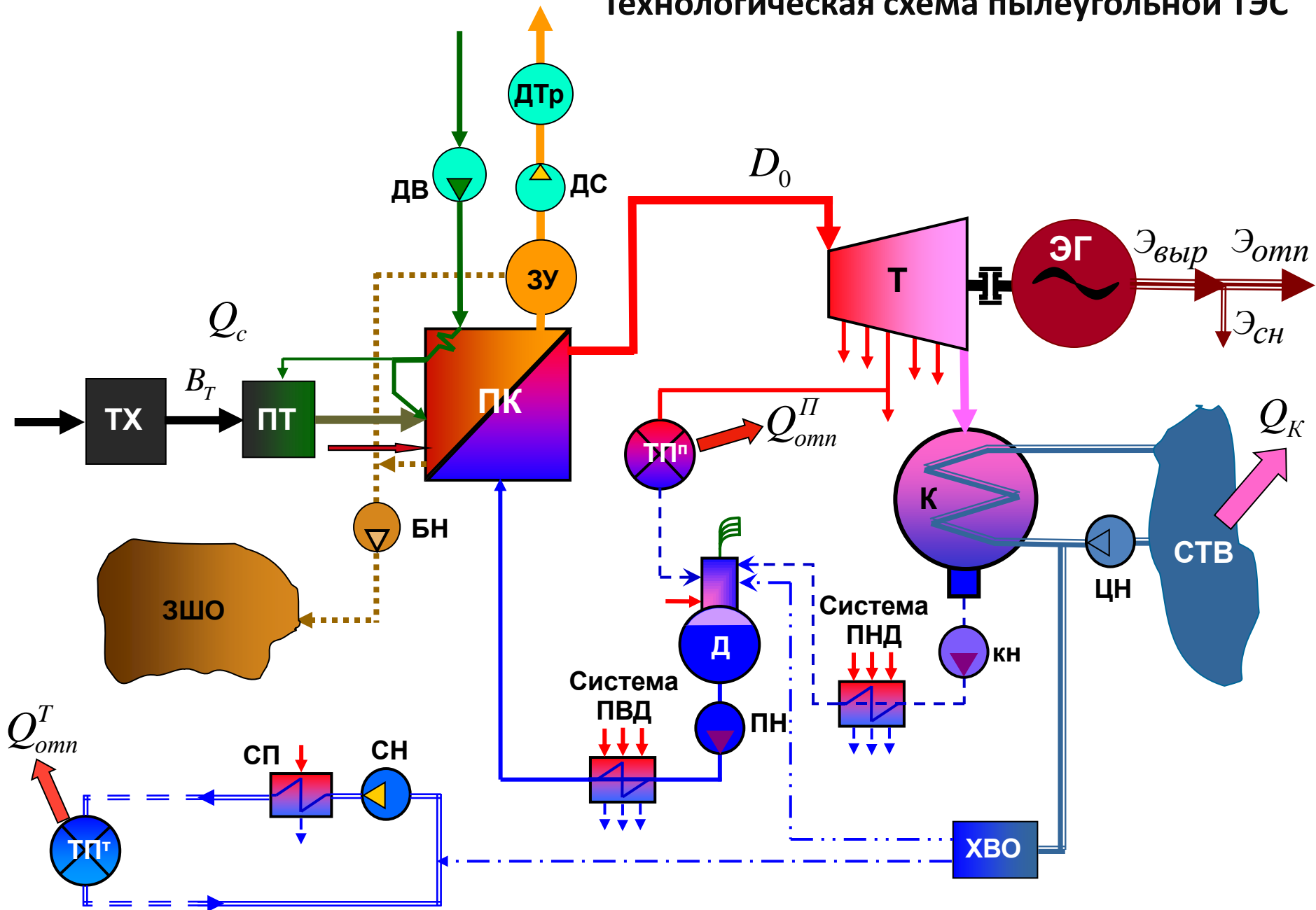


ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ТЭС



Томская ГРЭС-2

Технологическая схема пылеугольной ТЭС



Условные обозначения элементов технологической схемы электростанции

ПК - паровой котел;
ТХ - топливное хозяйство;
ПТ - подготовка топлива;
ЭГ - электрический генератор;
ЗУ - золоуловитель;
ДС - дымосос;
ДТр - дымовая труба;
ДВ - дутьевой вентилятор;
ЗШУ – золошлакоудаление.

Т - паровая турбина;
К - конденсатор;
ПНД и ПВД - регенеративные подогреватели низкого и высокого давлений;
Д – деаэратор;
КН и **ПН** - конденсатный и питательный насосы;
СТВ – система технического водоснабжения;
ЦН – циркуляционный насос;
ТП - тепловой потребитель (производственный, отопительный);
ХВО - химводоочистка;
СП – сетевой подогреватель;
СН – сетевой насос;

Принципиальная технологическая схема электростанции (продолжение)

Q_c - расход теплоты топлива на станцию;

D_0 - расход пара на турбину;

$D_{п.к.}$ - паровая нагрузка парового котла;

ΔD_0 - потеря пара при транспорте;

D_t - расход пара на внешнего потребителя;

D_k - пропуск пара в конденсатор турбины;

$D_{д.в.}$ - расход добавочной воды;

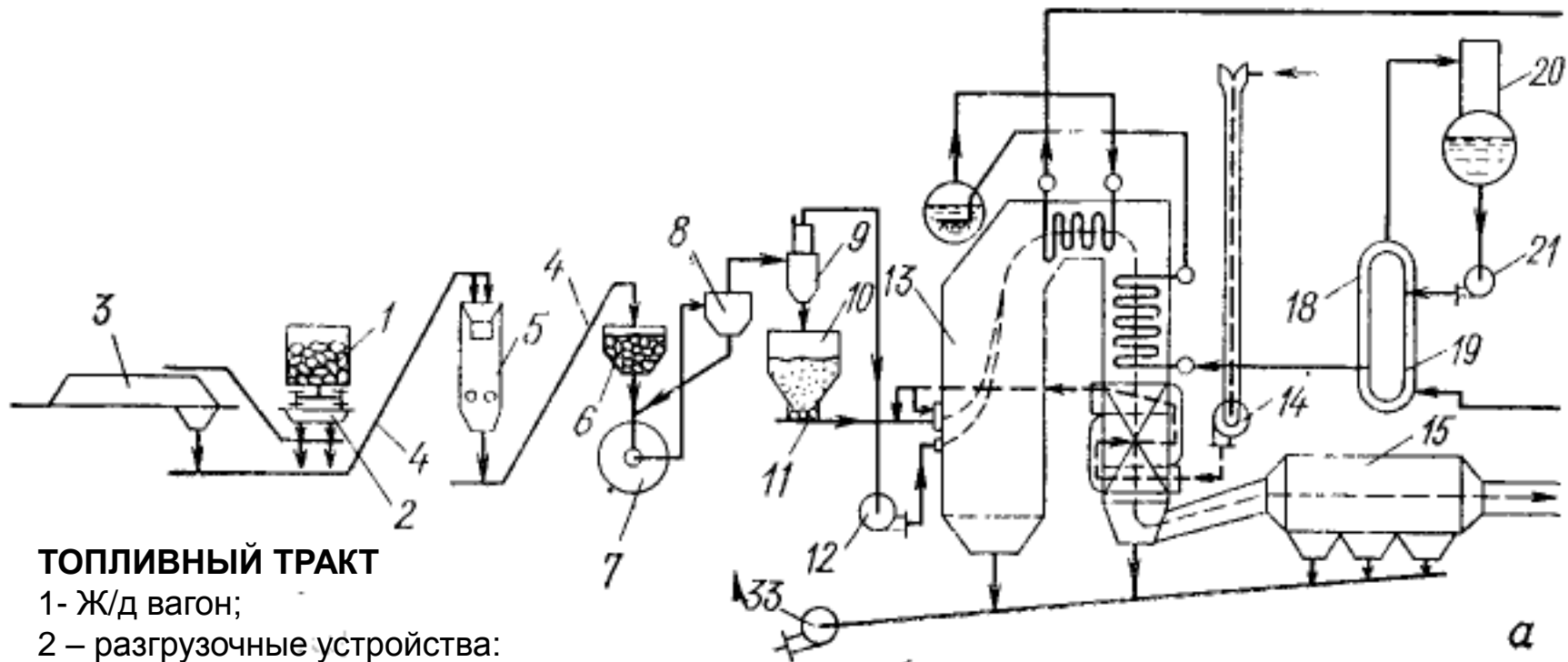
\mathcal{E} - выработка электроэнергии;

\mathcal{E}_o - отпуск электроэнергии;

$\mathcal{E}_{с.н.}$ - собственный расход электроэнергии;

Q_t - отпуск теплоты внешнему потребителю;

Q_k - потеря теплоты в холодном источнике (с охлаждающей водой)

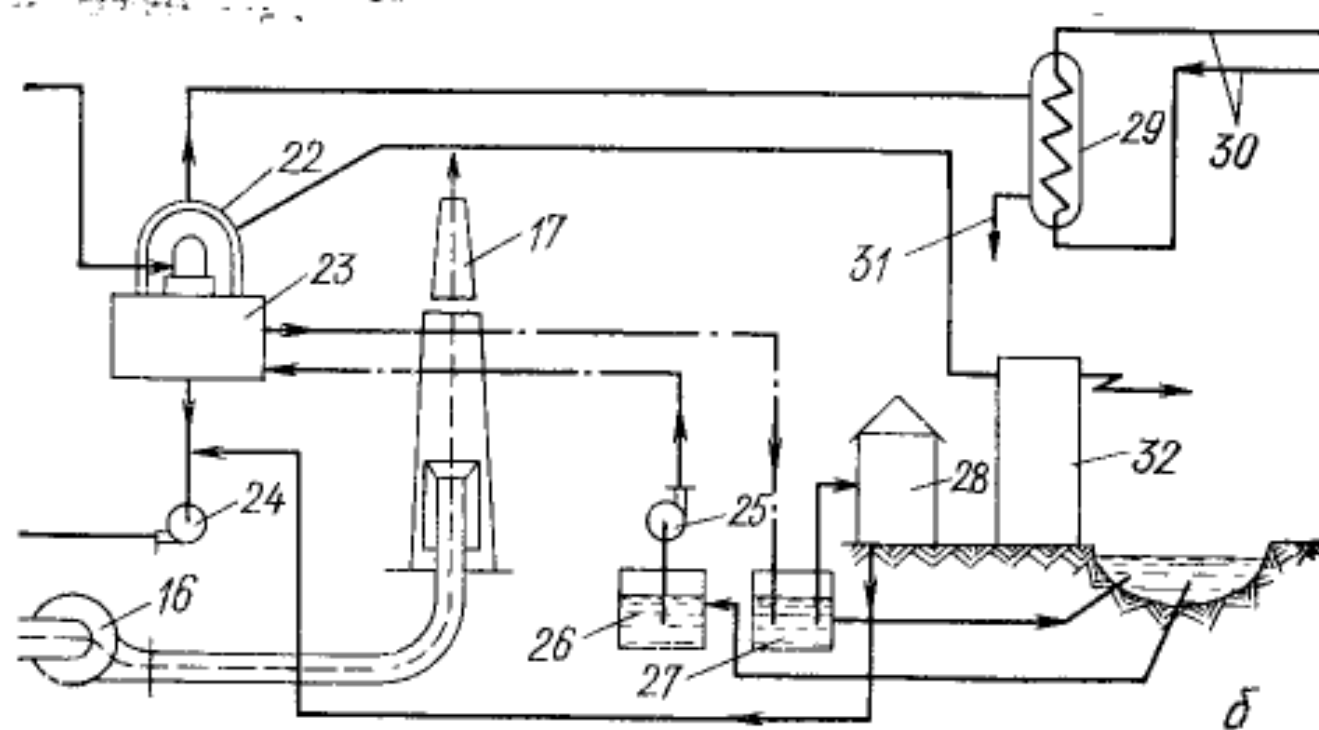


ТОПЛИВНЫЙ ТРАКТ

- 1- Ж/д вагон;
- 2 – разгрузочные устройства;
- 3 – склад;
- 4 – ленточные транспортеры;
- 5 – дробильная установка;
- 6 – бункер сырого угля;
- 7 – пылеугольные мельницы;
- 8 – сепаратор;
- 9 – циклон;
- 10 – бункер угольной пыли;
- 11 – питатели пыли;
- 12 – мельничный вентилятор (засасывает воздух из МВ и подает в топку);
- 13 – топка котла;
- 33 – багерные насосы

ГАЗО-ВОЗДУШНЫЙ ТРАКТ

- 14 – дутьевой вентилятор;
- 15 – золоулавители;
- 16 – дымосос;
- 17 – дымовая труба



ОТПУСК ТЕПЛОТЫ

29 – сетевой
подогреватель;
30 – трубопроводы
сетевой воды;
31 – отвод дренажа из
СП;
32 – РУСН
(распредустройство
собственных нужд)

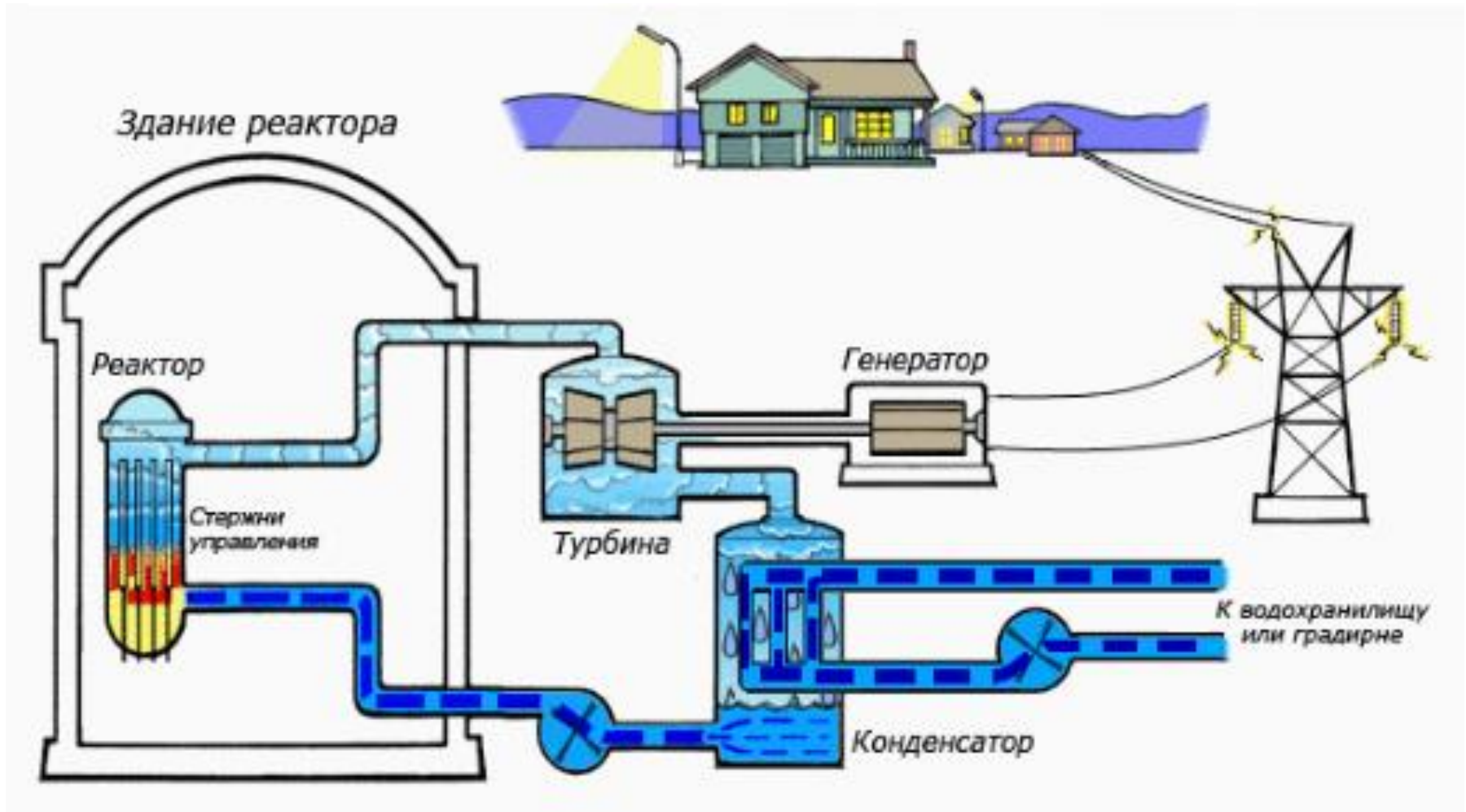
ПАРО-ВОДЯНОЙ ТРАКТ

18 – ПНД;
19 – ПНД;
20 – деаэратор;
21 – питательный насос;
22 – турбина;
23 – конденсатор;
24 – конденсатный насос;

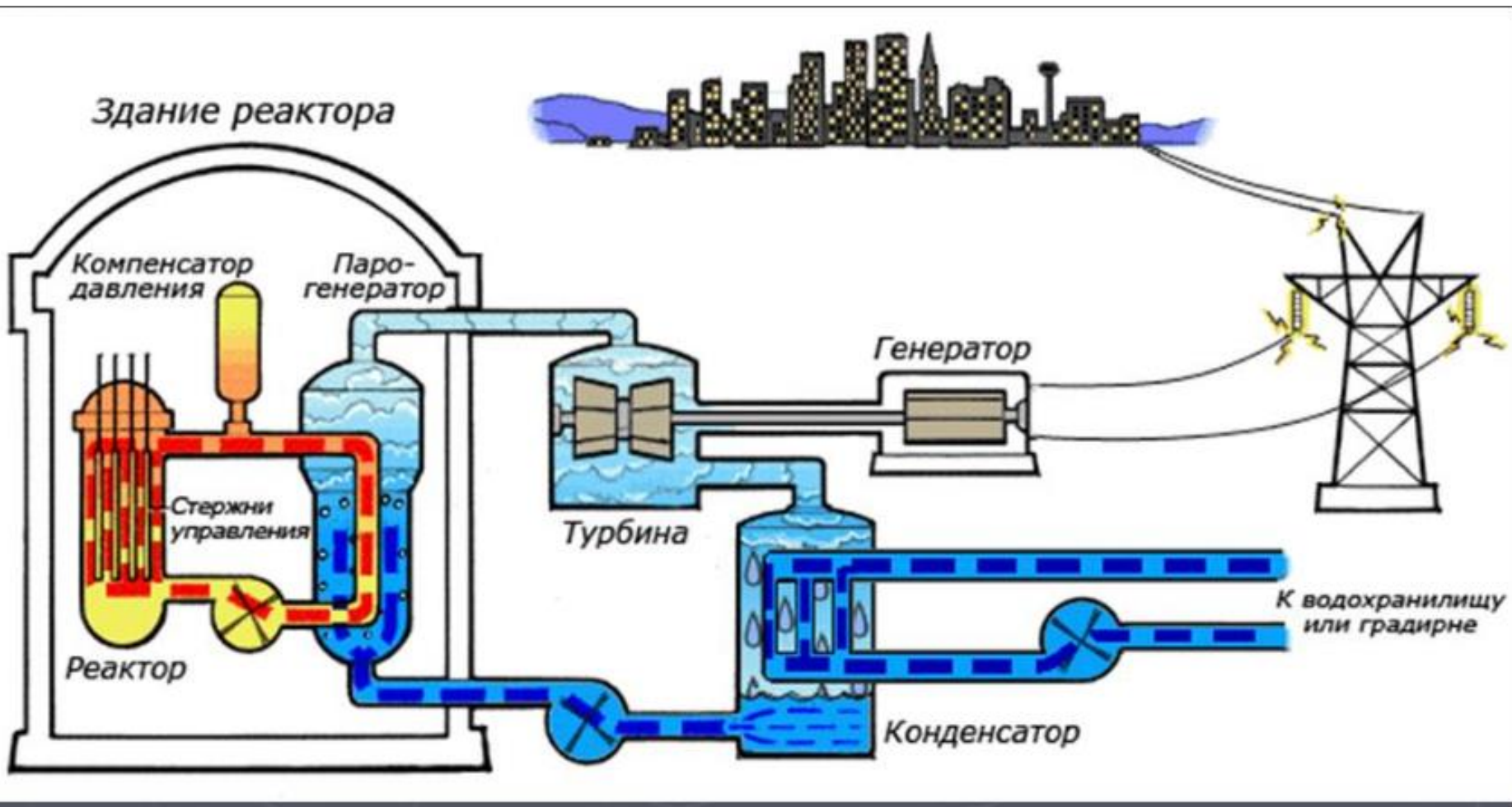
ТЕХНИЧЕСКАЯ ВОДА

25 – циркуляционный насос;
26 – приемный колодец;
27 – сбросной колодец;
28 – хим. Цех.

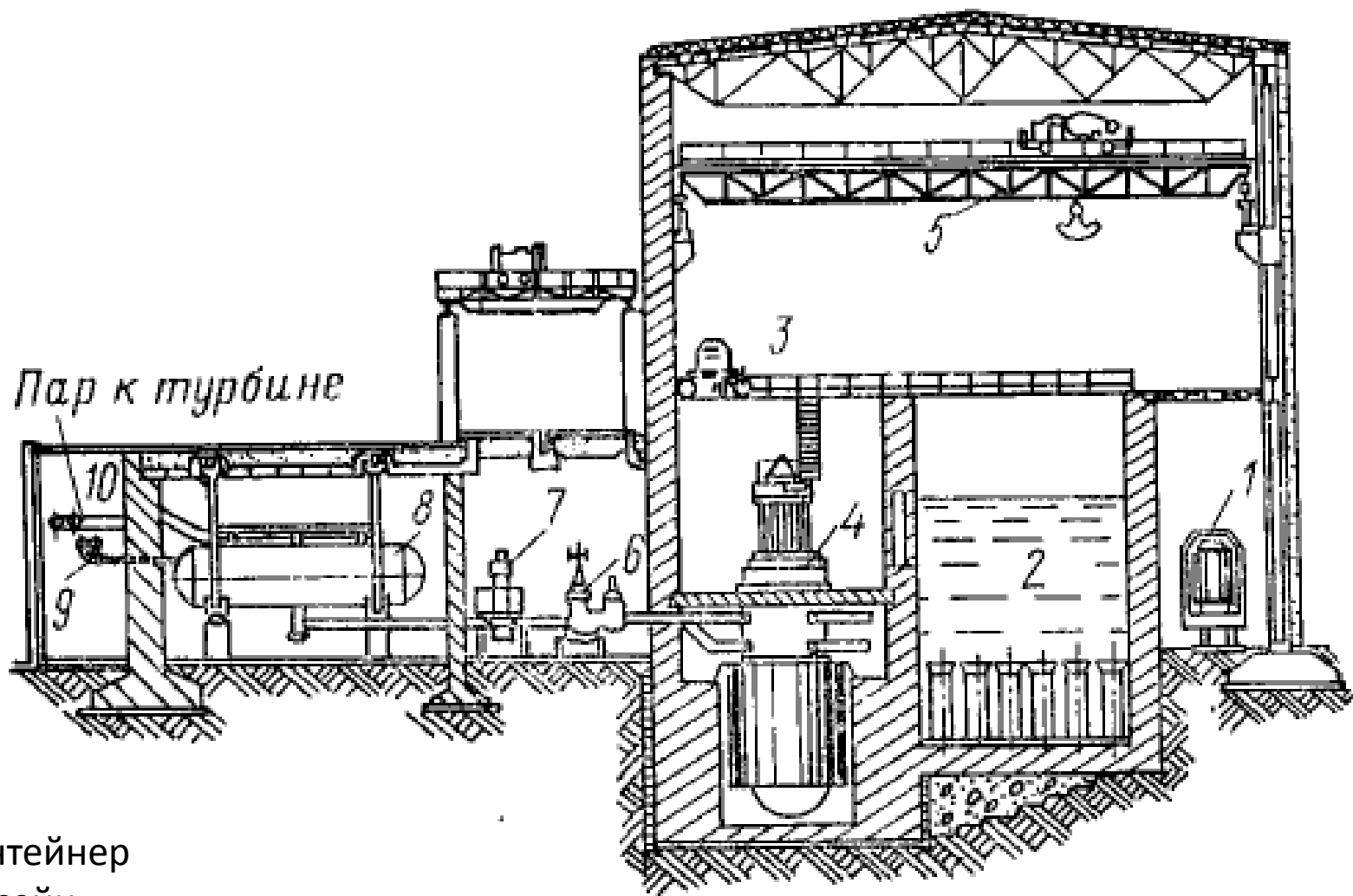
Технологическая схема одноконтурной АЭС



Технологическая схема двухконтурной АЭС



Компоновка оборудования первого контура АЭС



1- контейнер

2-бассейн

3 – перегрузочный кран

4- реактор

5- мостовой кран реакторного зала

6 – главная задвижка

7 – главный цирк. Насос

8 – парогенератор

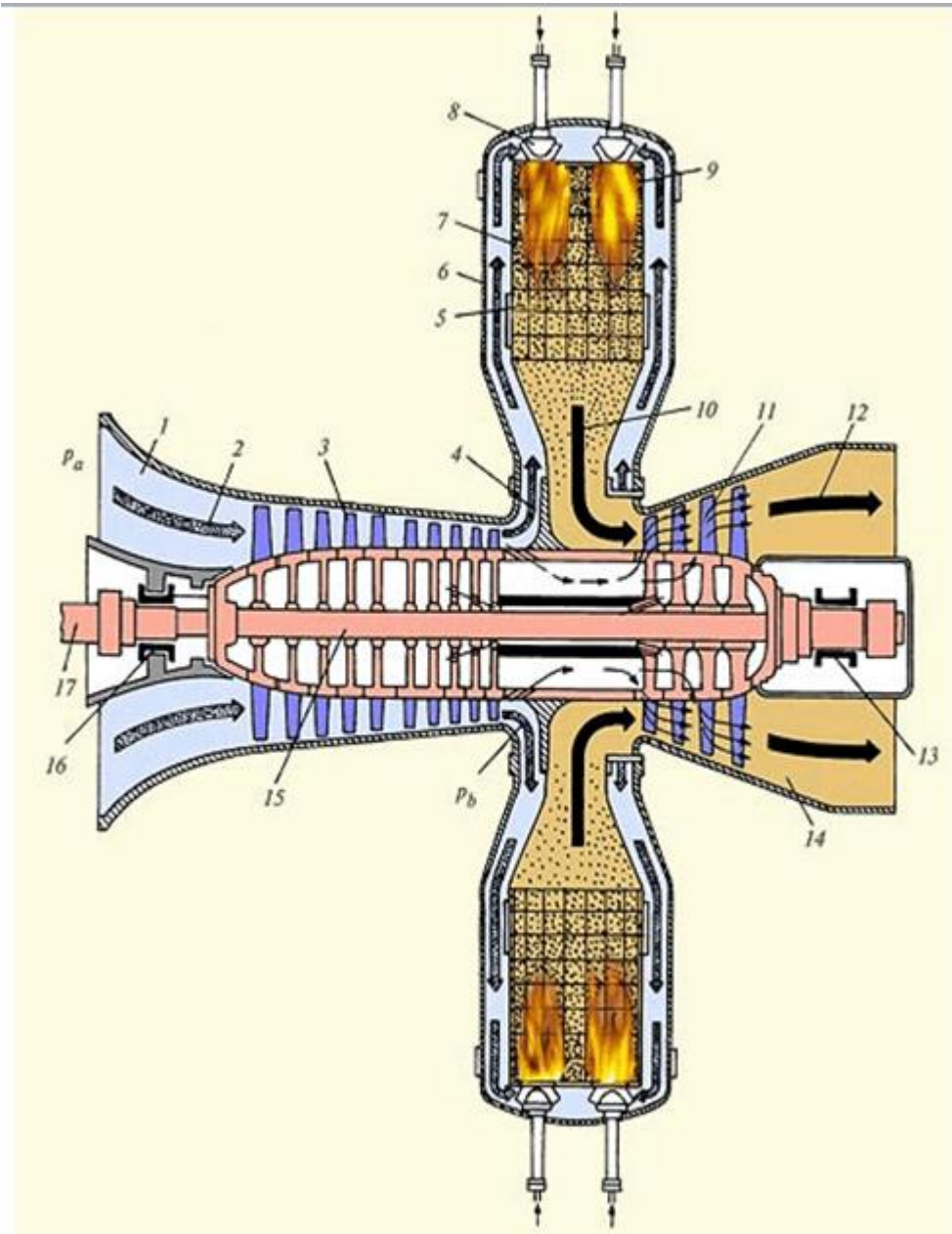
9 – трубопроводы пит. воды

10 – трубопроводы свежего пара

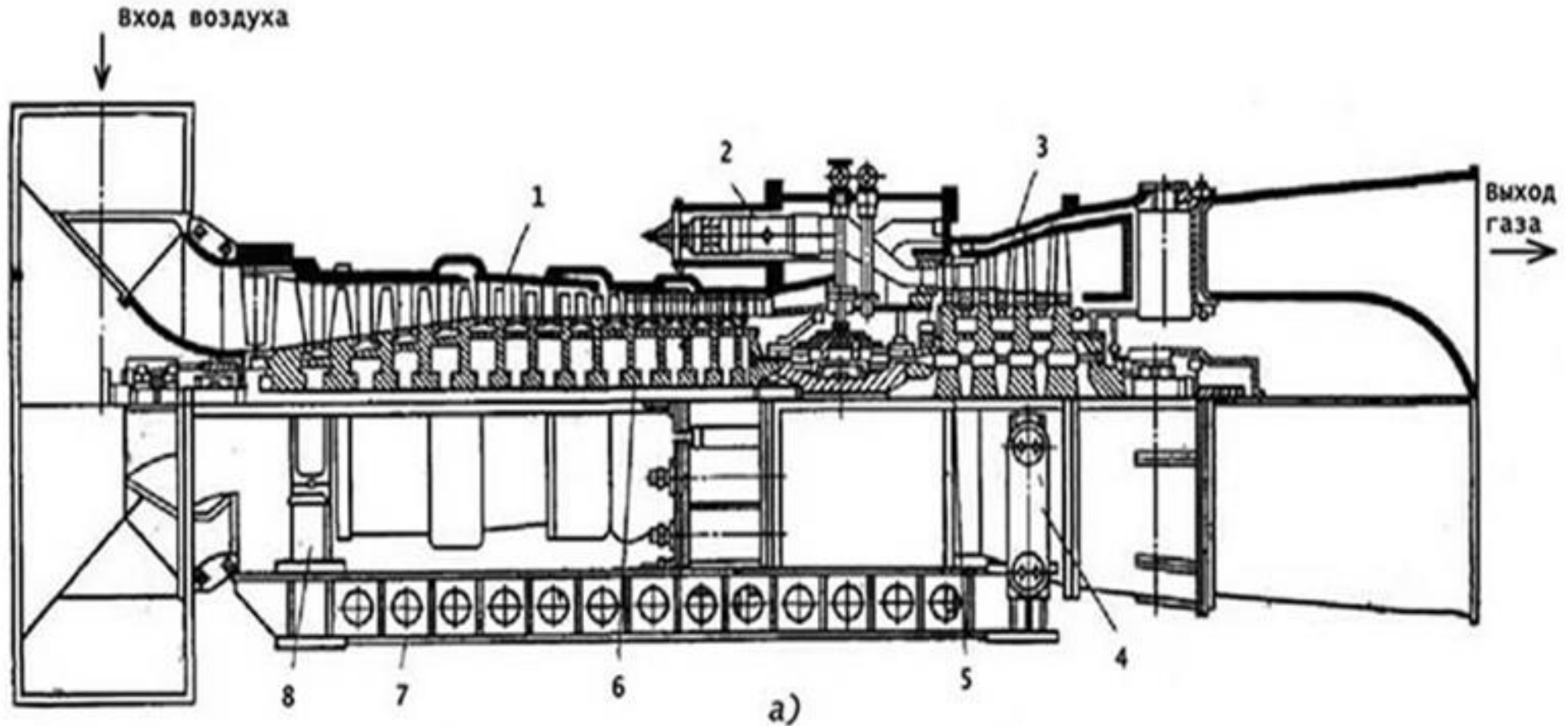
Ядерное топливо (ТВЭЛ –тепловыделяющий элемент) доставляется на АЭС в контейнерах 1. С помощью перегрузочного крана 3 ТВЭЛы загружаются в активную зону реактора 4. Кассеты с отработавшими ТВЭЛами помещаются в бассейн 2, где выдерживаются в течение определенного времени. Когда радиоактивность горючего и материала кассет заметно уменьшается, кассеты в контейнерах вывозят на перерабатывающие заводы.

Теплота, выделяющаяся в реакторе, передается теплоносителю. Теплоноситель направляется в ПГ, где из питательной воды получают пар. Схема второго контура не отличается от схемы ПТУ в составе ТЭС на органическом топливе.

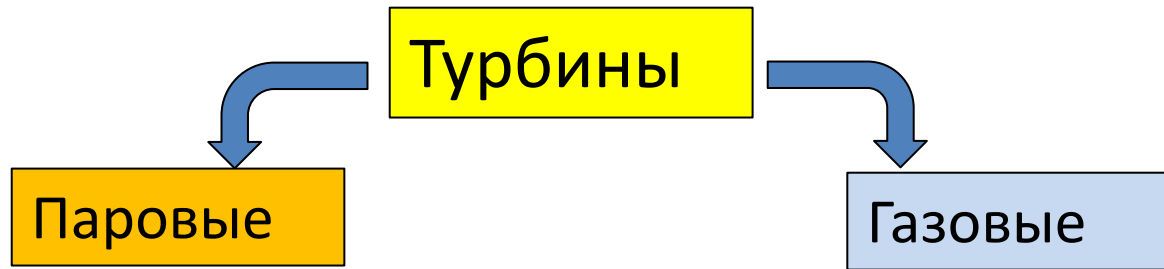
Технологическая схема ГТУ



Компоновка ГТУ



- 1 – компрессор;
- 2 – камеры сгорания;
- 3 – газовая турбина;
- 4, 8 – опоры;
- 5, 6 – роторы компрессора и турбины;
- 7 – рама.



Достоинства ГТУ по сравнению с ПТУ

- 1) Более компактны
(вместо ПК – камера сгорания, нет конденсатора)
- 2) Проще по конструкции и обслуживанию
- 3) Менее емки по затратам металла и др. материалов при одинаковой мощности
- 4) Дешевле по стоимости
- 5) Почти не требуют воды для охлаждения

Недостатки ГТУ по сравнению с ПТУ

- 1) Меньше единичная мощность (в одном агрегате)
- 2) Менее долговечны в работе
- 3) Более требовательны к применяемому топливу

Технологическая схема ПГУ

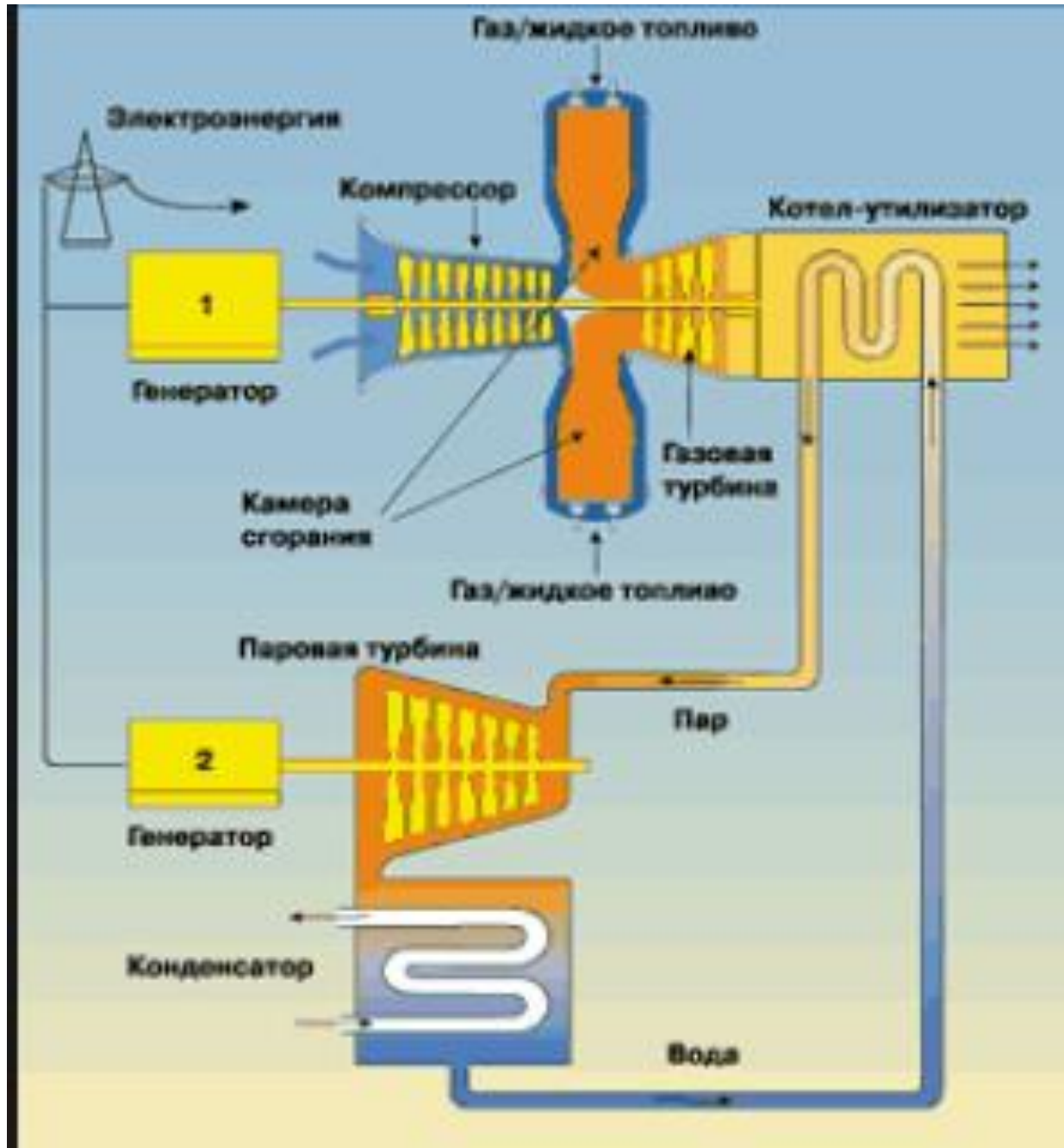
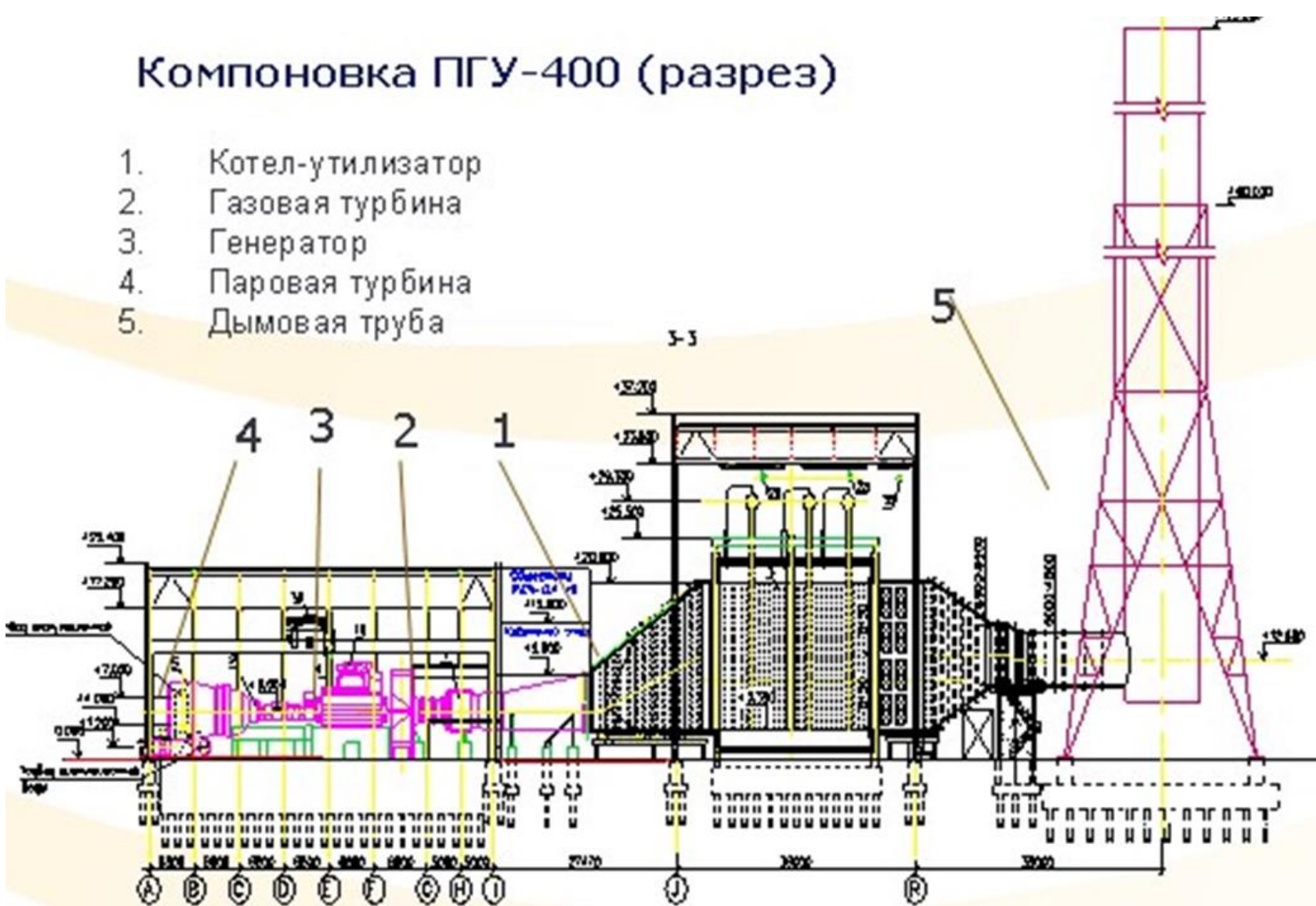


СХЕМА ГАЗОТУРБИННОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ КОМБИНИРОВАННОГО ЦИКЛА

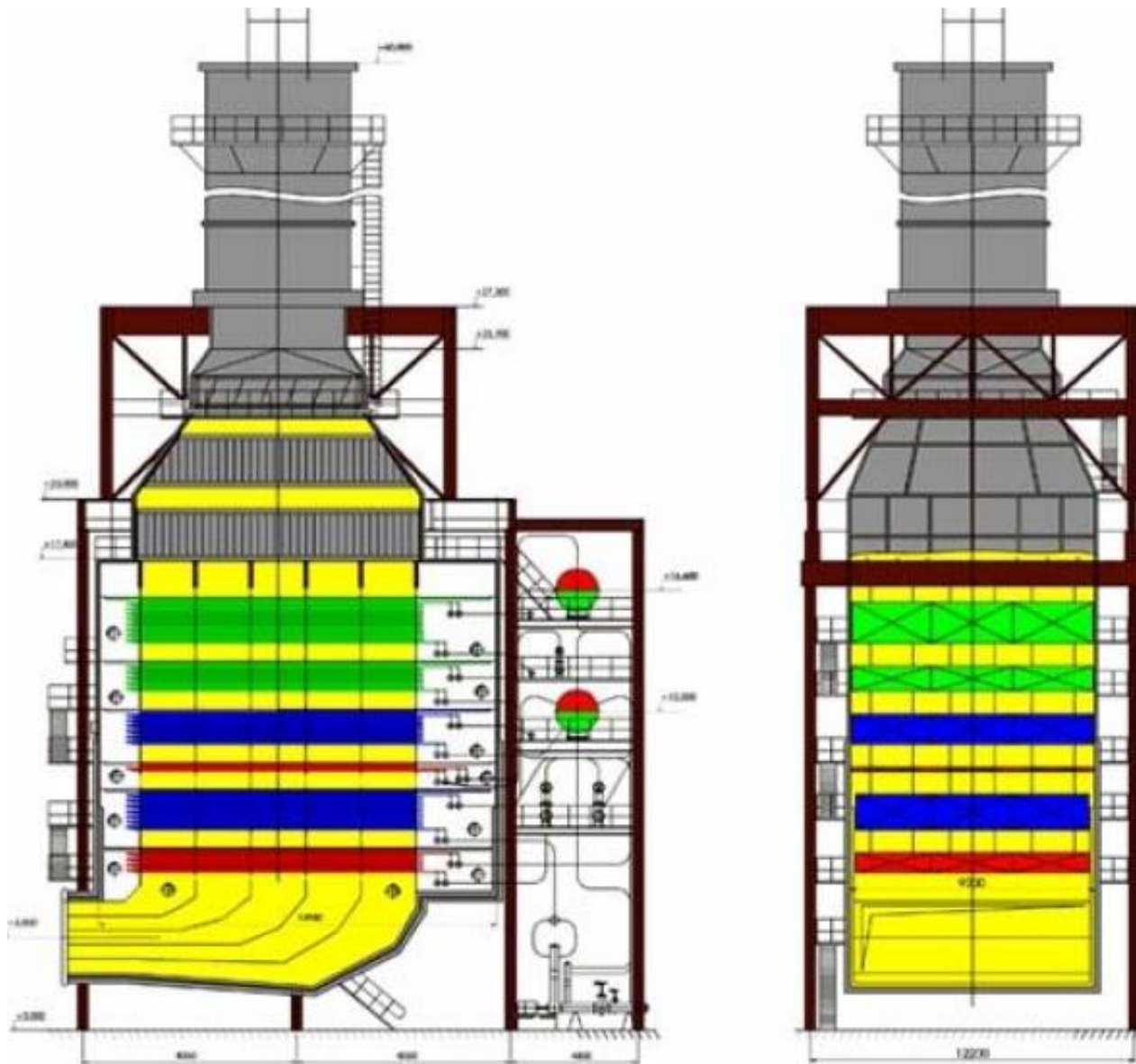


Компоновка ПГУ-400 (разрез)

1. Котел-утилизатор
2. Газовая турбина
3. Генератор
4. Паровая турбина
5. Дымовая труба

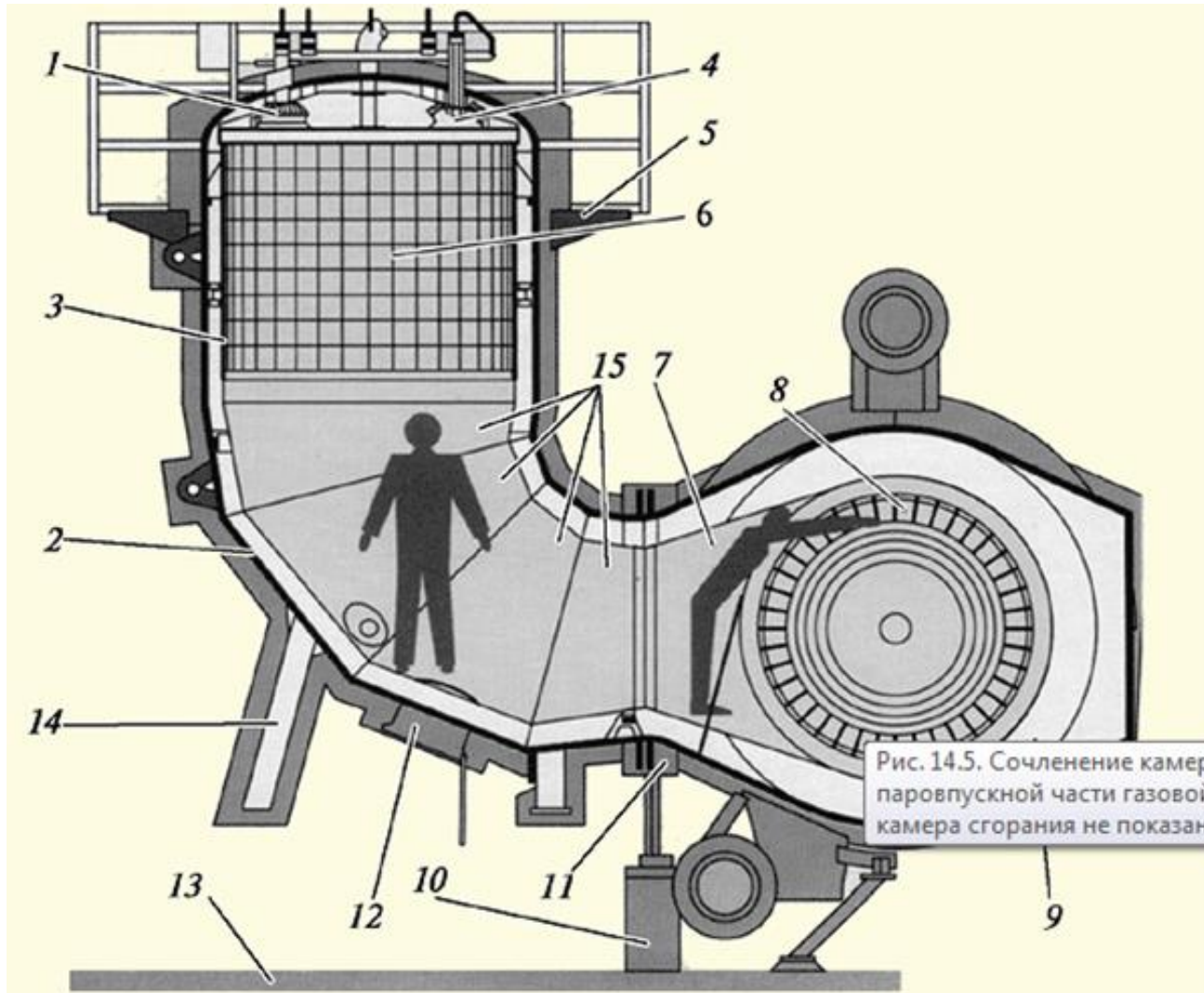


Вертикальный КУ ПГУ-325





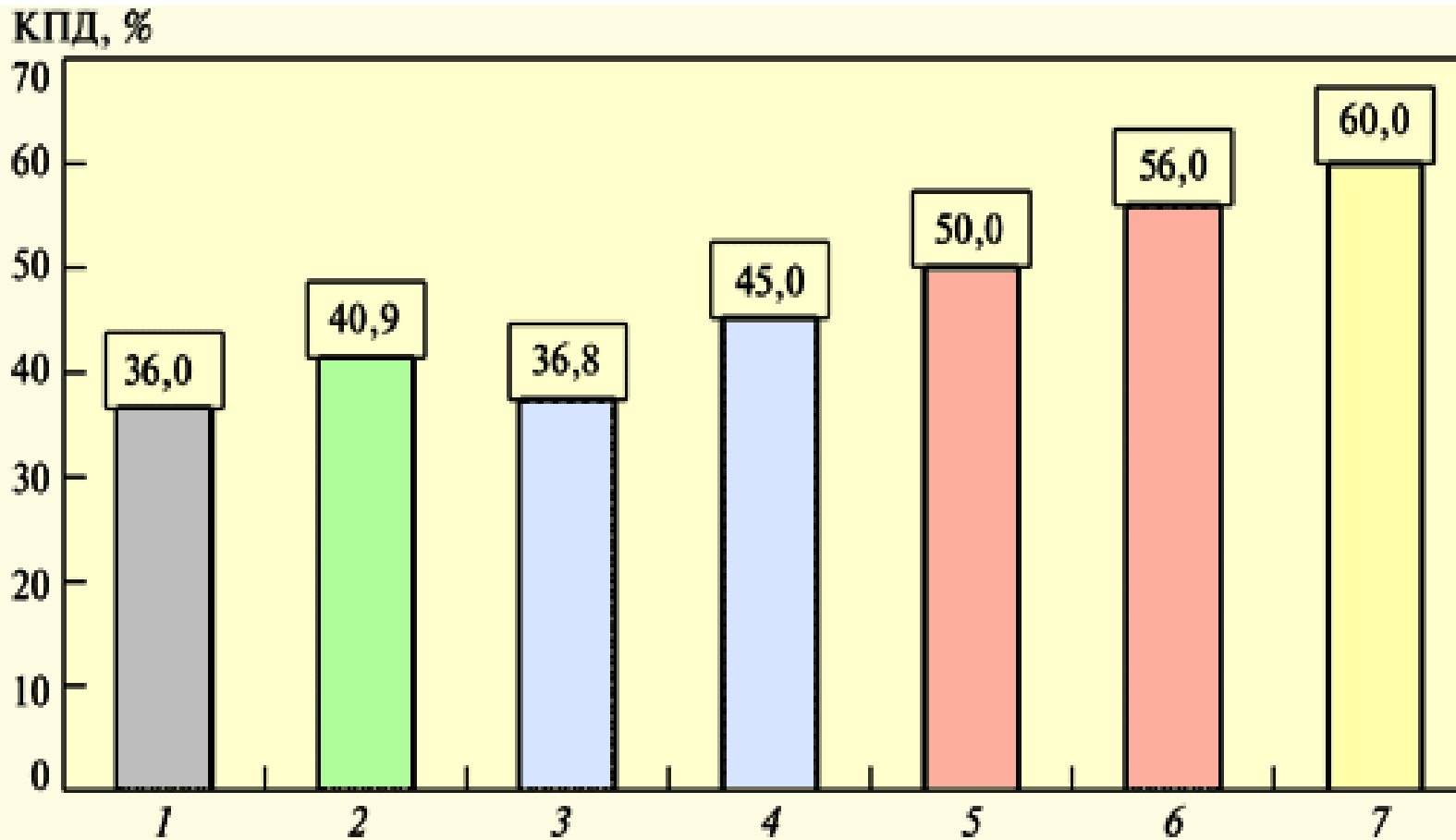
Камера сгорания



КВОУ (Комплексное воздухоочистительное устройство)



Сравнение экономичности некоторых типов энергоблоков



1 — средний КПД по ТЭС России; 2 — КПД газомазутного энергоблока 800 МВт Нижневартовской ГРЭС; 3 — средний КПД пылеугольных энергоблоков 500 МВт Рефтинской ГРЭС; 4 — средний КПД зарубежных пылеугольных энергоблоков нового поколения на повышенные параметры пара; 5 — КПД ПГУ-450Т Северо-Западной ТЭЦ при работе в конденсационном режиме; 6 — «стандартная» западная ПГУ утилизационного типа; 7 — перспективные западные ПГУ

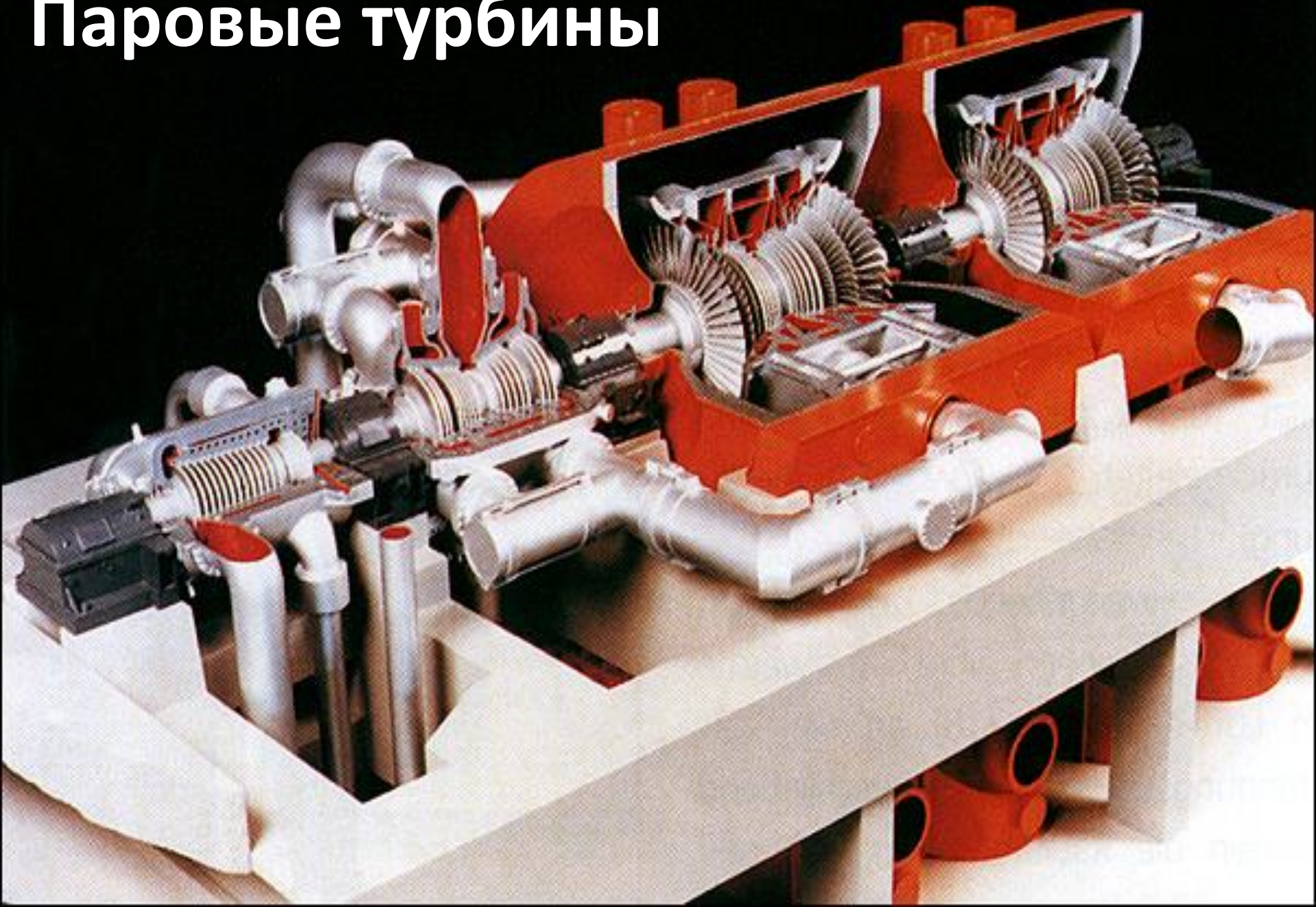
ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЭС

- **ТУРБОАГРЕГАТЫ**
- **КОТЛОАГРЕГАТЫ**
- **ЭЛ. ГЕНЕРАТОРЫ**

ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ТЭС

- **ТЕПЛООБМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**
- **НАСОСНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**
- **ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**
- **ТРУБОПРОВОДЫ И АРМАТУРА**
- **...**

Паровые турбины



Классификация паровых турбин

1. По назначению

1.1. **конденсационные** - для выработки электроэнергии (отпуск теплоты – небольшой, из нерегулируемых регенеративных отборов)

1.2. **теплофикационные** – для совместного отпуска теплоты (из регулируемых отборов) и выработки электроэнергии

2. В зависимости от наличия конденсатора теплофикационные турбины делятся

2.1. **конденсационные с регулируемыми отборами**

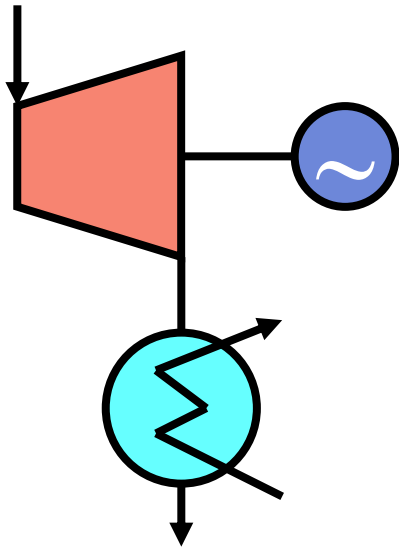
T-, П-, ПТ-

2.2. **противодавленческие**

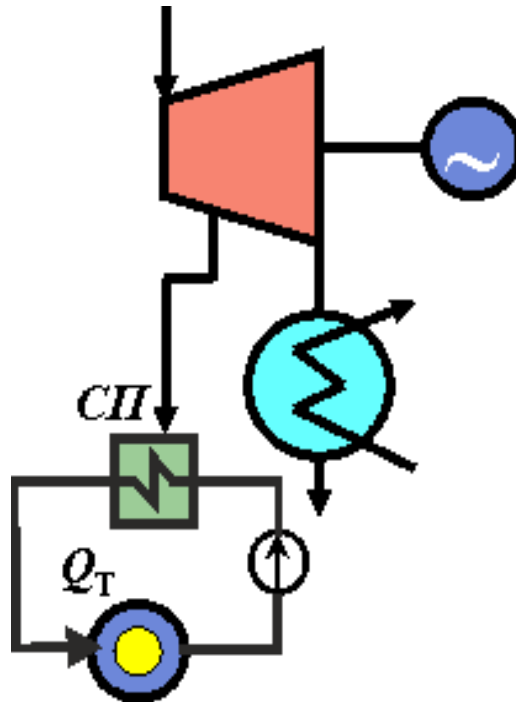
P-, TP-, ПР-, ПТР-

Условные обозначения паровых турбин

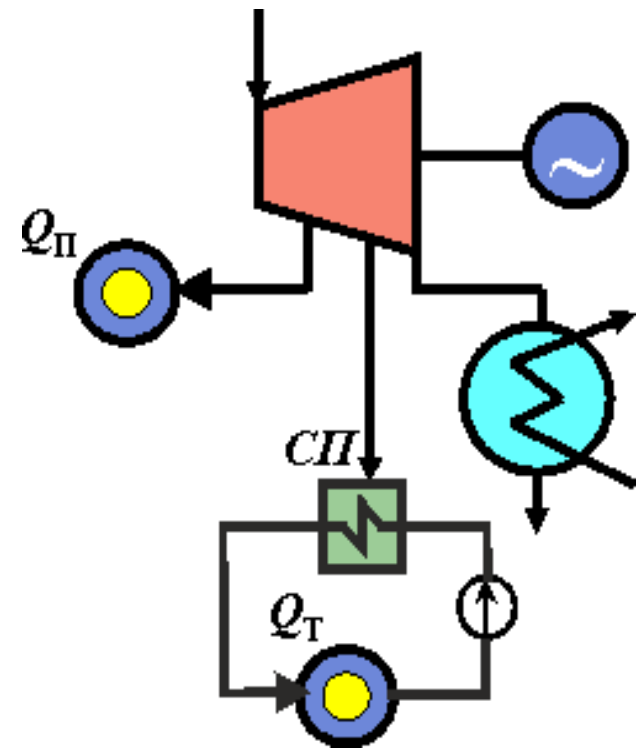
К – турбина
(без регулируемых отборов)



Т – турбина
(конденсационная с регулируемым отбором на отопление)

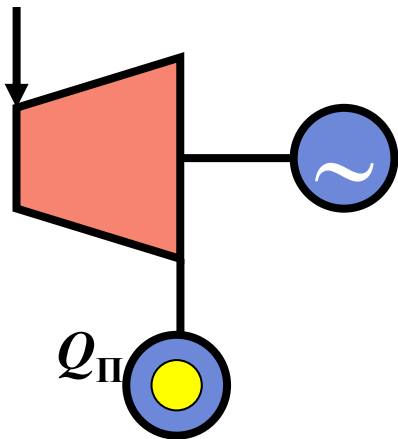


ПТ – турбина
(конденсационная с двумя регулируемыми отборами – на производство и отопление)

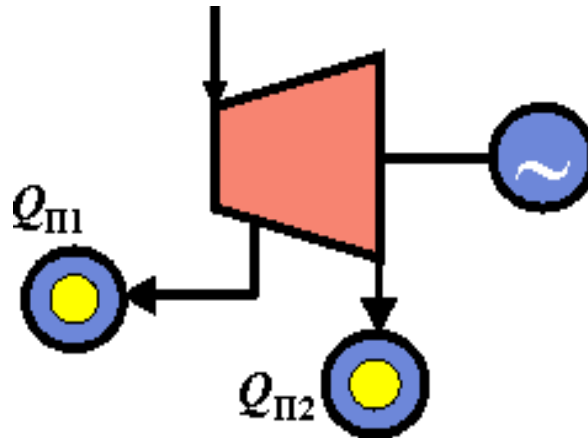


Условные обозначения паровых турбин (продолжение)

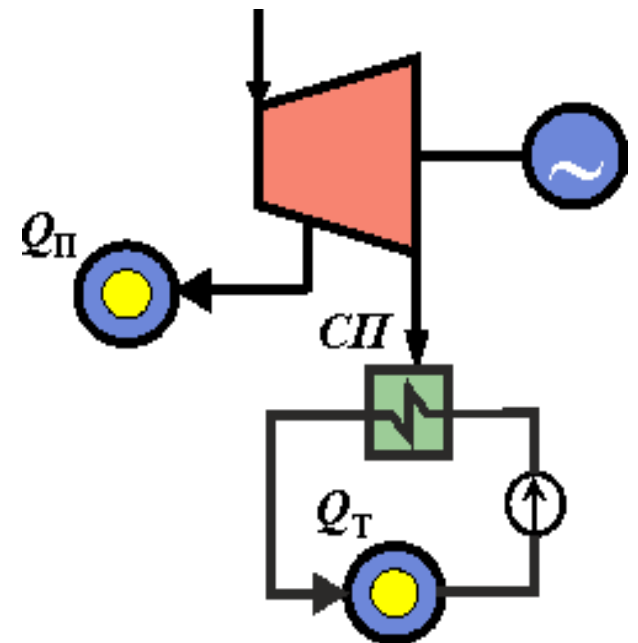
P - турбина



ПР - турбина

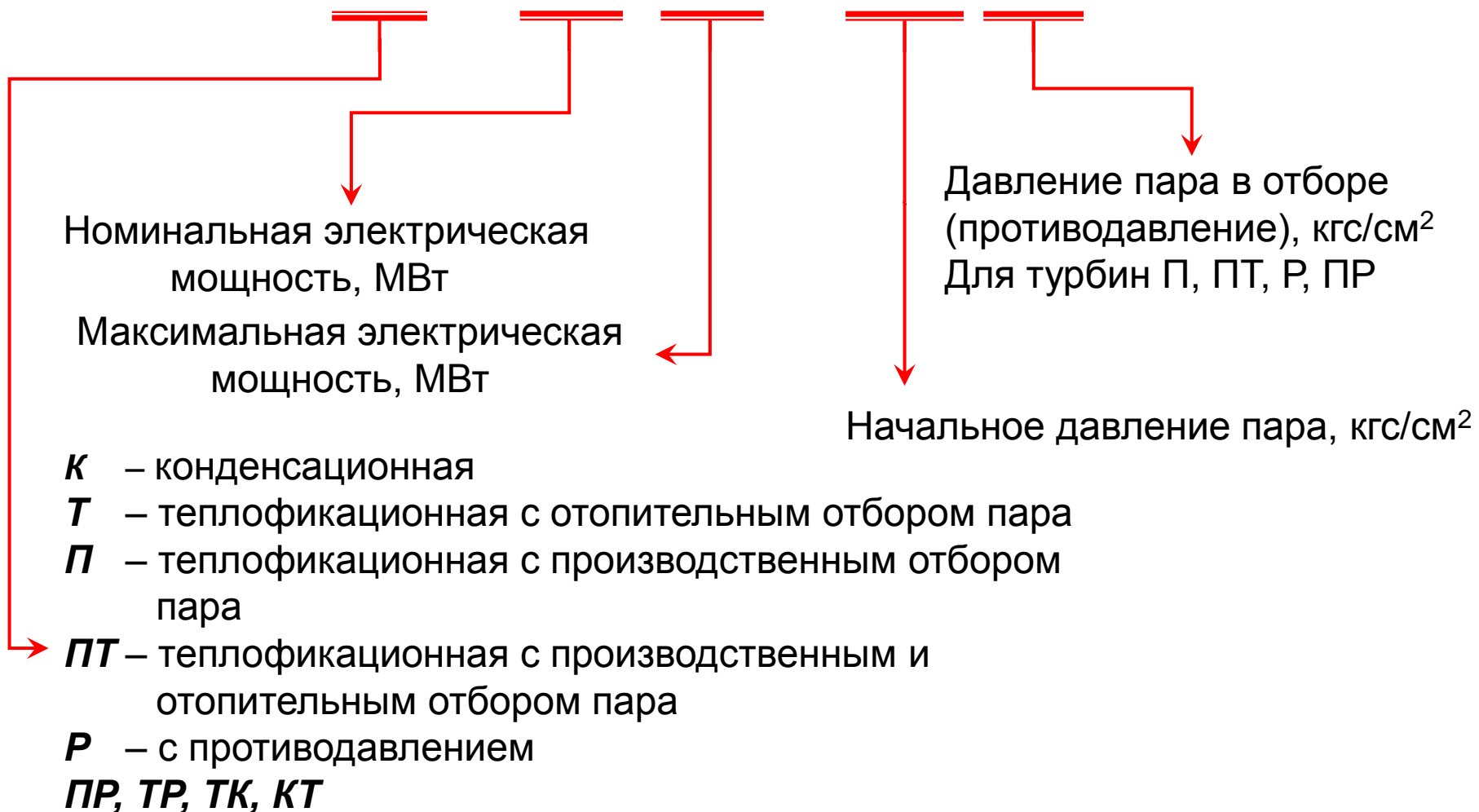


ПТР - турбина



Маркировка паровых турбин

ПТ – 135/165 – 130/15



Маркировка паровых турбин

T-180/210-130

Мощность
ном/макс
в МВт

Давление
 P_0 бар

K-200-130

Мощность
в МВт

Давление
 P_0 бар

ПТ-135/165-130/13

Мощность
ном/макс
в МВт

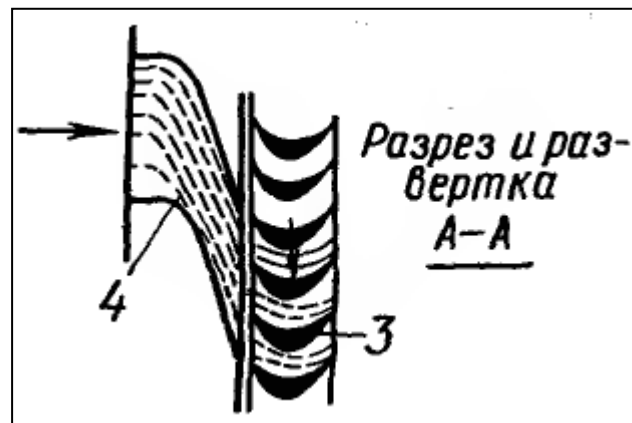
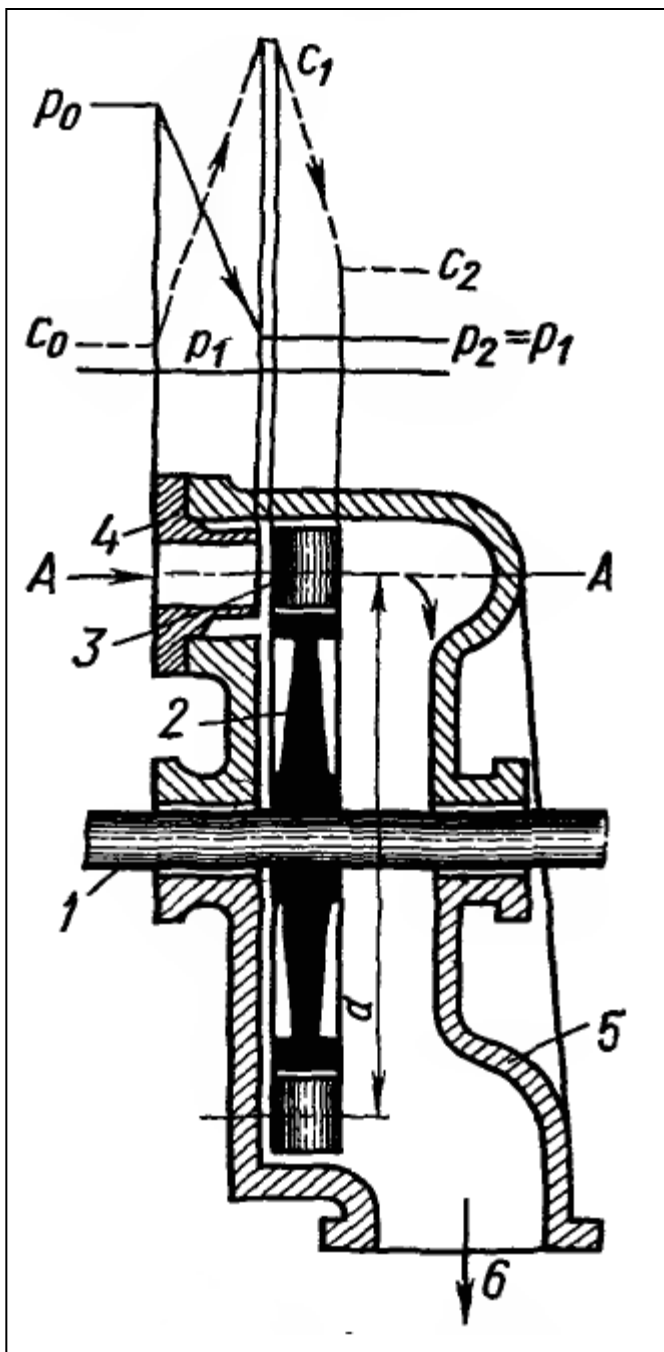
Давление
 P_0 /отб.
бар

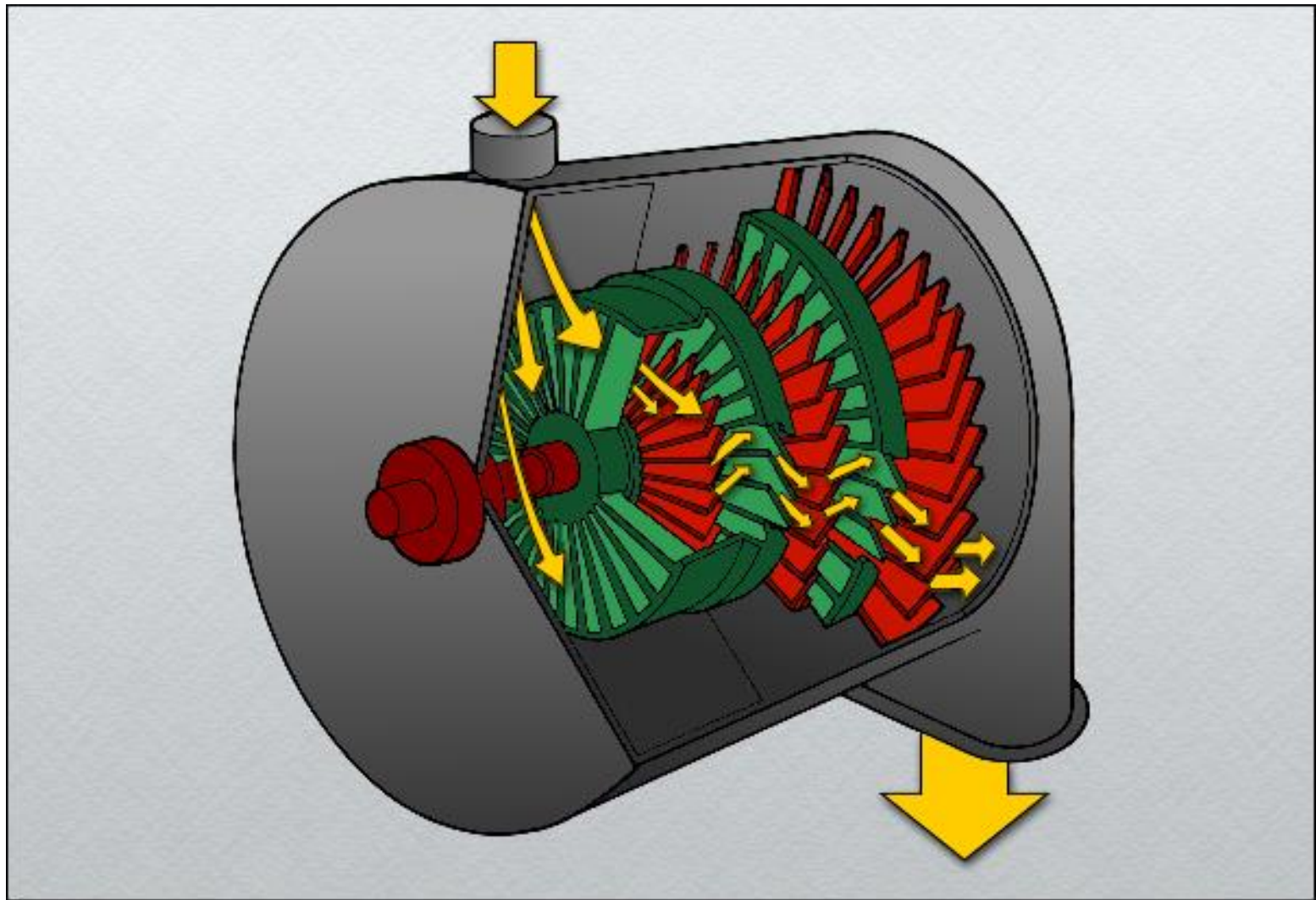
P-12-35/5

Мощность
в МВт

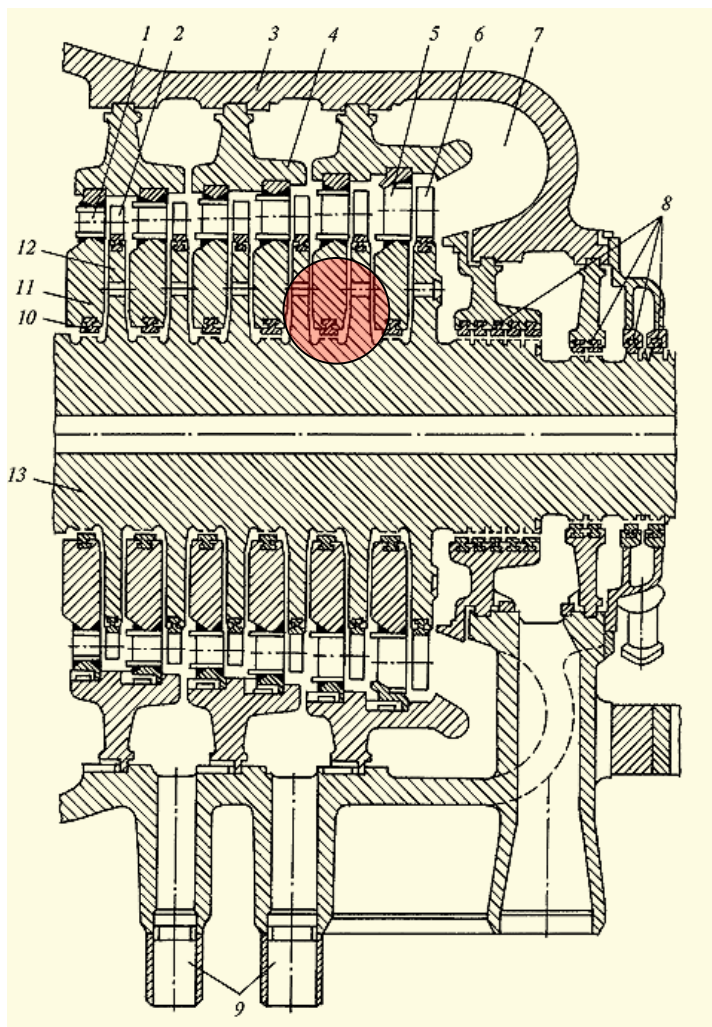
Давление
 P_0 /прот.
бар

Принципиальная конструкция одноступенчатой турбины

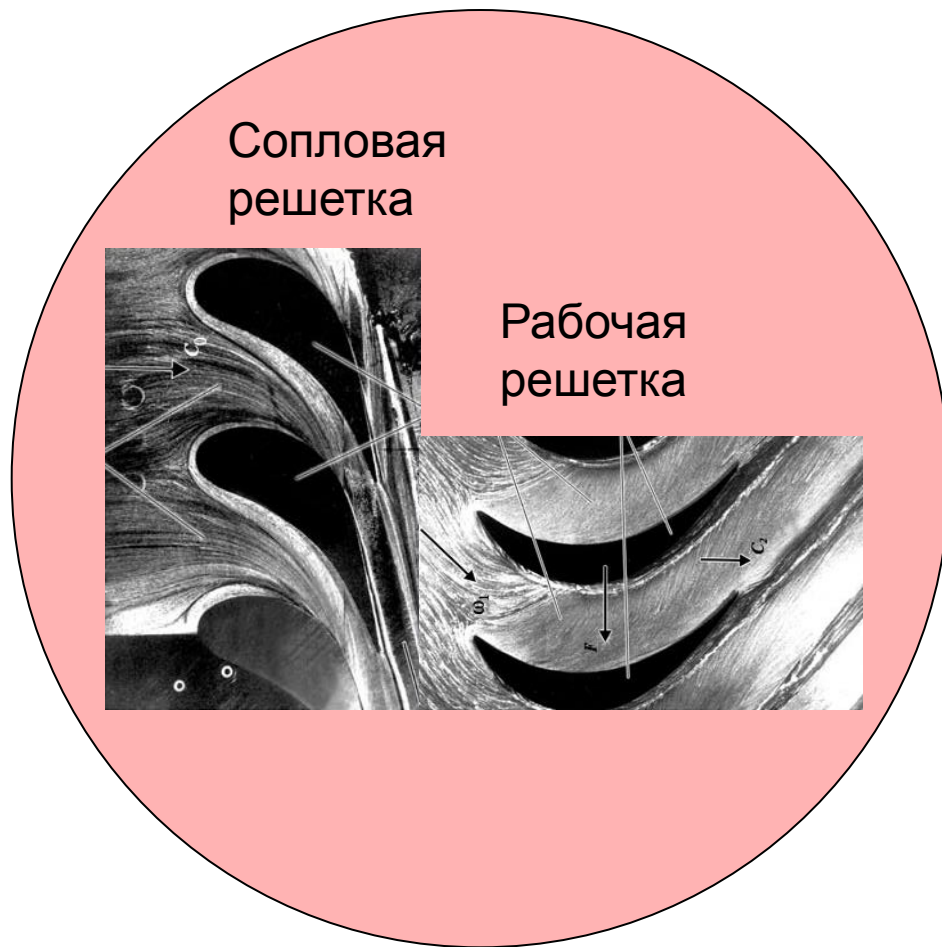




Проточная часть и принцип действия турбины



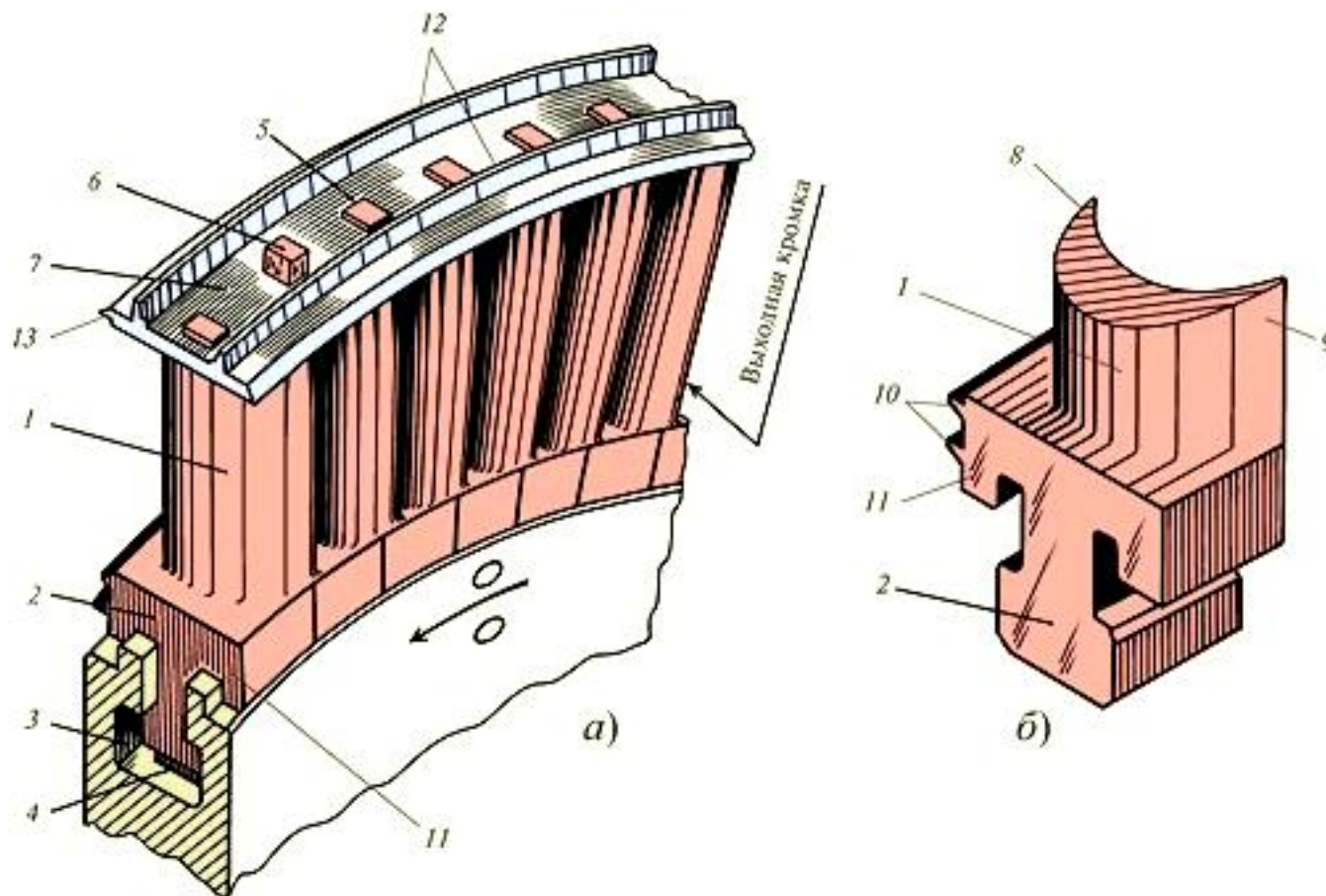
Фрагмент проточной части



Ступень турбины

Конструкция турбины

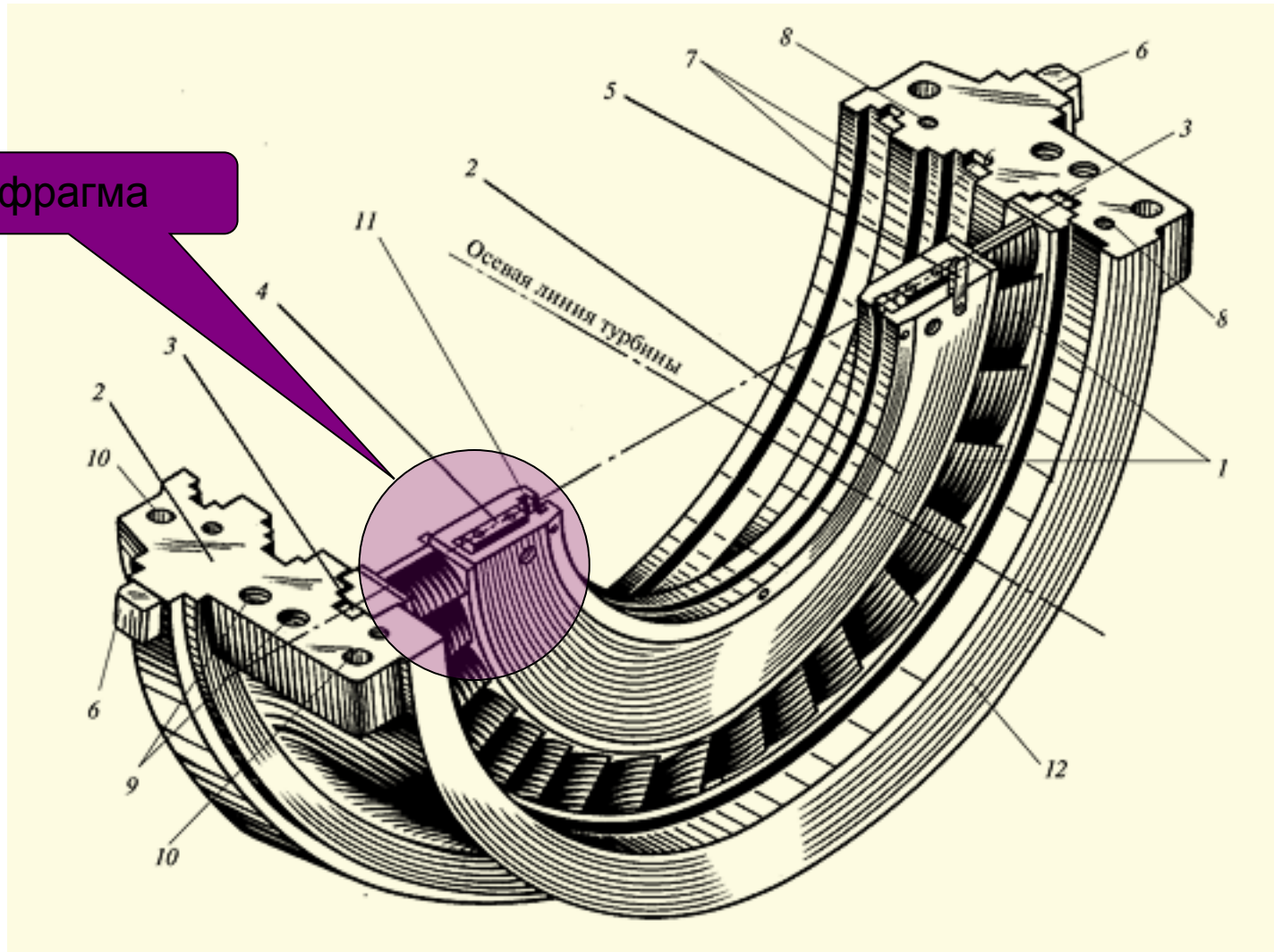
сегмент («сборка») рабочей ступени ЦВД, ЦСД



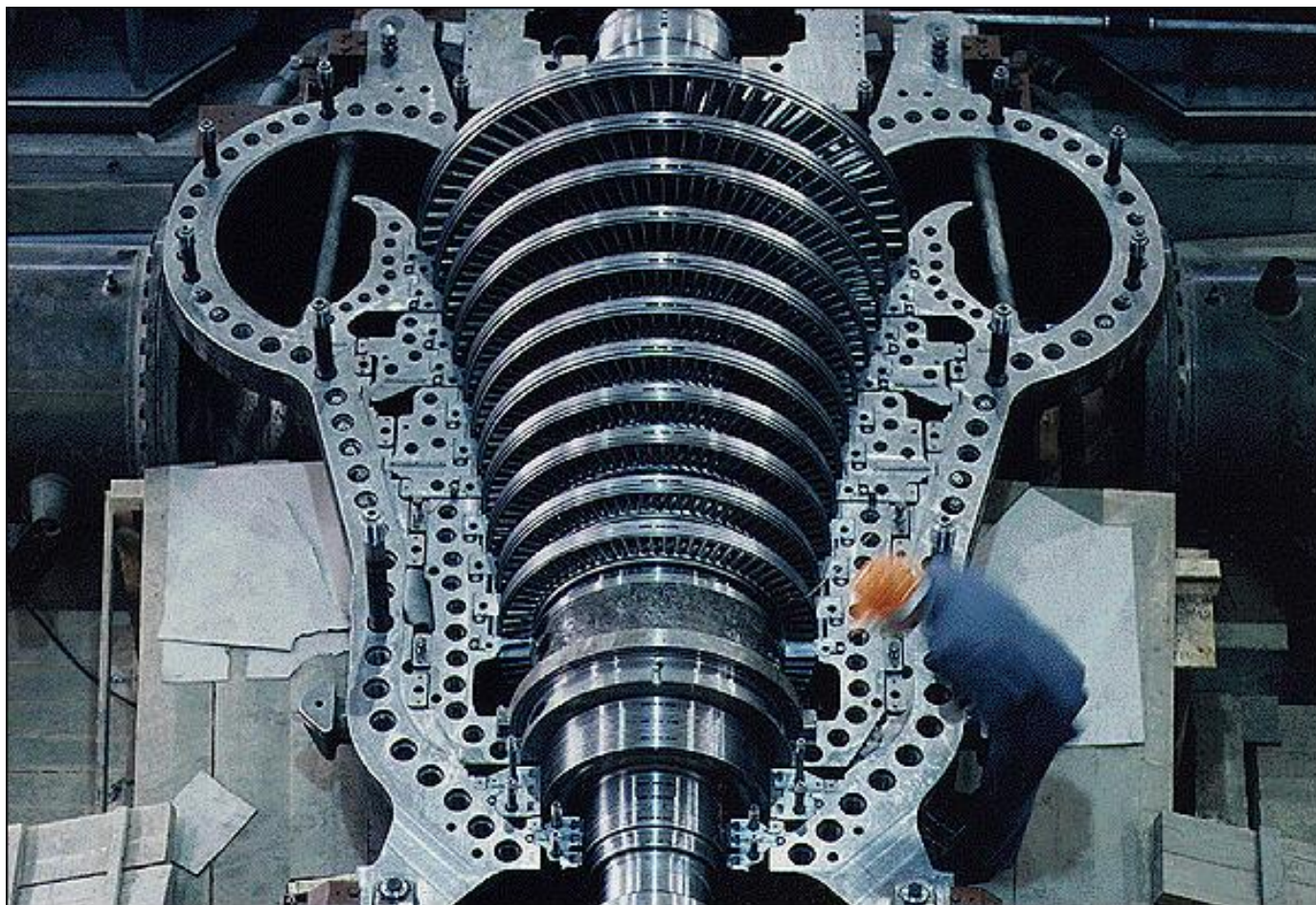
Конструкция турбины

сегмент соплового аппарата ступени ЦВД, ЦСД

Диафрагма

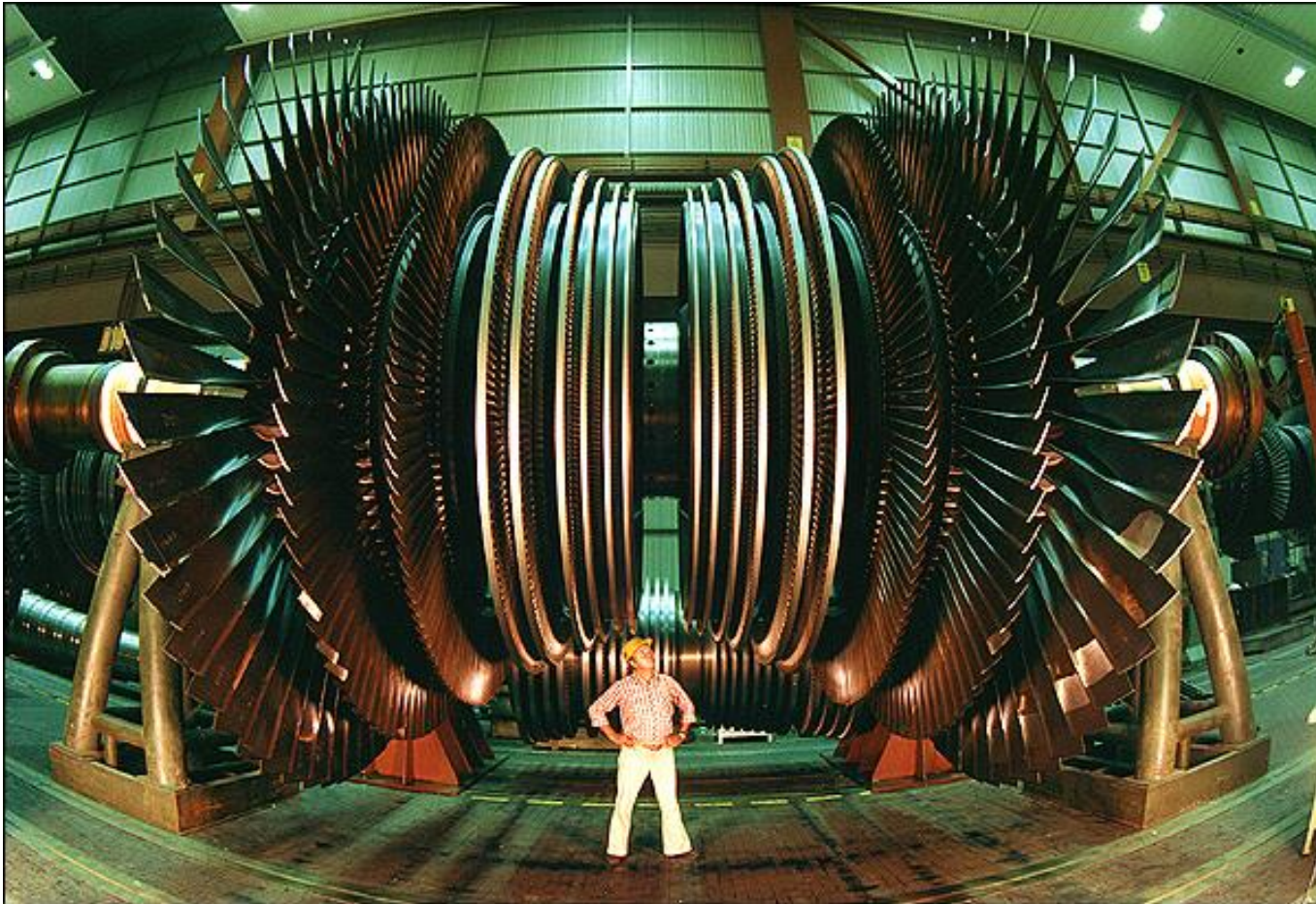


Конструкция турбины



Конструкция турбины

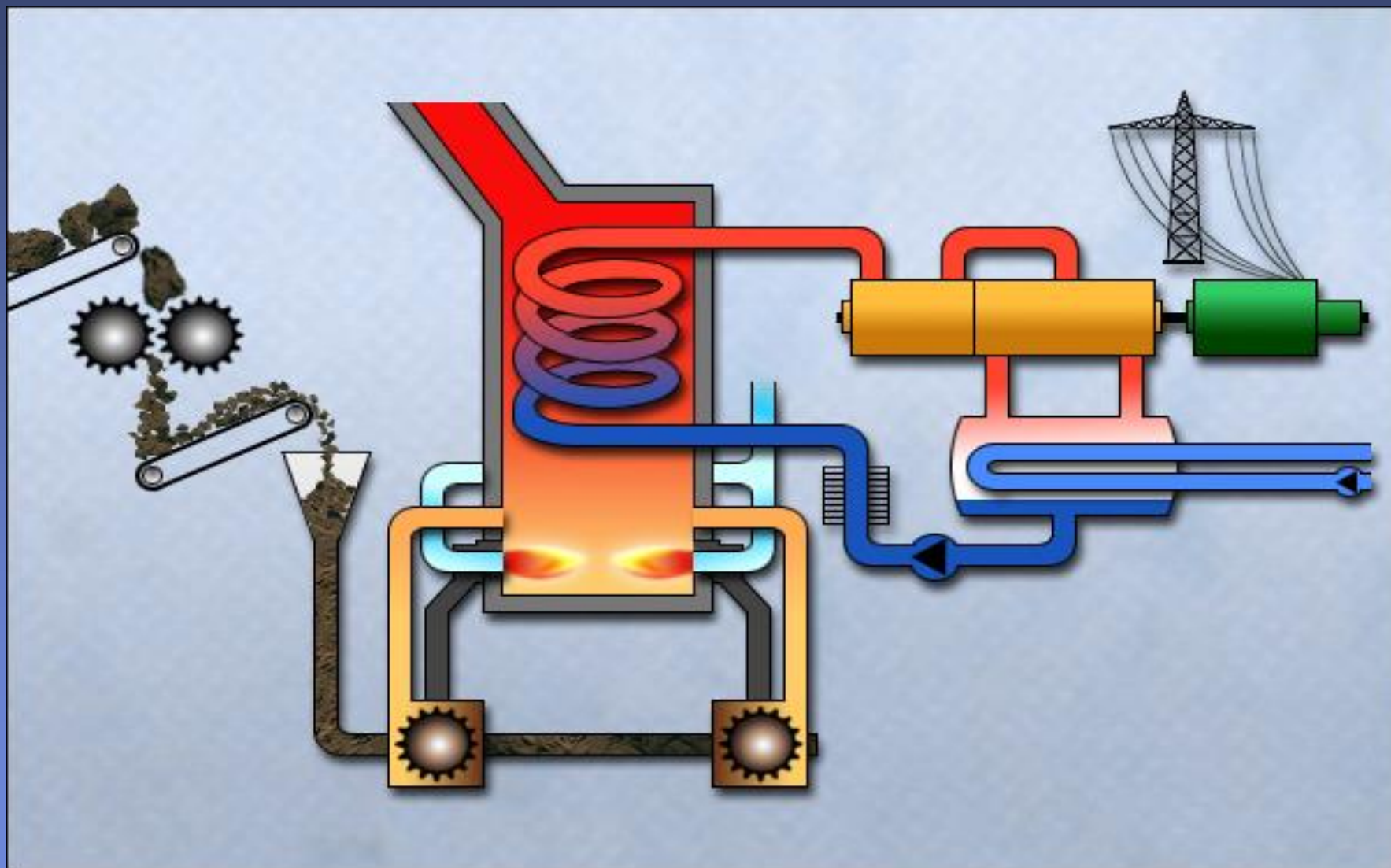
ротор ЦНД



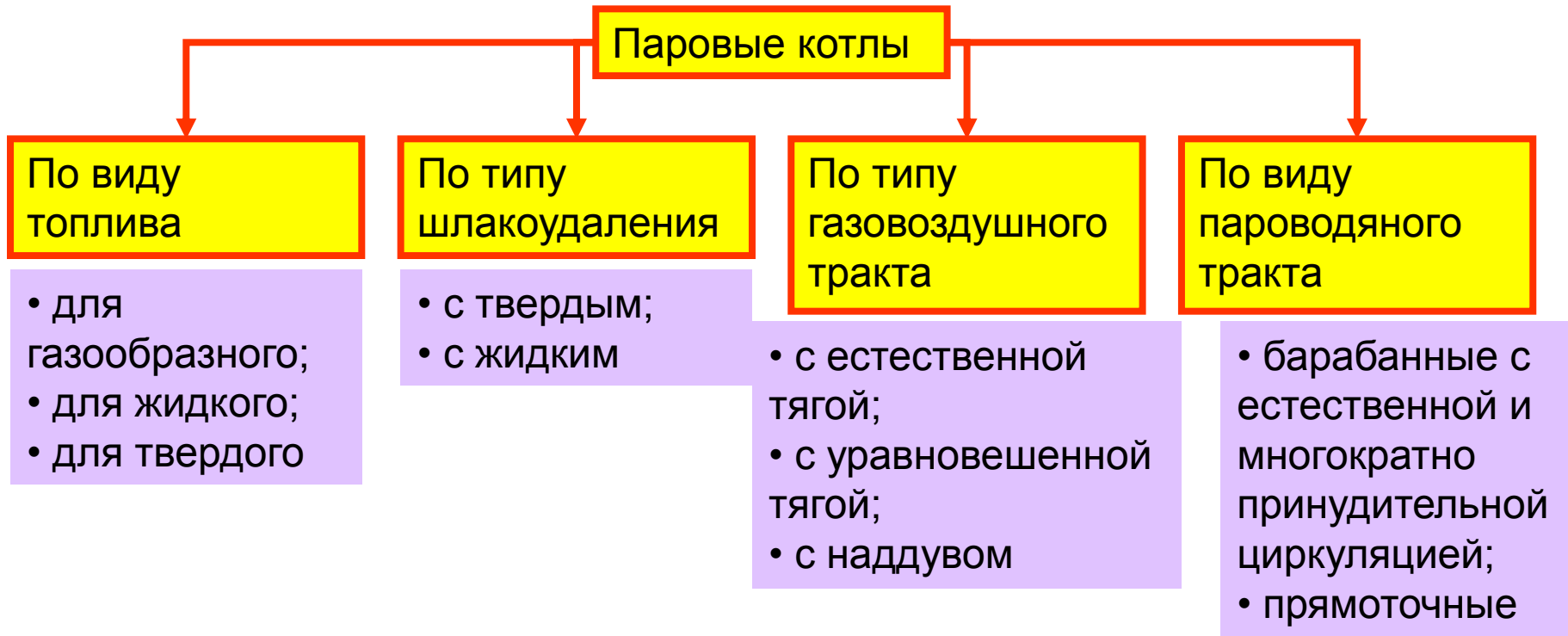


Турбинный цех

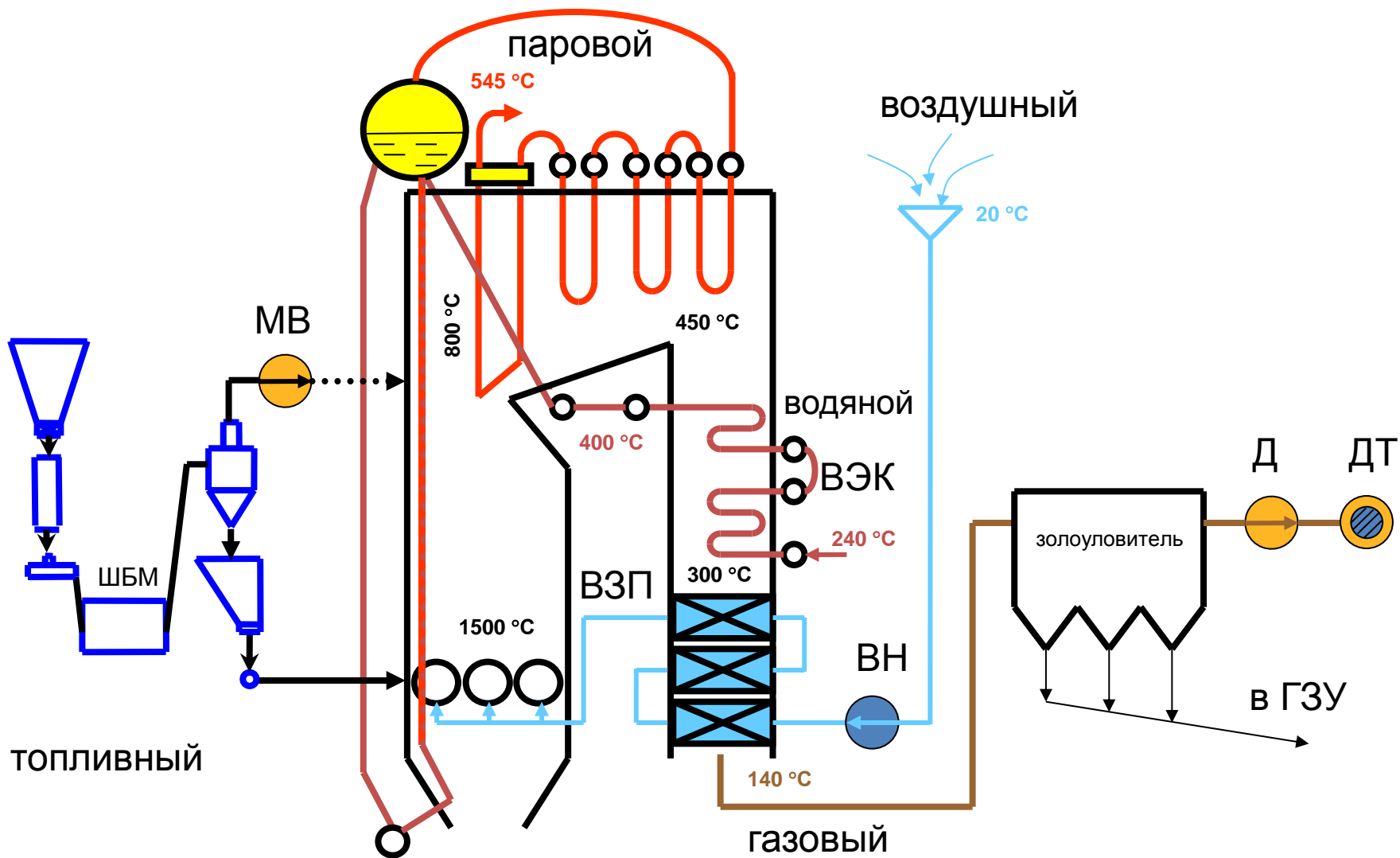
Паровые котлы



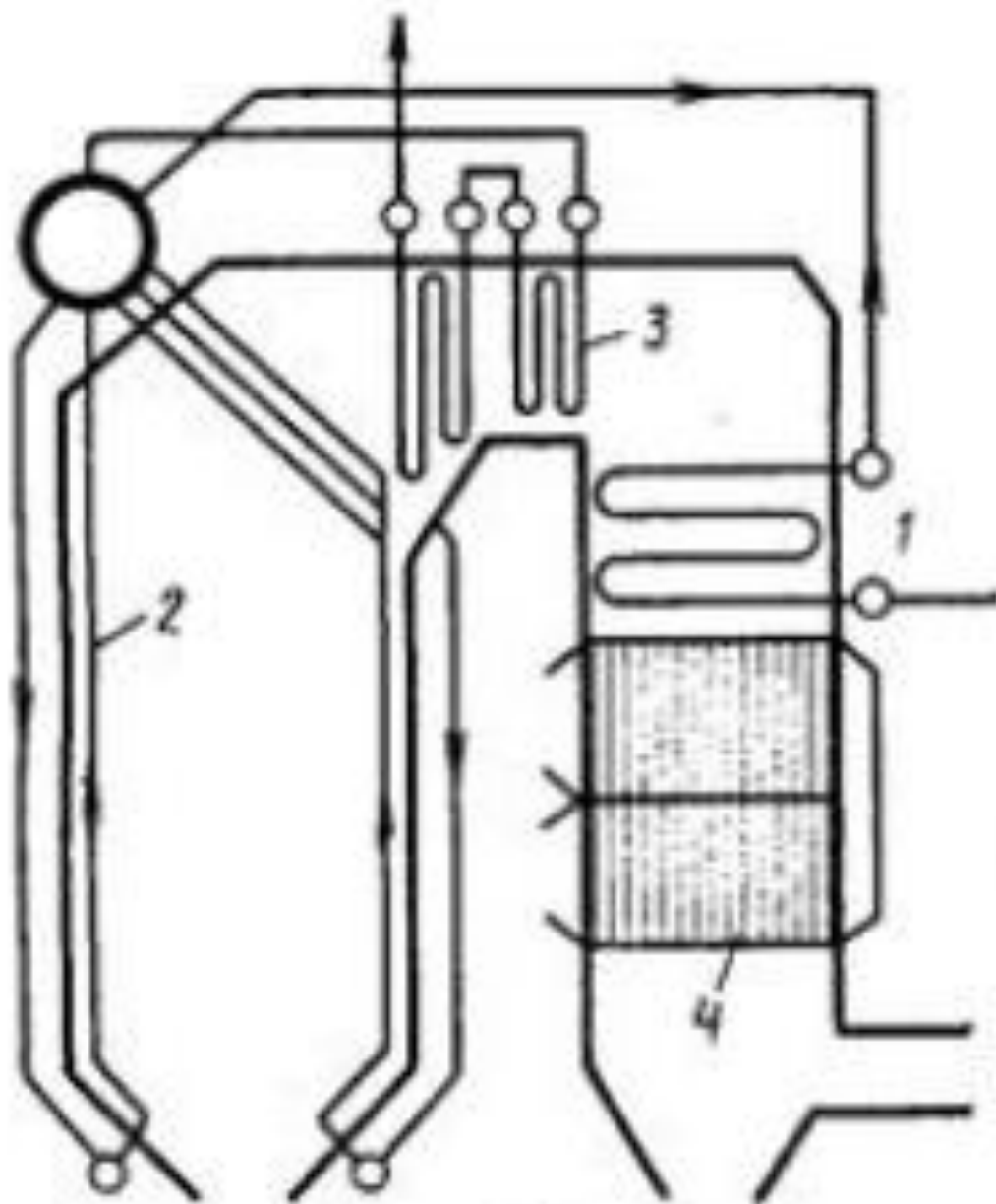
Классификация паровых котлов



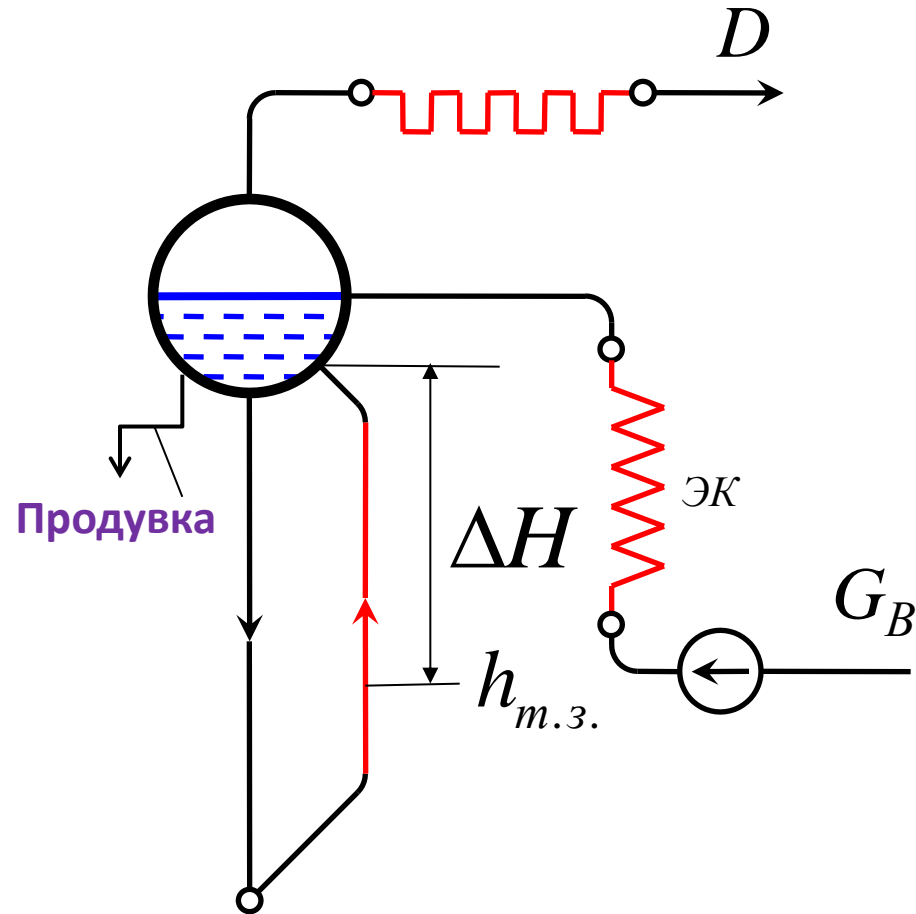
Тракты парового котла



Барабанный котел с естественной циркуляцией



Контур естественной циркуляции



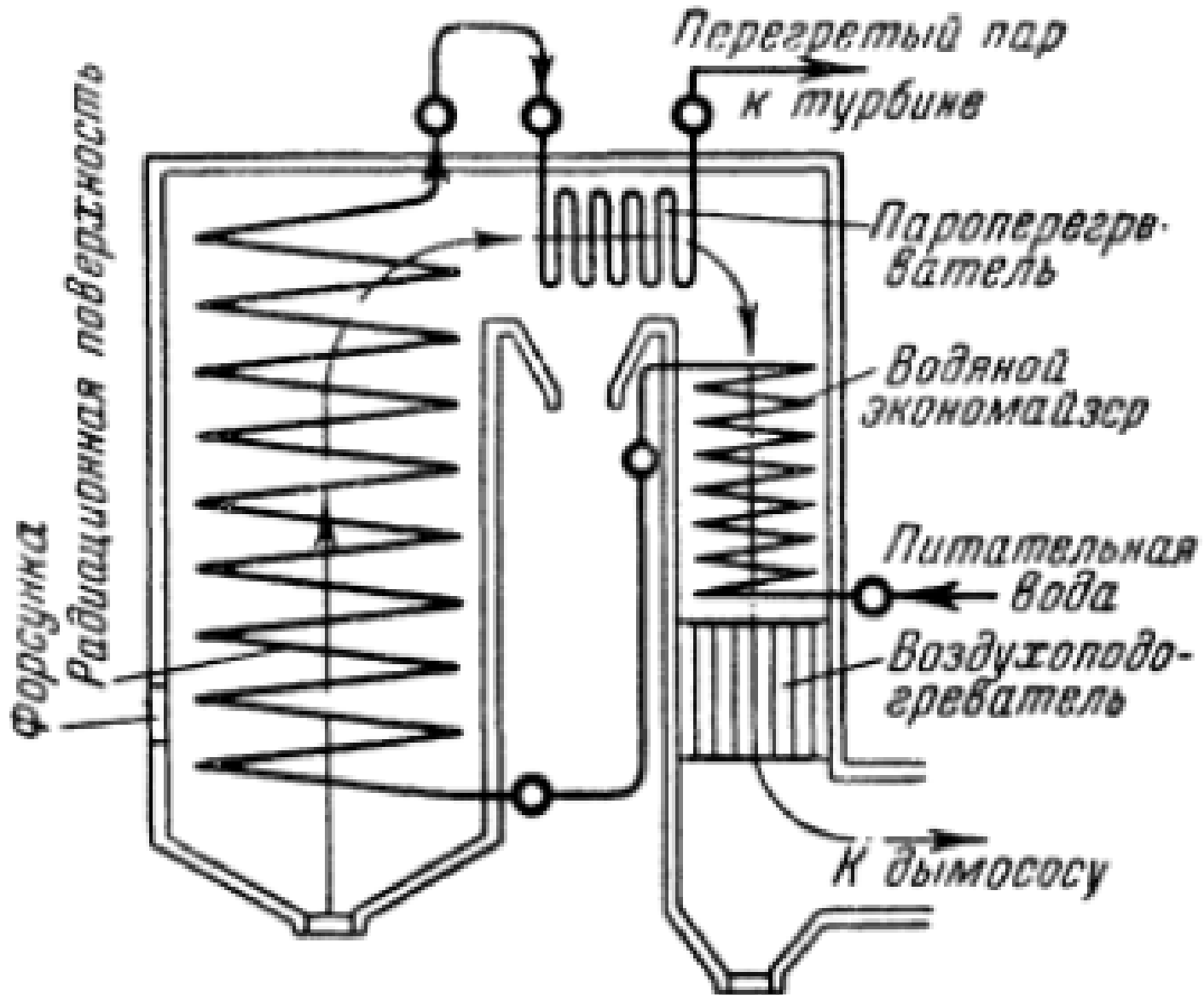
Кратность циркуляции

$$k = G_B / D$$

Движущий напор

$$\Delta p_{\text{дв}} = \Delta H \cdot g \cdot (\rho_B - \bar{\rho}_{\text{см}})$$

Барабанный котел прямоточный

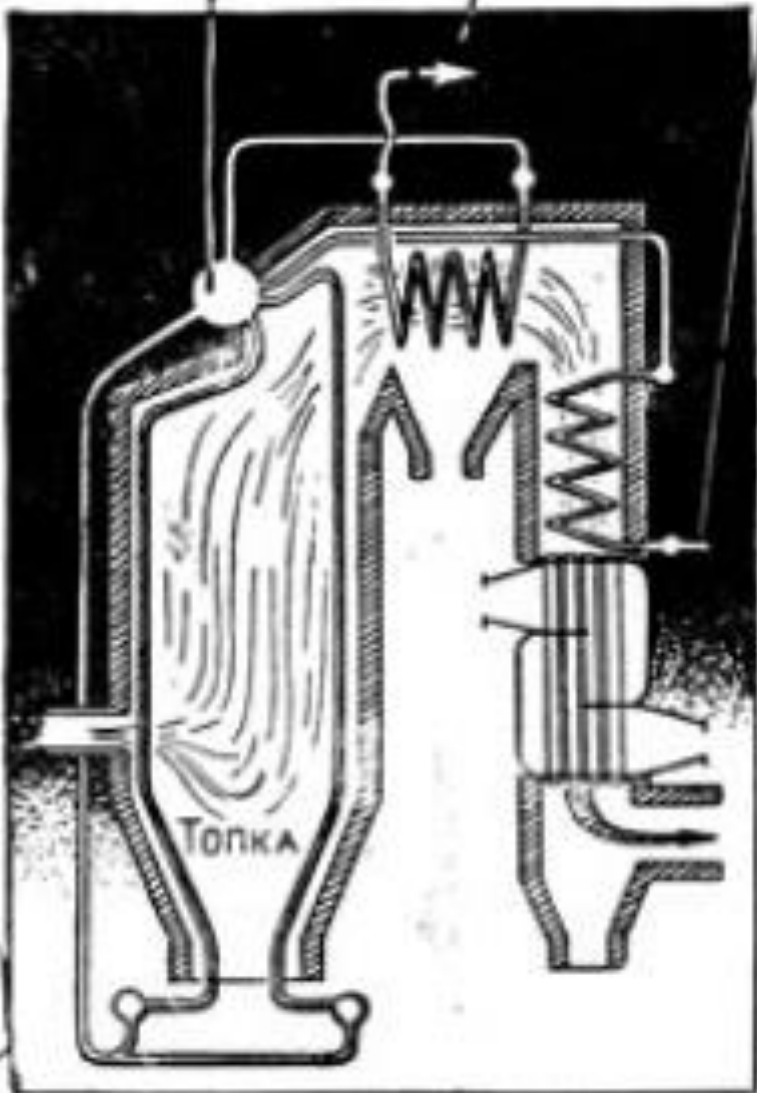


БАРАБАН

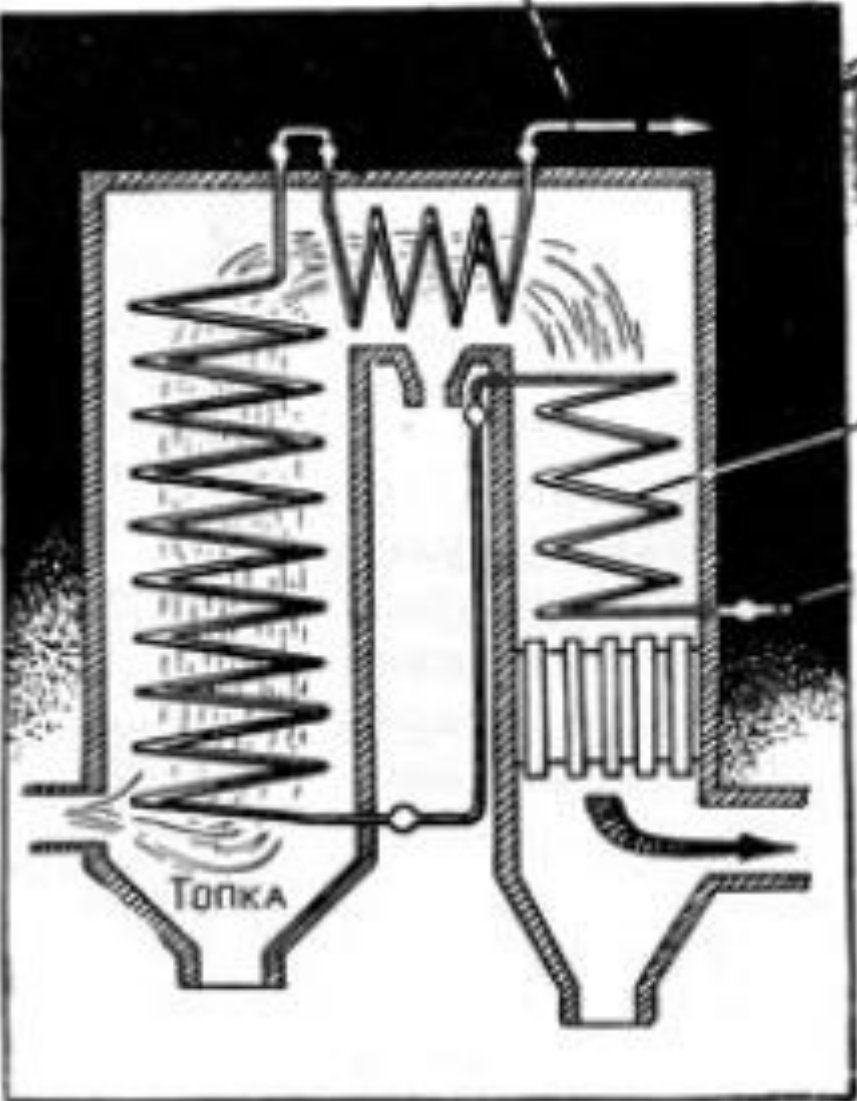
ПАР К ТУРБИНАМ

ПАР К ТУРБИНАМ

ПИТАТЕЛЬНАЯ ВОДА

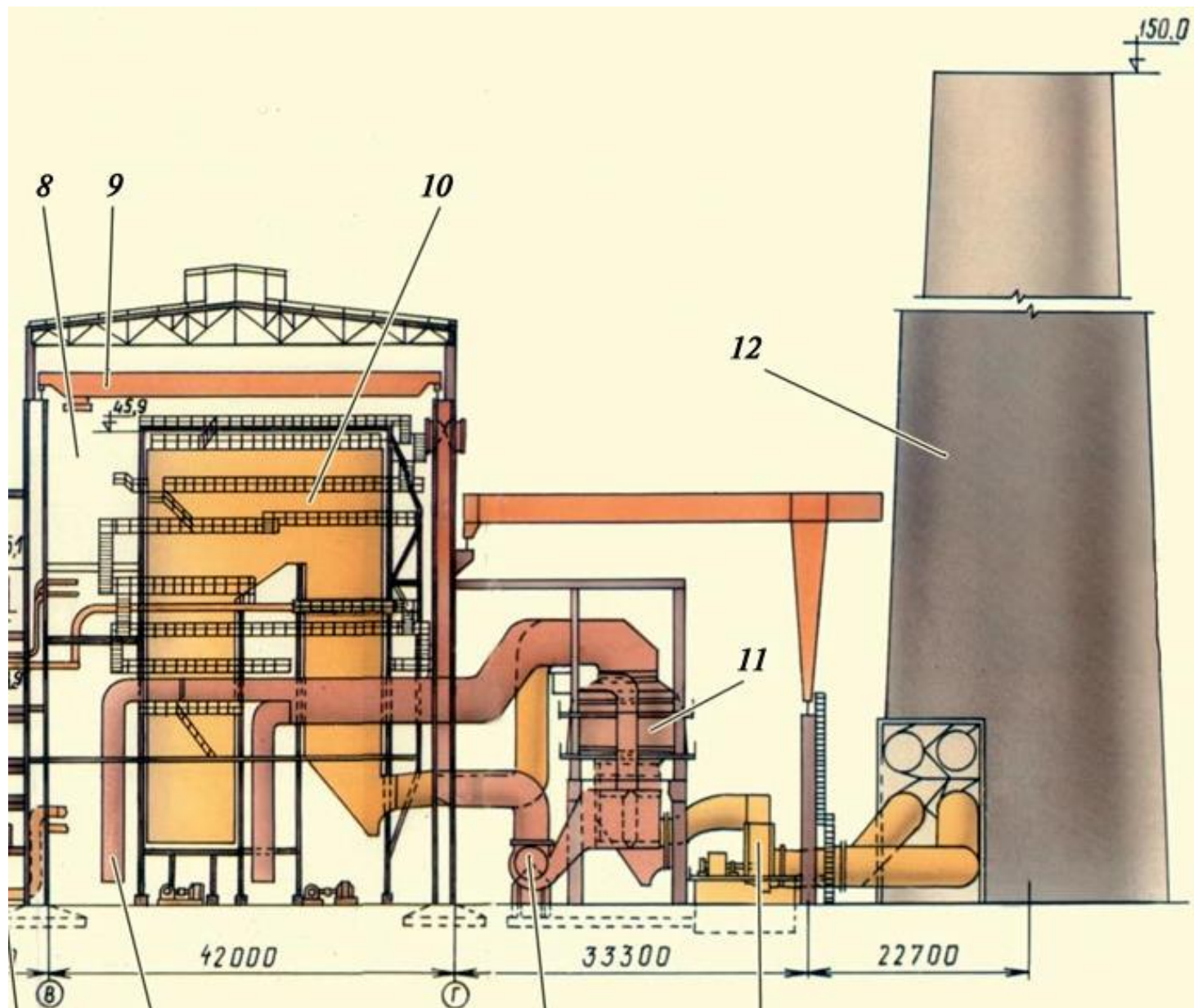


БАРАБАНЫЙ КОТЕЛ

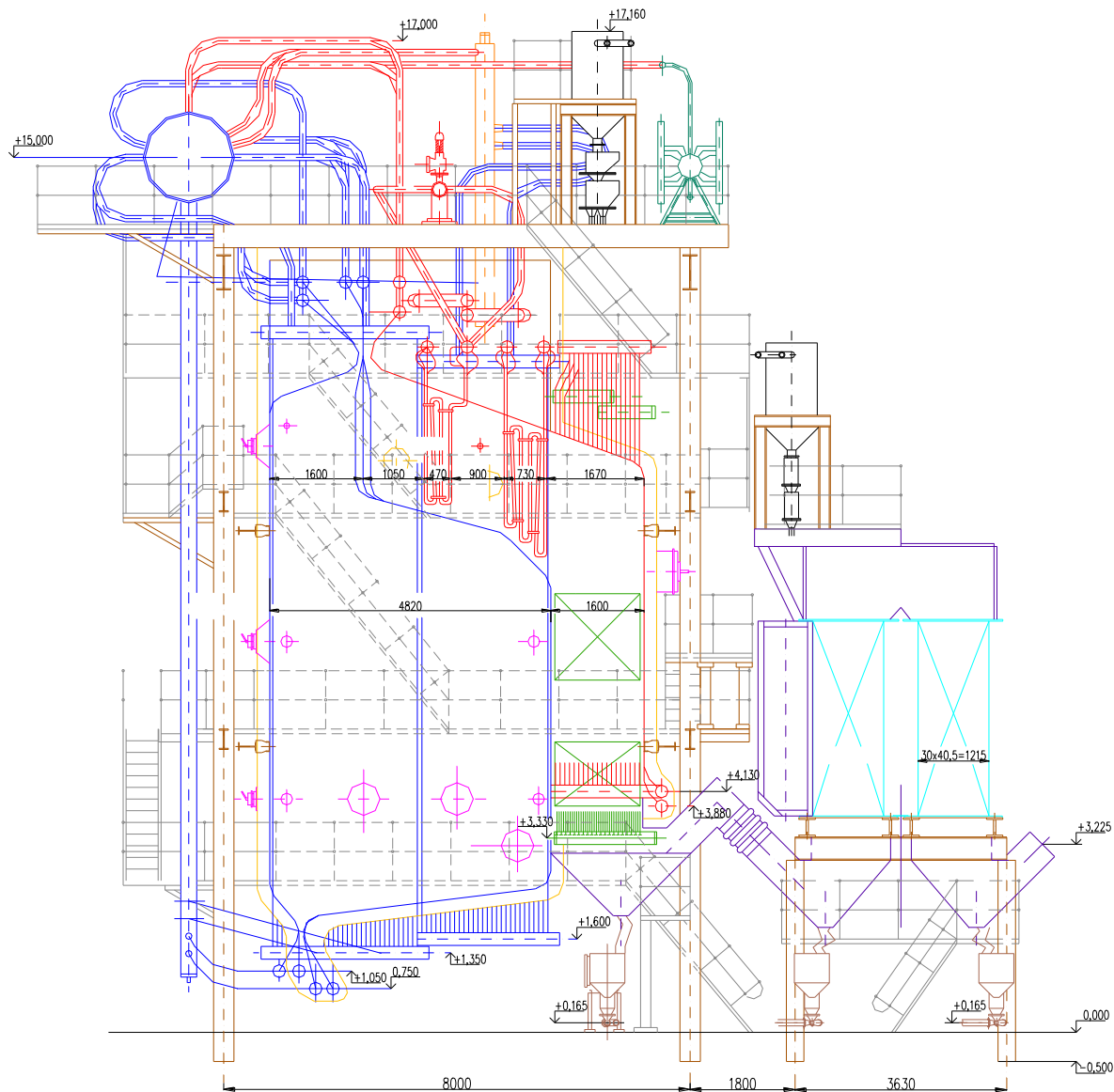


ПРЯМОТОЧНЫЙ КОТЕЛ

Размещение котла с системами в главном корпусе



Продольный разрез котла Е-75-3,9-440 ГМ (БКЗ-75-39)



Основные типы котлов

Тип котла	D_0 , т/ч	P_0 , МПа	t_0 , град . С	$t_{пп.}$, град . С	$t_{пв.}$, град . С
Е	(160), 220	9,8	540	-	215
	(210), 320, 420, 500, 820	13,8	560	-	230
Еп, Пп	670	13,8	545	545	240
Пп*	1800	13,8	515	515	240
Пп, Кп	1000, 1650, 2650, 3950	25,0	545	542	270

Е – с естественной циркуляцией;

П – прямоточные;

К – с комбинированной циркуляцией;

п – с промежуточным перегревом;

* - все значения уточняются при проектировании

Обозначения (маркировка) котлов

Пп-2650-25-545/567КТ

П – прямоточный;
Е – с естественной циркуляцией;
К – с комбинированной циркуляцией

Промперегрев
есть

Паропроизводительность в т/ч

Давление
острого
пара в
МПа

Температура
острого пара в °С

Температура
пара
промежпрегрева,
°С

К – каменный уголь ;
Б – бурый уголь;
С – сланцы;
М – мазут;
Г – газ;

Т – твердое
шлакоудаление
(камерная топка);
Ж – жидкое
шлакоудаление;
В – вихревая
топка;
Ц – циклонная
топка;
Ф – топка с
кипящим слоем