

ТЕПЛОВЫЕ СХЕМЫ ТЭС

- Принципиальные тепловые схемы (ПТС)
- Полные (развернутые) тепловые схемы (РТС)

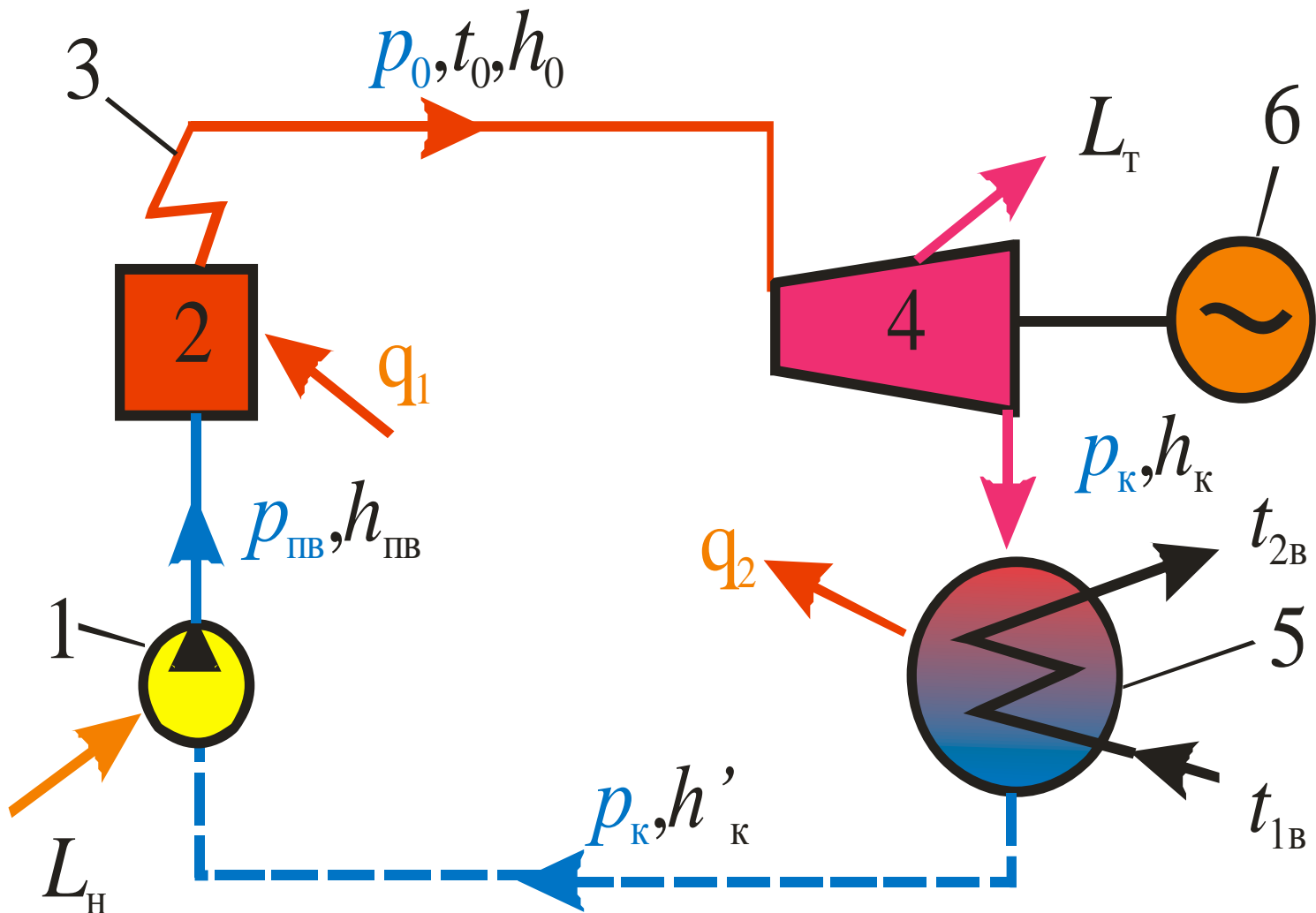
Принципиальная схема отражает технологический процесса преобразования тепловой энергии на ЭС.

ПТС включает основное и вспомогательное оборудование, входящее в состав **пароводяного тракта** ЭС.

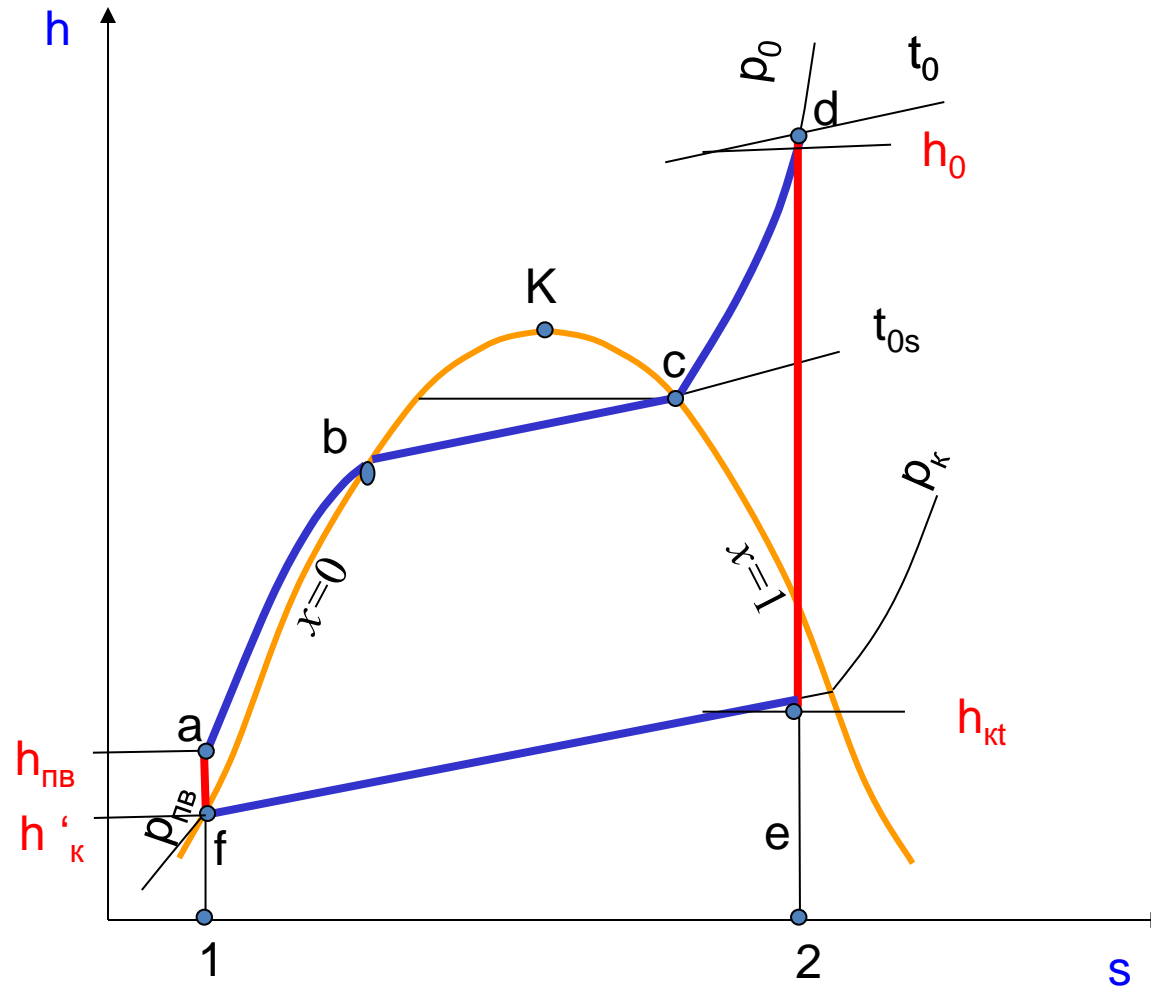
ПТС изображается как **одноагрегатная и однолинейная** — каждый элемент данного рода показывается один раз.

Полная (развернутая) тепловая схема включает все агрегаты — рабочие и резервные, трубопроводы со всеми параллельными «нитками», арматуру, пусковые устройства.

Схема простейшей идеальной паротурбинной установки



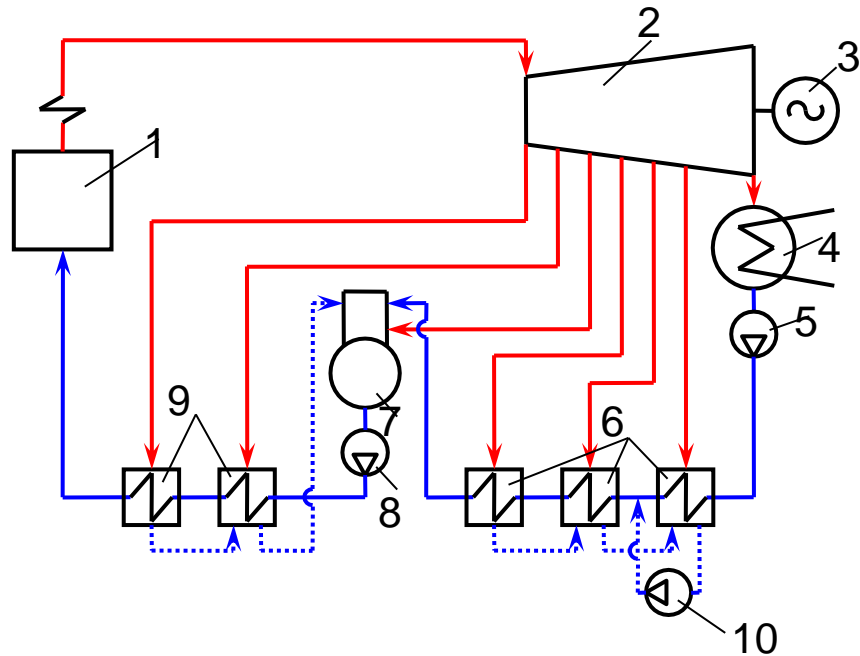
Цикл простейшей идеальной паротурбинной установки в h,s -диаграмме



$$\eta_t = \frac{L_T - L_H}{q_1} = \frac{q_1 - q_2}{q_1}$$

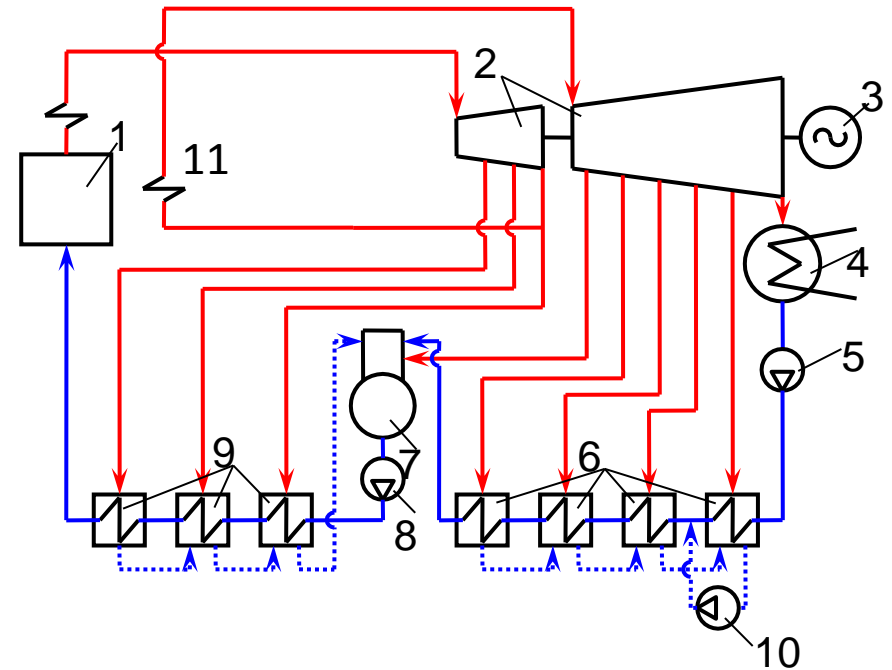
Принципиальные тепловые схемы КЭС

1. КЭС без промежуточного перегрева



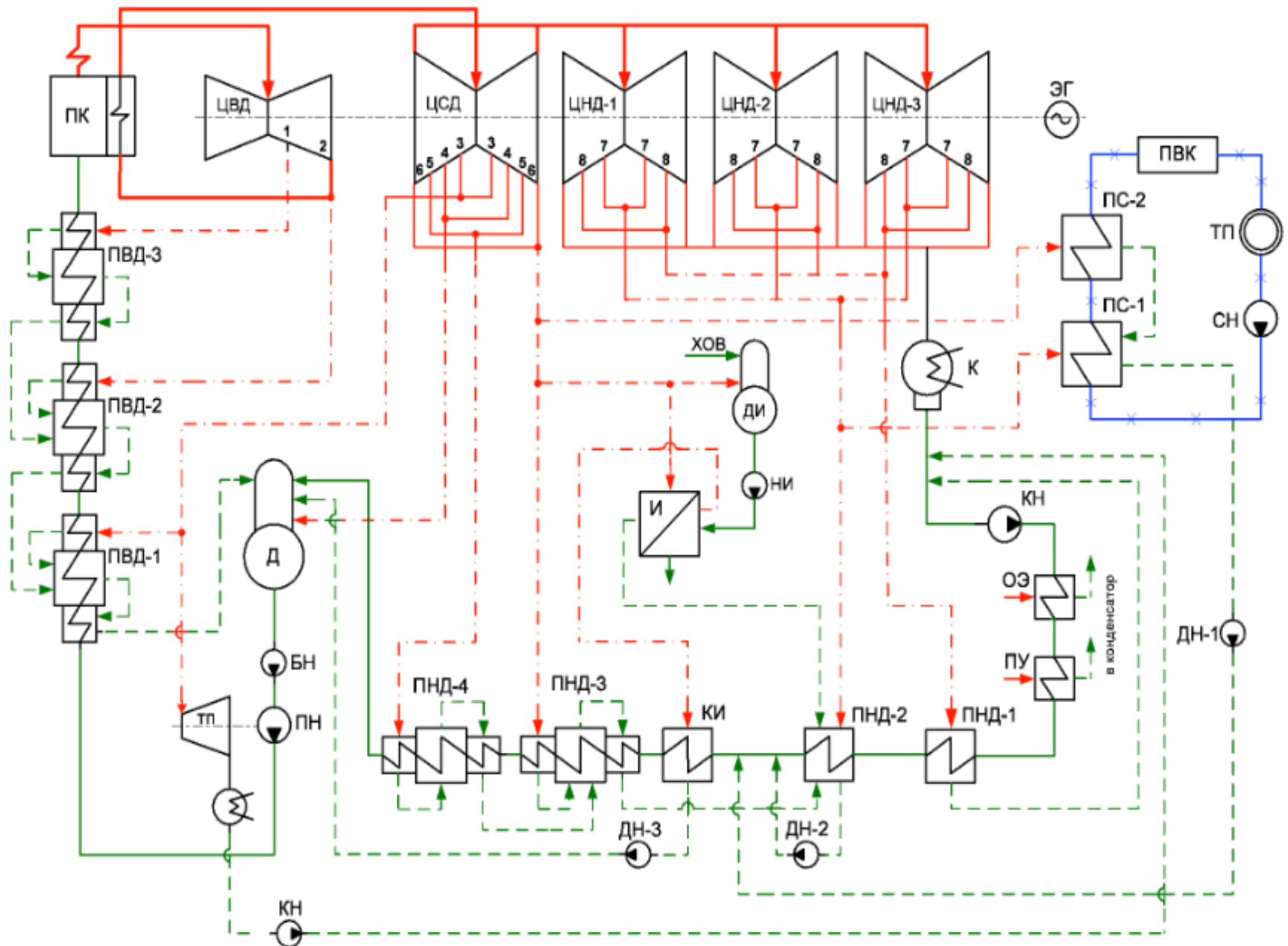
- 1 – паровой котел;
- 2 – паровая турбина;
- 3 – электрический генератор;
- 4 – конденсатор;
- 5 – конденсатный насос;
- 6 – подогреватели низкого давления;

2. КЭС с промежуточным перегревом



- 7 – деаэрактор;
- 8 – питательный насос;
- 9 – подогреватели высокого давления;
- 10 – дренажный насос;
- 11 – промежуточный пароперегреватель

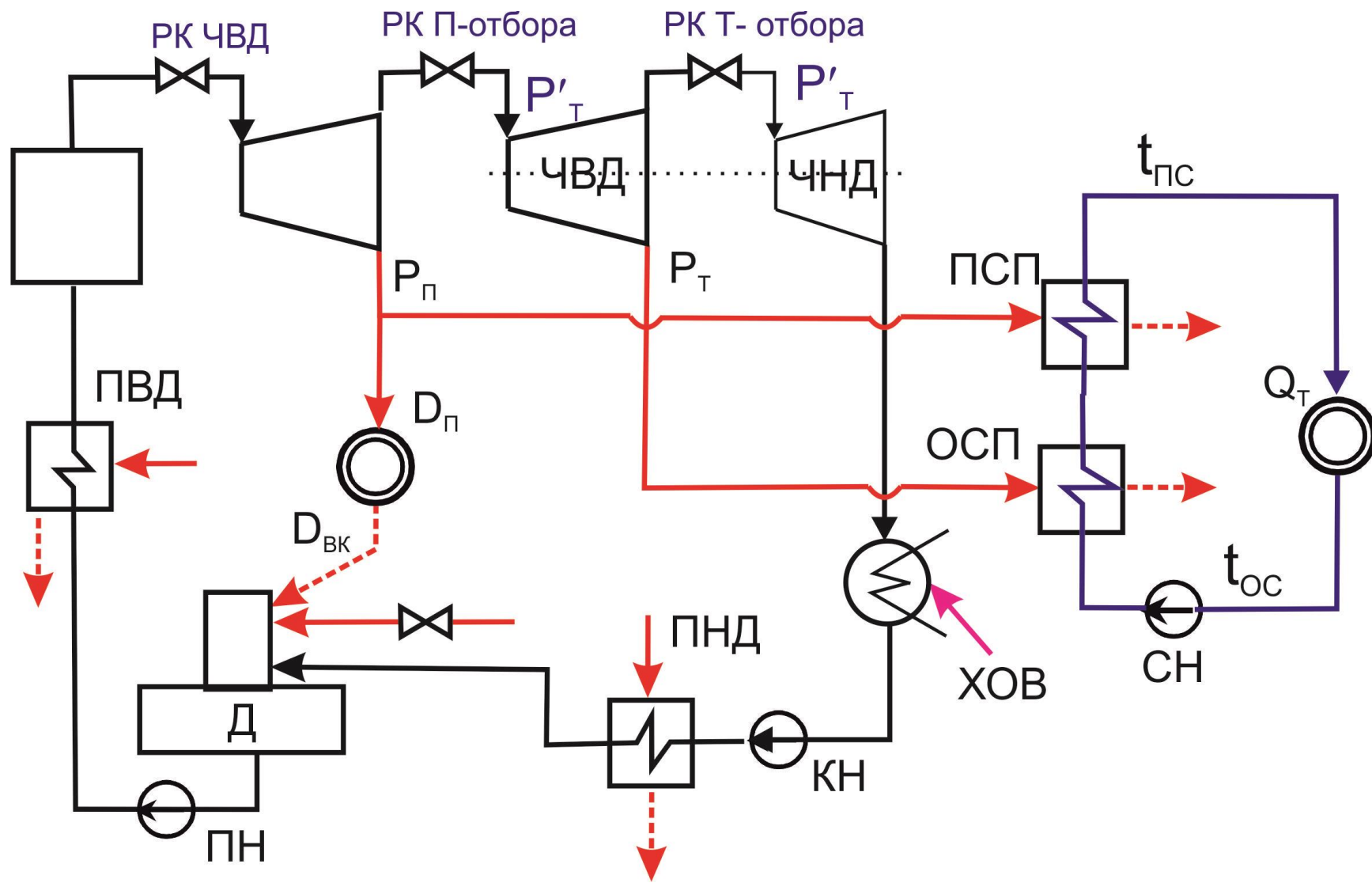
Принципиальная тепловая схема энергоблока К-800-240



Тепловые схемы ПТУ с отпуском теплоты

I. Турбины с регулируемыми т/ф отборами

I.A. Турбина типа ПТ-



**II.A. Турбина типа Т-
(двухступенчатая сетевая установка)**

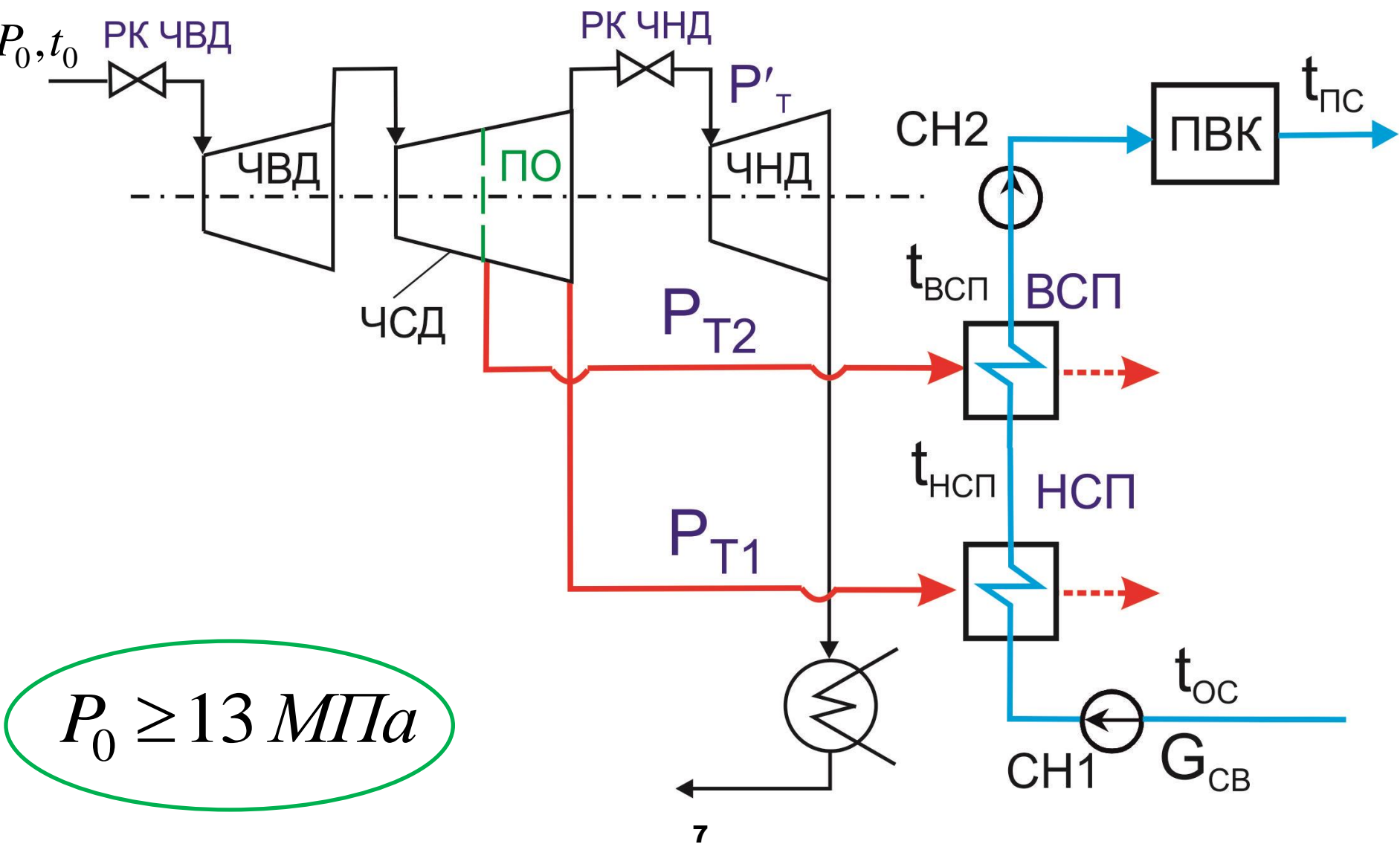
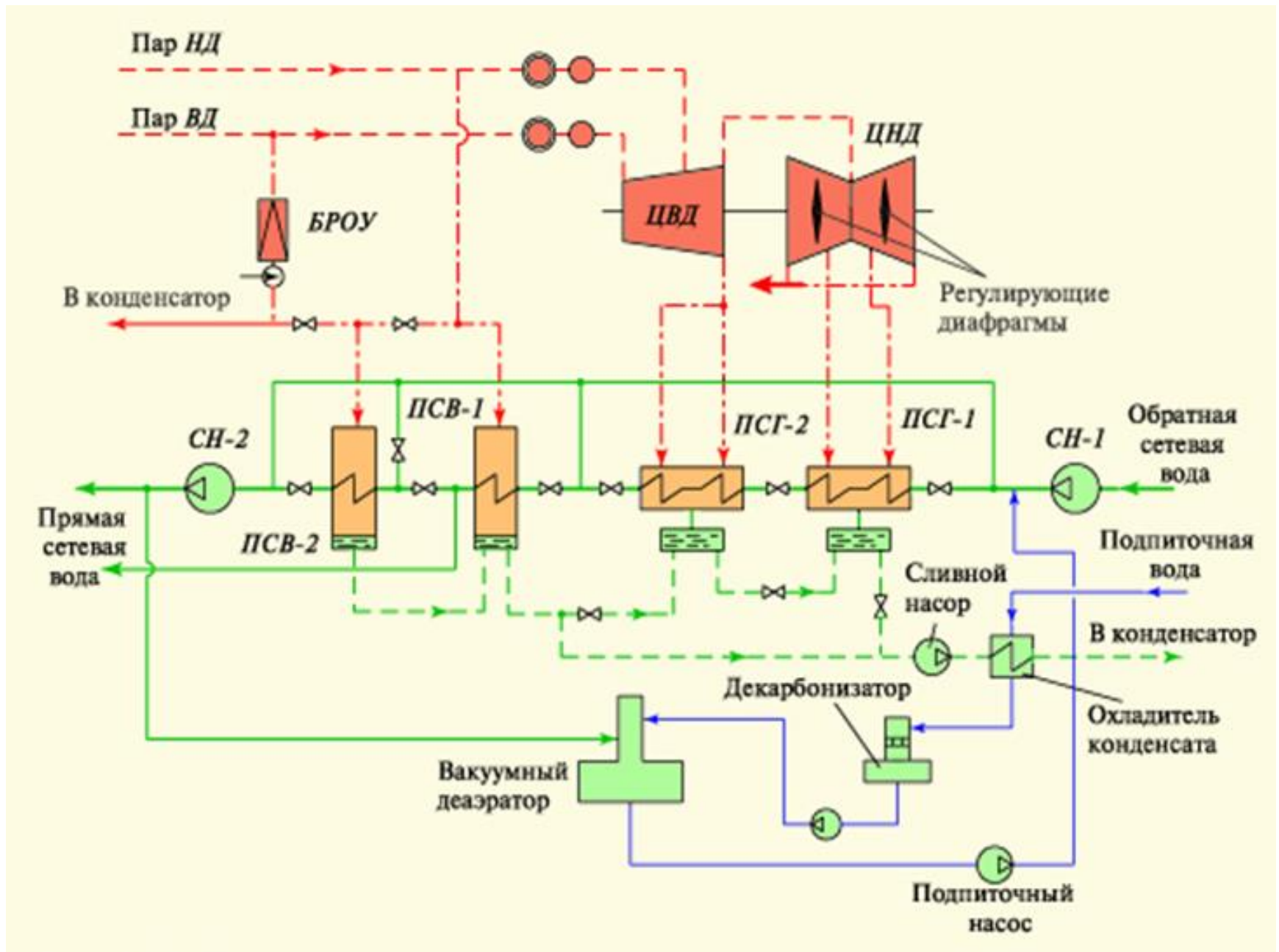
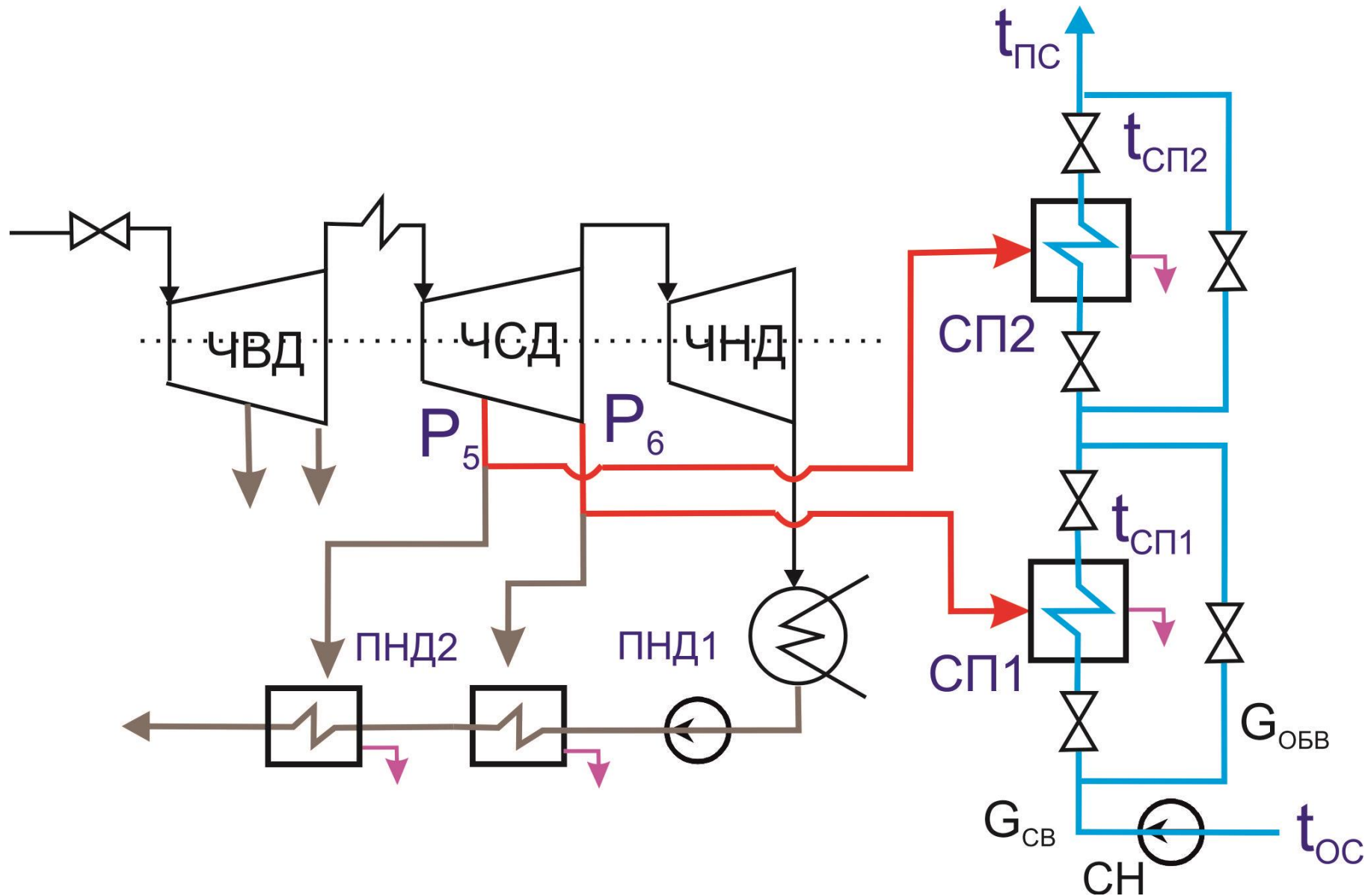


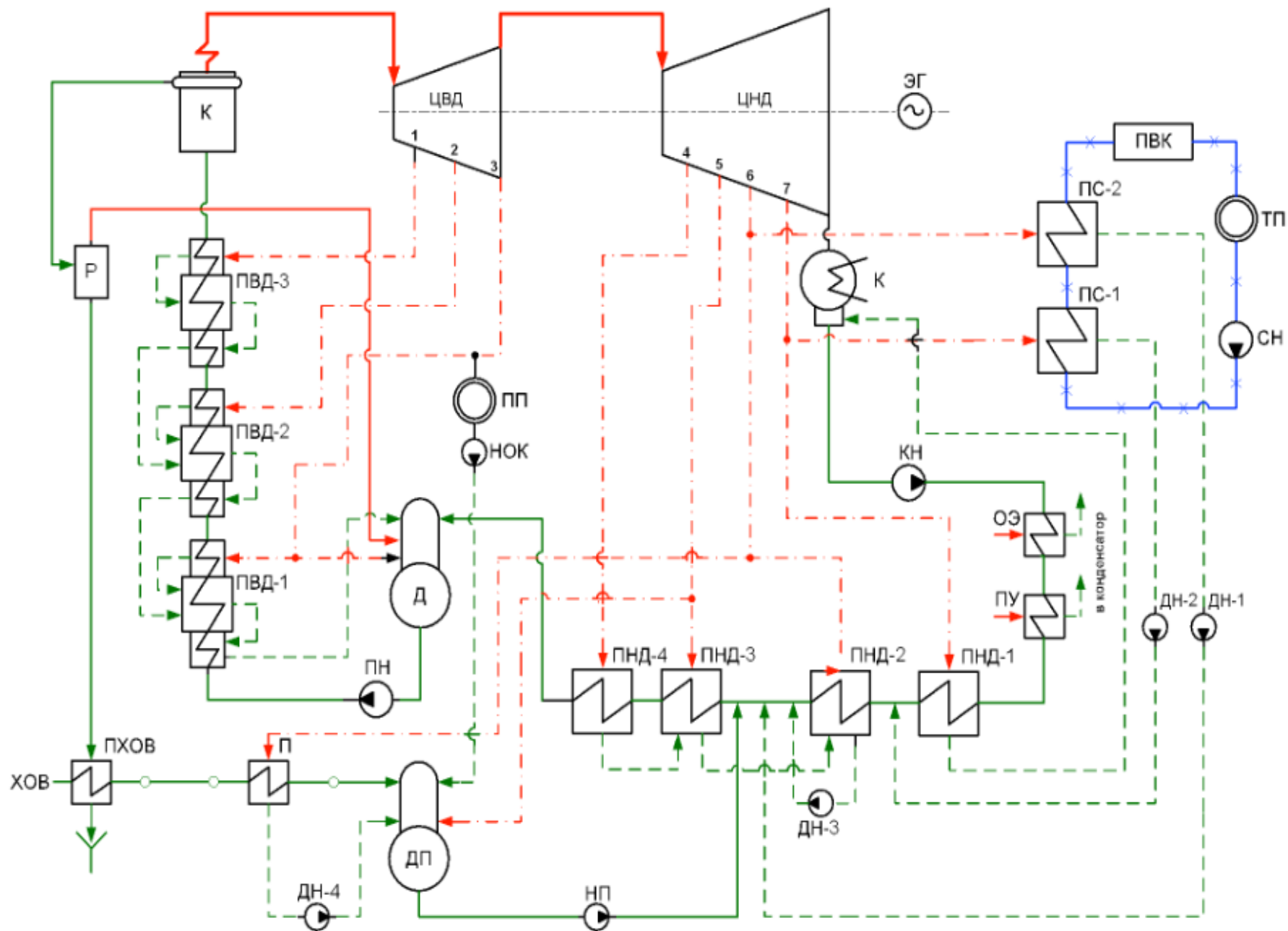
Схема отпуска теплоты от турбины типа Т-



II. Конденсационные турбины с нерегулируемыми отборами

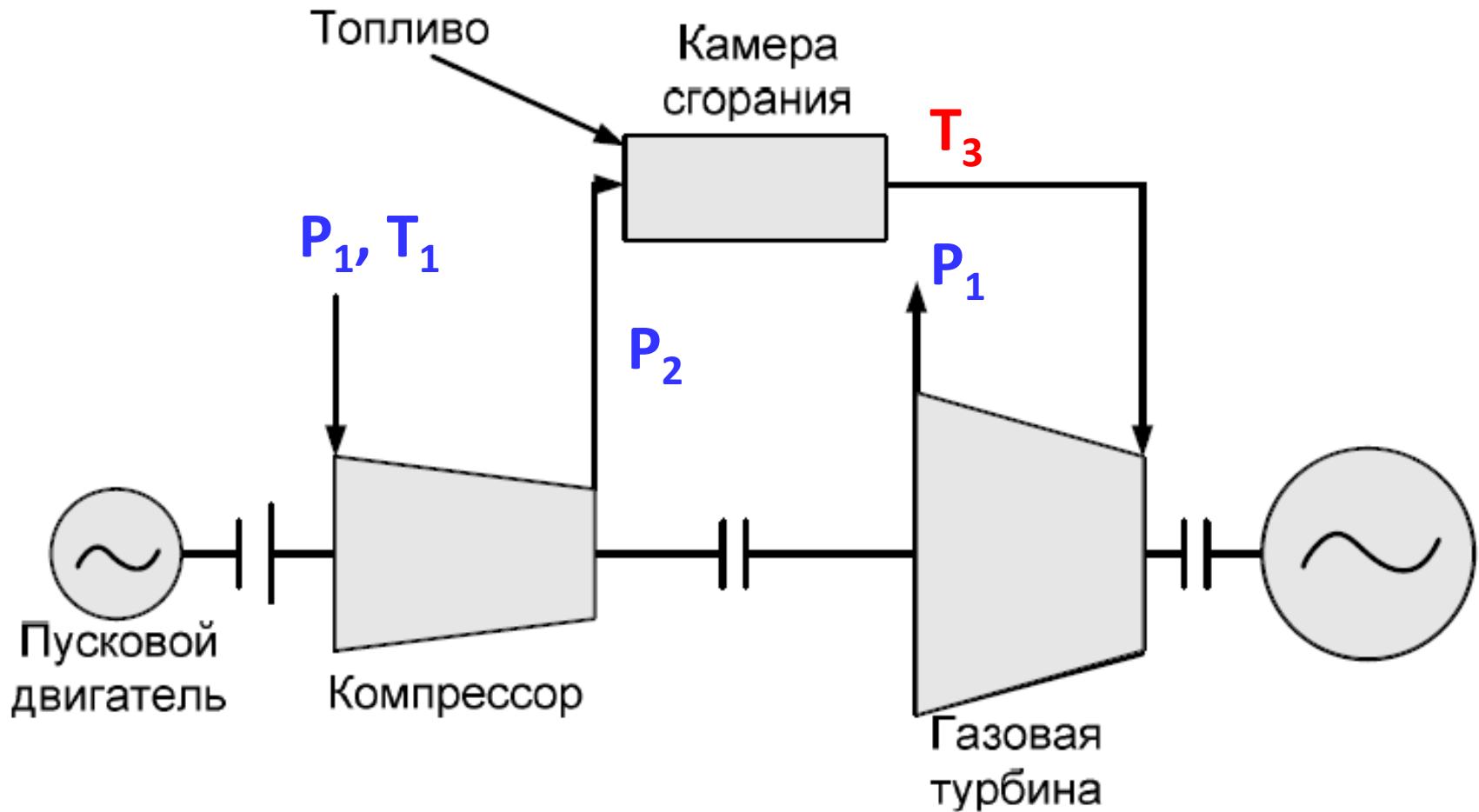


Принципиальная тепловая схема энергоблока ПТ-140/165-130/15

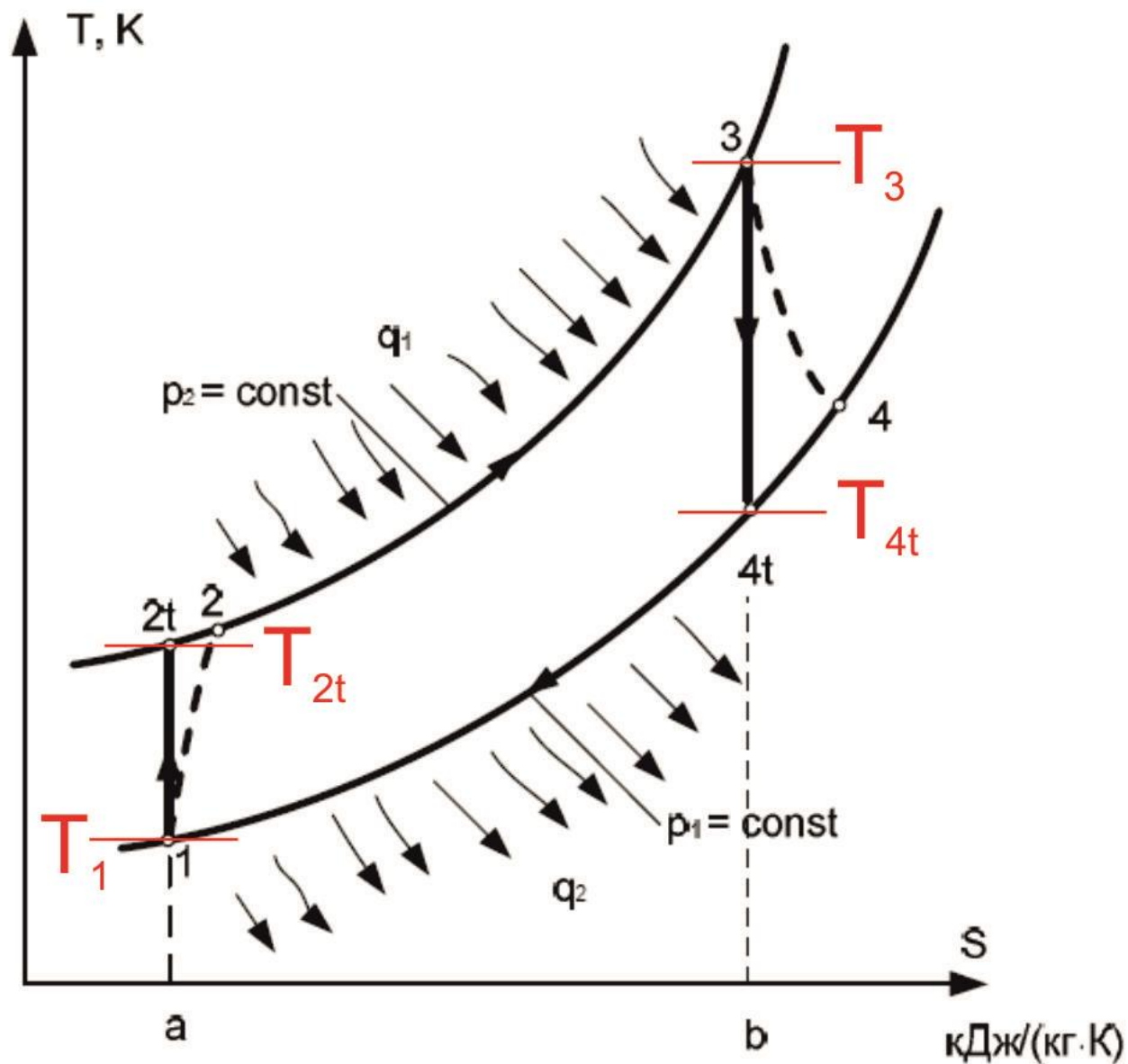


Принципиальная схема ГТУ

(простая ГТУ открытого типа)



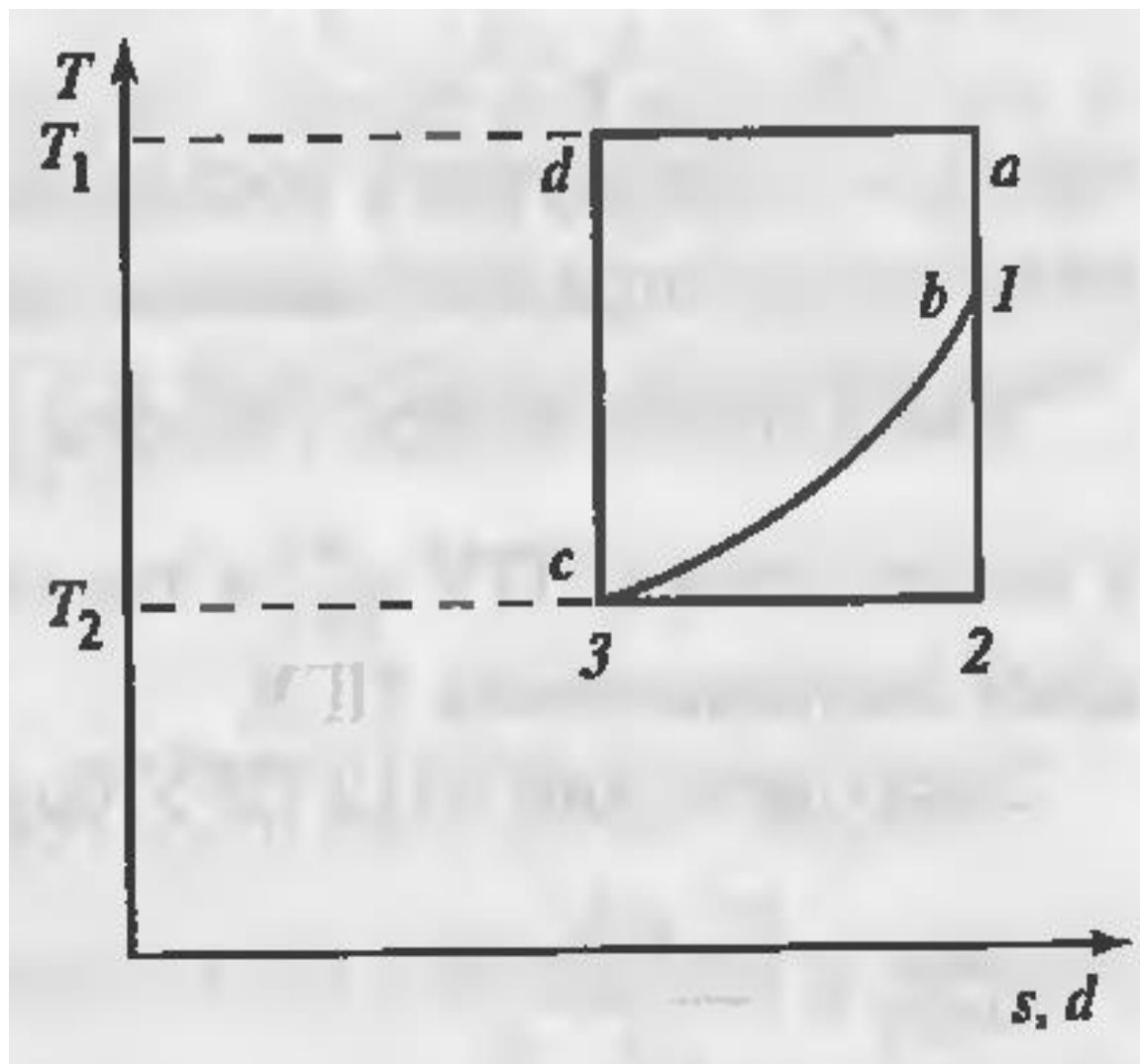
Цикл ГТУ со сгоранием при $P=\text{const}$ в T,s -диаграмме



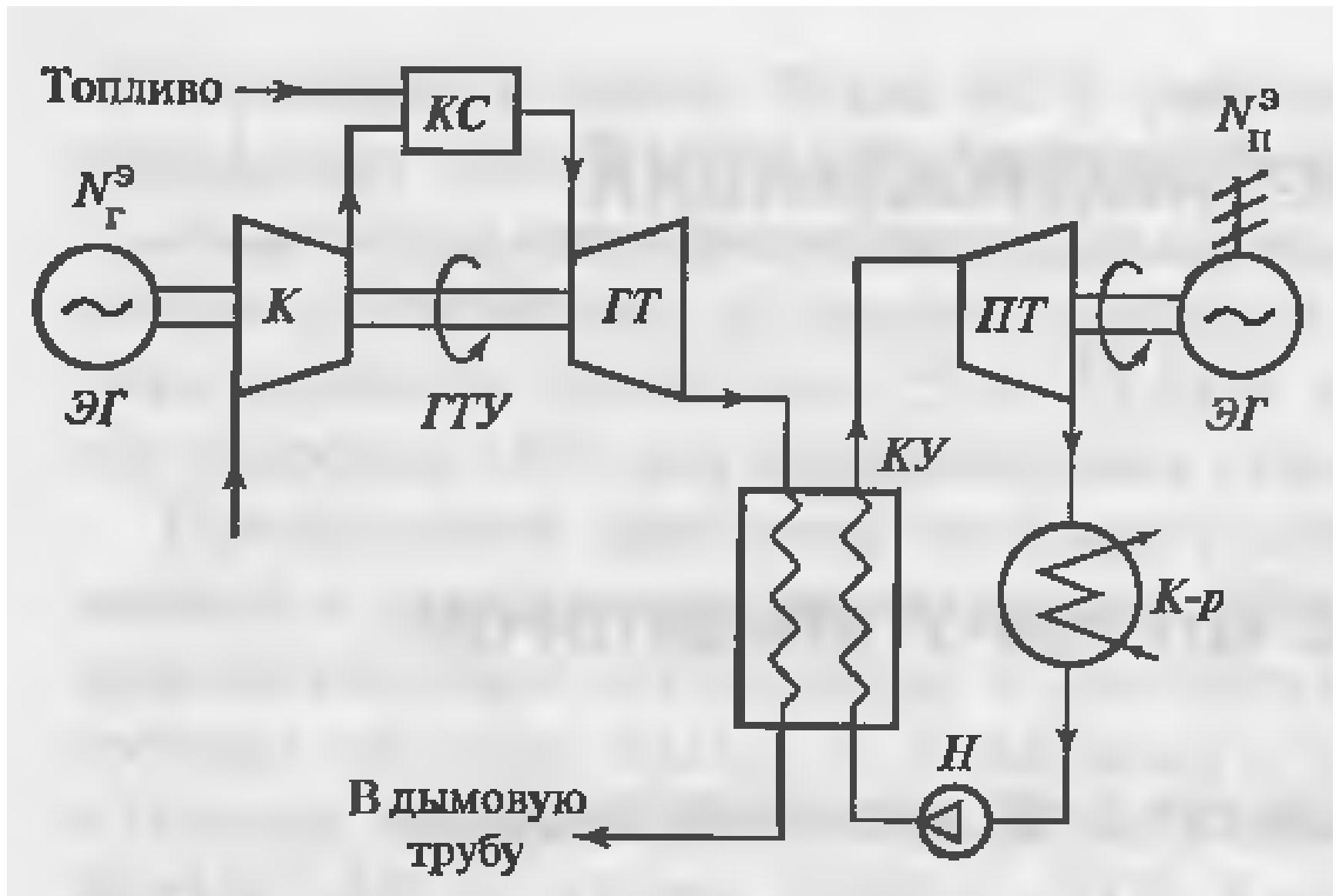
Тепловые схемы ПГУ

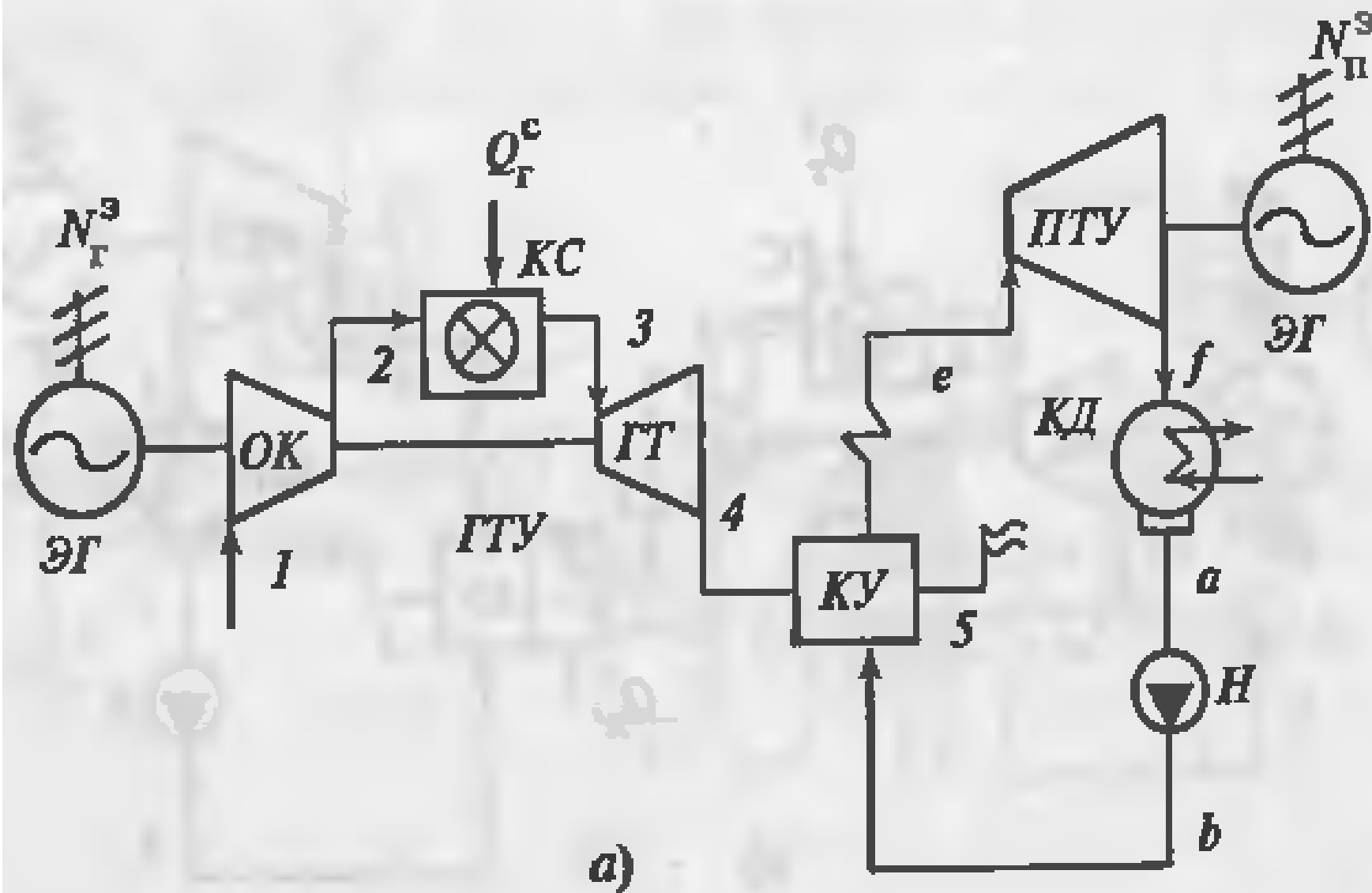
- 1) ПГУ с котлом – утилизатором
- 2) ПГУ с дожиганием топлива в среде выходных газов ГТУ на входе КУ
- 3) ПГУ сбросного типа
- 4) Высоконапорные ПГУ

Обратимый цикл Карно двух рабочих тел (газ-водяной пар)

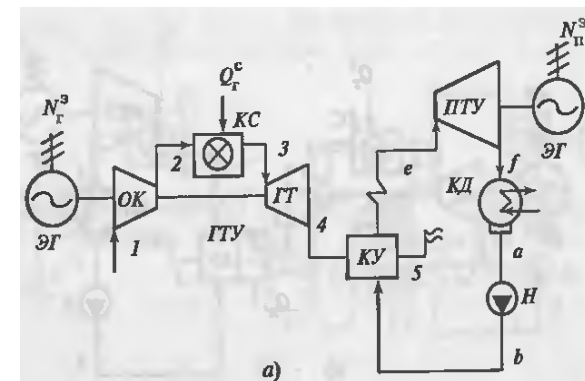
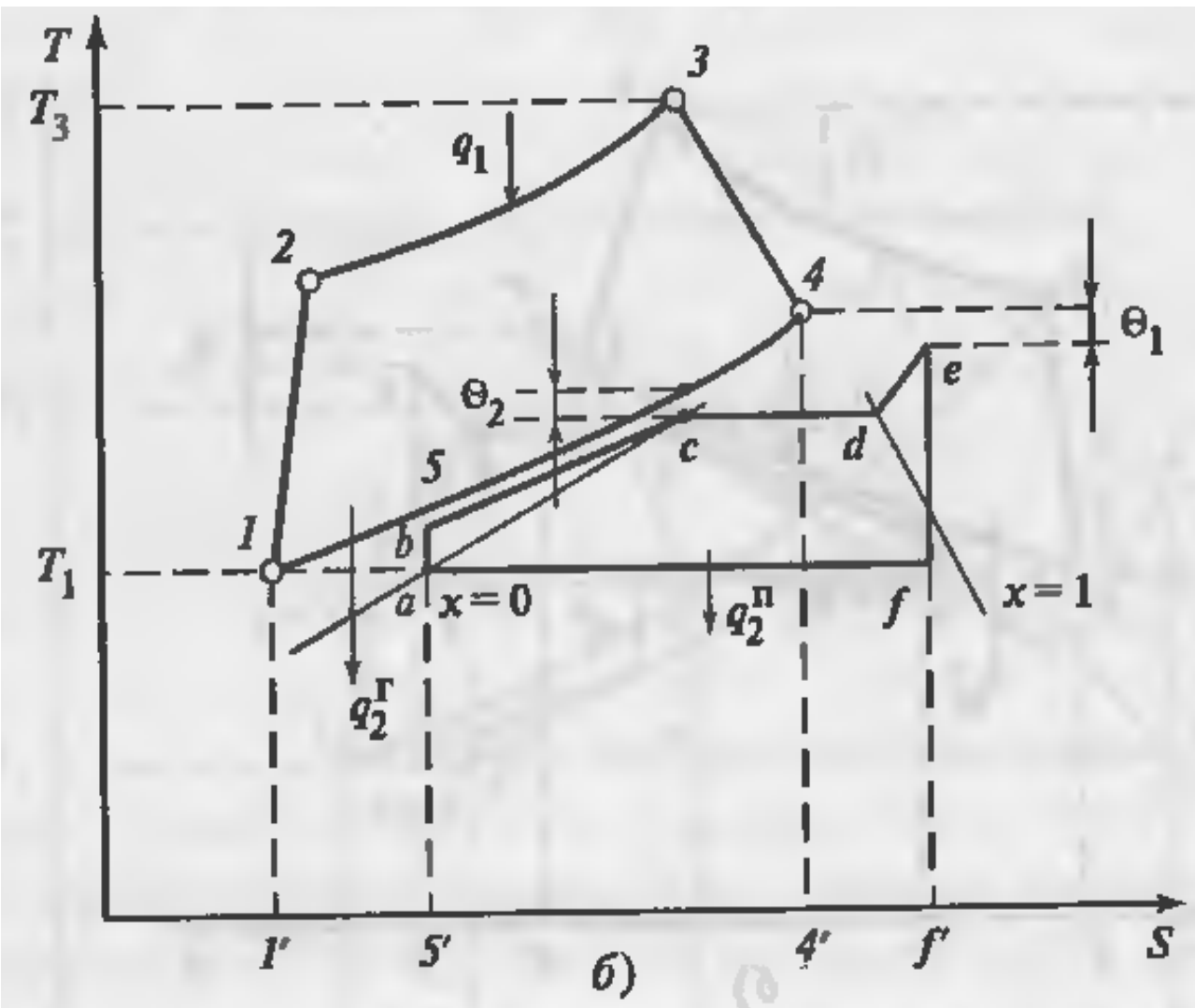


Простейшая тепловая схема ПГУ с КУ

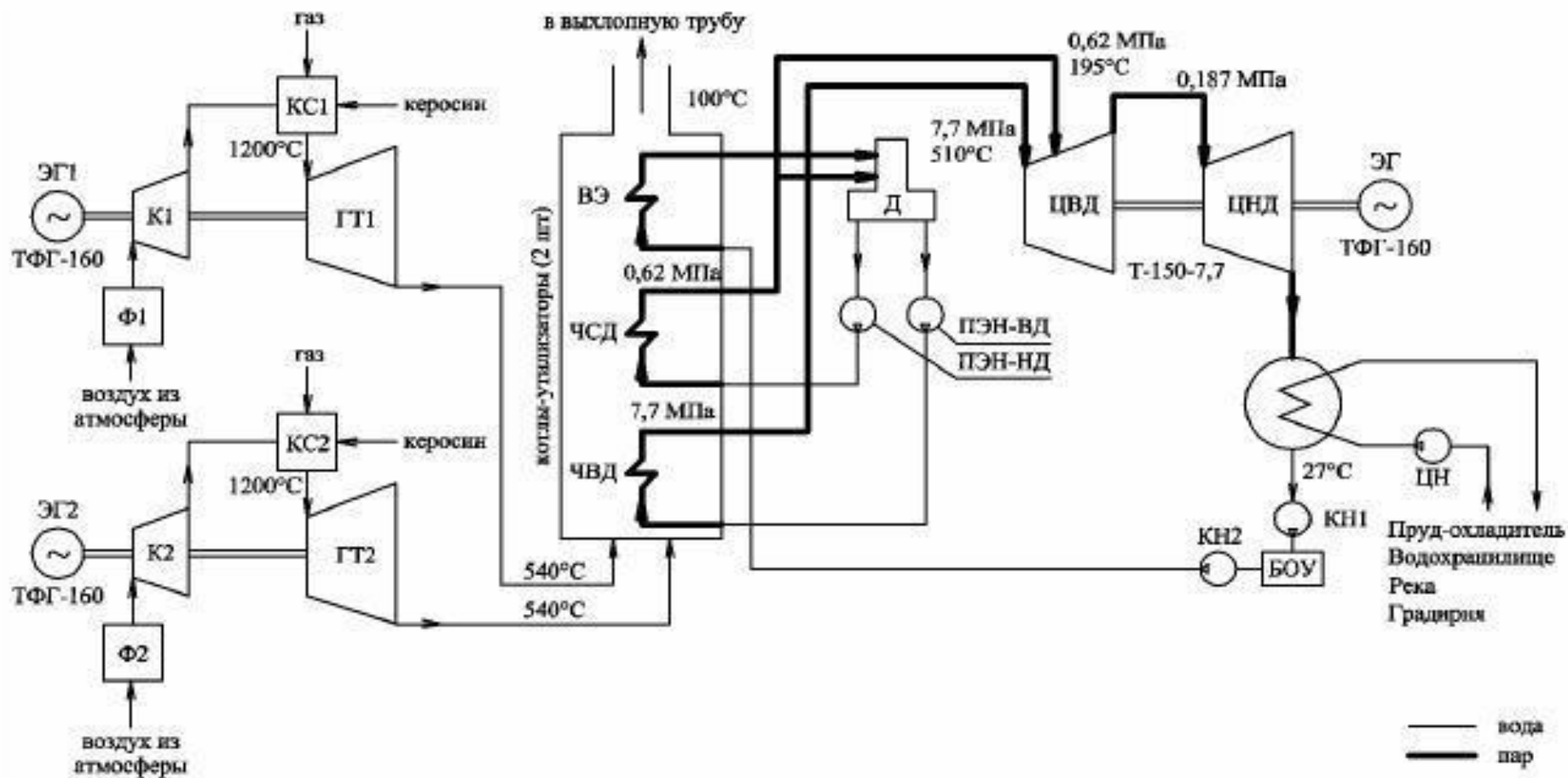




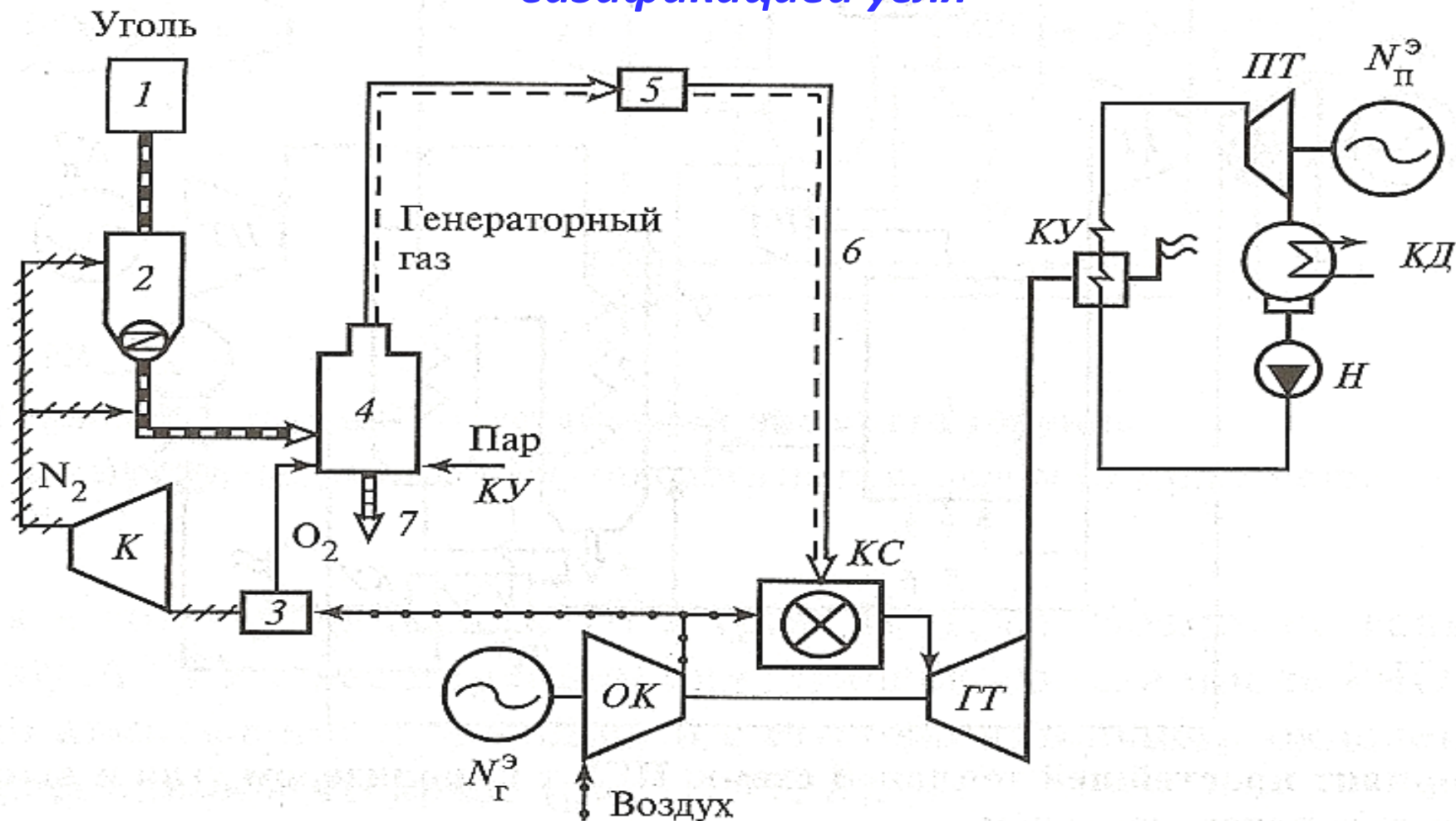
Цикл Брайтона-Ренкина в T, S - диаграмме



Тепловая схема ПГУ-450

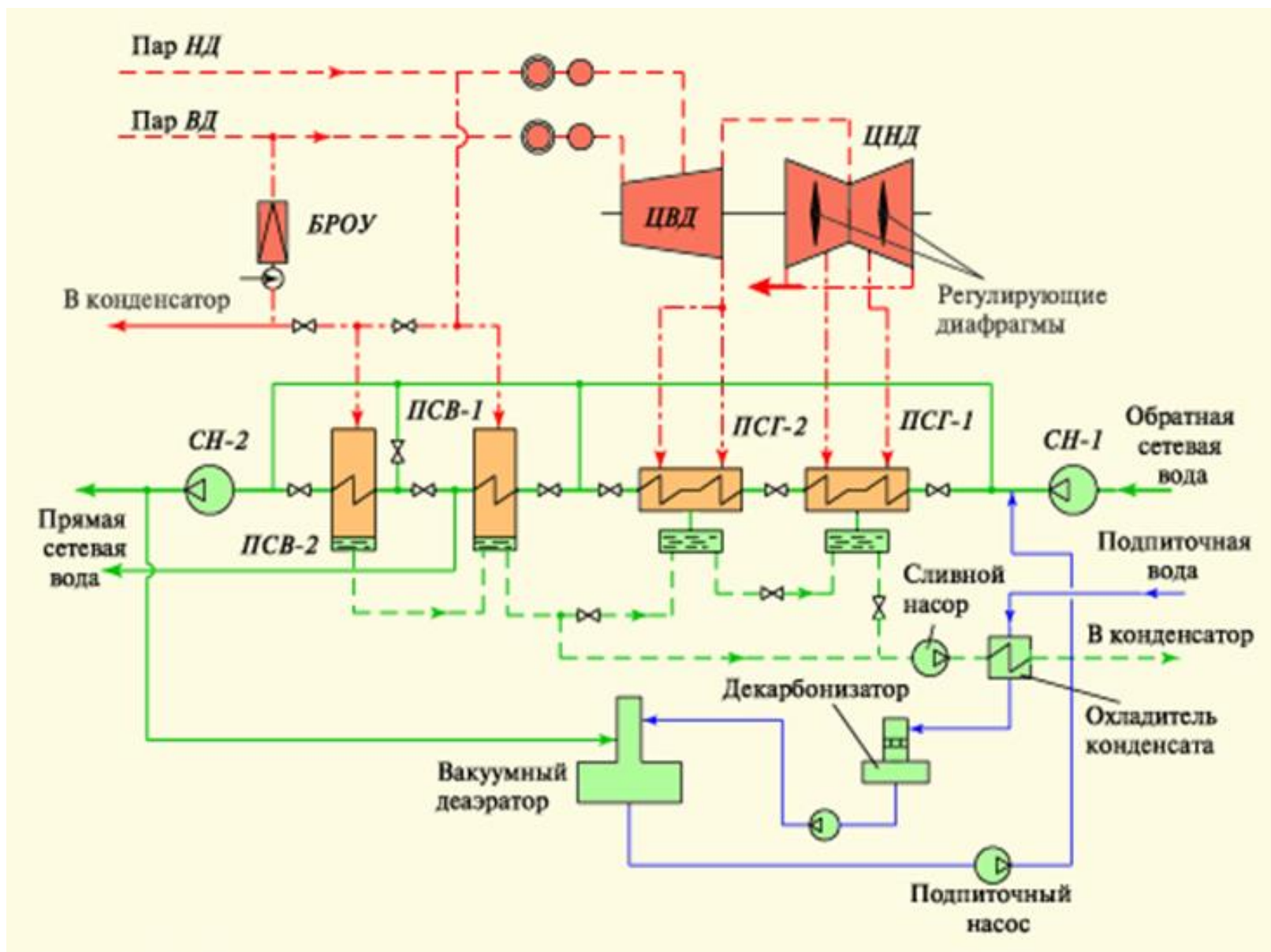


Простейшая тепловая схема ПГУ с внутрицикловой газификацией угля



1 – приём топлива; 2 – бункер угля с питателем угля; 3 – установки разделения воздуха; 4 – газогенератор на кислородно-паровом дутье; 5 – система очистки генераторного газа; 6 – синтетический (генераторный) газ; 7 – шлак

Схема отпуска теплоты от ПГУ-450



Тепловые схемы АЭС

В схеме АЭС различают теплоноситель и рабочее тело

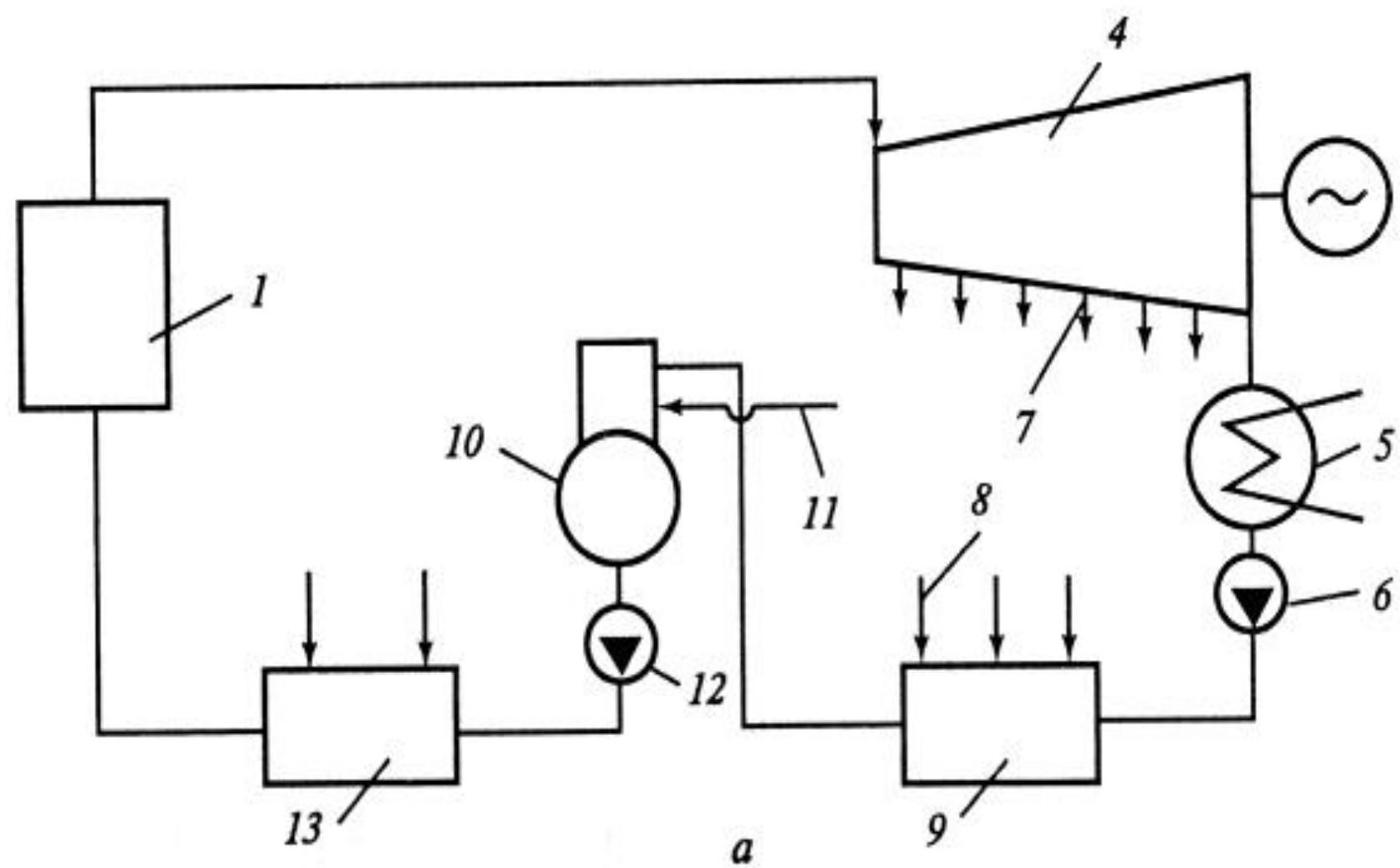
Теплоноситель – среда, которая отводит тепло, выделившееся в реакторе при высвобождении внутриядерной энергии.

Рабочее тело - среда, совершающая работу в турбине
(тепловая энергия → в механическую).
Для АЭС **рабочим телом** является водяной пар.

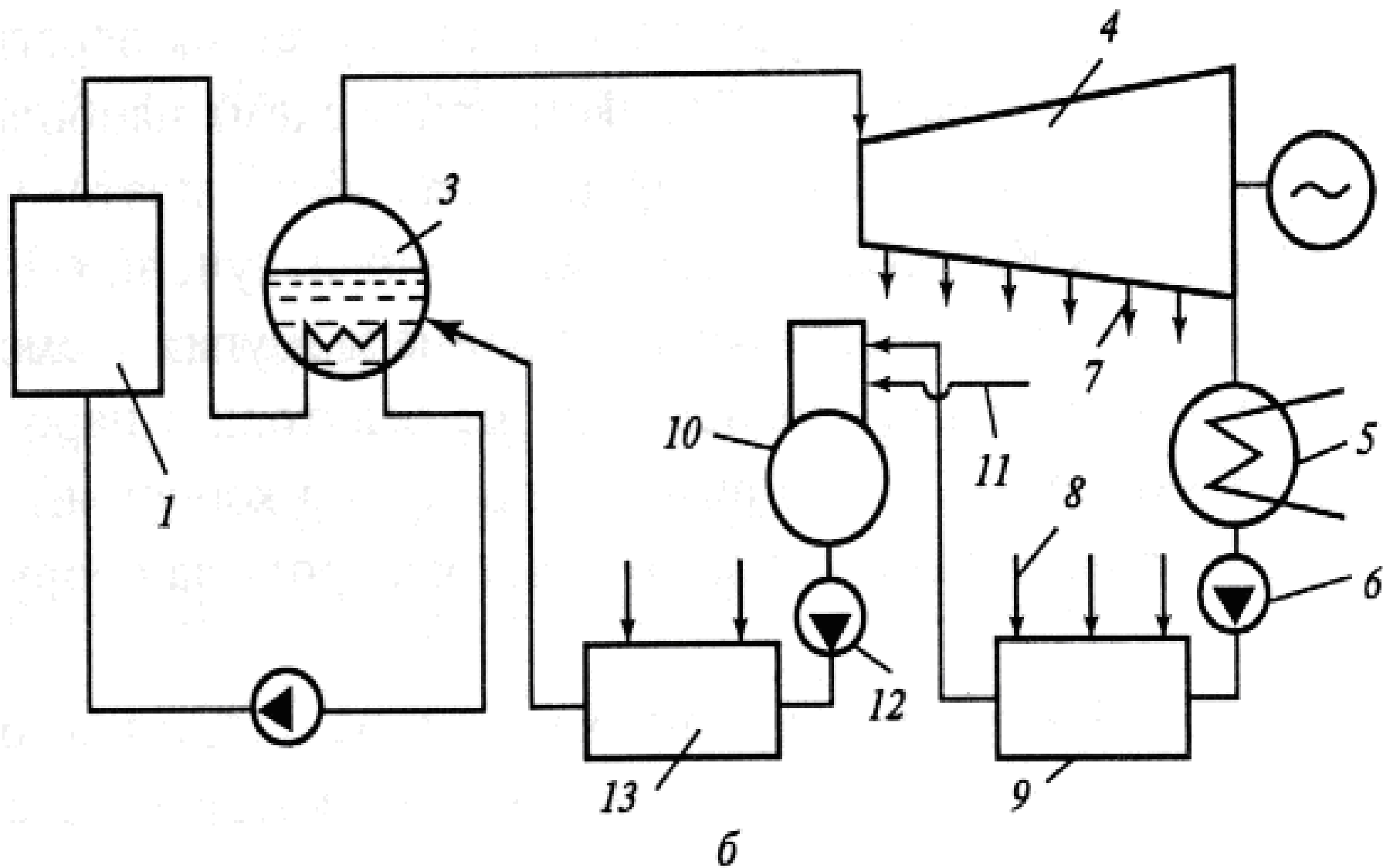
Типы электростанций на ядерном топливе

- 2.1. *одноконтурные АЭС (теплоноситель = рабочее тело)*
- 2.2. *двухконтурные АЭС*
- 2.3. *трехконтурные АЭС*

Одноконтурная АЭС



Двухконтурная АЭС



Трехконтурная АЭС

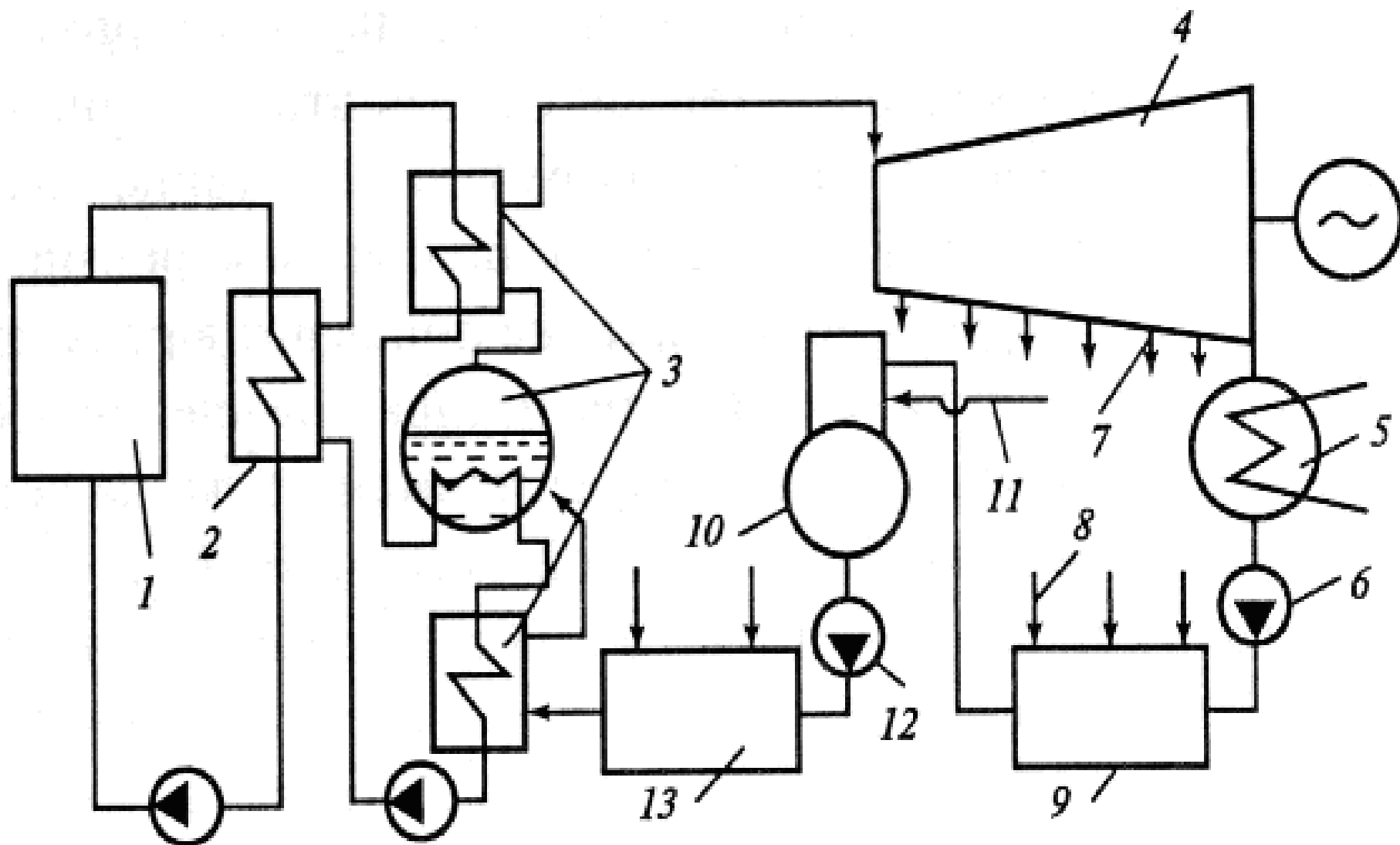
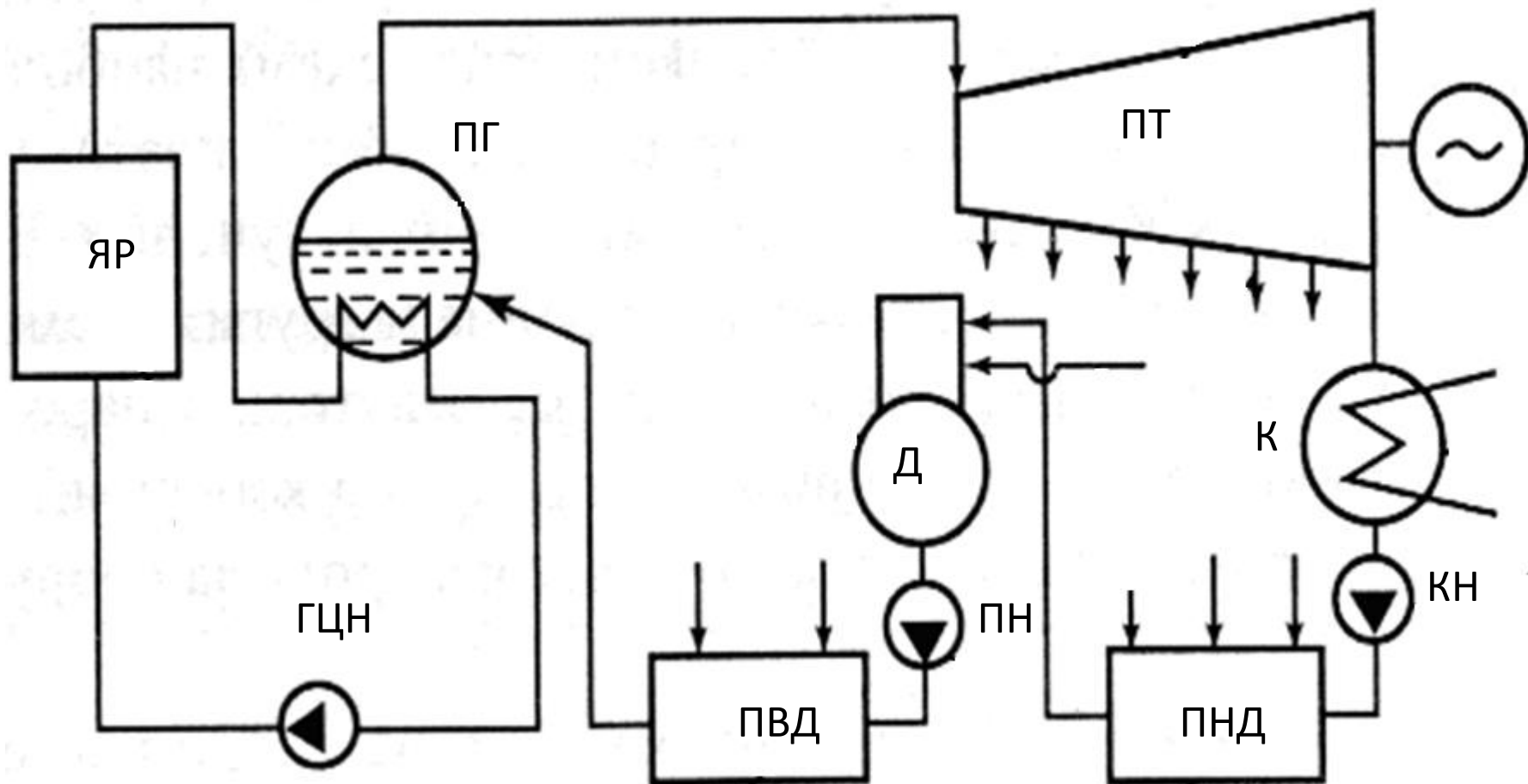


Схема двухконтурной АЭС



Условные обозначения в схемах АЭС

- 1 - реактор;
- 2 - промежуточный теплообменник;
- 3 - парогенератор;
- 4 - турбогенератор;
- 5 - конденсатор;
- 6 - конденсатный насос;
- 7 - пар от отборов;
- 8 - пар на регенеративный подогреватель;
- 9, 13 - регенеративные подогреватели низкого и высокого давления;
- 10 - деаэратор;
- 11 - пар на деаэратор;
- 12 - питательный насос

Достоинства и недостатки одноконтурной схемы

На одноконтурной АЭС пар образуется в активной зоне реактора и оттуда направляется в турбину.

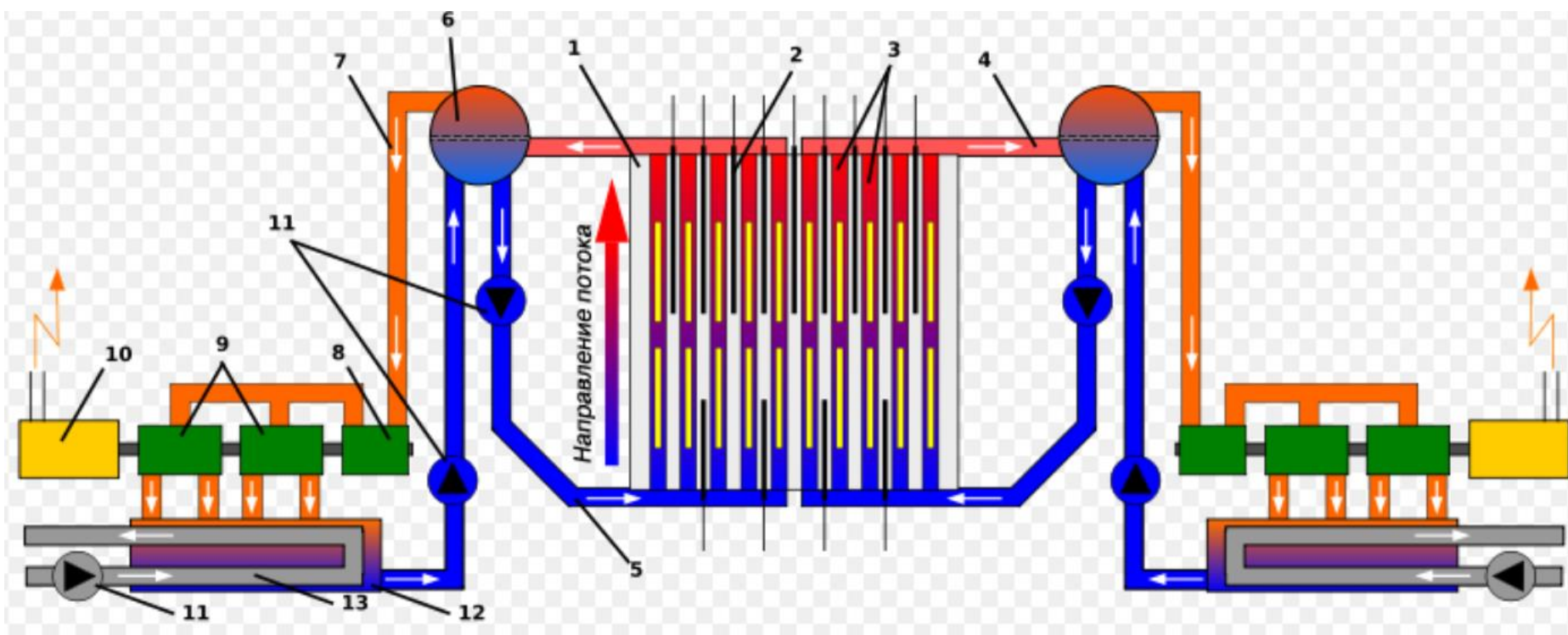
Достоинства:

- ***простота;***
- ***экономичность.***

Недостатки:

- Образующийся в реакторе пар радиоактивен
(большая часть оборудования АЭС имеет защиту от излучений).
- затруднен контроль за оборудованием и ремонт.

В процессе работы из реактора с паром выносятся твердые вещества (примеси, продукты коррозии), обладающие наведенной активностью. Они скапливаются в паропроводах, турбине и др.

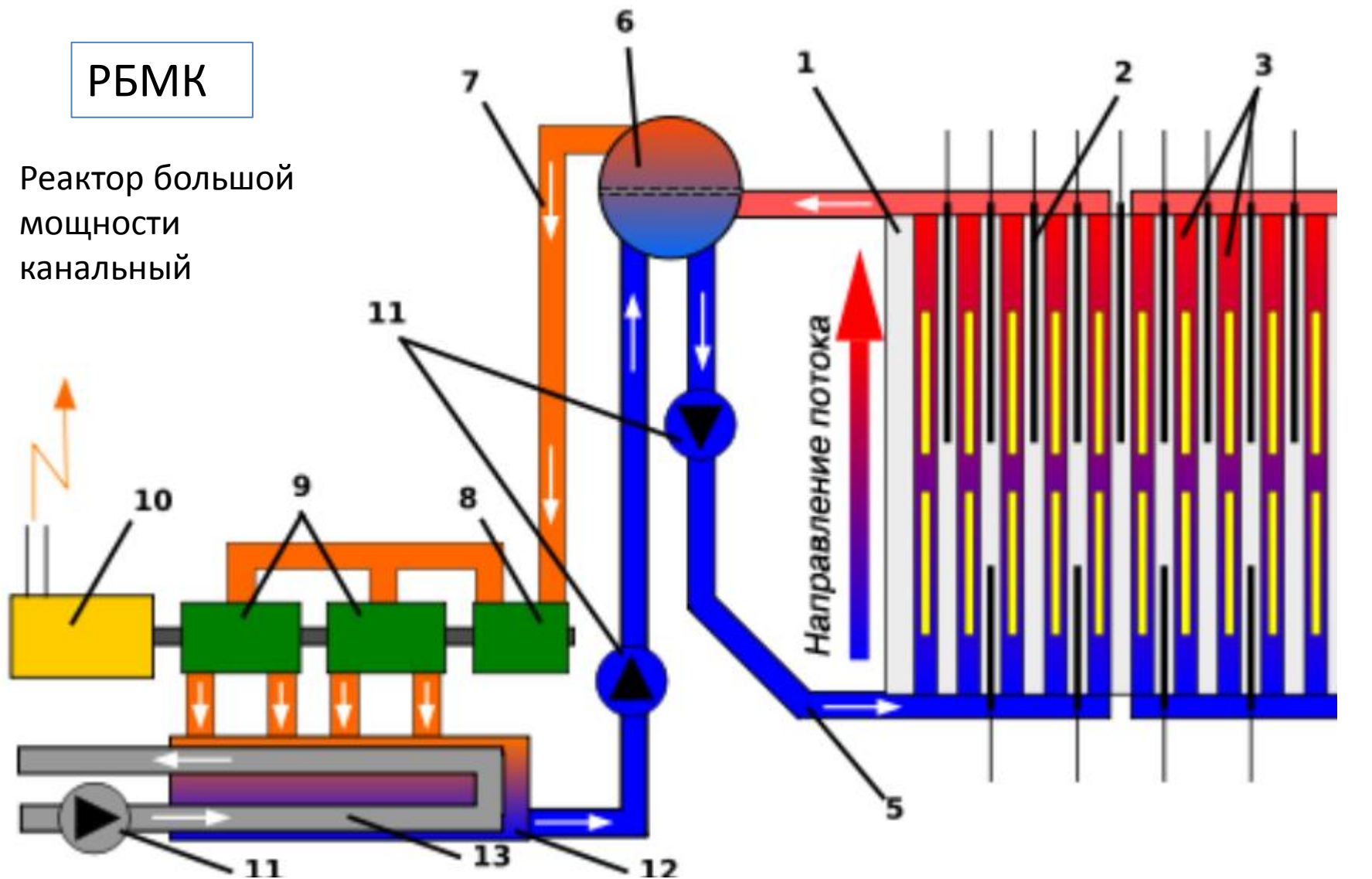


- 1 – Графитовый замедлитель
- 2 – Стержни управления и защиты
- 3 – Технологические каналы
- 4 – Пар
- 5 – Вода
- 6 – Барабан-сепаратор
- 7 – Сухой пар

- 8 – Турбина высокого давления
- 9 – Турбины низкого давления
- 10 – Электроический генератор
- 11 – Циркуляционные насосы
- 12 – Охладитель (конденсатор)
- 13 – Вспомогательный водяной контур

РБМК

Реактор большой мощности канальный



- 1 – Графитовый замедлитель
- 2 – Стержни управления и защиты
- 3 – Технологические каналы
- 4 – Пар
- 5 – Вода
- 6 – Барабан-сепаратор
- 7 – Сухой пар

- 8 – Турбина высокого давления
- 9 – Турбины низкого давления
- 10 – Электроический генератор
- 11 – Циркуляционные насосы
- 12 – Охладитель (конденсатор)
- 13 – Вспомогательный водяной контур

Корпусной ядерный реактор — [ядерный реактор](#), [активная зона](#) которого находится внутри толстого цилиндрического корпуса. Корпусные реакторы выполняют [с водой под давлением](#) и [кипящими](#).

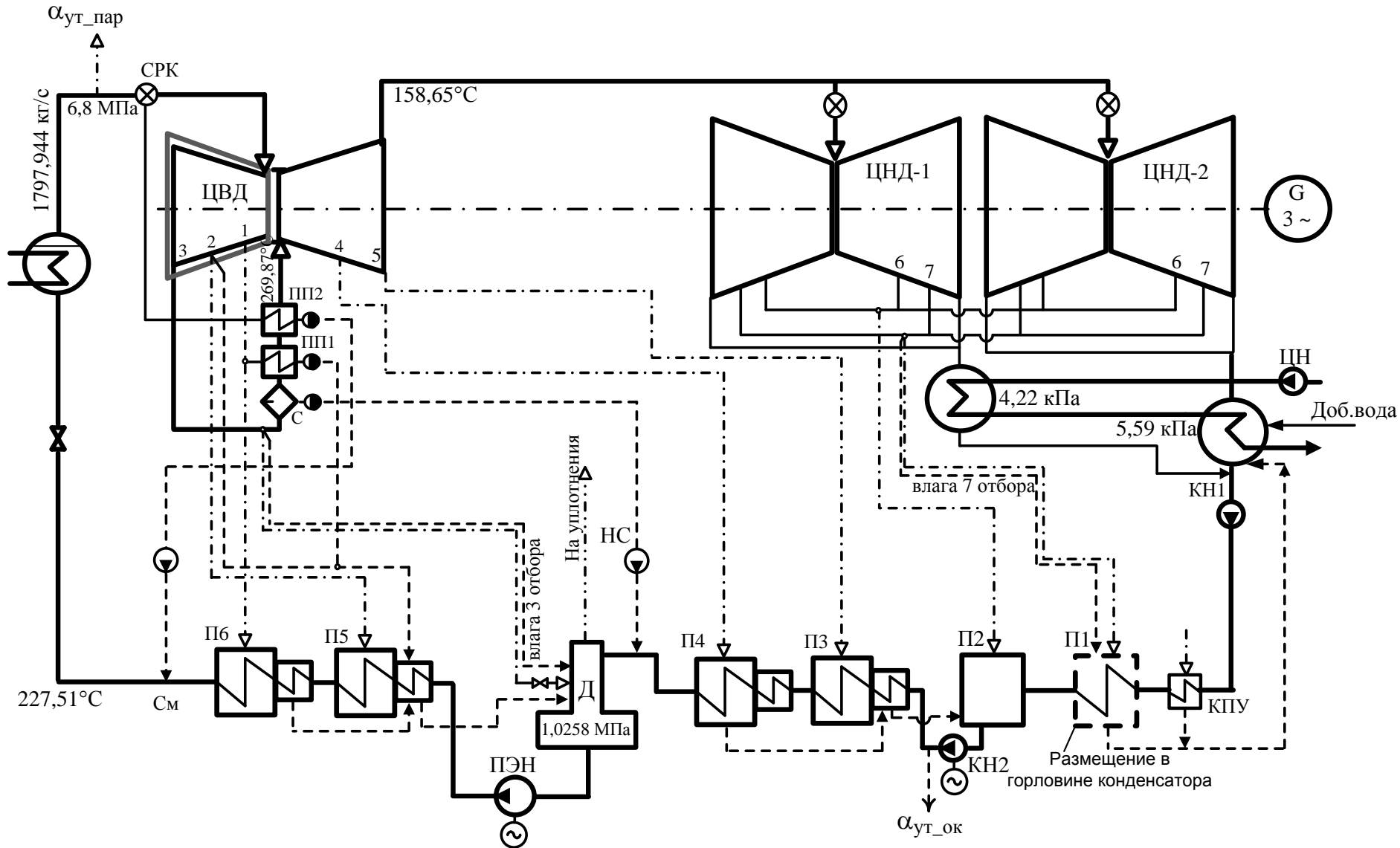
Преимущества

- реакторы с водой под давлением принципиально не имеют положительных [эффектов реактивности](#);
- небольшое число дополнительных конструкционных материалов, присутствующих в [активной зоне](#) и поглощающих [нейтроны](#);
- имеют [защитную оболочку](#), выполнить которую для канальных реакторов не представляется возможным из-за большой разветвлённости труб реакторного отделения.

Недостатки

- наличие сложного в изготовлении и габаритного герметичного корпуса
- ограничение на размер активной зоны достижением предельного состояния прочности, и, как следствие, ограничение максимальной мощности;
- габариты корпуса ограничены требованиями [железнодорожной перевозки](#);
- невозможность частичной перегрузки [тепловыделяющих сборок](#), то есть для замены топлива требуется полная остановка реактора, дренирование теплоносителя, демонтаж системы привода стержней, снятие крышки реактора и т.д.

Схемы современных паротурбинных установок АЭС



Принципиальная тепловая схема турбоустановки К-1200-6,8/25 ОАО «Силловые машины»



Принципиальная тепловая схема турбоустановки К-1200-6,8/25 ОАО «Турбоатом»
(Украина, г. Харьков)