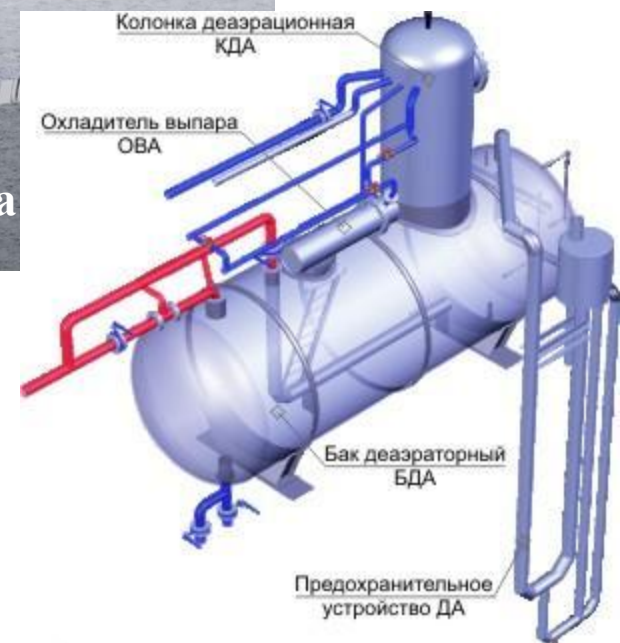
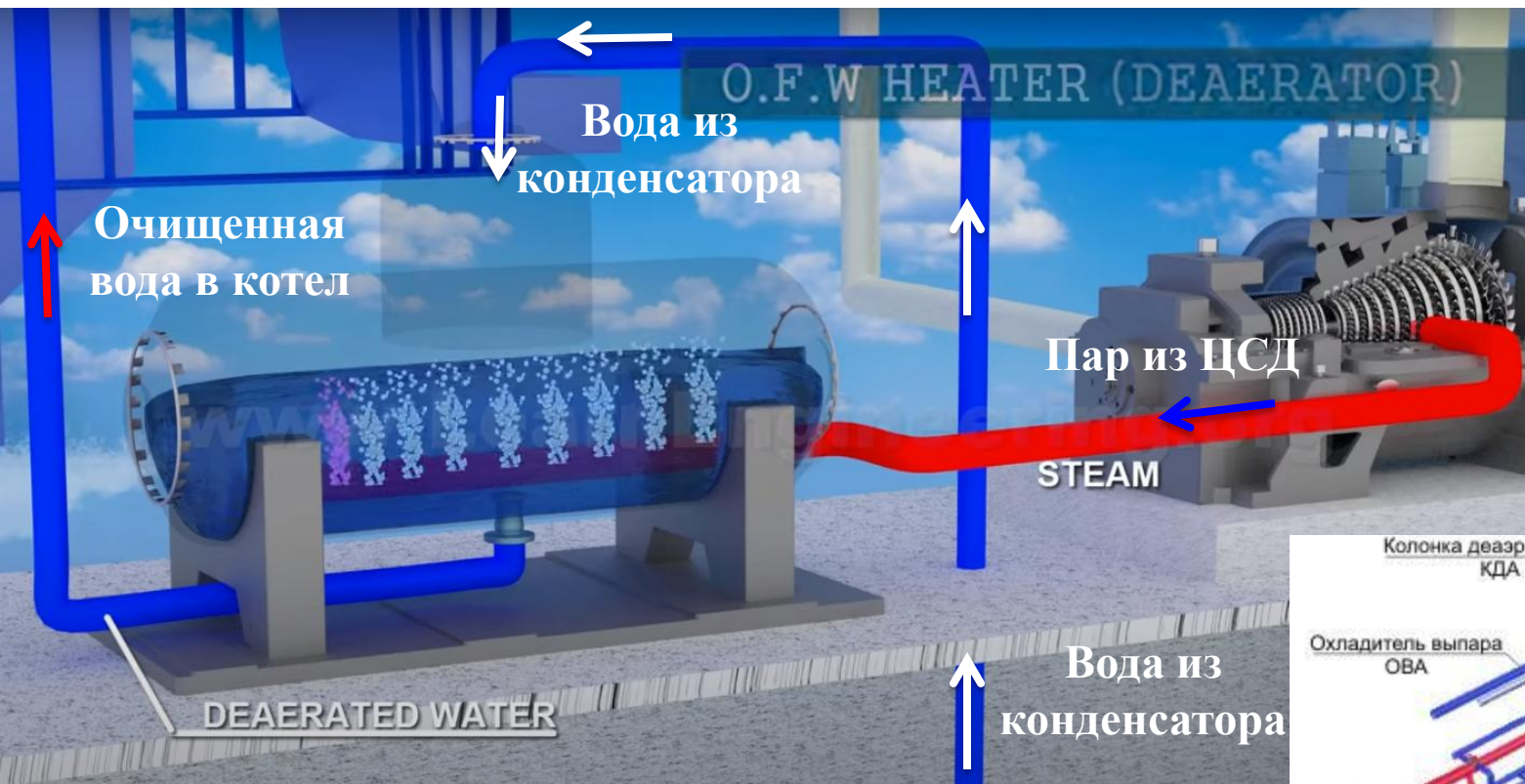


Разбрызгивающие розетки



# Деаэратор

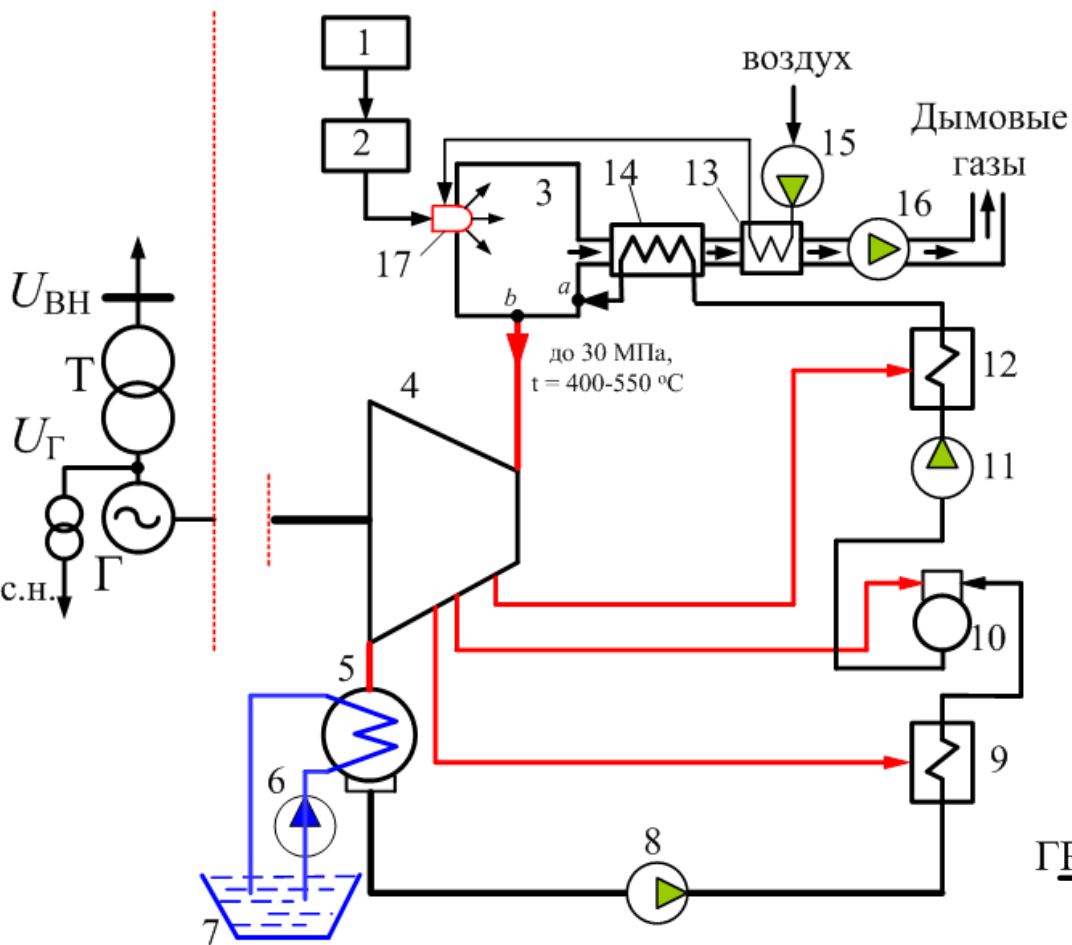
- устройство для подогрева и очистки воды от газовых примесей.  
Третий способ повышения КПД тепловой ЭСТ



На многих станциях деаэратор также играет роль бака запаса питательной воды для паровых котлов или подпитки теплосети.

Деаэратор для ТЭС

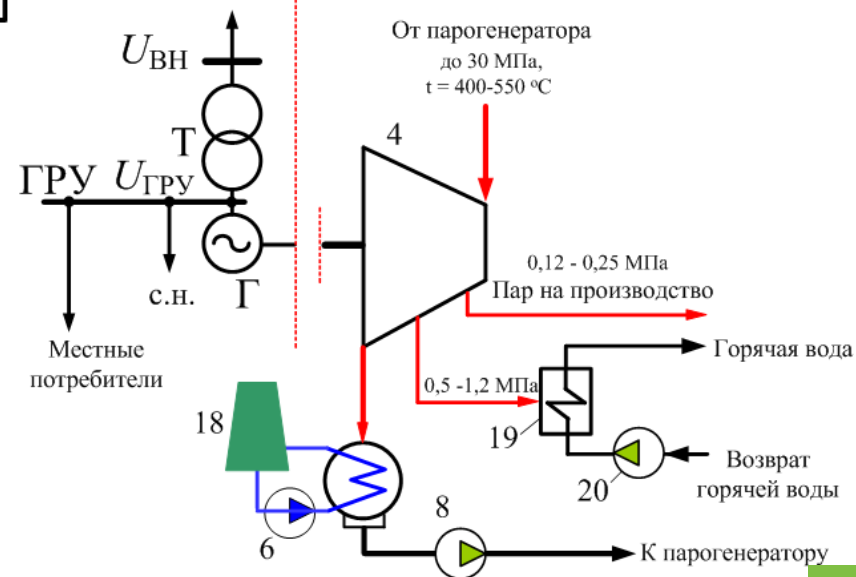
# Технологические схемы ТЭС



Принципиальная технологическая схема КЭС

# Задание: сопоставьте номера на схеме и названия оборудования

- горелки котла
- конденсатный насос
- склад топлива и система топливоподдачи
- парогенератор (котел)
- источник холодной воды
- система топливо приготовления
- подогреватель низкого давления
- водяной экономайзер
- деаэратор
- питательный насос
- конденсатор
- турбина
- подогреватель высокого давления
- воздухоподогреватель
- сетевой подогреватель
- дугтевой вентилятор
- циркуляционный насос
- дымосос
- градирня
- сетевой насос



Фрагмент технологической схемы ТЭЦ