Глава 2
Традиционная электроэнергетика

§1 Тепловые электростанции

§2 Гидравлические электростанции

§3 Атомные электростанции

§4 Современная традиционная электроэнергетика

§2 Тепловые электростанции

Виды тепловых электростанций

1. Паротурбинные электростанции, приводным двигателем электрических генераторов которых является паровая турбина. (КЭС, ТЭЦ)
2. Газотурбинные, первичным двигателем которых являются газовые турбины.
3. Парогазовые установки, силовой агрегат которых состоит из паросиловой и газотурбинной установки.

✔ На тепловых электростанциях химическая энергия топлива преобразуется сначала в тепловую, потом в механическую, а затем в электрическую энергию.

✔ Топливом для таких электростанций могут служить уголь, торф, газ, горючие сланцы, мазут.

Конденсационная электростанция

Конденсационная электростанция (КЭС) — тепловая электростанция, производящая только электрическую энергию.

КЭС проектируются и сооружаются по блочному принципу. Энергоблок представляет собой как бы отдельную электростанцию со своим основным и вспомогательным оборудованием и центром управления.

Основные блочные агрегаты:

1. Парогенератор
2. Турбина
3. Турбогенератор
4. Повышающий трансформатор

✔ Мощность энергоблока КЭС составляет от 200 до 1200 МВт.

Пар
Топливо
Паровая турбина
Вода
Электрогенератор
Паровой котел

Технико– экономические преимущества блочных КЭС

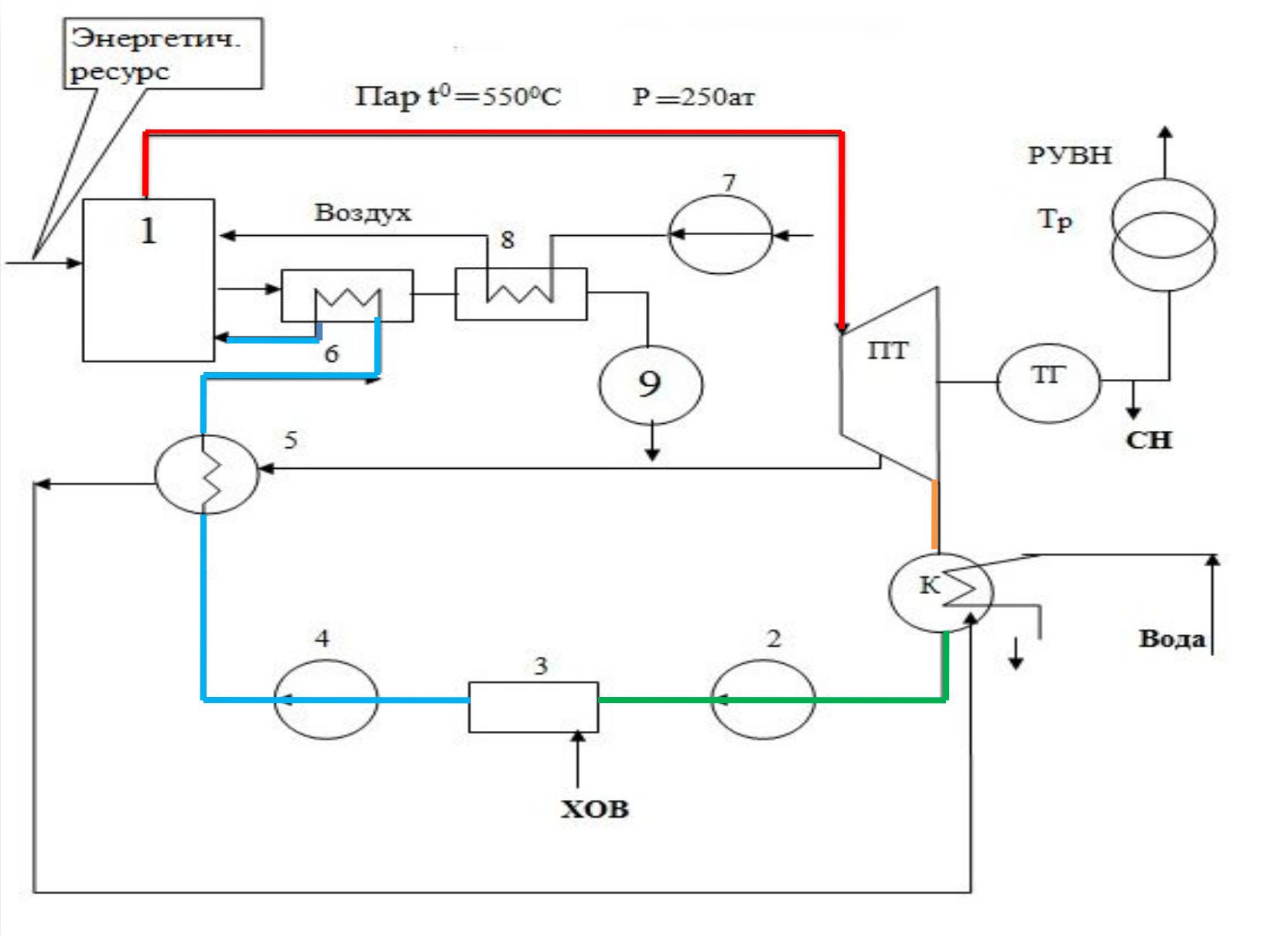
1. Облегчается применение пара высоких и сверхвысоких термодинамических параметров вследствие более простой системы паропроводов, что особенно важно для агрегатов большой мощности.
2. Упрощается и становится более надежной технологическая схема электростанции, облегчается ее эксплуатация.
3. Уменьшается, а в отдельных случаях может вообще отсутствовать резервное теплотехническое оборудование.
4. Сокращается объём строительных и монтажных работ.
5. Уменьшаются капитальные затраты на сооружение электростанции
6. Обеспечивается удобное расширение электростанции, причем новые энергоблоки при необходимости могут отличаться от предыдущих по своим параметрам.

Технологическая схема КЭС состоит из следующих систем

1. Топливо подачи и топливоприготовления;
2. Основного пароводяного контура вместе с парогенератором, турбиной и конденсатором;
3. Циркуляционного водоснабжения;
4. Водоподготовки;
5. Золоулавливания и золоудаления;
6. Электрической части станции.

Механизмы и установки, обеспечивающие нормальное функционирование всех систем, составляют систему собственных нужд энергоблока.

Упрощённая технологическая схема энергоблока КЭС



Парогенератор

Парогенератор – это сложное техническое сооружение больших размеров, высота которого соизмерима с высотой пятиэтажного дома и состоит из двух основных частей:

1. Топки, в которой при температуре **1500-2000 ^{0}С** происходит процесс сгорания топлива;
2. Котла, где осуществляется нагрев воды и превращение её в пар высокой температуры и высокого давления.

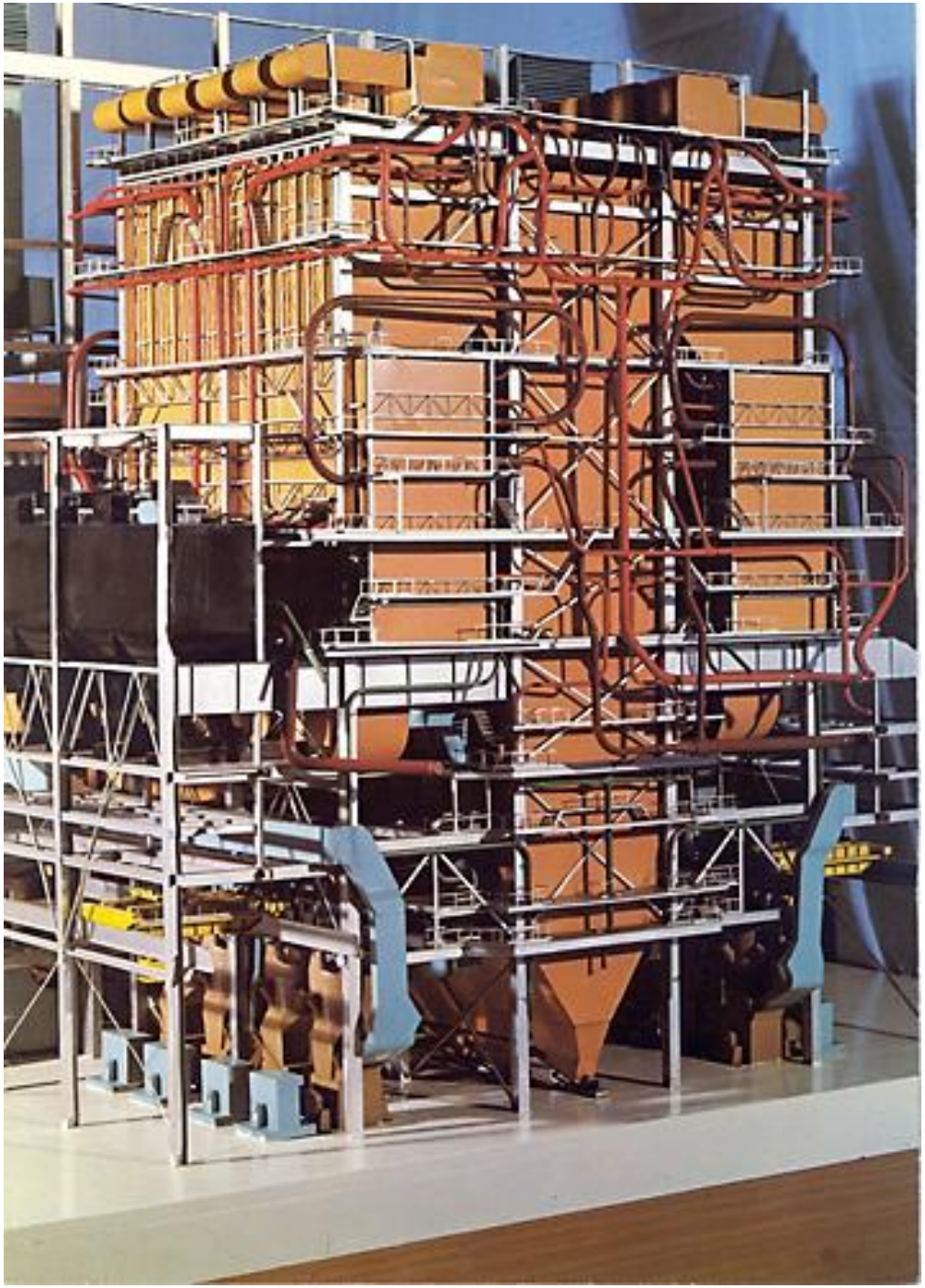
✔ Производительность современных парогенераторов составляет **2000-2500** тонн пара в час.

По конструкции топки подразделяются:

1. Факельные топки, предназначенные для пылевидного, жидкого и газо-образного топлива;
2. Слоевые топки, в которых сжигают твёрдые виды органического топлива.

По конструктивному выполнению:

1. Барабанные ;
2. Прямоточные.

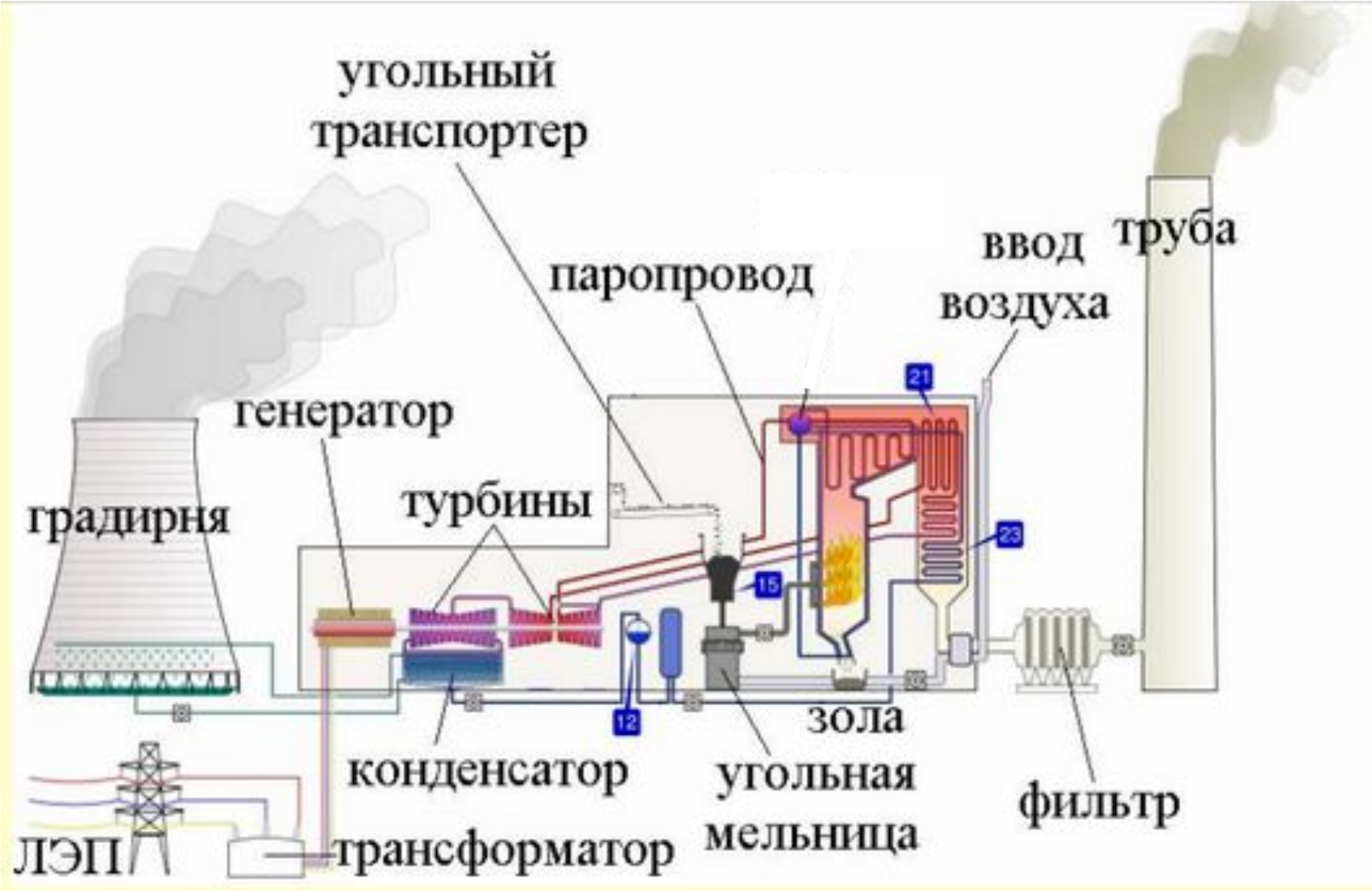


Конденсатор

Конденсатор (К) - служит для конденсации пара, поступающего из турбины, и создания глубокого разрежения, благодаря которому и происходит расширение пара в турбине.

Он создаёт вакуум на выходе из турбины, поэтому пар, поступив в турбину с высоким давлением, движется к конденсатору и расширяется, что обеспечивает превращение его потенциальной энергии в механическую работу.

ТУРБОГЕНЕРАТОР-3
РЕМОНТНАЯ
ЗОНА


угольный транспортер
паропровод
ввод воздуха
труба
генератор
градирня
турбины
21
23
15
12
зола
конденсатор
угольная мельница
фильтр
ЛЭП
трансформатор

Основные особенности КЭС

1. Вырабатывают только электрическую энергию.
2. Сооружаются в местах добычи энергетического топлива и при наличии больших запасов водных ресурсов.
3. Являются низко-маневренными станциями, поэтому обычно работают с постоянным графиком нагрузки. Подготовка к пуску, разворот, синхронизация и набор нагрузки требует до 6 часов.
4. Удалены от потребителей электроэнергии, что определяет выдачу мощности в энергосистему на высоком и сверхвысоком напряжении.
5. КПД достигает 35-40 %.

Теплоэлектроцентрали (ТЭЦ)

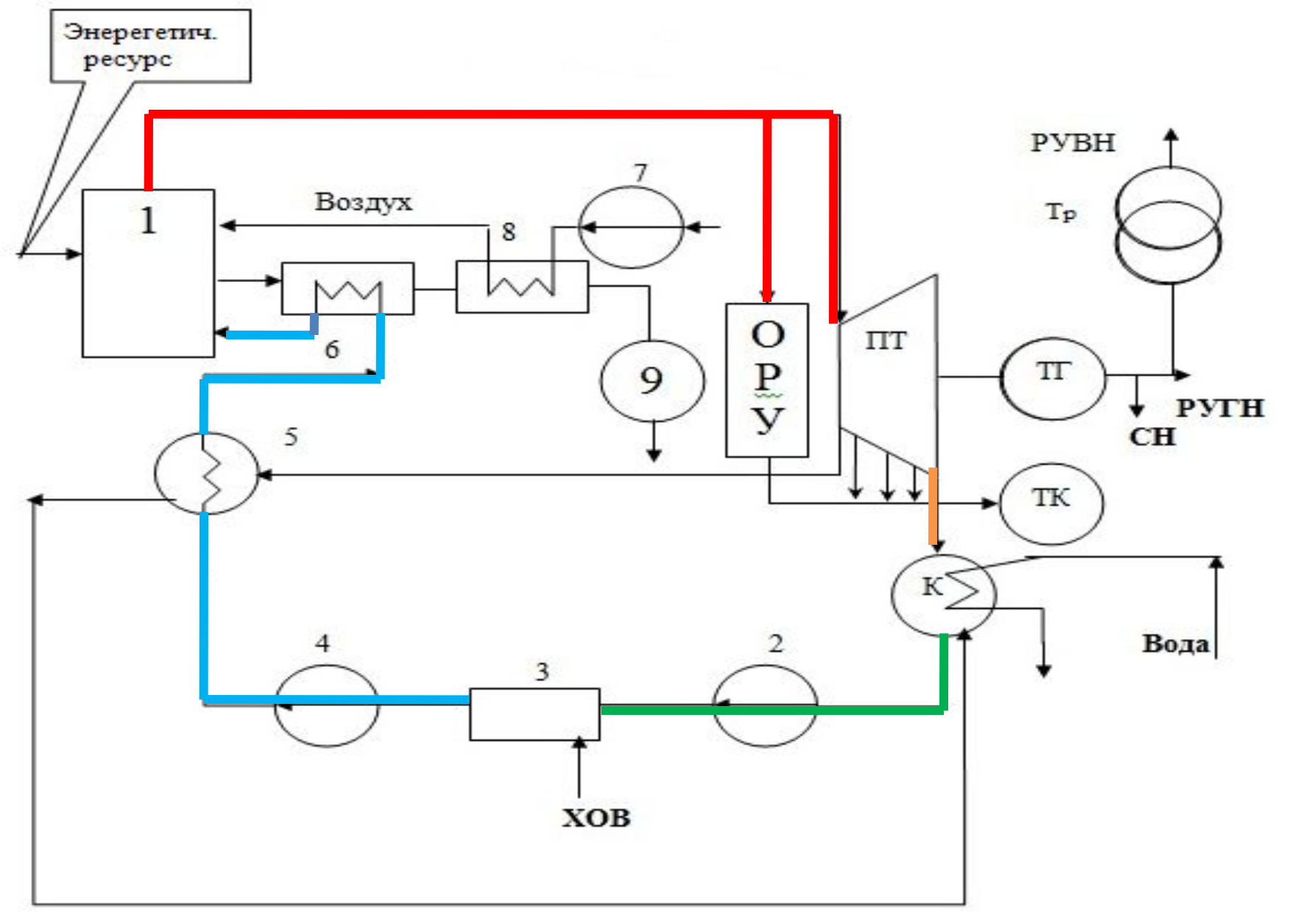
Теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) – это установки служащие для комбинированной выработки теплоты и электроэнергии.

✔ Отличие от схемы КЭС заключается в специфике пароводяного контура и способе выдачи электроэнергии.

Основные особенности ТЭЦ:

1. Вырабатывают электрическую и тепловую энергии;
2. Основным топливом обычно служит газ или мазут;
3. Сооружаются вблизи центров электрических и тепловых нагрузок;
4. Основную часть мощности выдают в местную сеть непосредственно на генераторном напряжении, а оставшуюся ее часть в энергосистему на повышенном напряжении;
5. Графики выработки электрической и тепловой энергий взаимосвязаны;
6. Являются низкоманевренными станциями;
7. В оптимальном режиме работы КПД достигает 60 – 70%.

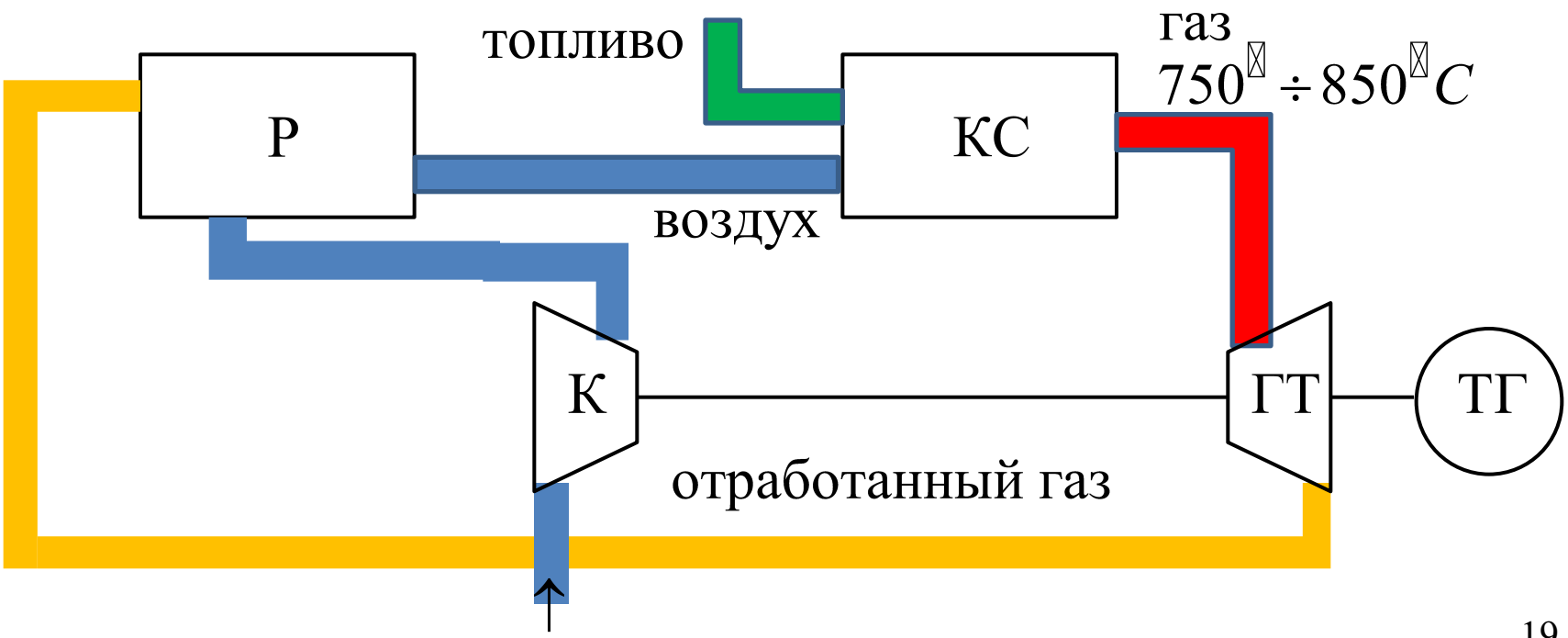
Упрощённая технологическая схема энергоблока ТЭЦ



Газотурбинные установки

Недостатки паротурбинных установок (ПТУ), в которых рабочим телом является пар с высокими термодинамическими параметрами, **являются:**

1. большой расход воды и топлива;
2. необходимость конденсации обработанного пара;
3. низкая манёвренность.



Преимущества ГТУ по сравнению с паротурбинными установками:

1. высокоманевренные, время запуска составляет 1-2 минуты;
2. отсутствие парогенератора и конденсатора;
3. отсутствие необходимости передачи тепла сжигаемого топлива рабочему телу, которым является сам продукт сгорания;
4. отсутствие потребности в охлаждающей воде.

Недостатки ГТУ по сравнению с паротурбинными установками:

1. низкий практический КПД 30-35 %;
2. имеются ограничения возможности повышения единичной мощности, Pmax=300 МВт;
3. повышенное потребление электроэнергии на собственные нужды.

Парогазовые установки

Парогазовые установки использующие два вида рабочего тела - пар и газ относятся к бинарным.

Схема парогазовой установки

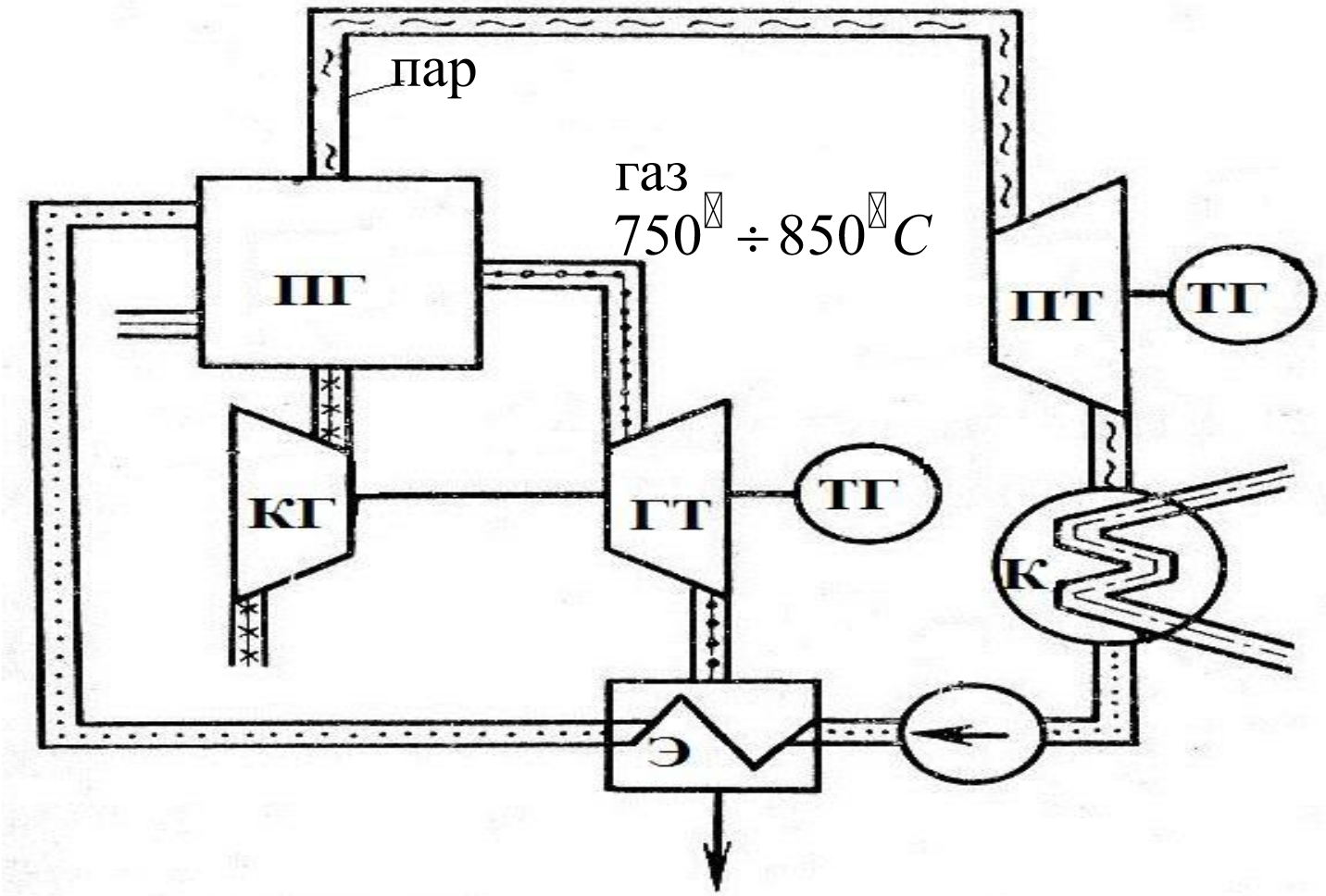
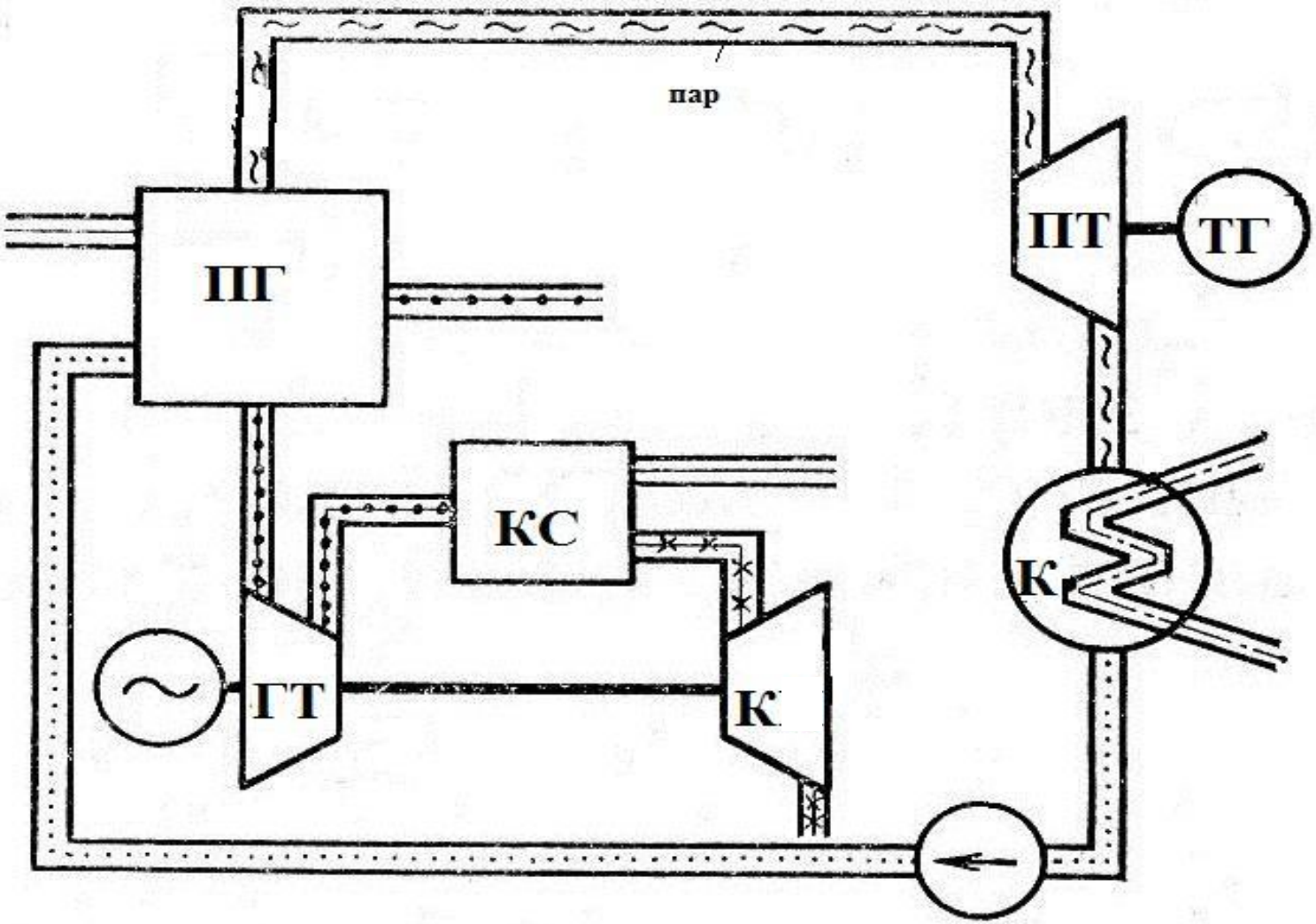


Схема парогазовой установки с камерой сгорания



Особенности ПГУ:

1. Позволяют достичь КПД около 50 %;
2. Низкая стоимость единицы установленной мощности;
3. Потребляют существенно меньше воды на единицу вырабатываемой электроэнергии по сравнению с паросиловыми установками;
4. Более экологически чистые в сравнении с паротурбинными установками;
5. Низкая единичная мощность оборудования (до 300 МВт на 1 блок).

§2 Гидравлические электростанции

Гидравлические электростанция - комплекс сооружений и оборудования, посредством которых энергия потока воды преобразуется в электрическую энергию.

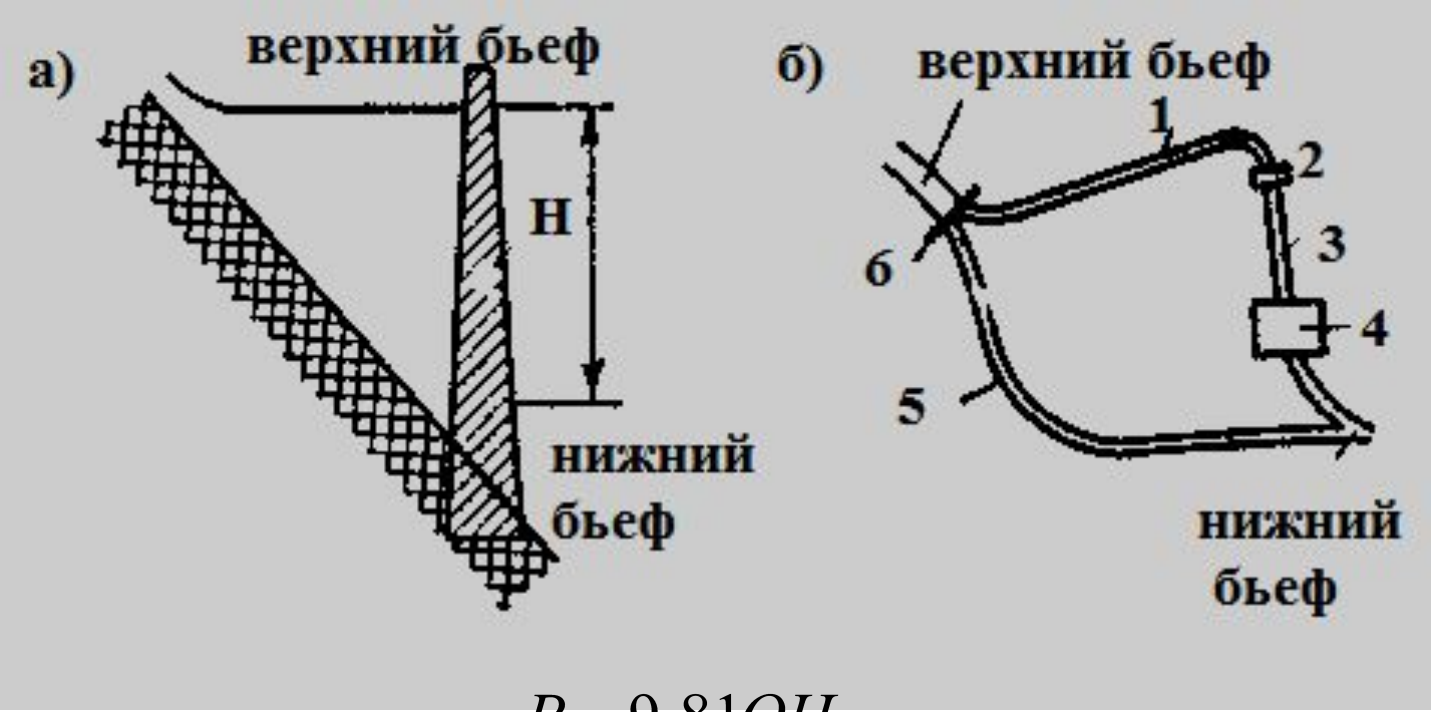
Гидроэнергетическая установка (ГЭУ) – это совокупность:

- гидротехнических сооружений;
- механического энергетического оборудования;
- электроэнергетического оборудования.

Типы ГЭУ:

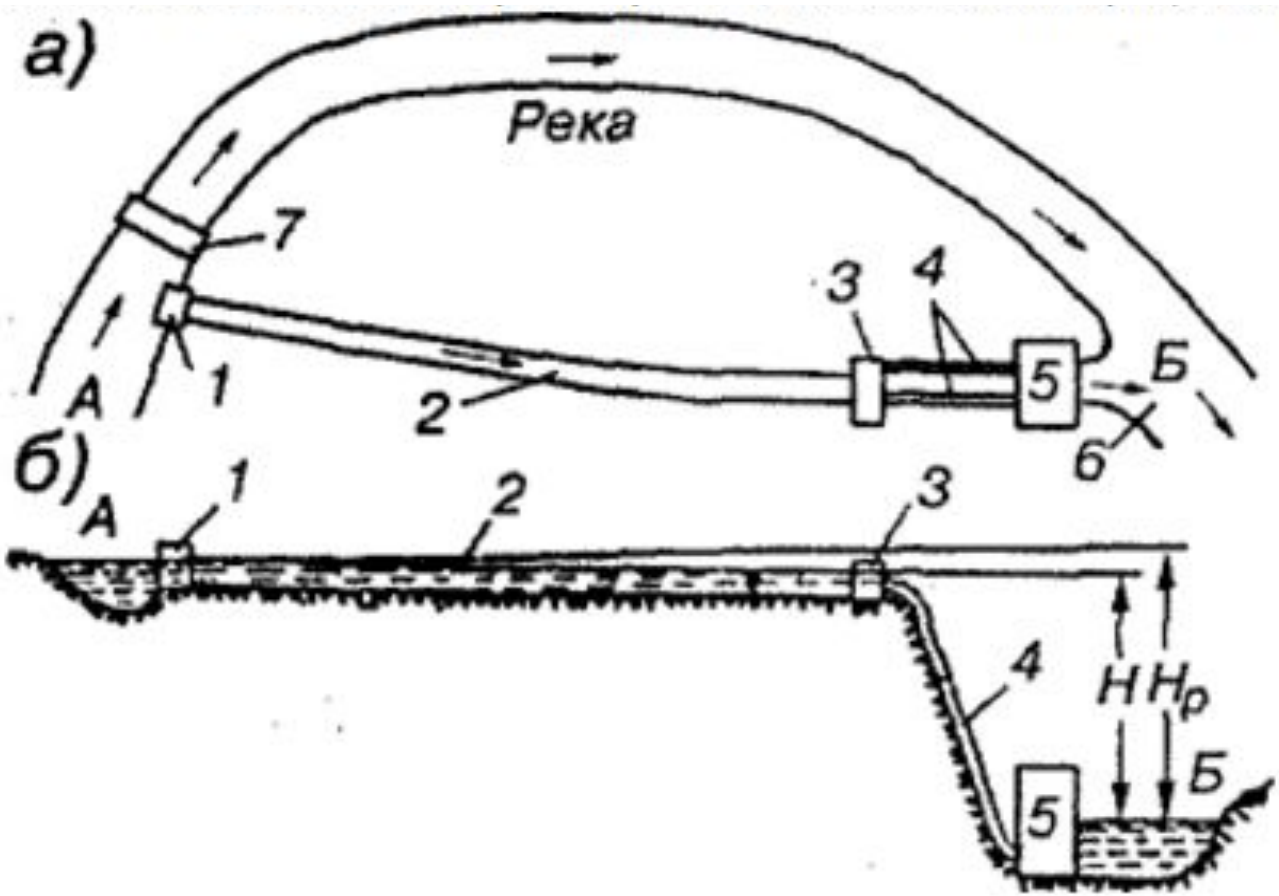
1. Речные гидроэлектростанции (ГЭС):
   - а. Плотинные:
     - русловые;
     - приплотинные.
   - б. Деривационные.
2. Гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС).

Схемы создания напора



$$P = 9{,}81QH$$

Основным энергетическим оборудованием ГЭС являются гидротурбины и гидрогенераторы.


а)
Река
7
3
4
А
1
2
5
Б
6
б)
А
1
2
3
4
H
H_p
Б
5

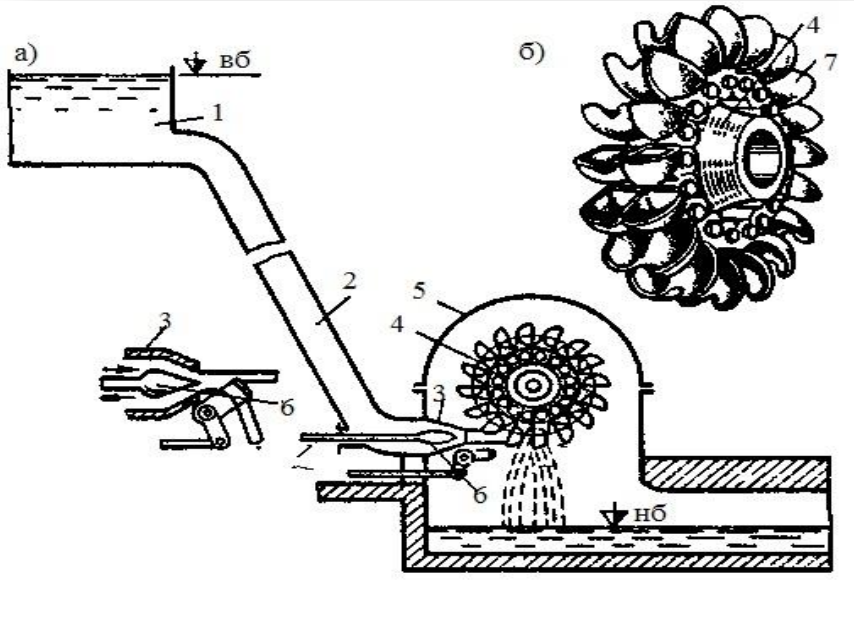
Гидротурбины

Гидротурбина – это машина, которая преобразует энергию движения воды в механическую энергию вращения её рабочего колеса.

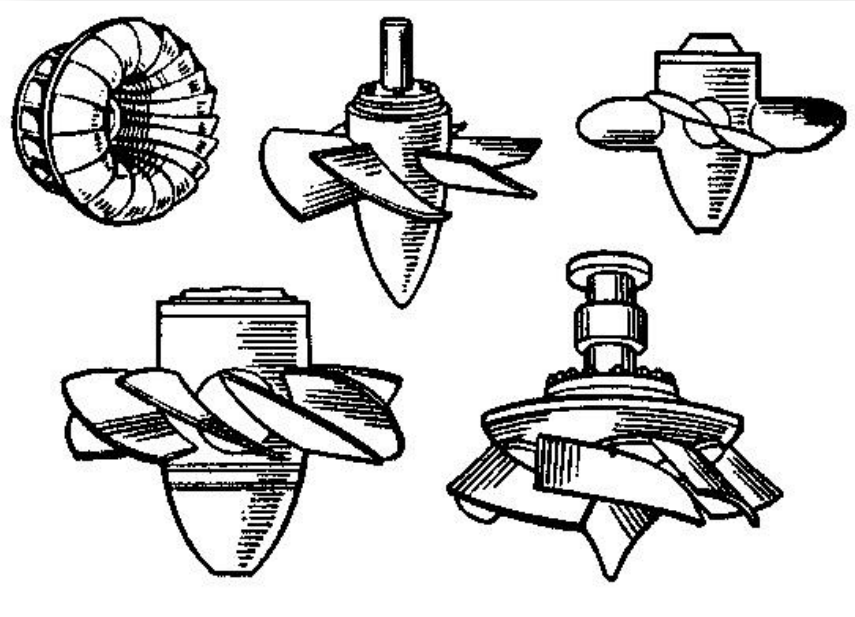
Виды турбин:

Активная	Реактивная
Используется только кинетическая энергия водного потока.	Используется и кинетическая и потенциальная энергия потока

Ковшевая активная турбина



Конструкции рабочих колёс реактивной турбины

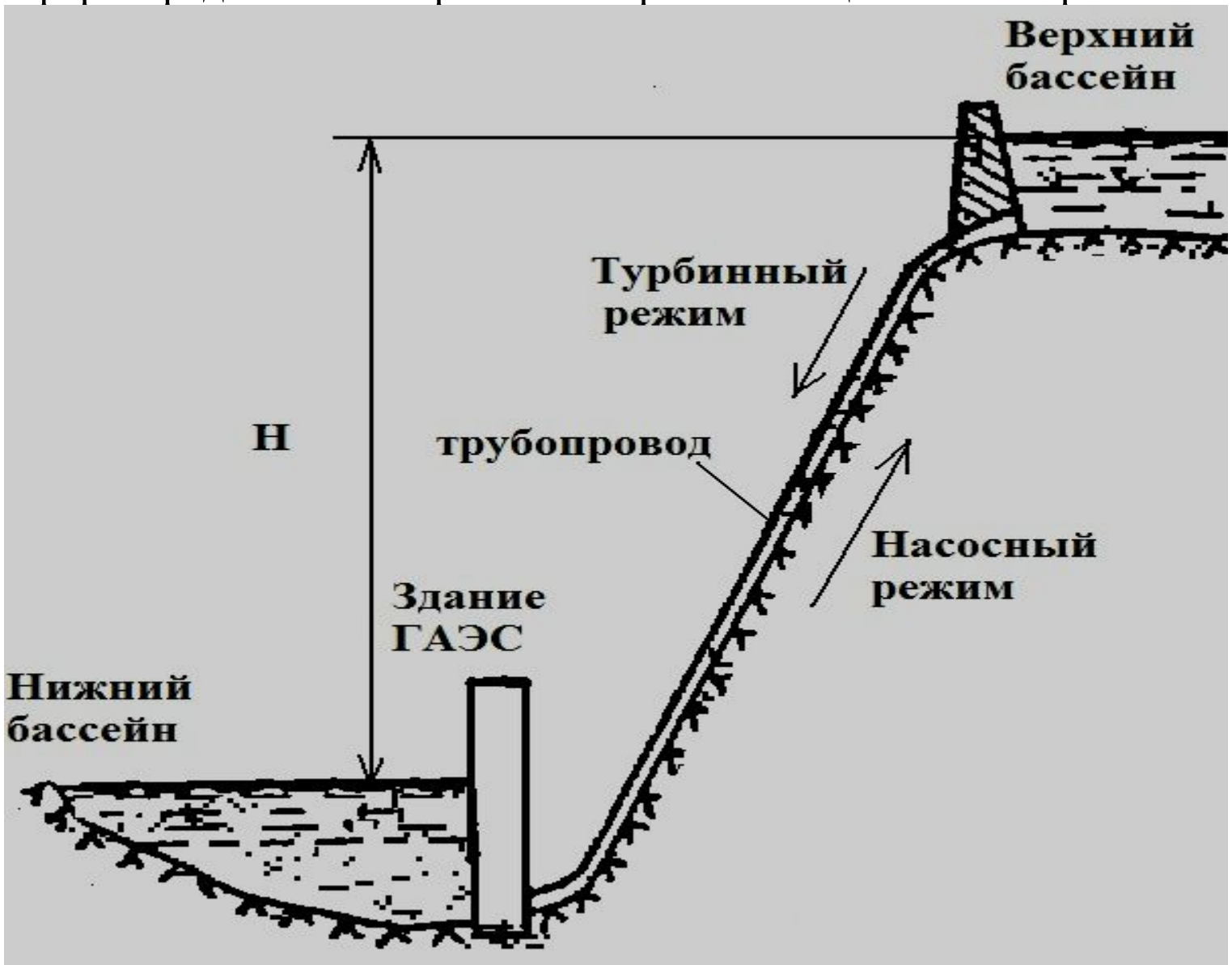


Особенности ГЭС

1. Удельные капиталовложения на сооружение и сроки строительства ГЭС примерно в 2-3 раза большие, чем ТЭЦ.
2. Используются возобновляемые водные ресурсы.
3. Обычно удалены от центров потребления электроэнергии, так как место их строительства определяется в основном природными условиями. Электроэнергия выдаётся на высоком и сверхвысоком напряжении.
4. Небольшое потребление электроэнергии на собственные нужды, которое обычно в несколько раз меньше, чем на ТЭС.
5. Технология производства электроэнергии на ГЭС довольно проста и легко поддается автоматизации.
6. Пуск агрегата ГЭС занимает не более минуты, т.е. являются высокоманевренными станциями
7. При сооружении ГЭС решается комплекс задач: регулирование стока воды; улучшение условий судоходства; создание орошаемых земель и т.д.
8. Себестоимость электроэнергии на российских ГЭС более чем в два раза ниже, чем на тепловых электростанциях.
9. Работа ГЭС не сопровождается вредными выбросами в атмосферу.
10. КПД ГЭС обычно составляет 85 – 90 %.

Гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС)

Гидроаккумулирующие станции (ГАЭС) - предназначены для перераспределения во времени энергии и мощности в энергосистеме.

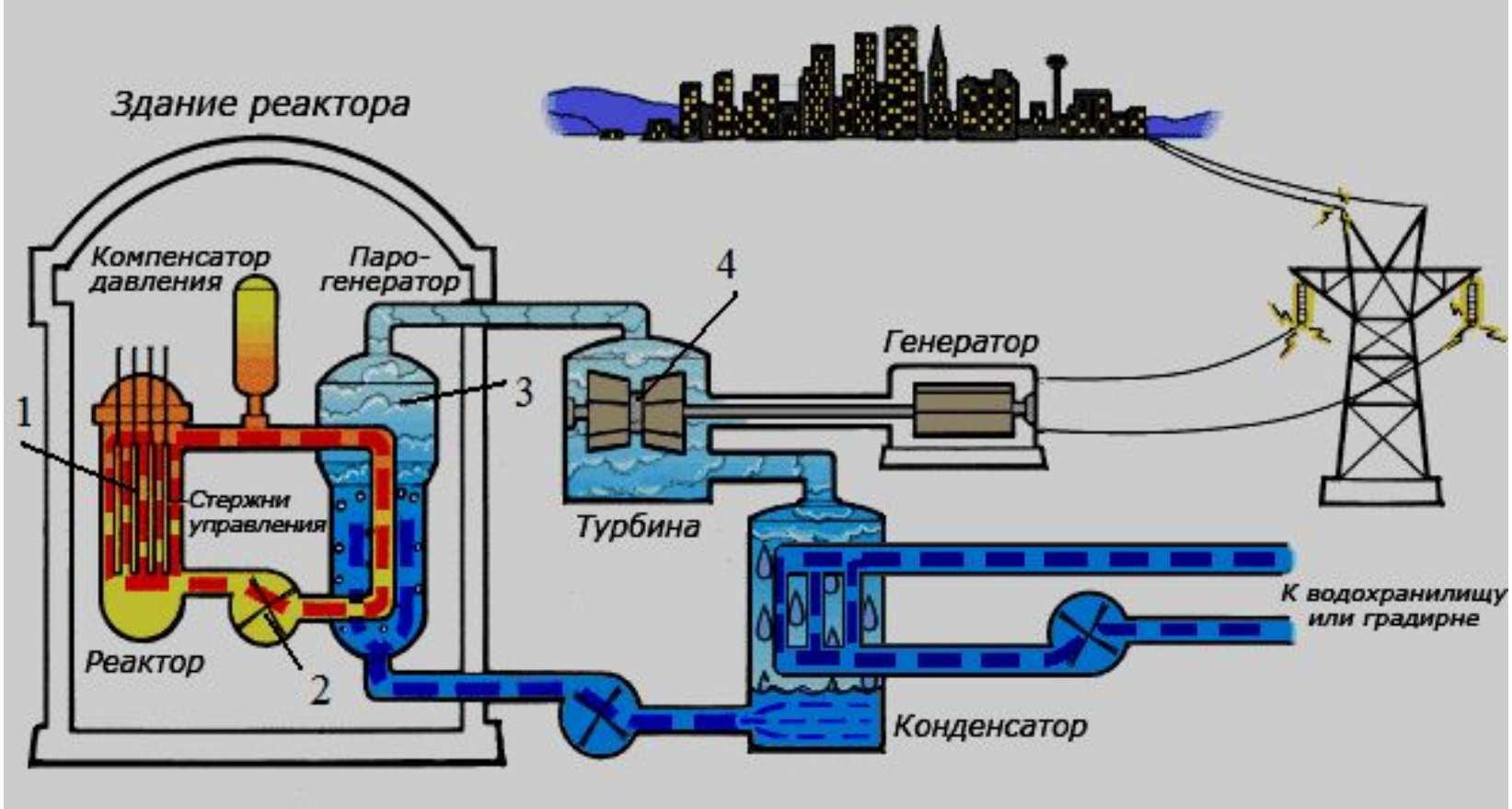


§3 Атомные электростанции

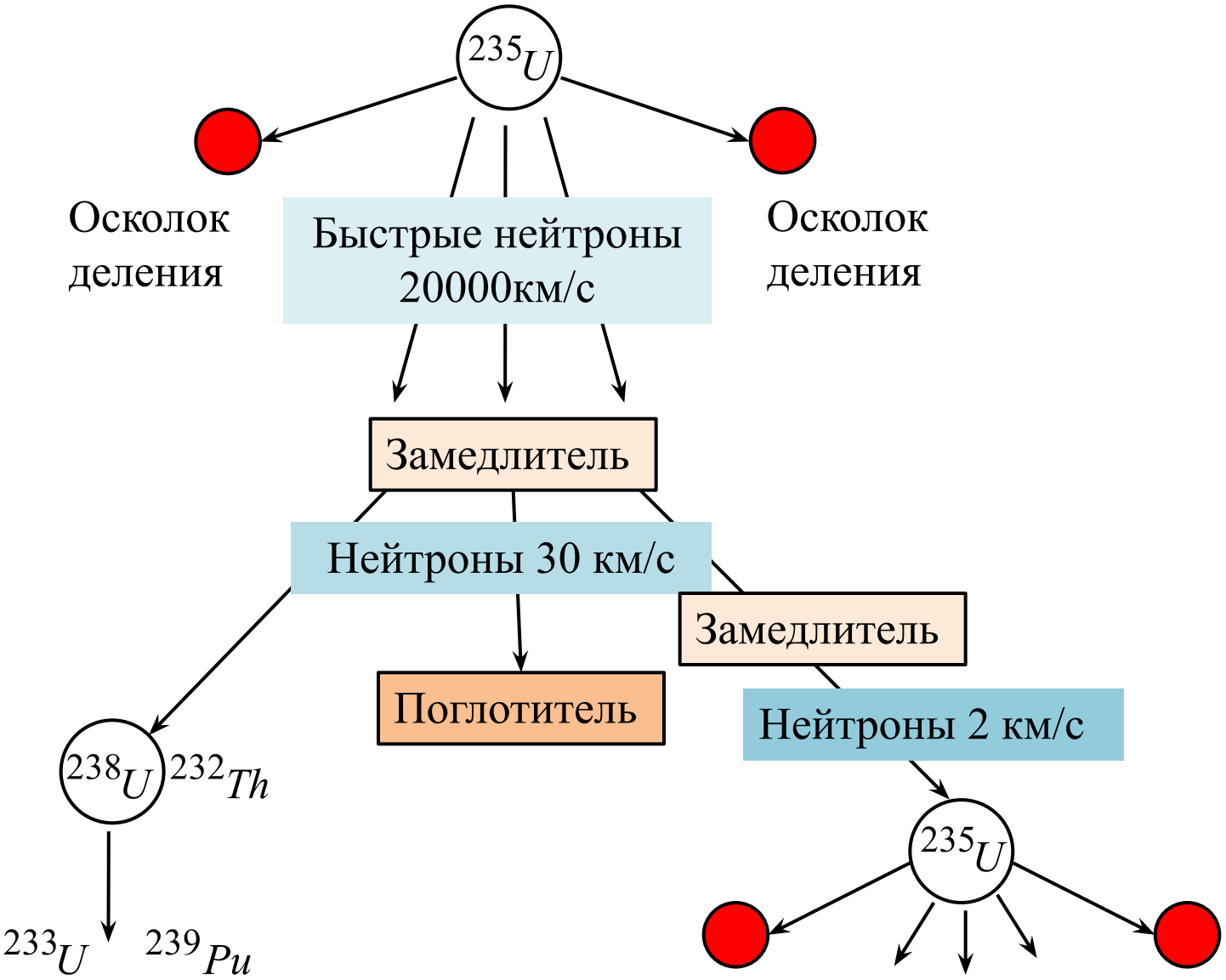
Атомная электростанция (АЭС) - электростанция, в которой атомная (ядерная) энергия преобразуется в электрическую. Источником энергии на АЭС является атомный реактор.

Работают на ядерном горючем: ^{235}U, ^{239}Pu, ^{233}U.

Принципиальная схема АЭС с ядерным реактором с водяным охлаждением



Цепная ядерная реакция

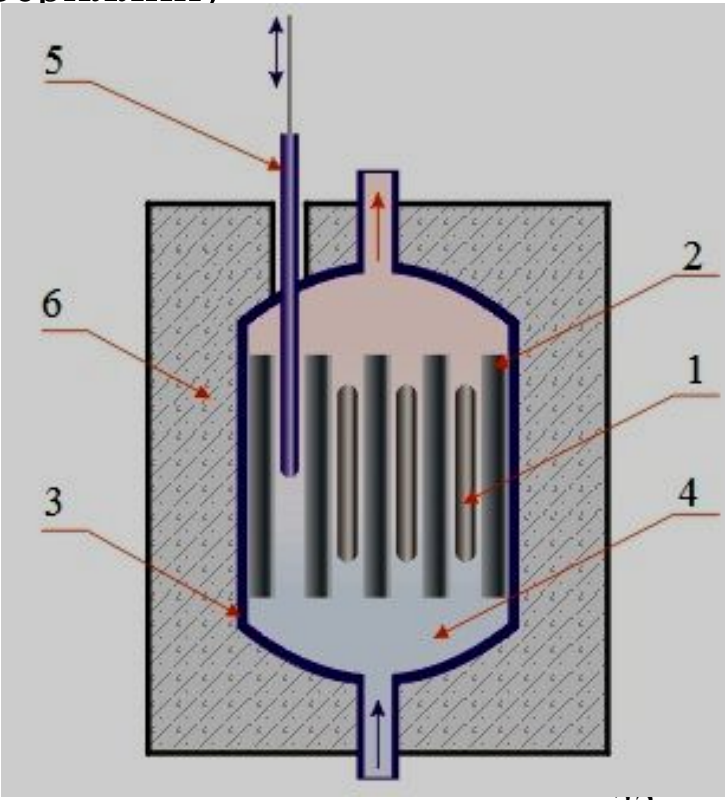


Ядерный реактор

Ядерный реактор — это устройство, в котором осуществляется управляемая цепная ядерная реакция, сопровождающаяся выделением энергии.

Основные элементы ядерного реактора

1. Активная зона с ядерным топливом.
2. Замедлитель (вода, тяжелая вода, графит, бериллий)
3. Поглотитель (кадмий, литий, бор) , отражатель и теплоизоляция.
4. Теплоноситель.
5. Система регулирования цепной реакцией.
6. Биологическая защита.



Реакторы:

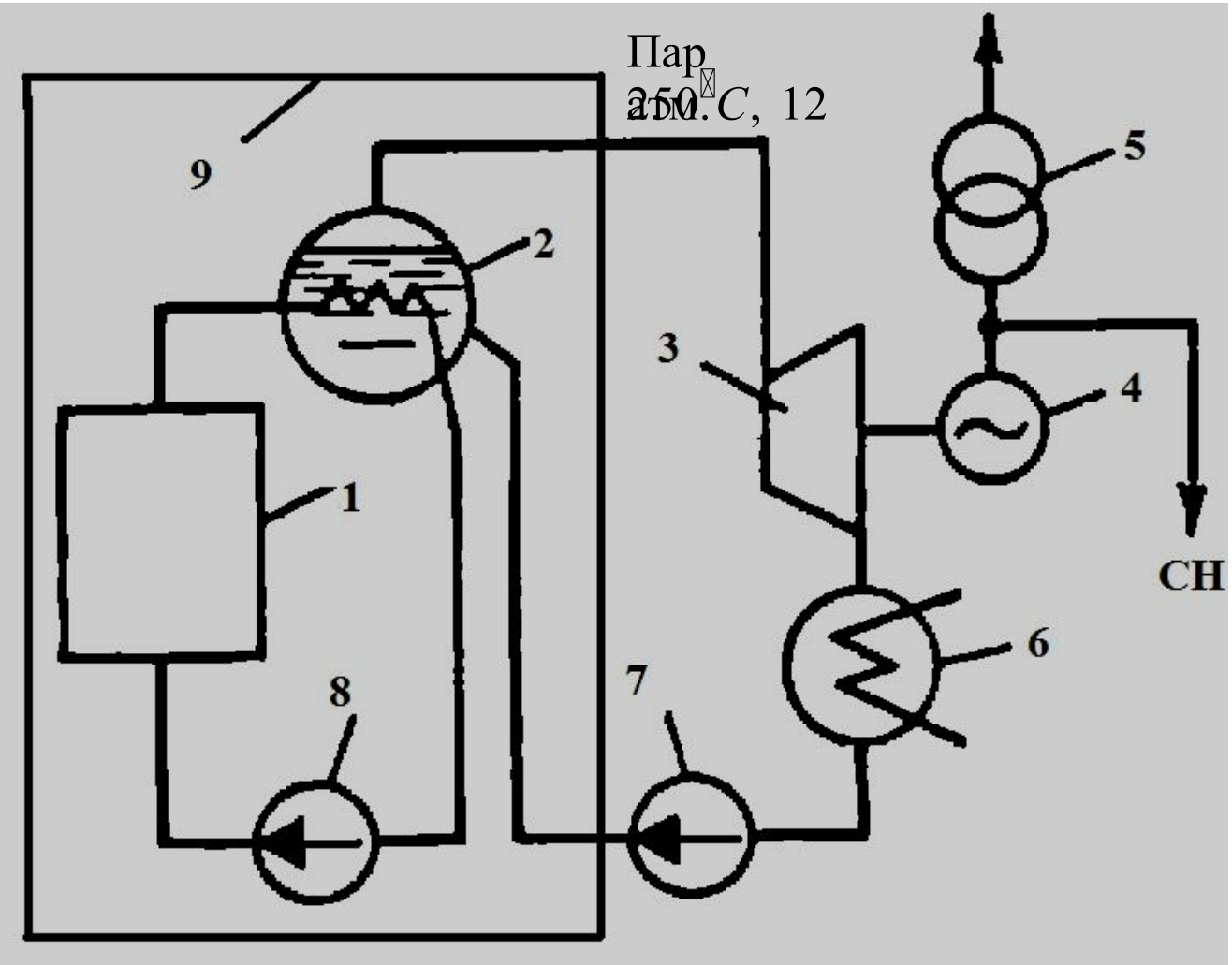
1. **Корпусные.** В этих реакторах топливо и замедлитель расположены внутри корпуса, несущего полное давление теплоносителя.
2. **Канальные.** В них топливо, охлаждаемое теплоносителем, заключено в предохранительные оболочки. Такого рода тепловыделяющие элементы, называются ТВЭЛами и устанавливаются в рабочие каналы активной зоны реактора.

Основные типы ядерных ректоров на территории России

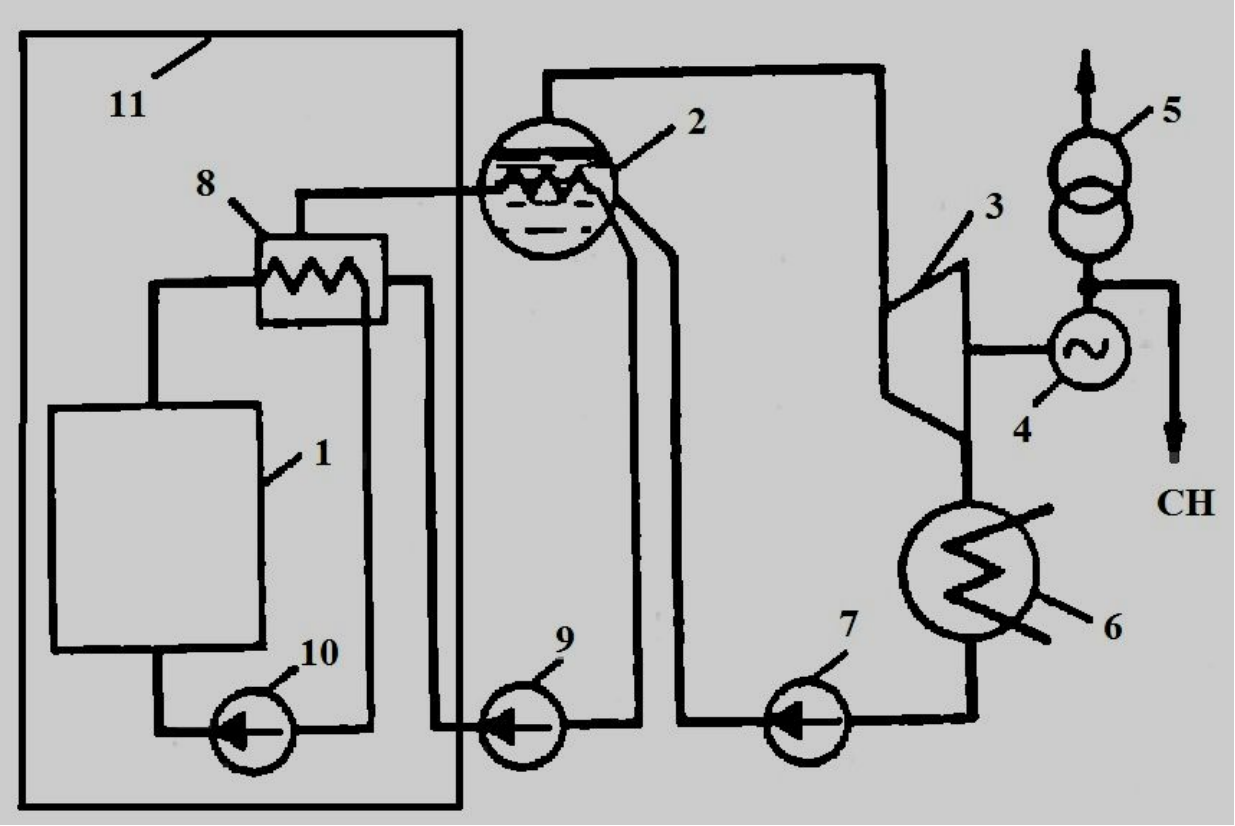
1. **РБМК (реактор большой мощности, канальный)** – реактор на тепловых нейтронах, водографитовый;
2. **ВВЭР (водо - водяной энергетический реактор**) – реактор на тепловых нейтронах, корпусного типа;
3. **БН (быстрые нейтроны**) – реактор на быстрых нейтронах с жидкометаллическим натриевым теплоносителем.

Принципиальные технологические схемы АЭС

Технологическая схема двухконтурной АЭС



Технологическая схема АЭС на быстрых нейтронах



Жидкий натрий имеет следующие преимущества по сравнению с традиционными теплоносителями:

1. Способен осуществлять большой теплосъём, благодаря высокой тепло емкости;
2. Слабо замедляет и мало поглощает быстрые нейтроны;
3. Имеет весьма высокую температуру кипения (около 800^0С).

Особенности АЭС

1. При нормальных условиях функционирования они абсолютно не загрязняют окружающую среду;
2. Не требуют привязки к источнику сырья и соответственно могут быть размещены практически везде;
3. Новые энергоблоки имеют мощность практически равную мощности средней ГЭС, однако коэффициент использования установленной мощности на АЭС (80%) значительно превышает этот показатель у ГЭС или ТЭС;
4. Об экономичности и эффективности атомных электростанций может говорить тот факт, что из 1 кг урана можно получить столько же теплоты, сколько при сжигании примерно 3000 т каменного угля;
5. Малый расход горючего не требует большой загрузки транспорта;
6. Малые затраты на строительство ЛЭП, т.к. АЭС можно размещать вблизи центров электрических нагрузок;
7. Могут вырабатывать как электрическую, так и тепловую энергии;
8. Возможность воспроизводства ядерного топлива;
9. Достаточно высокий КПД порядка 35-38%.

10. Опасность АЭС при возможных форс-мажорных обстоятельствах. Старые модели энергоблоков представляют потенциальную опасность радиационного заражения территорий из-за неконтролируемого перегрева реактора;
11. Значительная стоимость и сложность оборудования АЭС и сложность организации ремонтных работ радиоактивного оборудования;
12. Значительная стоимость и сложность утилизации отработавшего радиоактивного оборудования и отработавшего ядерного топлива.

§4 Современное состояние и перспективы развития традиционной электроэнергетики

В традиционной энергетике в мировом масштабе в настоящее время преобладает теплоэнергетика:

1. На базе нефти вырабатывается - 39 % электроэнергии.
2. На базе угля - 27 % электроэнергии.
3. На базе газа - 24 % электроэнергии.
4. На АЭС вырабатывается - 7 %
5. На ГЭС всего – 3 %.

90 %электроэнергии

Преимущества ТЭС

1. Отличие от ГЭС, тепловые электростанции можно размещать относительно свободно с учётом используемого топлива.
2. Удельная стоимость установленной мощности и срок строительства ТЭС значительно меньше, чем АЭС и ГЭС.
3. Производство электроэнергии на ТЭС, в отличие от ГЭС, не зависит от сезона и определяется только доставкой топлива.
4. Площади отчуждения хозяйственных земель для ТЭС существенно меньше, чем для АЭС, и, конечно, не идут ни в какое сравнение с ГЭС.

5. На ТЭС можно сжигать практически любое топливо, в том числе самые низкосортные угли.
6. В отличие от АЭС, нет никаких проблем с утилизацией ТЭС по завершении срока службы.

Недостатки ТЭС:

1. ТЭС — самые экологически «грязные» источники электроэнергии, особенно те, которые работают на высокозольных сернистых топливах.
2. Традиционные ТЭС имеют сравнительно низкую экономичность (лучшую, чем у АЭС, но значительно худшую, чем у ПГУ).
3. В отличие от ГЭС, ТЭС с трудом участвуют в покрытии переменной части суточного графика электрической нагрузки.
4. ТЭС существенно зависят от поставки топлива, часто привозного.

Несмотря на все эти недостатки, ТЭС являются основными производите лями электроэнергии в большинстве стран мира и останутся таковыми, по крайней мере на ближайшие 50 лет.

Перспективы строительства мощных конденсационных ТЭС тесно свя заны с видом используемых органических топлив.

Несмотря на большие преимущества жидких топлив их использование на ТЭС будет все более сокращаться не только в связи с ограниченностью запасов, но и в связи с их большой ценностью как сырья для нефтехимической промышленности.

Поэтому жидкое топливо на ТЭС будет использоваться либо как резервное на газомазутных ТЭС, либо как вспомогательное на пылеугольных.

Использование природного газа на КЭС нерационально: для этого следует использовать парогазовые установки утилизационного типа, основой которых являются высокотемпературные ГТУ.

Таким образом, далекая перспектива использования классических паро турбинных ТЭС и в России, и за рубежом, прежде всего, связана с использо ванием углей, особенно низкосортных.

Это, конечно, не означает прекращения эксплуатации газомазутных ТЭС, которые будут постепенно заменяться ПГУ.