



**Использование ископаемых и
ядерных топлив.
Энергосбережение при
транспортировке энергоресурсов
и энергоносителей.**

Тема №2 (6
часов)



Преимущества и недостатки ТЭС, ТЭЦ.

Преимущества:

- В отличие от ГЭС, тепловые электростанции можно размещать относительно свободно с учетом используемого топлива
- Стоимость электроэнергии ниже чем у АЭС
- Меньше площади отчуждаемых земель
- Нет проблем с утилизацией по завершению срока эксплуатации

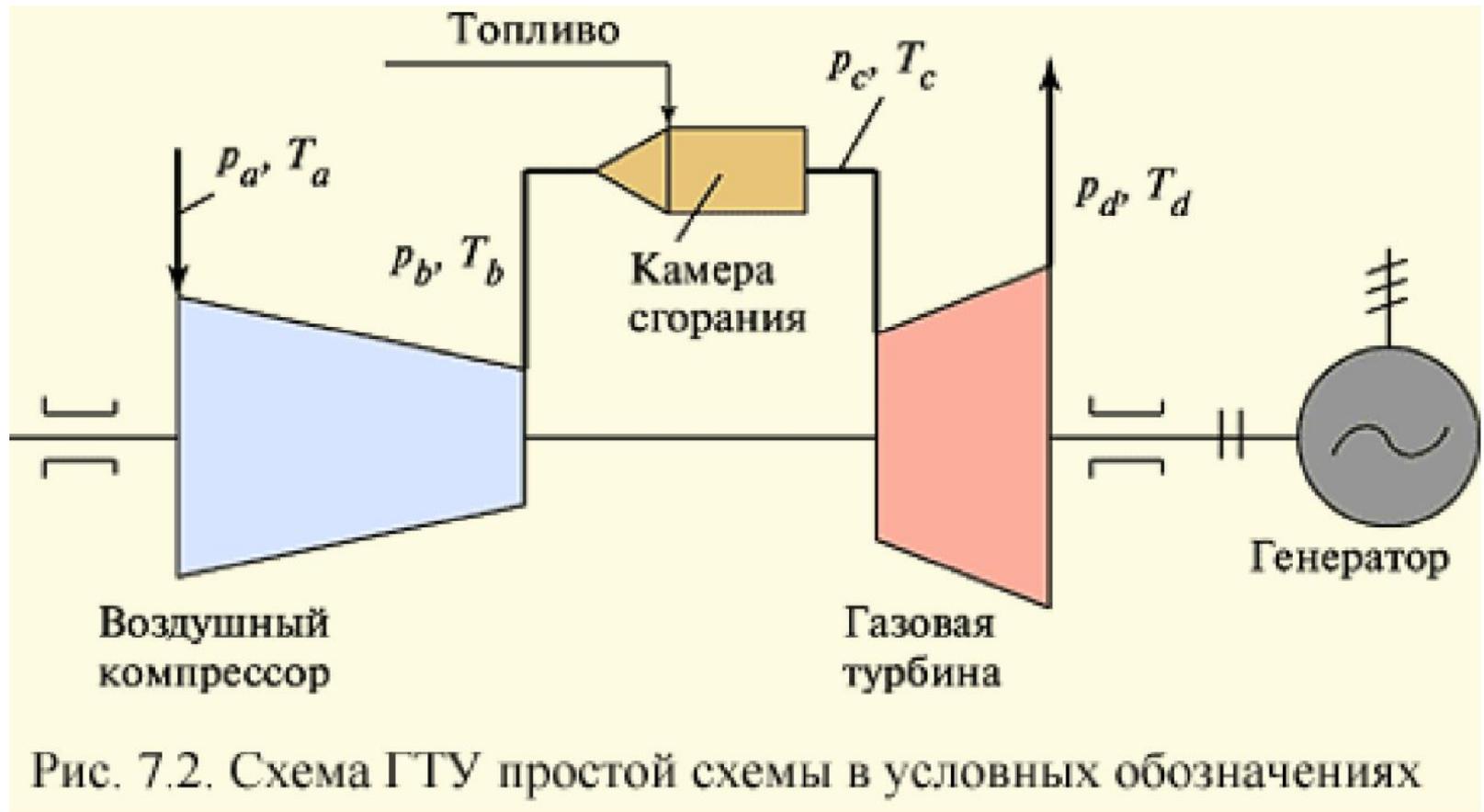
Недостатки

- Экологически грязный источник энергии

На ТЭС и ТЭЦ могут использоваться следующие установки для преобразования химической энергии топлива в тепловую

- паровые (ПУ),
- газотурбинные (ГТУ),
- парогазовые (ПГУ).

Схема газо-турбинной установки



При расширении газов в газовой турбине на ее валу создается мощность.

Эта мощность частично расходуется на привод воздушного компрессора (примерно $2/3$), а ее избыток — на привод ротора электрогенератора.

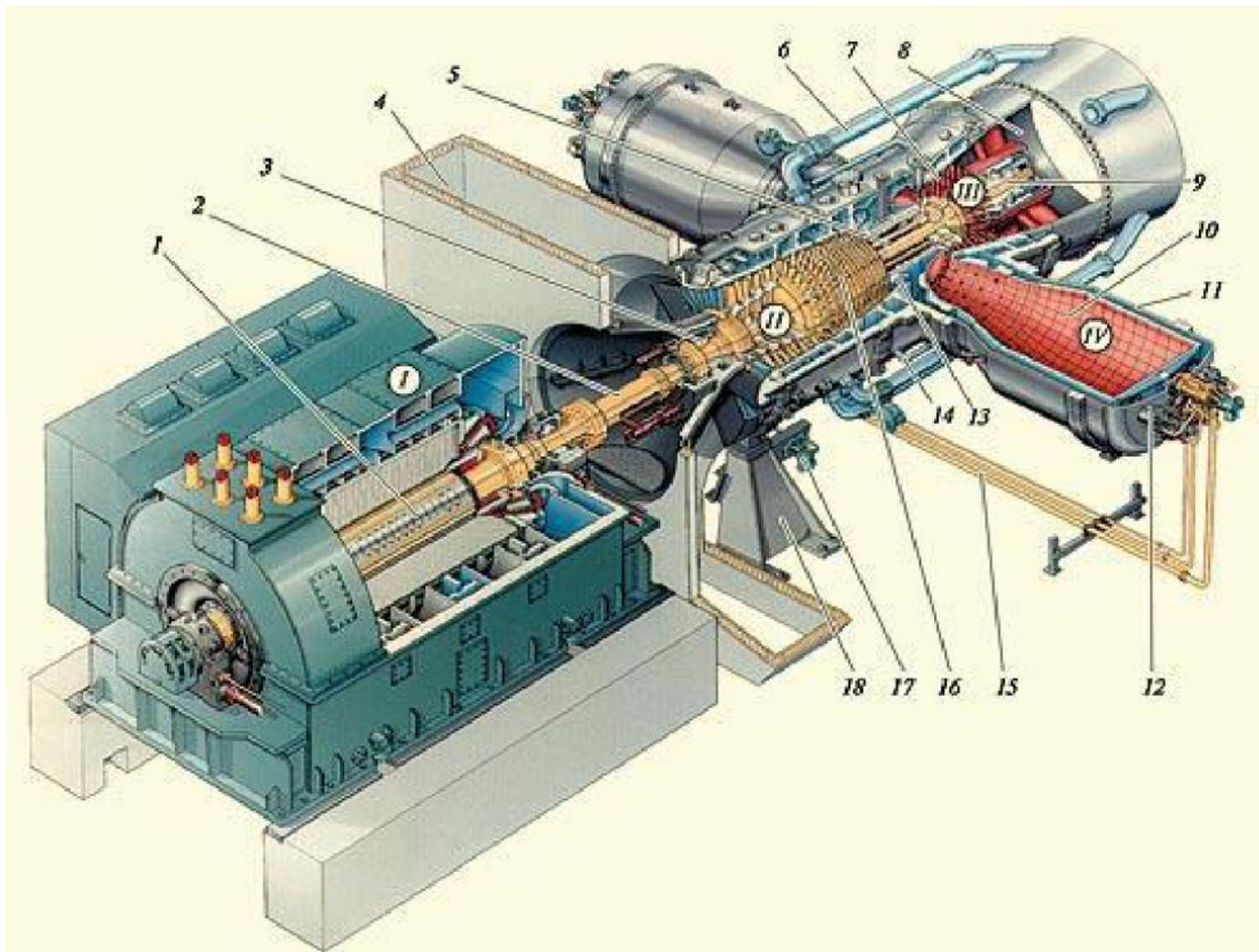


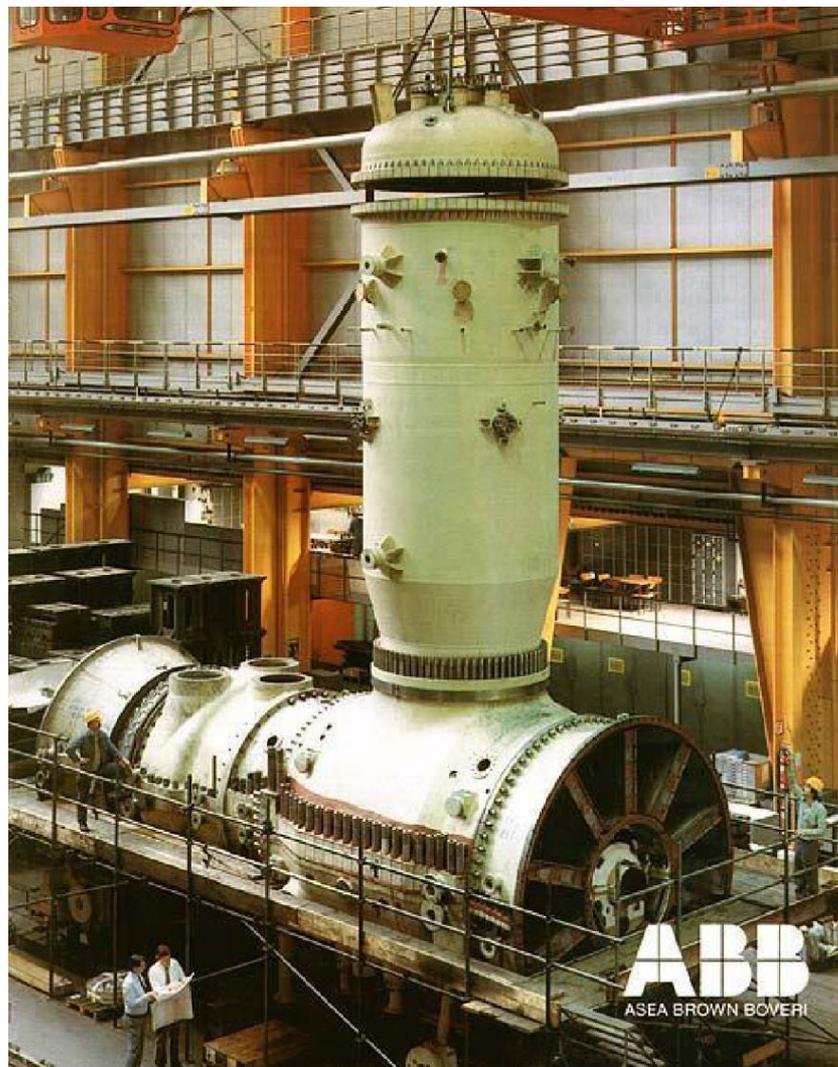
Рис. 7.4. Устройство ГТУ V94.3 (рисунок из проспекта фирмы Siemens)



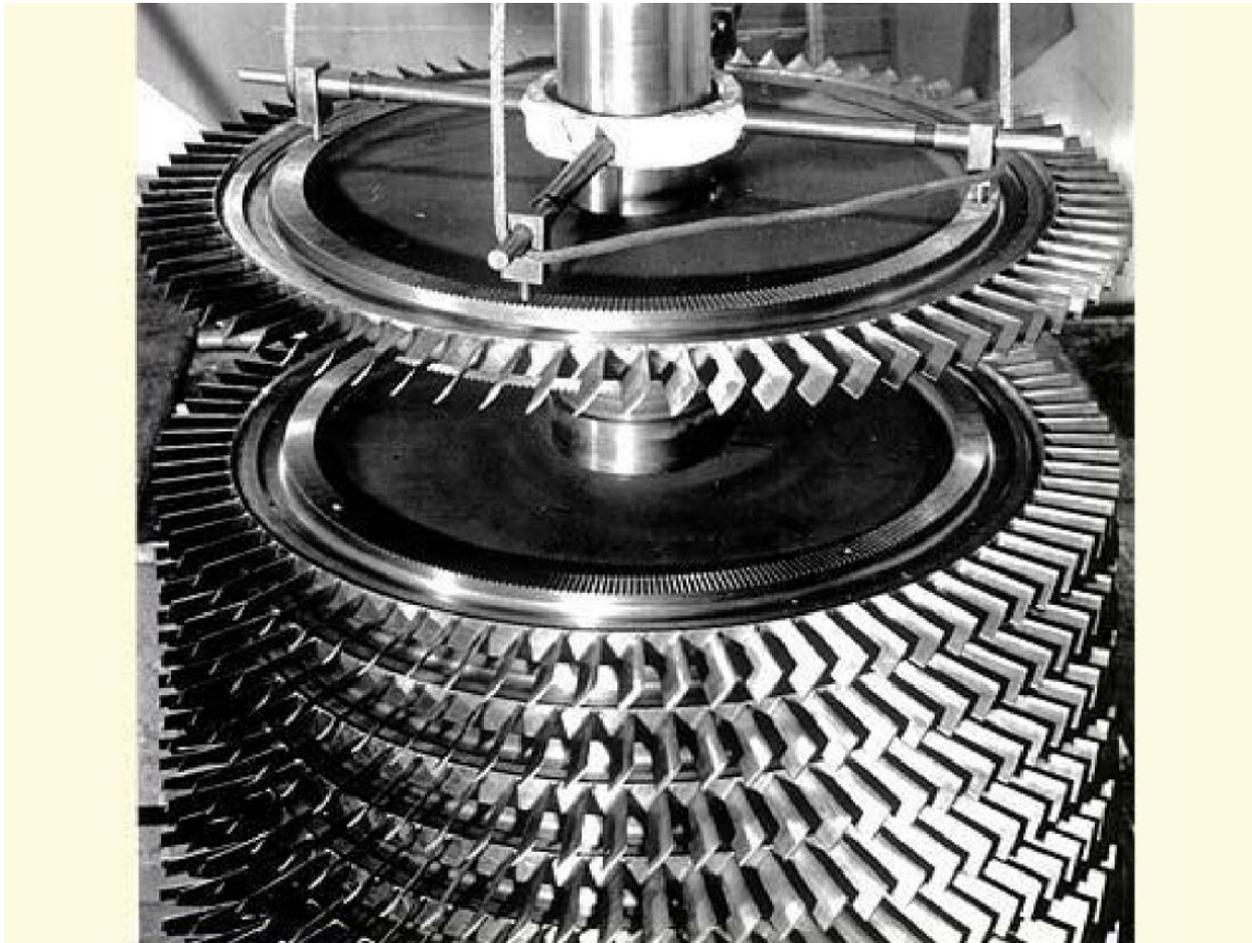
Воздушный компрессор ГТУ

Воздушный компрессор — это турбомашина, к валу которой подводится мощность от газовой турбины; эта мощность передается воздуху, протекающему через проточную часть компрессора, вследствие чего давление воздуха повышается вплоть до давления в камере сгорания.

Внешний вид ГТУ типа 13Е фирмы АВВ



Ротор газовой турбины





Преимущества ГТУ

Преимущества ГТУ – компактность и маневренность.

- Отсутствует паровой котел.
- Газовая турбина состоит из 3-5 ступеней (паровая 25-30).
- В ГТУ отсутствует конденсатор, градирня, циркуляционный и питательный насосы, подогреватели, деаэратор и др.

Недостатки ГТУ

- КПД – 37-38% (ПТУ 42-43%)
- Высокая стоимость (в 3-4 раза дороже чем ПТУ)
- Высокие требования к топливу



Парогазовые установки (ПГУ)

Парогазовые установки – это энергетические установки, в которых теплота уходящих газов ГТУ используется для выработки электроэнергии в паротурбинном цикле.

Уходящие газы **ГТУ** поступают в *котел-утилизатор* — теплообменник противоточного типа, в котором за счет тепла горячих газов генерируется пар высоких параметров, направляемый в паровую турбину.



Принципиальное отличие ПГУ от обычной ТЭС состоит только в том, что топливо в котле-утилизаторе не сжигается, а необходимая для работы теплота берется от уходящих газов ГТУ.



Атомная энергетика

Первая в мире промышленная атомная электростанция

мощностью 5 МВт мощностью 5 МВт была запущена 27 июня мощностью 5 МВт была запущена 27 июня 1954 года мощностью 5 МВт была запущена 27 июня 1954 года в СССР мощностью 5 МВт была запущена 27 июня 1954 года в СССР, в городе Обнинск.

Мировыми лидерами в производстве ядерной электроэнергии являются:

США (836,63 млрд кВт·ч/год), работает 104 атомных реактора (22 % от вырабатываемой электроэнергии)

Франция (439,73 млрд кВт·ч/год),

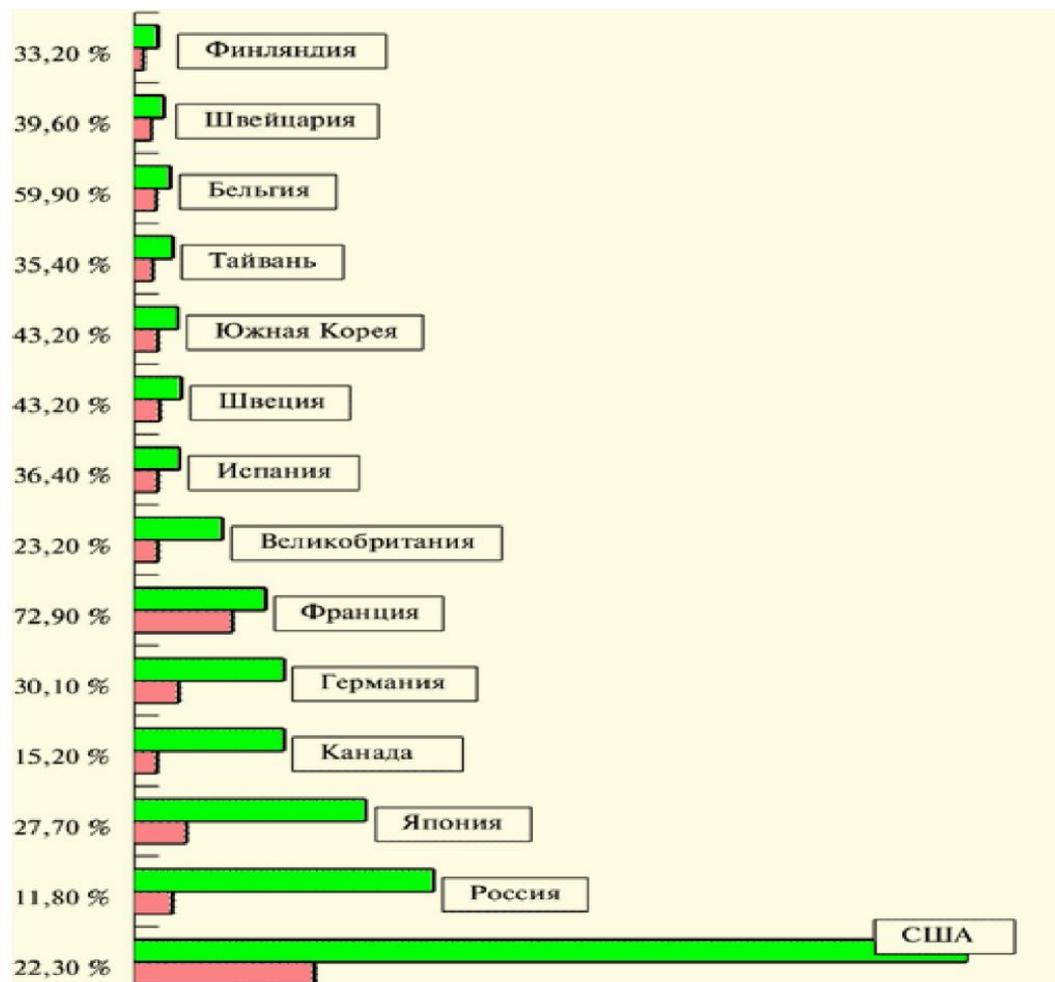
Япония (263,83 млрд кВт·ч/год),

Россия (177,39 млрд кВт·ч/год),

Корея (142,94 млрд кВт·ч/год)

Германия (140,53 млрд кВт·ч/год).

Доля энергии, вырабатываемая на АЭС





Производство теплоты и электрической энергии на АТЭЦ и АЭС

Производство теплоты и электрической энергии на теплоэлектроцентралях (АТЭЦ) и атомных электрических станциях (АЭС) отличается лишь способом генерирования теплоты, которая высвобождается в ядерном реакторе.

Главное отличие АЭС от ТЭС состоит в использовании *ядерного горючего* вместо органического топлива.

Ядерное горючее получают из *природного урана*, который добывают либо в шахтах (Франция, Нигер, ЮАР), либо в открытых карьерах (Австралия, Намибия), либо способом подземного выщелачивания (США, Канада, Россия).



Классификация АЭС в соответствии с ТИПОМ используемого реактора

- с реакторами на тепловых нейтронах,
- в том числе с:
 - водо-водяными
 - кипящими
 - тяжеловодными
 - газоохлаждаемыми
 - графито-водными
- с реакторами на быстрых нейтронах



Ядерная реакция деления U235

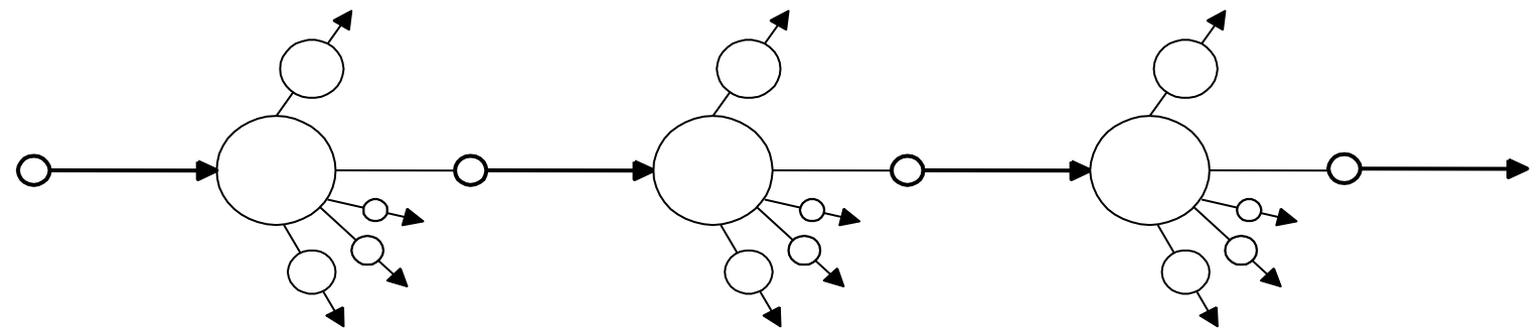
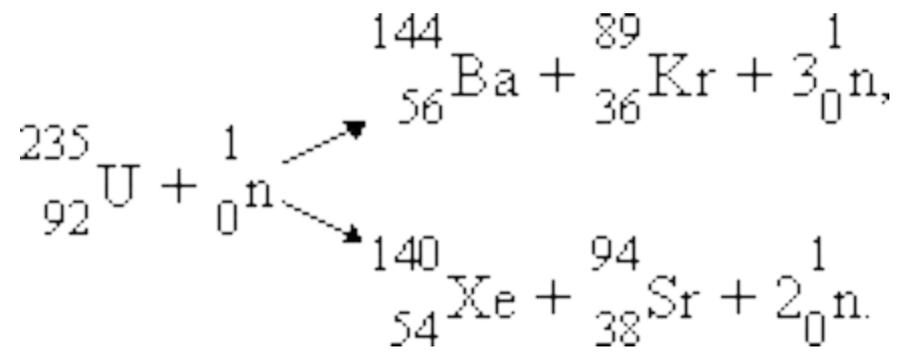
При бомбардировке U235 тепловыми нейтронами ядро атома захватывает и поглощает нейтроны, а затем распадается на два осколка.

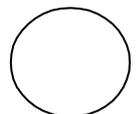
При каждом акте деления в среднем выделяются два-три быстрых нейтрона и энергия 200 МэВ в виде теплоты.

В типичной химической реакции ее выделяется менее 10 эВ на атом ($1\text{эВ} \approx 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж).

Тепло передается теплоносителю в зависимости от конструкции ядерного реактора: воде, водяному пару, газу или жидкому металлу.

Цепная реакция деления ядер урана

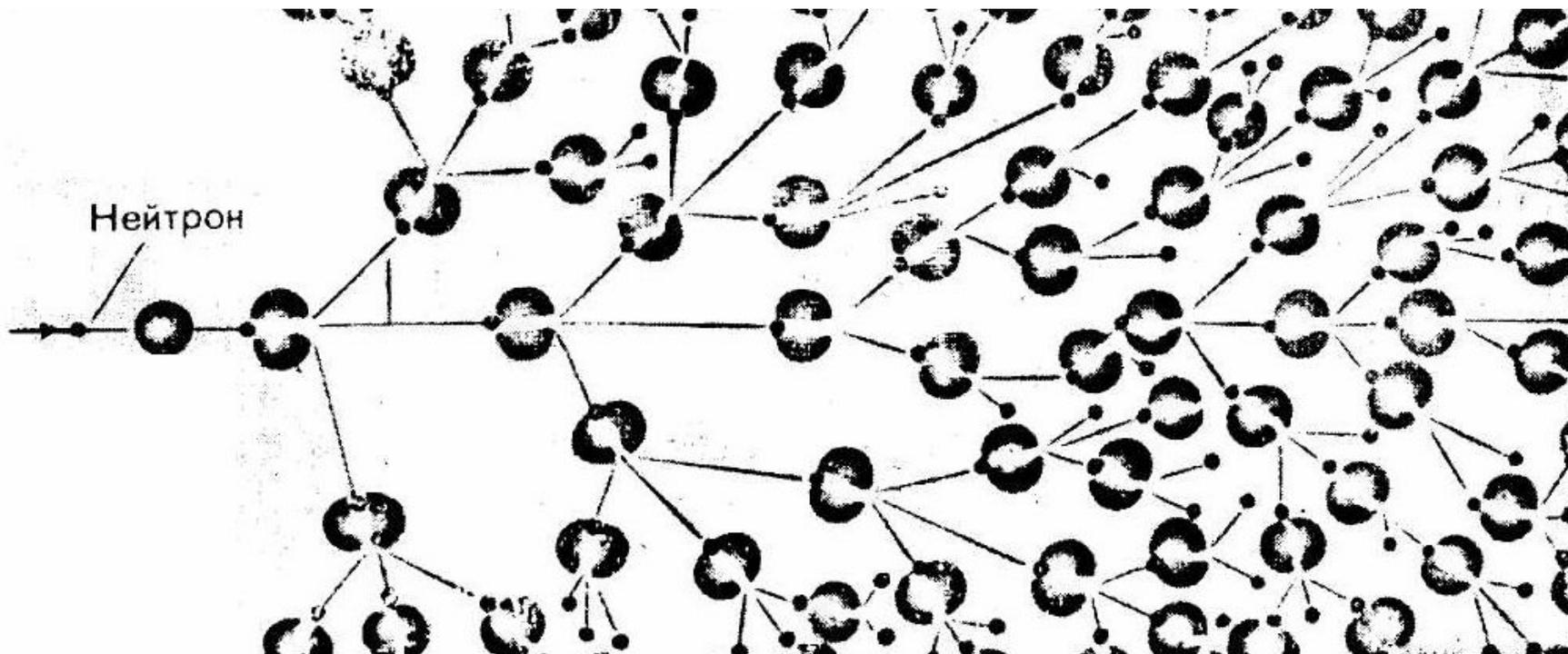


 ядро урана;

 осколок;

 нейтрон

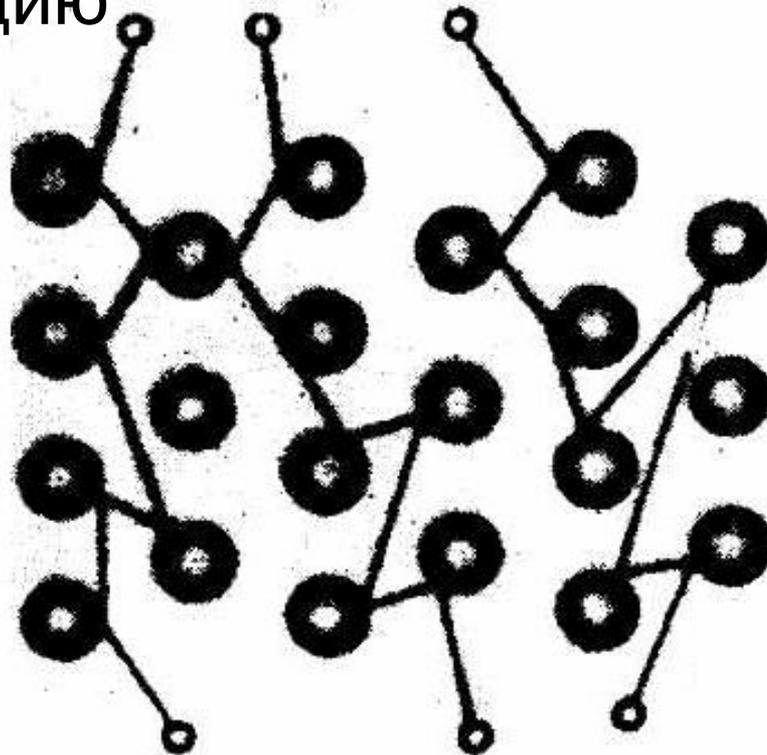
Цепная реакция деления ядер урана 235



k – коэффициент размножения нейтронов
 $k < 1$ – затухание ядерной реакции,
 $k = 1$ – управляемая ядерная реакция,
 $k > 1$ – ядерный взрыв

Цепная реакция деления ядер урана 235

Атомные ядра замедлителя замедляют нейтроны, предотвращая неуправляемую цепную реакцию



Тепловыделяющий элемент

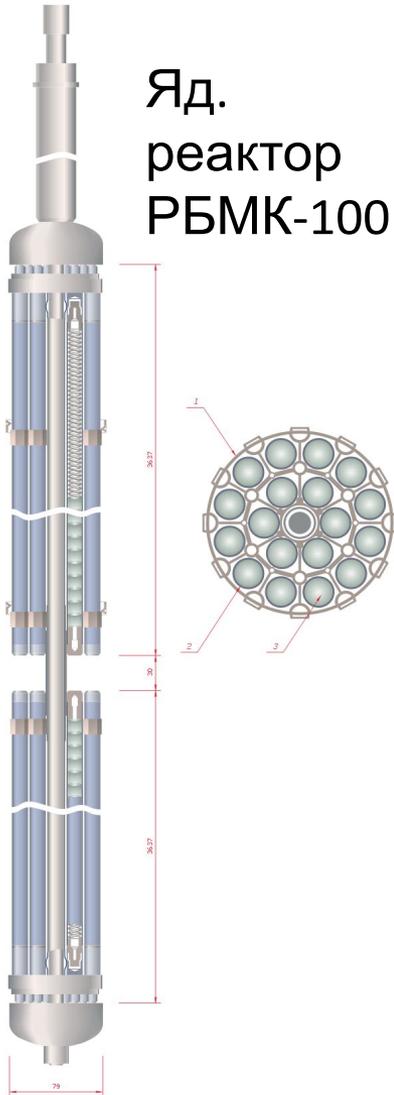
Процессы «горения» — расщепления ядер ^{235}U с образованием осколков деления, радиоактивных газов, набуханием таблеток и т.д. происходят внутри трубки твэла.



Устройство твэла реактора [РБМК](#) Устройство твэла реактора РБМК: 1 — заглушка; 2 — таблетки [диоксида урана](#) Устройство твэла реактора РБМК: 1 — заглушка; 2 — таблетки диоксида урана; 3 — оболочка из [циркония](#); 4 — пружина; 5 — втулка; 6 — наконечник.

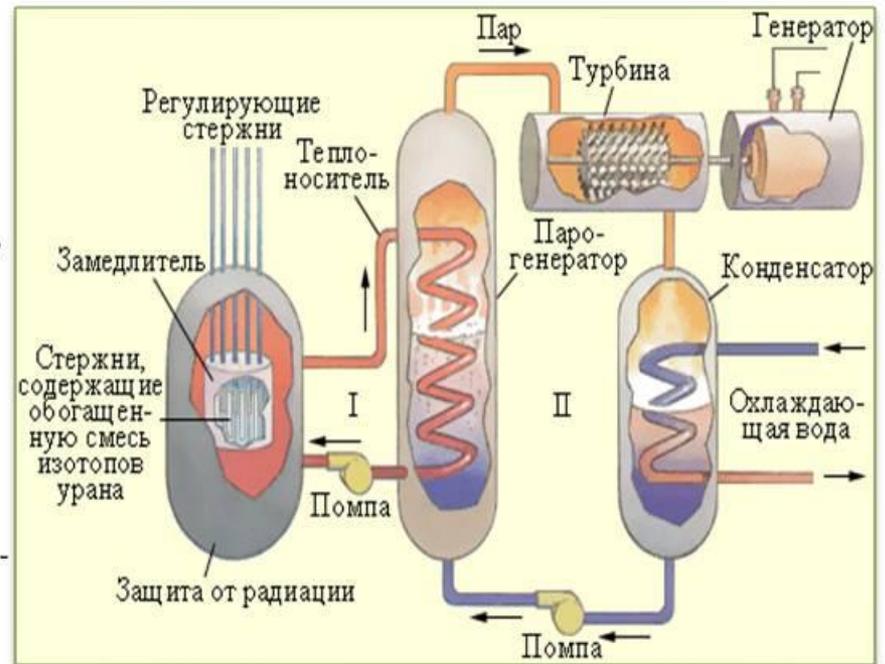
Тепловыделяющая сборка

Яд.
реактор
РБМК-100



Основные элементы ядерного реактора:

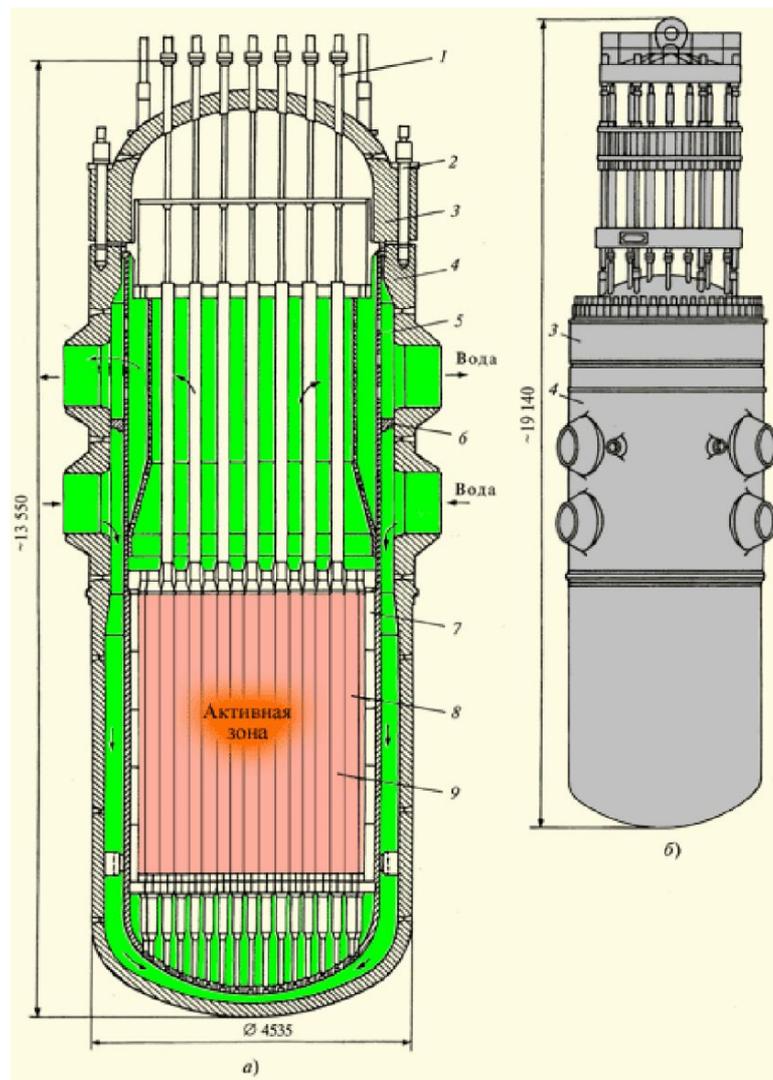
- 1) ядерное горючее ($^{235}_{92}\text{U}$, $^{239}_{94}\text{Pu}$, $^{238}_{92}\text{U}$ и др.);
- 2) замедлитель нейтронов (тяжелая или обычная вода, графит и др.);
- 3) теплоноситель для вывода энергии, образующейся при работе реактора (вода, жидкий натрий и др.);
- 4) Устройство для регулирования скорости реакции (вводимые в рабочее



пространство реактора стержни, содержащие кадмий или бор – вещества, которые хорошо поглощают нейтроны).

Снаружи реактор окружат защитной оболочкой, задерживающей γ -излучение и нейтроны. Оболочку выполняют из бетона с железным наполнителем.

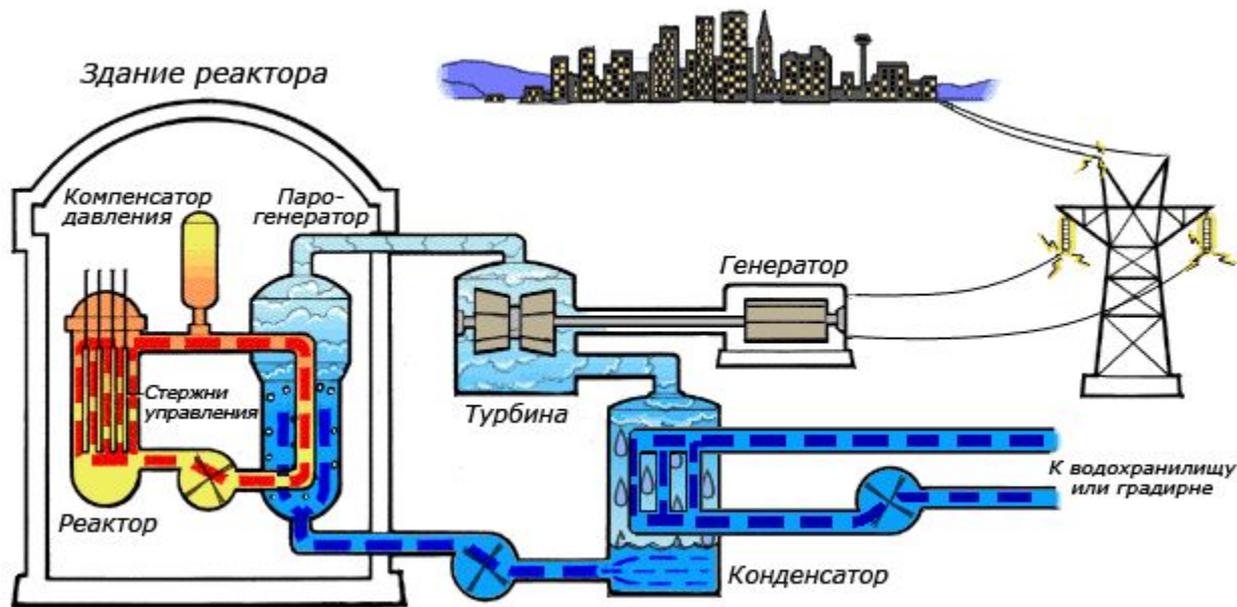
Ядерный реактор ВВЭР - 1000



Ядерный реактор ВВЭР – 1000 во время заводской сборки



Ядерный реактор АЭС — это аналог парового котла в ТЭС.



АЭС принципиально не отличается от ТЭС: она также содержит паровую турбину, конденсатор, систему регенерации, питательный насос, конденсатоочистку. Так же, как и ТЭС, АЭС потребляет громадное количество воды для охлаждения конденсаторов.



Утилизация отработанного ядерного горючего

Но в отличие от ТЭС, где топливо сжигается полностью (по крайней мере, к этому стремятся), на АЭС добиться 100 % расщепления ядерного горючего невозможно.

После постепенного расщепления ^{235}U и уменьшения его концентрации до 1,26 %, когда мощность реактора существенно уменьшается, ТВС извлекают из реактора, некоторое время хранят в бассейне выдержки, а затем направляют на радиохимический завод для переработки.

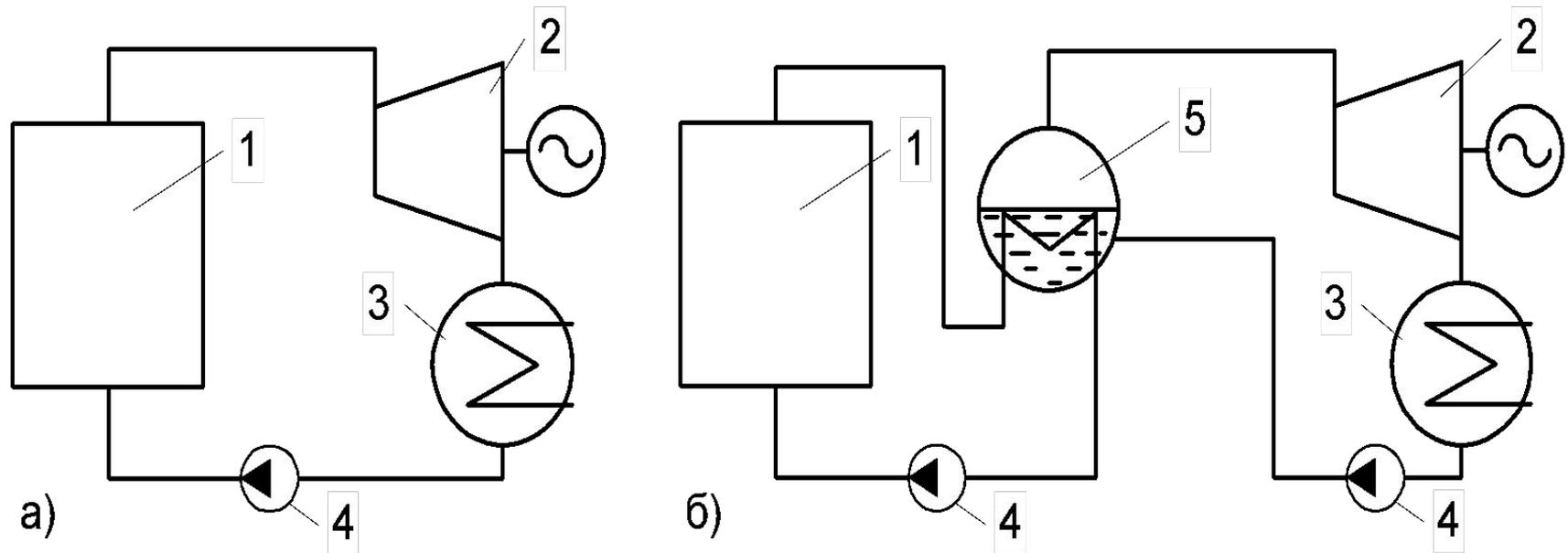


Защита и безопасность на АЭС

Система управления и защиты (СУЗ) служит для управления реактором путем изменения площади поглощающих регулирующих стержней для захвата нейтронов.

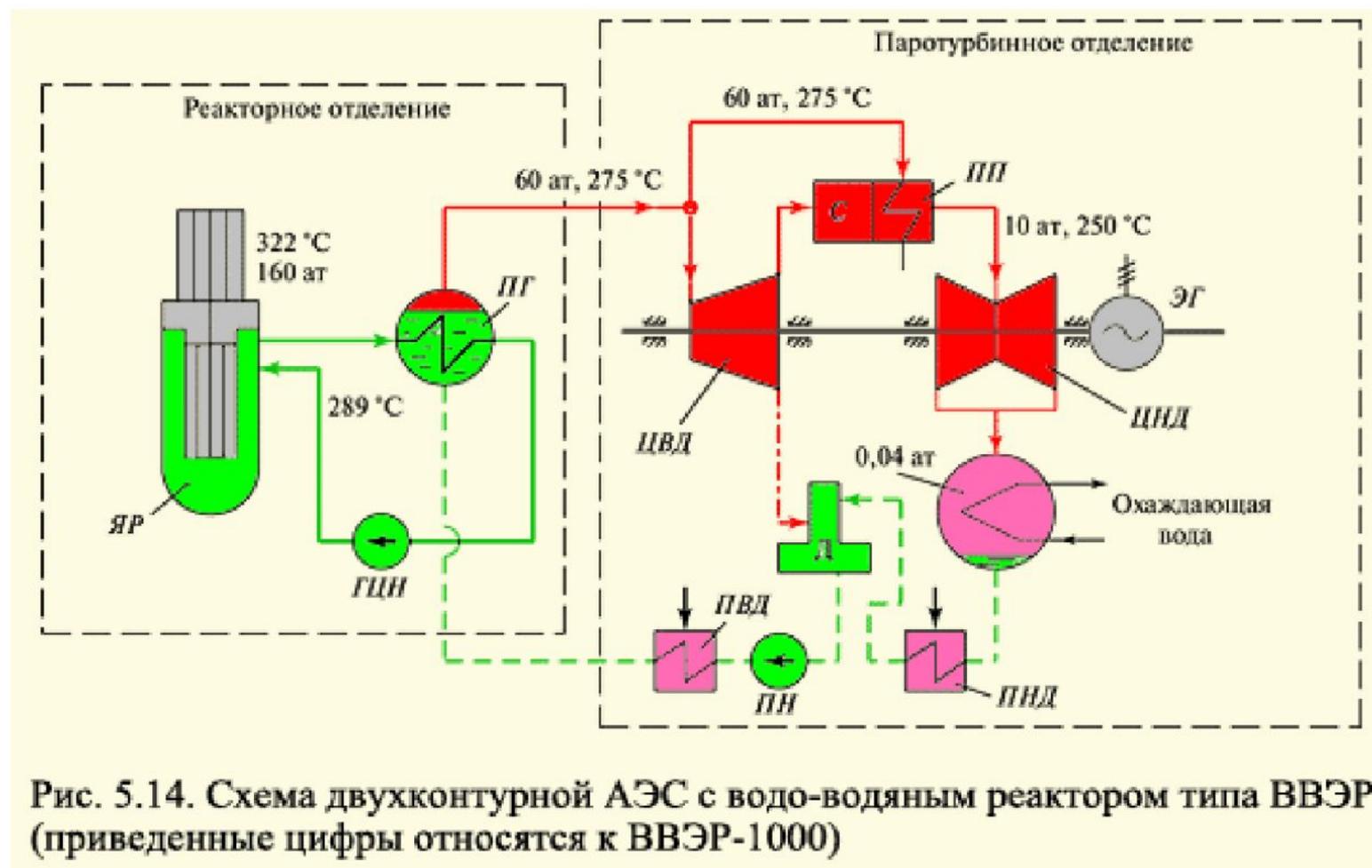
Биологическая защита обеспечивает безопасность персонала и окружающей среды.

В зависимости от теплоносителя, используемого в реакторе, конструкции ядерных энергоустановок могут быть одно-, двух- или трехконтурными.



Одноконтурные применяются в газовых и водяных реакторах, двухконтурные - в водо-водяных реакторах, а трехконтурные - с жидкометаллическим теплоносителем.

Дополнительные контуры ядерных энергетических установок требуются для предотвращения выноса радионуклидов в последний контур с теплосиловым оборудованием.
Они обеспечивают безопасную работу АЭС





Преимущества АЭС:

- Независимость от источников топлива (1 кг урана эквивалентен 2500 т. каменного угля).
- Экологическая чистота (отсутствуют выбросы и не потребляется кислород воздуха)



Недостатки АЭС:

- Невозможно 100% расщепление ядерного горючего.
- Утилизация отходов.
- Тяжелые последствия аварий в реакторном отделении.
- Ликвидация АЭС после выработки ресурса (20% от стоимости строительства).

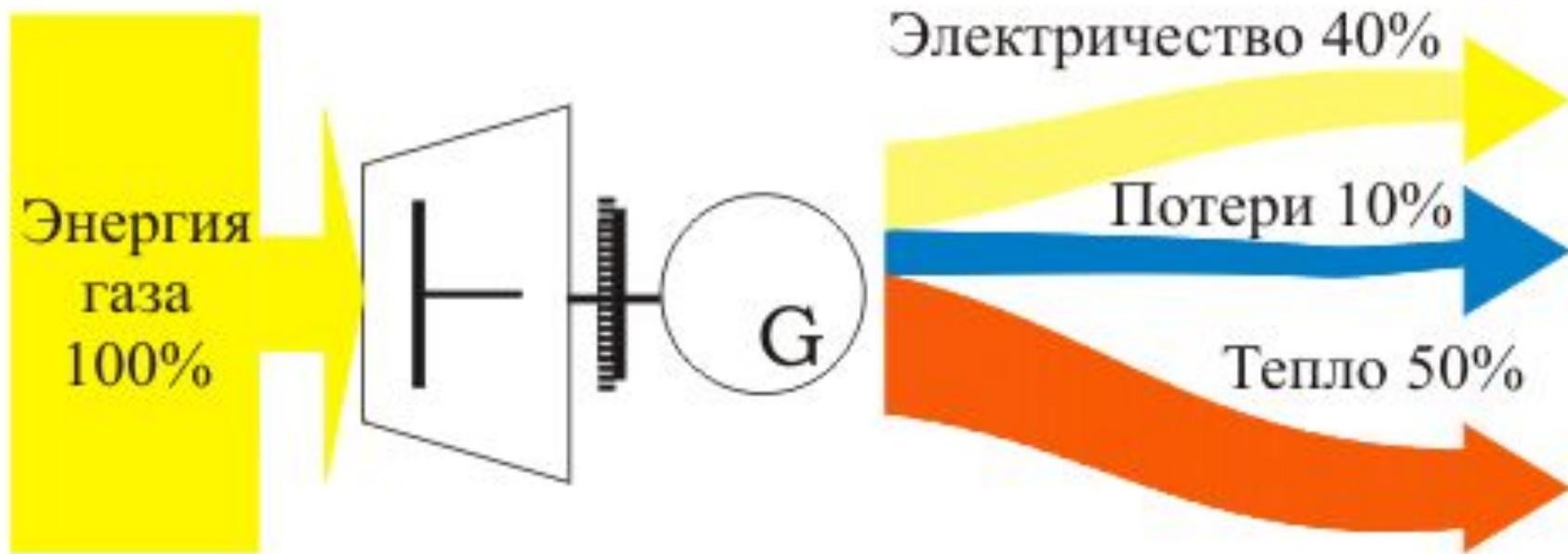


Децентрализованное (автономное) энергоснабжение

Обычный способ получения электричества и тепла заключается в их раздельной генерации (электростанция и котельная). При этом значительная часть энергии первичного топлива не используется. Когенерации - совместное производства электроэнергии и тепла.

Мини-ТЭЦ – электростанция с комбинированным производством электроэнергии и тепла (когенерация), расположенная в непосредственной близости от конечного потребителя.

Мощность 20 кВт-5 МВт

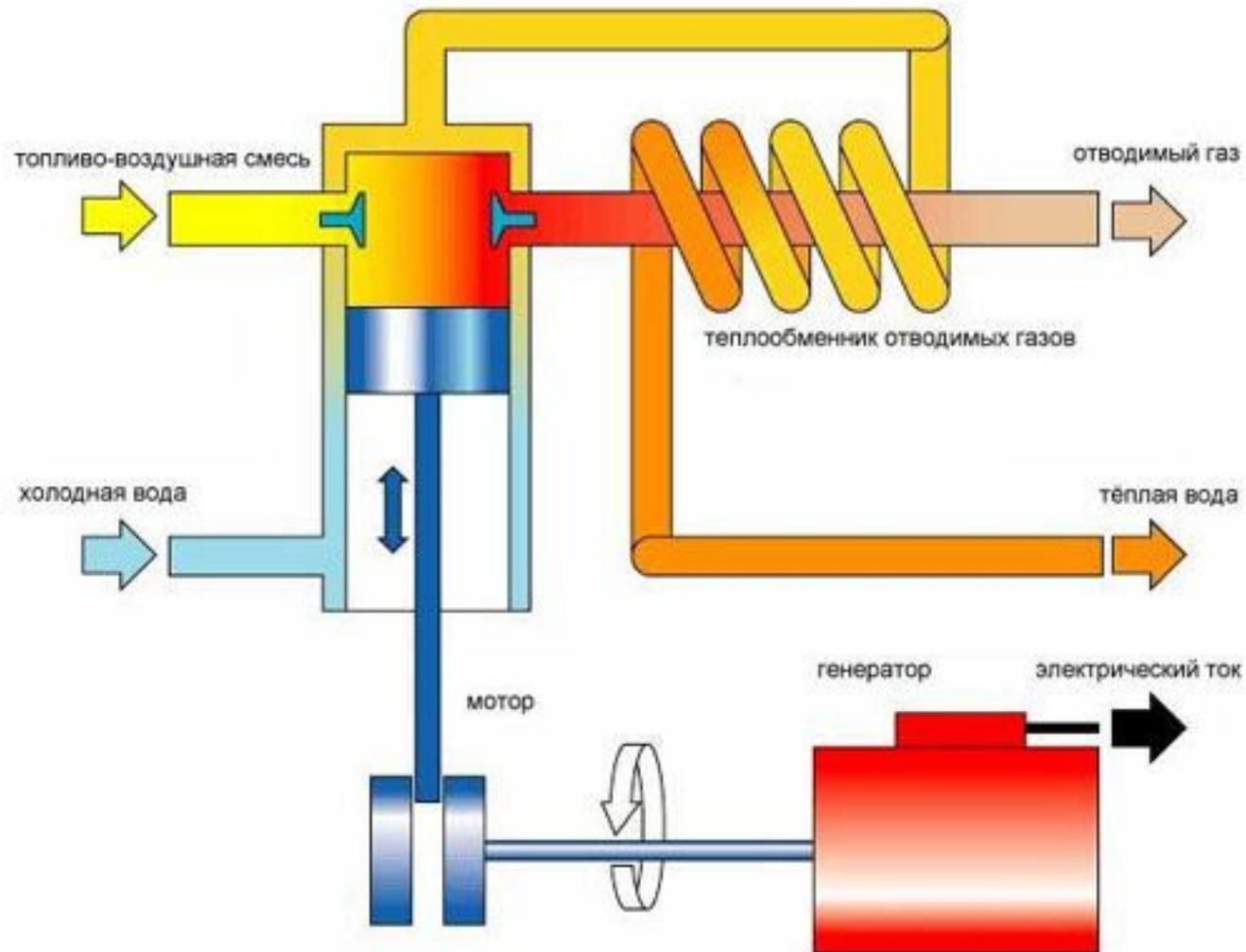




Источники энергии малой мощности (мини-ТЭЦ)

- Дизельный ДВС
- Газопоршневой ДВС (газопоршневая установка)
- Газотурбинная установка

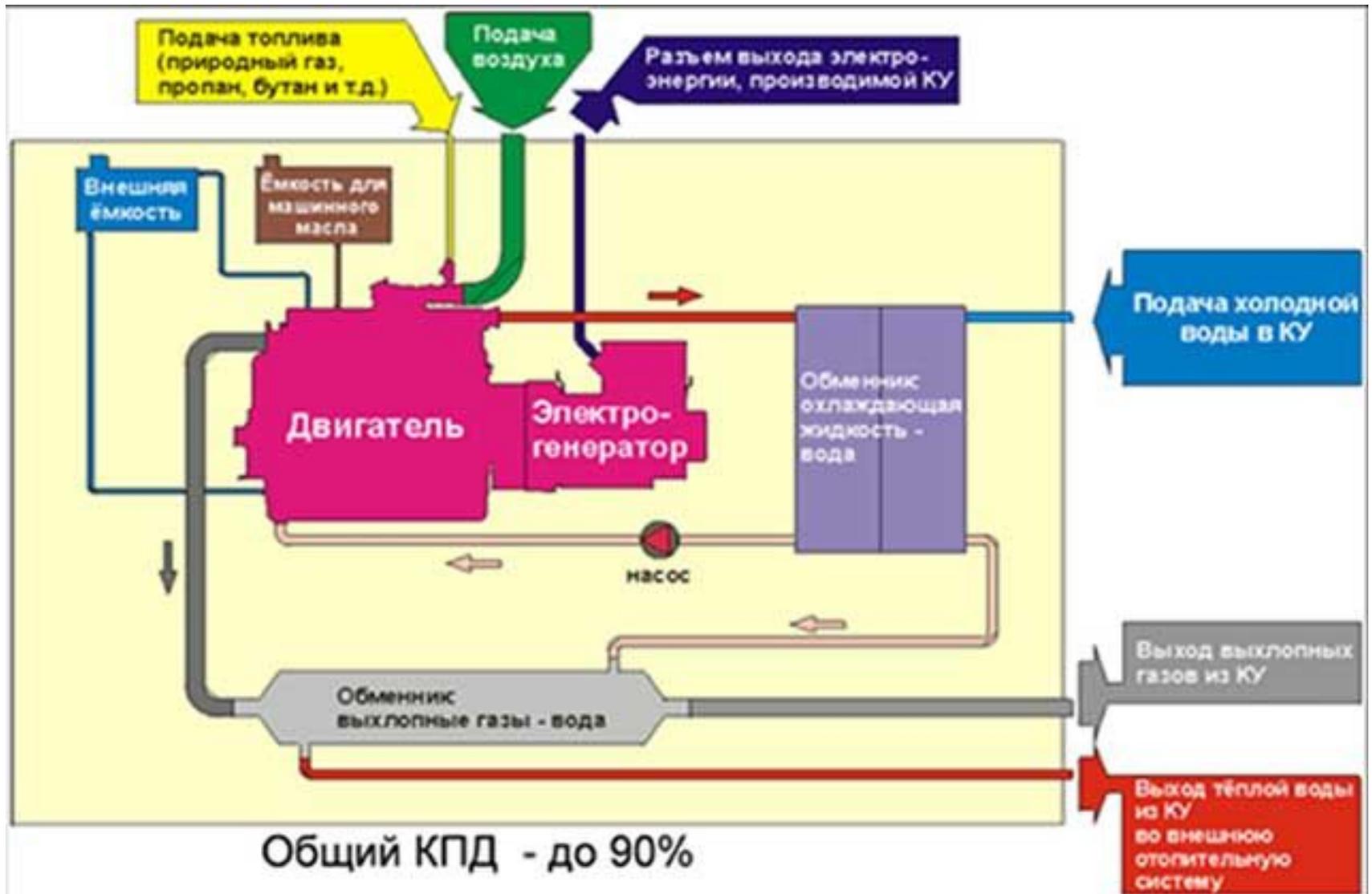
Схема дизельного ДВС



Энергия, выделившаяся при сгорании топлива, в ДВС производит механическую работу и теплоту.

В газовых двигателях может использоваться природный газ, пропан, биогаз, пиролизный газ и др.

Схема ГПУ



Внешний вид ГПУ





Преимущества децентрализованного энергоснабжения.

- снижение потерь тепла при транспортировке;
- возможность использования горючих отходов промышленности и сельского хозяйства;
- высокая степень свободы регулирования отпуска тепла.



Принципы эффективного использования первичной энергии

- использование высшей теплоты сгорания топлива;
- оптимизация коэффициента избытка воздуха;
- предварительный подогрев воздуха в промышленных печах и котлах и питательной воды в котлах;
- утепление и герметизация ограждающих конструкций печей и котлов;
- комбинированная выработка теплоты и электрической энергии;
- использование автономных котельных, малых и мини-ТЭЦ и местных топлив.